

Wissenschaftliche Hausarbeit
im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Grundschulen
im Fach Sachunterricht mit dem Schwerpunkt Physik,
eingereicht der Hessischen Lehrkräfteakademie
- Prüfungsstelle Frankfurt am Main -

Auf zu neuen Welten!

Ein Schülerlabor zur Astronomie für die Primarstufe

Verfasserin: Katharina Franzen

Betreuer: Prof. Dr. Thomas Wilhelm

Formale Anmerkungen

Die Zitation erfolgt sowohl indirekt, als auch direkt immer mit Seitenangabe. Dies dient der besseren Nachvollziehbarkeit. Die indirekten Zitate zeichnen sich dadurch aus, dass vor der Literaturangabe „vergleichen Sie“, im Folgenden immer mit „vgl.“ abgekürzt, steht. Wenn keine Seitenangabe vorhanden ist, handelt es sich um eine online Quelle, bei welcher die Seiten nicht nummeriert waren.

Um den Geschlechtern gerecht zu werden, erfolgt die Doppelnennung des Femininums und Maskulinums, wenn keine geschlechtsneutrale Formulierung möglich ist. Bei den Begriffen „Schülerlabor“, „Schülervorstellungen“, „Schülerversuch“ und „Lehrerversuch“ wird das generische Maskulinum verwendet, da es sich um Fachbegriffe handelt. An dieser Stelle soll jedoch betont werden, dass bei diesen Begriffen weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten ausdrücklich miteingeschlossen sind.

Wenn sich unter einer Abbildung kein Bildnachweis befindet, handelt es sich um eine eigene Darstellung.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich gerne für die Unterstützung während der Entstehung meiner Arbeit bedanken. Einen besonderen Dank möchte ich dabei an Herrn Prof. Dr. Wilhelm für seine hilfsbereite und zuverlässige Betreuung aussprechen. Auch bei Frau Pschorner möchte ich mich auf diesem Wege bedanken, welche mich mit ihrem Seminar zur Gestaltung eines astronomischen Sachunterrichts für die Primarstufe zu dieser Arbeit inspirierte. Des Weiteren gilt Herrn Kalden mein Dank, welcher sich die Zeit nahm, mich bei der Umsetzung meiner Experimente zu unterstützen.

Ebenfalls möchte ich mich ganz herzlich bei meinem privaten Umfeld bedanken. Besonders bei meinen Eltern und meiner Familie, welche mich während der Schreibzeit immer unterstützt haben. Speziell meiner Cousine Luisa möchte ich für ihre kompetente Hilfe bei der Gestaltung des Titelblattes für das Forscherheft danken. Ohne euch wäre diese Arbeit in dieser Form nicht möglich gewesen.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Theoretische Hintergründe des Schülerlabors	4
2.1 Physik in der Primarstufe	4
2.2 Astronomie in der Primarstufe	7
2.3 Schülerlabore in der Primarstufe.....	9
2.4 Experimentieren in der Primarstufe	11
3. Entwicklung des Schülerlabors.....	15
3.1 Sachanalyse	15
3.1.1 Aufbau unseres Planetensystems	16
3.1.2 Raketenantrieb.....	19
3.1.3 Notwendigkeit eines Raumanzugs	20
3.1.4 Oberfläche des Mondes	22
3.1.5 Mondphasen	24
3.1.6 Distanz zwischen Erde und Mond.....	26
3.2 Schülervorstellungen.....	26
3.3 Didaktische Analyse.....	30
3.3.1 Didaktische Begründung des fachlichen Rahmens	31
3.3.2 Didaktische Reduktion	32
3.3.3 Angestrebte Kompetenzerweiterung	35
3.3.4 Bildungsbedeutung.....	37
3.3.4.1 Bildungsstandards.....	38
3.3.4.2 Perspektivrahmen Sachunterricht	40
3.4 Methodische Analyse	42
3.4.1 Begrüßung	43

3.4.2 Einstieg	43
3.4.3 Arbeitsphase im Plenum	44
3.4.4 Organisation	44
3.4.5 Arbeitsphase in Gruppen	44
3.4.6 Ergebnissicherung	49
3.4.7 Verabschiedung.....	50
3.5 Lernvoraussetzungen.....	50
4. Darstellung des Schülerlabors.....	52
4.1 Darstellung des groben Ablaufs	52
4.2 Darstellung der Einstiegsgeschichte	53
4.3 Darstellung des Klassenversuchs	54
4.4 Darstellung der Experimente.....	57
4.4.1 Experiment „Wir bauen eine Rakete“	57
4.4.2 Experiment „Kleidung im Weltraum“	59
4.4.3 Experiment „Die Meere des Mondes“.....	61
4.4.4 Experiment „Halbmond - da fehlt doch was?“	62
4.4.5 Experiment „Wie weit ist der Weg?“.....	65
4.5 Darstellung des Forscherhefts	66
4.5.1 Titelseite	66
4.5.2 Hinweise und Inhaltsverzeichnis	67
4.5.3 Seiten zur Arbeitsphase im Plenum.....	67
4.5.4 Seiten zum Experiment „Wir bauen eine Rakete“.....	68
4.5.5 Seiten zum Experiment „Kleidung im Weltraum“	69
4.5.6 Seiten zum Experiment „Die Meere des Mondes“	69
4.5.7 Seiten zum Experiment „Halbmond - da fehlt doch was?“	70
4.5.8 Seiten zum Experiment „Wie weit ist der Weg?“	71

4.5.9 Sternchenaufgaben	72
4.6 Darstellung der Ergebnissicherung	73
4.7 Darstellung der Differenzierungsmittel.....	73
5. Erprobung des Schülerlabors	76
5.1 Lerngruppenbeschreibung	76
5.2 Reflexion	77
5.3 Darstellung ausgewählter Resultate der Forscherhefte	82
6. Fazit.....	87
7. Literaturverzeichnis	90
8. Abbildungsverzeichnis	97
9. Anhang	100
9.1 Einstiegsgeschichte „Auf zu neuen Welten!“	101
9.2 Erste Version des Forscherhefts	102
9.3 Überarbeitete Version des Forscherhefts	122
9.4 Lösungen für das Forscherheft.....	142
9.5 Bildnachweise aus dem Forscherheft.....	152
9.6 Differenzierte Anleitungen für die Experimente	153
10. Schriftliche Versicherung der selbstständigen Anfertigung	162

1. Einleitung

Vor dem Schuleintritt sammeln Kinder einige Erfahrungen in ihrer Umwelt. Sie lernen, dass es nachts am Himmel viele Sterne zu sehen gibt oder dass der Mann im Mond sie nachts behütet, wenn sie in ihren Betten liegen. Sie lernen, dass es Dinge gibt, die sie in Staunen versetzen, aber auch welche, die dies nicht tun. Einige Dinge haben sie selbst erlebt, andere nur gehört. Dabei entwickeln sie bereits sehr früh eigene Vorstellungen darüber, wie diese Phänomene zustande kommen. All diese individuellen Erfahrungen und Vorstellungen bringen die Kinder mit in die Schule. An dieser Stelle setzt der Sachunterricht der Primarstufe an, denn er hat die Aufgabe, die Kinder bei dem Prozess der Umwelterschließung zu unterstützen (vgl. Hessisches Kultusministerium S. 11; Kahlert, 2009, S. 11). Konkret bedeutet dies, dass vorhandene Kompetenzen und Kenntnisse der Schülerinnen und Schüler durch die Auseinandersetzung mit Phänomenen der Lebenswirklichkeit erweitert werden sollen (vgl. Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 11). Speziell sind damit die Kompetenzen und Kenntnisse gemeint, welche die belebte sowie unbelebte Natur, die Orientierung in Raum und Zeit, die Grundzüge des gesellschaftlichen Zusammenlebens und die Entwicklung und Bedeutung von Technik betreffen (vgl. Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 11). Daraus ergeben sich die fünf Perspektiven des Sachunterrichts. Zu diesen zählen die sozialwissenschaftliche, geographische, historische, technische und naturwissenschaftliche Perspektive (vgl. Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts¹, 2013, S. 14). Die naturwissenschaftliche Perspektive hat dabei die Aufgabe die Zusammenhänge in der belebten und unbelebten Natur sowie das Verhältnis des Menschen zu diesen zu untersuchen (vgl. GDSU, 2013, S. 37). Dabei bezieht sich die unbelebte Natur vor allem auf die physikalischen Vorgänge in unserer Lebenswelt (vgl. GDSU, 2013, S. 44). Blickt man jedoch aktuell in den Sachunterricht vieler Primarstufen, fällt einem auf, dass viel zu selten physikalische Phänomene bewusst thematisiert werden. Eine der gängigsten Ursachen dafür ist, dass viele Lehrkräfte befürchten, aus mangelnder Kompetenz die Fragen ihrer Schülerinnen und Schüler nicht beantworten zu können (vgl. Köster, 2006, S. 43). Eine weitere Ursache liegt darin, dass viele Lehrpersonen die Meinung vertreten, etwas gar nicht zu thematisieren, sei besser, als etwas so zu

¹ Im Folgenden wird die Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts durch GDSU abgekürzt.

behandeln, dass es zu Fehlvorstellungen führe (vgl. Köster, 2006, S. 43). Diese Sorgen werden dadurch angefacht, dass viele Lehrkräfte das Fach fachfremd unterrichten. Sie haben Sorge, ihre fachliche Kompetenz sei nicht ausreichend. Folglich ist es oftmals dem Anspruch der Lehrpersonen an die Qualität des eigenen Unterricht geschuldet, dass naturwissenschaftlich-technische Kenntnisse in der Primarstufe teilweise vernachlässigt werden (vgl. Köster, 2006, S. 43). Dennoch kann es nicht die Lösung sein, diese Kenntnisse und Fertigkeiten auszuklammern, da der Sachunterricht die Grundsteine für einen erfolgreichen Fachunterricht in den Natur- und Gesellschaftswissenschaften der Sekundarstufe legen kann und soll. Eine mögliche Lösung für dieses Problem stellen Schülerlabore dar. Sie bieten eine Vielzahl an Lernanreizen und Möglichkeiten zur Ergänzung des Unterrichts (vgl. Euler, Schütter & Hausmann, 2015, S. 760). Schülerlabore stellen Zugänge zum Lernen durch Experimente bereit, vor allem in Bezug auf naturwissenschaftlich-technische Themengebiete (vgl. Euler, Schütter & Hausmann, 2015, S. 760). Doch lassen sich physikalische Inhalte im Rahmen eines Schülerlabors bereits in der Grundschule anschaulich und zielführend vermitteln? Dieser Fragestellung soll anhand der exemplarischen Betrachtung eines Schülerlabors zur Astronomie für die Primarstufe nachgegangen werden.

Um dieser Fragestellung auf den Grund gehen zu können, soll im ersten Schritt eine Legitimation der Arbeit vorgenommen werden. Im Zuge dieser sollen die theoretischen Hintergründe des Schülerlabors vorgestellt werden. Dabei wird jeweils eine begriffliche Bestimmung sowie eine Herausstellung der Bedeutung des Physik- und Astronomieunterrichts für die Primarstufe sowie die eines Schülerlabors und seiner Experimente vorgenommen. Im anschließenden Kapitel wird die Entwicklung des Schülerlabors dargestellt. Dafür wird im ersten Schritt eine Sachanalyse der ausgewählten Schwerpunkte vorgenommen, bevor die Schülervorstellungen zu astronomischen Sachverhalten in der Primarstufe untersucht werden. Im Rahmen der didaktischen Analyse erfolgt eine didaktische Begründung des fachlichen Rahmens, bevor eine didaktische Reduktion der fachlichen Inhalte vorgenommen wird. Im Anschluss wird die angestrebte Kompetenzerweiterung dargestellt, deren Bildungsbedeutung anhand der curricularen Vorgaben herausgestellt werden soll. Dafür wird sie in die Bildungsstandards sowie den Perspektivrahmen des

Sachunterrichts eingeordnet. Im folgenden Abschnitt werden die methodischen Überlegungen zur Erreichung der vorab bestimmten Lernziele dargestellt. Das nächste Kapitel enthält eine Darstellung des Schülerlabors. Dabei werden der Ablauf, der Einstieg, die Experimente, das Forscherheft, die Ergebnissicherung sowie die Differenzierungsmittel vorgestellt. Im vorletzten Kapitel werden die Resultate einer Erprobung des Schülerlabors präsentiert. Im Rahmen dessen erfolgt eine kurze Beschreibung der vorliegenden Lerngruppe, eine Reflexion der Beobachtungen aus der Erprobung sowie eine Analyse ausgewählter Resultate. Zuletzt wird das Fazit gezogen.

2. Theoretische Hintergründe des Schülerlabors

Bevor man sich der Untersuchung widmen kann, wie astronomische Inhalte im Rahmen eines Schülerlabors für die Primarstufe vermittelt werden können, ist es notwendig sich der theoretischen Hintergründe bewusst zu werden. Dabei soll besonders die Relevanz eines physikalischen und astronomischen Sachunterrichts für die Primarstufe untersucht werden. Des Weiteren soll auf die Bedeutung des Besuches eines Schülerlabors und dem damit verbundenen Experimentieren für den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler eingegangen werden. Bevor jedoch die jeweilige Bildungsbedeutung untersucht wird, soll in jedem Unterkapitel zu Beginn eine begriffliche Bestimmung des jeweiligen Schwerpunktes erfolgen. Denn wie bereits in der Einleitung geschildert, findet physikalischer Sachunterricht in der schulischen Praxis sehr selten statt. Doch was genau beinhaltet Physikunterricht in der Primarstufe und warum ist es sinnvoll ihn, abgesehen von der curricularen Vorgabe, durchzuführen?

2.1 Physik in der Primarstufe

Um eine begriffliche Bestimmung des Physikunterrichts in der Primarstufe vornehmen zu können, soll sich im ersten Schritt mit der Bedeutung der Physik im Allgemeinen befasst werden, bevor der Begriff speziell bezogen auf die Grundschule untersucht wird.

Im Allgemeinen wird die Physik als eine Naturwissenschaft definiert, welche der Mathematik und Chemie nahe steht (vgl. Dudenredaktion, 2001, S. 765). Sie untersucht, unter Einsatz experimenteller Verfahren und messender Erfassung, die Grundgesetze der Natur (vgl. Dudenredaktion, 2001, S. 765). Oy (1977) beschäftigte sich in seinem Werk „Was ist Physik?“ mit dieser Frage. Er stellte zunächst fest, dass es keine völlig eindeutige Definition darüber gebe, was genau Physik eigentlich sei und welche Bereiche genau zu dieser zählten und welche nicht (vgl. Oy, 1977, S.5). Auch der Physikdidaktiker Ernst Kircher (2015) beschäftigte sich mit dieser Frage. Er unterschied dabei in die theoretische und experimentelle Physik (vgl. Kircher, 2015, S. 5). Die theoretische Physik beschäftigt sich „mit der ‚Beschreibung‘, ‚Erklärung‘, ‚Prognose‘ von raum-zeitlichen Änderungen von physikalischen Objekten“ (Kircher, 2015, S.5). Konkret bedeutet dies, dass verschiedene

physikalische Theorien entworfen und aufgebaut werden, bevor sie dann immer weiter präzisiert, geändert, vereinfacht, erläutert oder geprüft werden (vgl. Kircher, 2015, S.5). Das wichtigste Hilfsmittel für diese Vorgänge stellt die Mathematik dar (vgl. Kircher, 2015, S. 5). Die experimentelle Physik konzipiert, wie der Name bereits suggeriert, Experimente und komplexe Versuchsanordnungen (vgl. Kircher, 2015, S. 5). Es werden Messgeräte kontrolliert und beobachtet, um verschiedene Daten zu gewinnen (vgl. Kircher, 2015, S. 5). Diese werden anschließend auf verschiedene Arten interpretiert und kritisch überprüft (vgl. Kircher, 2015, S. 6). Dafür ist eine ständige Entwicklung von immer präziseren Messgeräten notwendig (vgl. Kircher, 2015, S. 6).

Trotz der umstrittenen Abgrenzung der Physik in der Fachliteratur, wird sie oft in die Bereiche „Mechanik“, „Wärmelehre“, „Elektrizitätslehre“, „Optik“, „Atom- und Kernphysik“ sowie „Energie“ eingeteilt (vgl. Hoche, Kübleck, Meyer & Schmidt, 2010, S. 15). Im Rahmen dieser Arbeit soll die Astronomie als ein weiterer Bereich der Physik behandelt werden, da sie an den Universitäten so behandelt wird und sie eine eng mit der Physik verbundene Wissenschaft ist, wie Kapitel 2.2 noch darstellen wird.

Der Physikunterricht tangiert dabei mehr als die eben beschriebene experimentelle oder theoretische Physik. Man spricht bezüglich der Physikdidaktik von einer interdisziplinären Wissenschaft, da oftmals Fachdisziplinen wie Biologie, Chemie, Geschichte und Technik miteinbezogen werden (vgl. Kircher, 2015, S. 9). Konkret in der Primarstufe findet sich der Physikunterricht, wie bereits in der Einleitung beschrieben, als eine der Perspektiven des Sachunterrichts wieder. Er stellt den dritten Themenbereich der naturwissenschaftlichen Perspektive dar (vgl. GDSU, 2013, S. 39). Dabei werden verschiedene Kompetenzen beschrieben, welche die Schülerinnen und Schüler im Rahmen eines physikalischen Sachunterrichts erwerben sollten. Zu diesen zählen beispielsweise das Beobachten, Untersuchen und Beschreiben von Veränderungen diverser Körper während physikalischer Vorgänge (vgl. GDSU, 2013, S. 44). Des Weiteren wird die Kompetenz des Erkennens des Konzept der Wechselwirkung in unserem Alltag und der Natur benannt (vgl. GDSU, 2013, S. 44). Auch die Unterscheidung in Energiearten und die Beschreibung von Umwandlungsprozessen zwischen ihnen, wird als eine mögliche fachliche

Kompetenz aufgeführt (vgl. GDSU, 2013, S. 44). Doch warum genau sind diese fachlichen Inhalte so relevant für die Schülerinnen und Schüler?

Die GDSU definiert in ihrem „Perspektivrahmen Sachunterricht“ verschiedene Aufgaben, welche der Sachunterricht aus pädagogischer und didaktischer Sicht zu erfüllen habe. Zu diesen Aufgaben zählen unter anderem, dass die Schülerinnen und Schüler dazu angeleitet werden sollen „Phänomene und Zusammenhänge der Lebenswelt wahrzunehmen und zu verstehen“ (GDSU, 2013, S. 9). Nun könnte man denken, dass Physik in unserem Alltag keinen Platz findet. Schließlich sprechen Kinder in ihrer Lebenswelt in der Regel nicht über große Physiker wie Newton oder Kepler. Dennoch sind Kinder täglich mit physikalischen Phänomenen konfrontiert. Physik ist unser ständiger Begleiter im Alltag, auch wenn sich viele dieser Tatsache nicht bewusst sind. Egal ob man einen Ball wirft, etwas zu Boden fällt oder man mit einem Flugzeug in den Urlaub fliegt. Physik gehört zu unserer Lebenswelt, auch wenn sie im Alltag eher seltener thematisiert wird. Und gerade diese fehlende Thematisierung verdeutlicht die Notwendigkeit einer Thematisierung in der Schule. Physik prägt unseren Alltag und das Leben in unserer Umwelt. Somit zählt es zu den Aufgaben des Sachunterrichts die physikalischen Phänomene unserer Lebenswelt mit den Schülerinnen und Schülern aufzuarbeiten. Des Weiteren gilt es das Interesse der Kinder an ihrer „Umwelt neu zu entwickeln und zu bewahren“ (GDSU, 2013, S. 9). Um das Interesse der Kinder an den physikalischen Phänomenen ihrer Umwelt zu entwickeln und aufrechtzuerhalten, ist es notwendig mit ihnen über diese zu sprechen. Daher ist es bereits alleine aufgrund der fachlichen Zielsetzung bedeutsam, mit den Kindern so früh wie möglich gezielt Physik zu erleben.

Neben diesen Aspekten hat der Sachunterricht die Aufgabe die Grundsteine für einen weiterführenden erfolgreichen Fachunterricht in der Sekundarstufe zu legen (vgl. GDSU, 2013, S. 10). Somit ist es eine seiner Aufgaben die Grundlagen für einen Physikunterricht an weiterführenden Schulen zu legen. Wenn jedoch im Rahmen des Sachunterrichts keine physikalischen Phänomene aufgegriffen und gezielt thematisiert werden, fehlen den Kindern die Grundlagen für einen weiterführenden Fachunterricht. Dies kann Auswirkungen auf den späteren Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler haben. Ebenfalls ist es essenziell bereits in frühen Jahren das Interesse der Kinder am Fach zu wecken, um nicht nur fachlich eine gute

Ausgangslage für die weitere Schullaufbahn zu schaffen, sondern auch motivational. Lernen ist ein Prozess, welcher eine aktive Nutzung des Lernangebots voraussetzt (vgl. Kunter & Trautwein, 2013, S. 24). Diese Eigenaktivität wird in der Regel als beschwerlich oder ermüdend erlebt (vgl. Kunter & Trautwein, 2013, S. 24). An dieser Stelle spielt die Motivation eine zentrale Rolle. Wer motiviert ist und Freude an seinem Tun erlebt, ist bereit Anstrengung in den Lernprozess zu investieren (vgl. Kunter & Trautwein, 2013, S. 43). Daher ist es umso wichtiger bereits frühzeitig die Freude am Fach zu wecken, um die Grundsteine für einen erfolgreichen Fachunterricht zu legen. Um all diese Aufgaben zu erfüllen, ist es jedoch notwendig das Fach zu unterrichten. Somit kommt dem Unterricht nicht nur eine große Gegenwartsbedeutung, aufgrund der fachlichen Zielsetzung des Sachunterrichts zu, sondern ebenfalls eine fundamentale Zukunftsbedeutung für den schulischen Erfolg der Schülerinnen und Schüler.

2.2 Astronomie in der Primarstufe

Die Astronomie und die Physik sind zwei eng verbundene wissenschaftliche Disziplinen (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 1). Man könnte sagen, dass es sich bei der Astronomie um eine, auf das Weltall angewandte, Physik handelt (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 1). Daher wird sie, wie bereits in Kapitel 2.1 erwähnt, im Rahmen dieser Arbeit als ein Teilbereich der Physik behandelt.

Der Begriff „Astronomie“ leitet sich von dem griechischen Wort „ástron“ ab, welches Gestirn oder Stern bedeutet (vgl. Dudenredaktion, 2001, S. 97). Astronomie bezeichnet, analog zu ihrer Wortherkunft, die Wissenschaft von den Planeten, Sternen und Galaxien (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 1). Sie beschäftigt sich unter anderem mit dem Aufbau unseres Universums (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 1). Dabei wird im Rahmen von Studien der Kosmos und die in ihm herrschenden Gesetze untersucht sowie die Entstehung und Entwicklung seiner verschiedenen Körper (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 1). In der Fachwissenschaft wird der Begriff „Astrophysik“ synonym zu dem der Astronomie verwendet, wobei die Astronomie als Hyperonym betrachtet werden kann (vgl. Müller, 2015, S. 530). Sie zählt zu den ältesten Wissenschaften (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 1). Bereits die alten Kulturvölker nutzten das Wissen über den Himmel und seine Erscheinungen für die Bestimmung einer Zeit, Erstellung eines Kalenders und die Navigation (vgl. Unsöld

& Baschek, 1999, S.1). Dennoch ist bis heute der Erkenntnisgewinn nicht abgeschlossen. Es gibt noch viele Unklarheiten. Vielleicht gehört die Astronomie auch daher heutzutage zu den sich am schnellsten entwickelnden Wissenschaftsdisziplinen (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 1).

Wie bereits in Kapitel 2.1 geschildert, hat der Sachunterricht die Aufgabe die lebensweltlichen Phänomene der Schülerinnen und Schüler aufzugreifen (GDSU, 2013, S. 9). Die Kinder wachsen heutzutage mit ständigen Nachrichten über das Weltall auf. Sei es die neuste Aufnahme einer fernen Galaxie oder der nächste Flug ins All zur Internationalen Raumstation. Astronomie ist ein aktuelles Thema, nicht nur in den modernen Medien. Auch begeistern sich viele Kinder für den nächtlichen Sternenhimmel und beobachten gerne die Sterne oder den Mond. Besonders die Vorstellung eines eigenen Flugs in den Weltraum regt die Fantasie vieler Kinder an (vgl. Köster, 2006, S. 142). Gerade auch der Raum für Entdeckungen und die offenen Fragen scheinen die Kinder anzuspornen (vgl. Köster, 2006, S. 142). Ihre eigenen Hypothesen erscheinen ihnen dadurch auf einmal viel bedeutsamer (vgl. Köster, 2006, S. 142). Die vielen Fragen, auf die auch die Wissenschaft oft noch keine genauen Antworten kennt, laden zum Philosophieren ein (vgl. Köster, 2006, S. 143). Beispielsweise bei der Frage, ob es Leben auf fernen Planeten gibt, sind der Kreativität der Kinder keine Grenzen gesetzt. Gerade das Einnehmen der Position eines Wissenschaftlers oder einer Wissenschaftlerin wirkt sich dabei oftmals motivationsfördernd aus. Doch nicht nur die Entdeckerperspektive hat einen positiven Einfluss auf die Kinder. Auch die Ästhetik unseres Nachthimmels spielt eine zentrale Rolle bei der Beobachtung und Erforschung des Weltraums (vgl. Köster, 2006, S. 142). Viele Kinder meinen in den Kratern unseres Mondes einen Mann erkennen zu können und malen den Vollmond daher oft mit einem lächelnden Gesicht (vgl. Köster, 2006, S. 142). Astronomische Phänomene rufen bei vielen Menschen Faszination und Neugier hervor. Hier knüpft der „Persepektivrahmen Sachunterricht“ an, welcher nicht nur den lebensweltlichen Bezug der Unterrichtsgegenstände hervorhebt, sondern ebenfalls vorgibt, dass der Sachunterricht an die Interessen der Schülerinnen und Schüler anknüpfen soll (vgl. GDSU, 2013, S. 10). Wie bereits beschrieben, ruft das Thema bei vielen Kindern Faszination und Neugier hervor, woraus auch folgt, dass sich viele Kinder für das

Weltall interessieren. Dieses Anknüpfen an das Interesse der Schülerinnen und Schüler kann bei den Kindern sogenannte „Interessenserfahrungen“ hervorrufen (vgl. Kunter & Trautwein, 2013, S. 45). Sie zählen zu den wichtigsten Faktoren, welche zum Lernen motivieren (vgl. Kunter & Trautwein, 2013, S. 45). Dabei erfahren die Kinder ein Gefühl von Interesse, welches häufig mit Neugier und Konzentration einhergeht (vgl. Kunter & Trautwein, 2013, S. 45). Diese Interessenserfahrungen rufen häufig einen positiven Gefühlszustand hervor (vgl. Kunter & Trautwein, 2013, S. 45). Die gesteigerte Motivation der Schülerinnen und Schüler hat, wie bereits in Kapitel 2.1 geschildert, positive Auswirkungen auf den Lernerfolg. Daher kann sie den schulischen Erfolg der Schülerinnen und Schüler in positiver Weise beeinflussen. Der Astrophysiker Andreas Müller (2015) argumentiert in seinem Beitrag „Astronomie im Unterricht“, dass astronomische Inhalte so früh wie möglich in den Schulunterricht einfließen sollten, da sie uns dabei helfen, unsere Existenz besser verstehen und einordnen zu können (vgl. S. 530). Folglich sollten sie auch bereits in der Primarstufe eine Rolle spielen (vgl. Müller, 2015, S. 530).

Doch warum ist es sinnvoll Astronomieunterricht gerade im Rahmen eines Schülerlabors durchzuführen?

2.3 Schülerlabore in der Primarstufe

Ein Schülerlabor ist eine außerschulische Einrichtung, welche Schulklassen besuchen können, um sich mit den modernen Natur- und Ingenieurwissenschaften zu befassen (vgl. Euler, Schütter & Hausmann, 2015, S. 760). Dazu bearbeiten die Kinder eine Lernumgebung, welche zu einer aktiven Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen und technischen Phänomenen anregt (vgl. Euler, Schütter & Hausmann, 2015, S. 760). Die Kinder arbeiten unter Anwendung wissenschaftlicher Methoden an diversen Problemstellungen. Dabei werden sie von fachlich geschultem Personal begleitet. Daher gilt es als ein pädagogisch strukturierter außerschulischer Lernort (vgl. LernortLabor - Bundesverband der Schülerlabore e.V., 2020). Mehr als 50% aller deutschen Schülerlabore werden von Universitäten angeboten (vgl. Euler, Schütter & Hausmann, 2015, S. 761). Den zweitgrößten Anteil bilden, mit etwa 20%, Forschungseinrichtungen (vgl. Euler, Schütter & Hausmann, 2015, S. 761).

Wie bereits in der Einleitung beschrieben, haben Schülerlabore das Ziel, durch eigenständiges Experimentieren naturwissenschaftliche Phänomene erlebbar und zugänglich zu machen (vgl. Euler, Schütter & Hausmann, 2015, S. 761). Besonders wichtig ist dabei die Schwerpunktsetzung auf dem Experimentieren, denn im normalen Schulalltag bleibt oft kaum Zeit oder Gelegenheit dafür (vgl. Schulz, Brackertz, van de Sand, 2018, S. 171). Die Bedeutung des Experimentierens für den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler soll in Kapitel 2.4 untersucht werden. Eine Besonderheit der Labore besteht darin, dass die Experimente der Beantwortung von Fragen dienen (vgl. Schulz, Brackertz, van de Sand, 2018, S. 171). Sie stellen folglich einen Zusammenhang zwischen dem experimentellen Vorgehen selbst und der Theorieentwicklung her. Dies führt dazu, dass die fachlichen Inhalte greifbarer gemacht werden und weniger abstrakt wirken. Dies kann das Verständnis der Kinder für die Sachverhalte in positiver Weise beeinflussen. Dabei arbeiten die Schülerinnen und Schüler in heterogenen Lerngruppen unter Anwendung kooperativer Lernformen (vgl. Schulz, Brackertz, van de Sand, 2018, S. 171). Die handlungsorientierten Aufgabenstellungen wirken sich motivationsfördernd auf die Kinder aus (vgl. Schulz, Brackertz, van de Sand, 2018, S. 171). Eines der Ziele ist es dadurch Anreize für eine weitere Beschäftigung mit Naturwissenschaften zu geben (vgl. Schulz, Brackertz, van de Sand, 2018, S. 171). Denn wenn das Interesse am Fach durch den Besuch eines Schülerlabors geweckt oder gefördert wird, wirkt sich dies, wie bereits in Kapitel 2.2 beschrieben, positiv auf die Motivation der Kinder aus. Die gesteigerte Motivation wiederum wirkt sich positiv auf die Lernbereitschaft aus, was den Lernerfolg beeinflusst.

Doch neben dem fachlichen Lernen und Motivieren bieten sie auch viel Potenzial für die Vermittlung der Relevanz von Naturwissenschaften in außerschulischen Kontexten. So tragen sie zu einer zeitgemäßen Vermittlung der Fächer und ihrer Relevanz für unsere Gesellschaft und ihre Entwicklung bei (vgl. Euler, Schütter & Hausmann, 2015, S. 761). Dies kann dazu führen, dass die Schülerinnen und Schüler dem Fach eine größere Bedeutung für ihre Lebenswelt und künftige Laufbahn beimessen. Während des Aufenthalts können Kontakte zu Personen geknüpft werden, welche in der Forschung und Entwicklung tätig sind. Dies ermöglicht einen Einblick in diverse naturwissenschaftliche Berufe sowie die Erfahrung eines möglichen Vorbildes (vgl. Euler, Schütter & Hausmann, 2015, S.

761). So kann es vor allem für junge Mädchen und Frauen deutlich machen, dass auch sie, entgegen der stereotypen Darstellung eines männlichen Wissenschaftlers, einen naturwissenschaftlichen oder technischen Beruf ergreifen können. Für fachfremde Lehrkräfte bieten die anwesenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Sicherheit, da sie fachlich versiert sind und somit die Qualität des Schülerlabors sicherstellen können. Damit kann die, bereits in der Einleitung geschilderte, Unsicherheit vieler Lehrender hinsichtlich fachlicher Fragen seitens der Schülerinnen und Schüler überbrückt werden. In diesem Fall kann der Besuch eines Schülerlabors gerade auch für fachfremde Lehrpersonen unheimlich aufschlussreich sein, da sie einen Einblick in physikalische Phänomene und ihre Thematisierung erhalten.

Des Weiteren kommt den Schülerlaboren im schulischen Alltag als außerschulischer Lernort eine unheimlich große Bedeutung zu. Sie bringen die Schülerinnen und Schüler aus ihrem üblichen Lernort der Schule heraus. Durch die daraus resultierende Abwechslung können neuartige Erfahrungen ermöglicht werden (vgl. Baar & Schönknecht, 2018, S. 56). Die Kinder besuchen einen Ort, welcher ihnen vielleicht in ihrem privaten Umfeld nicht offen stehen würde. Neben der Abwechslung bezüglich des Standortes bieten sie auch eine strukturelle Abwechslung. Der Ablauf eines Schülerlabors ist nicht an den 45-Minuten-Takt der klassischen Schulstunden oder an das Erreichen eines bestimmten Lernziels für eine Lernkontrolle gebunden (vgl. Euler, Schütter & Hausmann, 2015, S. 765). Dadurch haben die Kinder ausreichend Zeit in einem ansprechenden Umfeld durch wissenschaftliche Arbeitsweisen zu einer fachlichen Meinung zu gelangen (vgl. Euler, Schütter & Hausmann, 2015, S. 765). Doch wie genau sieht diese wissenschaftliche Arbeitsweise im physikalischen Unterricht aus und welche Bedeutung hat sie für das fachliche Lernen der Primarstufe?

2.4 Experimentieren in der Primarstufe

Betrachtet man die Bedeutung eines Experiments in der physikalischen Forschung, so bezeichnet es ein objektives und wiederholbares Verfahren, welches der Gewinnung von Erkenntnissen dient (vgl. Girwidz, 2015, S. 228). Objektiv bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das Verfahren unabhängig des Durchführenden die selben Resultate ergeben sollte (vgl. Girwidz, 2015, S. 228). Dabei wird unter

kontrollierten und vorab bestimmten Rahmenbedingungen ein physikalischer Prozess oder ein Objekt beobachtet (vgl. Girwidz, 2015, S. 228). Oftmals werden unter ständiger Veränderung diverser Variablen Messungen vorgenommen und Daten gesammelt (vgl. Girwidz, 2015, S. 228). Die gewonnen Informationen werden analysiert und vor einem theoretischen Hintergrund interpretiert (vgl. Girwidz, 2015, S. 228).

In der Fachliteratur sind die Begriffe „Experiment“ und „Versuch“ für den schulischen Kontext nicht eindeutig definiert. Während Grygier und Hartinger (2012) den beiden Begriffen unterschiedliche Bedeutungen zuweisen, verwendet Girwidz (2015) diese synonym. Nach Grygier und Hartinger (2012) unterscheiden sich die beiden Begriffe dadurch, dass bei einem Experiment das Kind selbst entscheidet, wie es eine bestimmte Fragestellung experimentell beantworten möchte (vgl. S. 13). Bei einem Versuch wiederum folgen die Kinder vorgegeben Versuchsanweisungen zur Beantwortung einer Fragestellung (vgl. Grygier & Hartinger, 2012, S. 14). Schlägt man den Begriff „Experiment“ in einem Fremdwörterbuch nach, wird es als ein wissenschaftlicher Versuch definiert (Dudenredaktion, 2001, S. 294). Da Girwidz, das Fremdwörterbuch und der allgemeine Sprachgebrauch die Worte synonym verwenden, soll dies auch in dieser Arbeit erfolgen.

Im schulischen Kontext werden Experimente genutzt, um physikalische Vorstellungen zu entwickeln (vgl. Girwidz, 2015, S. 228). Dafür werden physikalische Phänomene veranschaulicht, fachliche Fragen aufgeworfen und Antworten geliefert (vgl. Girwidz, 2015, S. 229). Dabei ist besonders wichtig, dass sie das Wissen über Physik konkretisieren (vgl. Girwidz, 2015, S. 229). Im Unterricht ist es daher essenziell das Experiment als Brücke zwischen Theorie und Realität zu thematisieren (vgl. Girwidz, 2015, S. 229). Konkret in der Primarstufe ist es aber nicht notwendig, dass zu Beginn eines Schülerversuchs eine Hypothese aufgestellt werden muss, da dies von Kindern im Grundschulalter noch nicht erwartet werden kann (vgl. Grygier & Hartinger, 2012, S. 13). Allerdings ist es dennoch möglich und zielführend zu Beginn Vermutungen über den Verlauf des Experiments abzufragen (vgl. Grygier & Hartinger, 2012, S. 13).

Die Bedeutung für das Experimentieren in der Primarstufe ist sehr hoch. Das selbstständige Ausführen von Versuchen stellt eine Abwechslung im schulischen

Alltag dar. Es kann als unheimlich spannend erlebt werden, da der Ausgang eines Experiments nicht von vornherein eindeutig sein muss. Es weckt daher oft das Interesse der Kinder, was sich, wie in Kapitel 2.2 beschrieben, sehr positiv auf ihre Motivation auswirken kann. Neben den motivationalen Effekten lassen sich oft auch kompetenzfördernde Effekte feststellen. Beispielsweise können die Kinder den Aufbau und Ablauf eines Versuchs wesentlich besser verinnerlichen, wenn sie direkt daran beteiligt sind (vgl. Girwidz, 2015, S. 241). Des Weiteren wird der Umgang mit verschiedenen Materialien und der Aufbau eines Versuchs geübt (vgl. Girwidz, 2015, S. 241). Ebenfalls von Vorteil ist, dass die Kinder durch den handelnden Umgang mit dem Material mit allen Sinnen lernen. Sie können es visuell, auditiv, haptisch, olfaktorisch und motorisch erfahren. Sogenannte multisensorische Lerntheorien postulieren, dass wir bessere Lernerfolge erzielen, wenn mehrere Sinne parallel angesprochen werden (vgl. Max-Planck-Gesellschaft, 2015). Dabei werden die experimentellen Fähigkeiten der Kinder geschult. Neben den experimentellen Fähigkeiten wird ebenfalls die Kompetenz des Erkennens und Verstehens physikalischer Zusammenhänge und Regularitäten während der direkten Beobachtung eines Phänomens geschult (vgl. Girwidz, 2015, S. 240). Durch das Erleben dieser Zusammenhänge wird eine Brücke zwischen Theorie und Praxis geschlagen (vgl. Girwidz, 2015, S. 240). Dies erleichtert es den Kindern die Relevanz des physikalischen Phänomens für ihren Alltag zu erkennen. Gerade für den Sachunterricht der Primarstufe ist dies unheimlich bedeutsam, da es, wie in Kapitel 2.1 geschildert, seine Aufgabe ist, Zusammenhänge und Phänomene der Lebenswelt der Kinder aufzugreifen. Des Weiteren stellt das eigenaktive Erkunden der Welt und ihrer Phänomene eine der wichtigsten Fähigkeiten und Tätigkeiten dar, deren Entwicklung der Sachunterricht fördern sollte (vgl. GDSU, 2013, S. 19).

Mit dem Erwerb experimenteller Fähigkeiten wird eine fachliche Arbeitsweise eingeübt, welcher besonders im Hinblick auf die Sekundarstufe eine große Zukunftsbedeutung zukommt. In den naturwissenschaftlichen Fächern wird dem Experimentieren eine große Rolle zugewiesen. Ein kritischer Faktor für die Effektivität von Schülerversuchen stellt eine geringe experimentelle Handlungskompetenz dar (vgl. Girwidz, 2015, S. 241). Um dem entgegenzuwirken, ist es sinnvoll, bereits so früh wie möglich mit den Kindern diese fachliche Arbeitsweise einzuüben. Somit werden durch das Experimentieren in der

Grundschule wichtige Grundsteine für den späteren Fachunterricht in der Sekundarstufe gelegt. Doch welche fachlichen Kompetenzen eignen sich speziell für den Astronomieunterricht der Primarstufe und wie lassen sich diese in einem Schülerlabor fördern?

3. Entwicklung des Schülerlabors

Bei der Entwicklung eines Schülerlabors gibt es viele Dinge zu beachten. Vorab müssen einige Entscheidungen getroffen werden, welche es im Rahmen der Entwicklung auch zu begründen gilt. Dieses Kapitel soll einen Einblick in diese Überlegungen und den Entscheidungsprozess ermöglichen. In der Regel beginnen solche Überlegungen bei der Lerngruppe als Ausgangspunkt. Da mit einem Schülerlabor keine spezielle Schulklasse angesprochen wird, können im Vorfeld lediglich allgemeine Schülervorstellungen aus der bisherigen Forschungsliteratur zu dieser Thematik herangezogen werden. Auch kann im Rahmen der didaktischen Überlegungen keine individuelle Legitimation der fachlichen Inhalte für eine Lerngruppe vorgenommen werden. Daher beginnt dieses Kapitel mit der sachlichen Analyse der fachlichen Hintergründe. Anschließend werden die Schülervorstellungen aus der Fachliteratur vorgestellt. Das nächste Teilkapitel umfasst die didaktische Analyse. Im Rahmen dieser wird der fachliche Rahmen anhand der Schülervorstellungen didaktisch begründet, bevor er im Rahmen der didaktischen Reduktion elementarisiert werden soll. Im Anschluss soll daraus die angestrebte Kompetenzerweiterung formuliert werden, bevor deren Bildungsbedeutung anhand des Hessisches Kerncurriculums für den Sachunterricht der Primarstufe und des Perspektivrahmens Sachunterricht herausgestellt wird. Das folgende Teilkapitel beinhaltet eine phasenorientierte methodische Analyse zur Umsetzung der Kompetenzerweiterung im Rahmen des Schülerlabors. Zuletzt erfolgt, auf Grundlage der dargestellten Überlegungen, eine Empfehlung für die Lernvoraussetzungen, welche eine Lerngruppe mitbringen sollte, wenn sie das Schülerlabor besuchen möchte.

Doch bevor all diese Überlegungen dargestellt werden, welche fachlichen Möglichkeiten für die Gestaltung eines Schülerlabors zur Astronomie für die Primarstufe gibt es?

3.1 Sachanalyse

Die Sachanalyse dient dazu, sich der fachlichen Hintergründe deutlich zu werden. Die Gewinnung einer fachlichen Expertise bezüglich des Unterrichtsgegenstandes ist wichtig, um gezielt Inhalte wählen sowie Fragen seitens der Schülerinnen und

Schüler adäquat beantworten zu können (vgl. Esslinger-Hinz, 2013, S. 40). Da eine sachliche Analyse der Astronomie den Rahmen dieser Arbeit weit überziehen würde, wurden im Vorfeld sechs fachliche Schwerpunkte gewählt. Dabei handelt es sich um den Aufbau unseres Planetensystems, den Raketenantrieb, die Notwendigkeit eines Raumanzugs, die Oberflächenstruktur des Mondes, die Mondphasen sowie die Distanz zwischen Erde und Mond. Diese Schwerpunkte bestimmen ebenfalls die fachliche Rahmung des Schülerlabors.

Vorab lässt sich festhalten, dass sich diese fachlichen Schwerpunkte aufgrund des engen Verhältnisses zwischen den verschiedenen Teilbereichen der Physik nicht nur auf astronomische Phänomene beziehen. Es werden vielmehr mehrere Teilbereiche der Physik angesprochen, wobei der Schwerpunkt auf der Astronomie liegt. Ebenfalls sollte erwähnt werden, dass unser Erkenntnisgewinn noch lange nicht als abgeschlossen betrachtet werden kann. Es können jederzeit neue Entdeckungen gemacht werden, welche unser Denken über das Universum revolutionieren können. Daher stellt die Sachanalyse den aktuellen Erkenntnisstand zur Zeit ihrer Entstehung dar. Denn, wie bereits in der Kapitel 2.2 geschildert, stellt die Astronomie eine der sich am schnellsten entwickelnden Wissenschaften dar. Doch was gibt es dem momentanen Stand nach über den Aufbau unseres Planetensystems zu wissen?

3.1.1 Aufbau unseres Planetensystems

Unser heutiges Denken über den Aufbau unseres Planetensystems ist vom heliozentrischen Weltbild geprägt, wie es von Nikolaus Kopernikus im Jahre 1543 beschrieben wurde (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 21). Das Kompositum „heliozentrisch“ setzt sich aus den Begriffen „helio“ und „zentrisch“ zusammen. „Helio“ stammt aus dem Griechischen und bedeutet „Sonne“ (vgl. Dudenredaktion, 2001, S. 381). Ebenfalls aus dem Griechischen stammt der Begriff „zentrisch“, welcher unter anderem „im Mittelpunkt befindlich“ bedeutet (vgl. Dudenredaktion, 2001, S. 1050). Wie der Name bereits suggeriert, besagt der Begriff, dass unsere 8 Planeten um unsere Sonne kreisen (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 144). Ein Himmelskörper wird als Planet klassifiziert, wenn er sich auf einer Bahn um einen Stern befindet, selbst kein Stern oder Mond ist, eine annähernd runde Form hat und die Umgebung seiner Umlaufbahn von anderen Himmelskörpern bereinigt hat (vgl. IAU, 2006).

Der massereichste Körper ist mit 99,9% der Masse unseres Sonnensystems die Sonne (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 144). Ihrem Abstand zur Sonne nach geordnet, bilden Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun die Planeten unseres Sonnensystems (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 144). Abbildung 1 veranschaulicht die Abstände der Planeten zu unserer Sonne sowie ihre Größen im Maßstab von 1:10⁹.

Objekt	Durchmesser	Entf. v. d. Sonne
Sonne	1,4 m	
Merkur	5 mm	60 m
Venus	12 mm	110 m
Erde	12 mm	150 m
Mars	7 mm	230 m
Jupiter	14 cm	800 m
Saturn	12 cm	1,5 km
Uranus	5 cm	3 km
Neptun	5 cm	4,5 km
Pluto	2 mm	6 km

Abbildung 1: Entfernungen und Größen diverser Himmelskörper unseres Sonnensystems (Hanslmeier, 2014, S. 163)

Dabei zählen Merkur, Venus, Erde und Mars zu den terrestrischen Planeten (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 146). Dies bedeutet, dass sie eine feste Oberfläche sowie eine relativ große Dichte aufweisen (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 146). Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun bilden die Riesenplaneten (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 146). Sie werden auch Gasplaneten genannt, da sie keine feste Oberfläche haben (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 146). Neben diesen zählen fünf Zwergplaneten zu unserem Sonnensystem (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 144). Ein Zwergplanet unterscheidet sich dadurch von einem Planeten, dass er die Umgebung seiner Umlaufbahn nicht von anderen Himmelskörpern bereinigt hat (vgl. IAU, 2006). Zu diesen zählen Pluto, Ceres, Haumea, Makemake und Eris (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 203 ff). Sie befinden sich gemeinsam mit Asteroiden alle bis auf Ceres jenseits der Neptunbahn (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 144). Ceres befindet sich in einem Asteroidengürtel, welcher zwischen Mars und Jupiter liegt und innerer Asteroidengürtel genannt wird (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 144). Der Äußere ist der Kuipergürtel, in welchem sich die anderen, mit dem Beschluss der International Astronomical Union im Jahre 2006 als Zwergplaneten klassifizierten, Himmelskörper befinden (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 144). Des Weiteren zählen die Monde oder Satelliten zu unserem Sonnensystem (vgl.

Hanslmeier, 2014, S. 144). Ein Himmelskörper wird als Mond, Trabant oder Satellit klassifiziert, wenn er um einen Planeten auf einer unveränderlichen Bahn kreist (vgl. Dudenredaktion, 2001, S. 891). Die meisten unserer Planeten besitzen mindestens einen Mond, wobei die Gasriesen Jupiter und Saturn die meisten aufweisen (vgl. ESA Kids, 2011). Lediglich die Planeten Merkur und Venus haben keine Trabanten (vgl. ESA Kids, 2011).

Das Sonnensystem wird sphärisch symmetrisch von der Oort'schen Kometenwolke umhüllt (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 144). Zuletzt lässt sich noch die interplanetare Materie als Bestandteil unseres Sonnensystems nennen (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 144). Sie bezeichnet Meteoriten, Gas und Staub (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 144).

Wie bereits beschrieben, kreisen unsere Planeten um die Sonne. Sie folgen dabei bestimmten Bahnen, welche erstmals durch Johannes Kepler (1571*-1630†) beschrieben wurden (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 59). Dafür stellte er drei Planetengesetze auf (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 59). Das erste Gesetz besagt, dass die Planeten sich auf elliptischen Bahnen bewegen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 59). Daraus folgt, dass sich der Abstand zur Sonne stetig ändert. Das zweite Keplersgesetz besagt, dass der Radiusvektor von der Sonne zum jeweiligen Planeten in gleicher Zeit gleich große Flächen überstreicht (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 61). Folglich weisen die Planeten kein konstantes Tempo auf. Je sonnennäher der Planet auf seiner Bahn ist, desto höher ist sein Tempo. Das dritte Keplersche Gesetz beschäftigt sich mit den Umlaufzeiten der Planeten und wird durch die in Abbildung 2 gezeigte Gleichung beschrieben.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

*Abbildung 2: 3. Keplersches Gesetz
(Joachim Herz Stiftung, 2020)*

Versprachlicht bedeutet diese Gleichung, dass wenn man die Umlaufzeiten der Planeten quadriert, verhält sich der Potenzwert wie der Potenzwert der dritten Potenz ihrer durchschnittlichen Entfernung zur Sonne (vgl. Hermann, 1976, S. 57). Dieses Gesetz besagt, dass sonnenfernere Planeten länger für einen Umlauf um die Sonne benötigen. Daher weisen sie ein langsames Tempo als sonnennähere Planeten auf.

Viele unserer heutigen Erkenntnisse beruhen auf Sondenflügen durch das Weltall. Doch wie genau gelangen diese dort hin?

3.1.2 Raketenantrieb

Die Rakete und ihre Funktionsweise stellen eine sehr komplexe und umfangreiche Thematik dar. Daher soll sich die fachliche Rahmung und somit auch dieses Teilkapitel auf das zugrunde liegende physikalische Prinzip des Raketenantriebs beschränken.

Im Allgemeinen bezeichnet eine Rakete ein Antriebsmittel, welches dazu genutzt wird bemannte oder unbemannte Flugkörper in die Atmosphäre unserer Erde und darüber hinaus zu schießen (vgl. Eisberg & Hyde, 1984, S. 30). Grundlegend fußt der Raketenantrieb auf dem Prinzip des Rückstoßes (vgl. Spektrum, 1998). Dieses Prinzip wird dem physikalischen Teilbereich der Mechanik zugeordnet. An dieser Stelle wird noch einmal deutlich, wie eng die verschiedenen Teilbereiche der Physik zusammenhängen. Es wird auf die Rakete und den verbundenen Flugkörper eine beschleunigende Schubkraft ausgewirkt (vgl. Spektrum, 1998). Diese Schubkraft wird durch den Ausstoß von Masse in Form von Verbrennungsgasen entgegen der Antriebsrichtung erzeugt (vgl. WELT, 2013). Dieses Phänomen ist auf das dritte Newtonsche Axiom zurückzuführen. Es wird auch „Wechselwirkungsgesetz“ genannt und beschreibt, dass wenn zwei Körper aufeinander einwirken, auf jeden der Körper eine Kraft wirkt (vgl. Hoche, Küblbeck, Meyer & Schmidt, 2010, S. 101). Diese Kräfte sind gleich groß und entgegengesetzt gerichtet (vgl. Hoche, Küblbeck, Meyer & Schmidt, 2010, S.101). Es wird durch die, in Abbildung 3 gezeigte, Formel beschrieben (vgl. Hoche, Küblbeck, Meyer & Schmidt, 2010, S. 101).

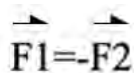

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

Abbildung x: 3.Newtonsches Gesetz

Das heißt konkret, die Rakete wirkt auf das Gas eine Kraft aus. Das Gas wiederum wirkt auf die Rakete eine gleich große Kraft in die entgegengesetzte Richtung aus. Stößt die Rakete das Gas also in Richtung des Bodens aus, wirkt das Gas eine Gegenkraft auf die Rakete in Richtung des Himmels. Diese Gegenkraft beschleunigt die Rakete. Damit die Rakete nach dem Start nicht gleich wieder zu Boden fällt, muss sie genug Geschwindigkeit aufbringen, um die Anziehungskraft der Erde zu

überwinden (vgl. DLR_next²). Daher gilt, je höher die Geschwindigkeit der ausgestoßenen Gase ist, desto effektiver ist der Raketenantrieb (vgl. WELT, 2013). Um die Gase zu erzeugen, werden in der Regel Verbrennungsmotoren eingesetzt, welche in einer Brennkammer Treibstoff verbrennen (vgl. WELT, 2013). Dabei entsteht ein sehr heißes Gas, welches durch eine Düse entgegen der Antriebsrichtung freigesetzt wird (vgl. WELT, 2013). Neben dem Gas wird im Rahmen der Verbrennung thermische Energie freigesetzt, welche beim Austritt in kinetische Energie umgewandelt wird und somit ebenfalls die Rakete beschleunigt (vgl. WELT, 2013). Mit der Entwicklung von Raketen wurde es auch Menschen möglich außerirdisches Gebiet zu erkunden. Dabei sind Astronautinnen und Astronauten auf einen Raumanzug angewiesen. Doch welchen genauen Nutzen erfüllt der Raumanzug bei Missionen außerhalb der Erdatmosphäre?

3.1.3 Notwendigkeit eines Raumanzugs

Um sich der Notwendigkeit spezieller Kleidung im Weltraum bewusst zu machen, ist es sinnvoll sich zuerst mit den Gegebenheiten im All zu befassen. Das Weltall unterscheidet sich in seinen Bedingungen grundlegend von denen auf der Erde. Beispielsweise herrscht dort ein Vakuum (vgl. Bodenschatz, 2006). Dies bedeutet, dass der Gasdruck geringer ist, als der Atmosphärendruck (Bodenschatz, 2006). Entziehe ich also einem luftdichten Gefäß mit Hilfe eines Schlauchs die Luft, herrscht in diesem Gefäß ein Vakuum. Je weniger Gasmoleküle sich noch in dem Gefäß finden, desto besser ist das Vakuum (vgl. Bodenschatz, 2006). Auf der Erde erreichen wir derzeit mit den besten Pumpen ein Vakuum mit weniger als 10.000.000 Gasmolekülen pro Liter (vgl. Bodenschatz, 2006). Im interplanetaren Raum finden sich weniger als 1.000 Gasmoleküle pro Liter (vgl. Bodenschatz, 2006). Somit reicht unser künstlich erzeugtes Vakuum auf der Erde nicht an das Vakuum des Weltalls heran. Es entsteht durch die Gravitationskräfte der Himmelskörper (vgl. Bodenschatz, 2006). Masse zieht sich an (vgl. Bodenschatz, 2006). Somit werden die Gasmoleküle von den großen Massen unserer Himmelskörper angezogen, der Raum zwischen den Sternen und Planeten bleibt „leer“ (vgl. Bodenschatz, 2006). Daraus folgt, dass sich im interstellaren Raum natürlich auch nicht genug

² Die Deutsche Luft- und Raumfahrt gab in ihrem online Artikel leider kein Jahr der Veröffentlichung an, weshalb auch im Rahmen der Zitation keines angegeben werden konnte.

Sauerstoffmoleküle befinden, um unsere Sauerstoffversorgung und den notwendigen Luftdruck aufrecht zu erhalten.

Betrachtet man die Definition von Temperatur in der Physik, stellt sie „ein Maß für die mittlere Energie pro Freiheitsgrad eines Teilchensystems“ (Kayser, 2009) dar. Somit gibt sie die Bewegungsenergie von Teilchen an. Es gilt, je schneller sich diese bewegen, desto höher die Temperatur (vgl. Kayser, 2009). Wäre das Weltall ein perfektes Vakuum, gäbe es also keine Temperatur, da es keine Teilchen gäbe, welche sich bewegen könnten (vgl. Kayser, 2009). Dennoch ist das Weltall, wie bereits beschrieben, nicht völlig frei von Materie. Je nach Standpunkt im Weltall variiert die Molekularichte. Beispielsweise liegt die Dichte auf dem Mond bei etwa einer Milliarde Atome pro Kubikzentimeter (vgl. Kayser, 2009). Folglich kann dort eine Temperatur definiert werden. Aufgrund der fehlenden Atomsphäre des Mondes variiert diese zwischen +118 °C bei Tag und -153 °C bei Nacht (vgl. Hermann, 1976, S. 73). Die Sonnenstrahlen können bei Tag ungehindert die Oberfläche erwärmen. Bei Nacht wird diese Wärme wieder in die Umgebung abgestrahlt (vgl. Hermann, 1976, S. 73).

Neben den extremen Temperaturen wird der Kosmos gleichmäßig von der sogenannten Hintergrundstrahlung erfüllt, einem Überbleibsel des Urknalls (vgl. Kayser, 2009). Auch die Sonne schickt diverse Strahlungen in das Weltall (vgl. Hermann, 1976, S. 104).

Das Vakuum, die extremen Temperaturen, die Schwerelosigkeit und die Strahlungen bedingen, dass der Weltraum keinen Lebensraum für den Menschen darstellt. Dennoch ist es möglich, dass sich Menschen dort für einige Zeit aufhalten können (vgl. Flade, 2002). Dafür benötigen die Astronautinnen und Astronauten eine bewegliche Schutzhülle, welche die lebensnotwendige Umgebung bereitstellt (vgl. Flade, 2002). Der sogenannte Raumanzug stellt Atemluft und einen auf den ganzen Körper einwirkenden Druck bereit (vgl. Flade, 2002). Wie bereits beschrieben, herrscht im Weltall ein Vakuum. Die Versorgung mit Sauerstoff alleine ist nicht ausreichend, da mit abnehmendem Druck die Lungen immer weniger Sauerstoff ins Blut transportieren (vgl. Flade, 2002). Des Weiteren ändert sich mit dem Druck auch der Siedepunkt von Wasser (vgl. Flade, 2002). Liegt er bei unserem Luftdruck auf Meereshöhe noch bei 100 °C, ist er in einer Höhe von 19 km nur noch bei 37 °C (vgl.

Flade, 2002). Dies entspricht ungefähr der regulären menschlichen Körpertemperatur (vgl. Flade, 2002). Somit würden ohne die Bereitstellung unseres Luftdrucks die Astronautinnen und Astronauten durch das Verdampfen ihrer Körperflüssigkeiten sterben (vgl. Flade, 2002). Des Weiteren schützen Raumanzüge vor kosmischer und ultravioletter Strahlung, extremen Temperaturen und Mikrometeoriten (vgl. Zorpette, 2000). Ebenfalls verfügen sie über Kommunikations- und Fortbewegungsmittel (vgl. Zorpette, 2000). All diese Funktionen ermöglichten unter anderem erste Spaziergänge auf der Oberfläche unseres Mondes. Welche Erkenntnisse gibt es derzeit über diese zu wissen?

3.1.4 Oberfläche des Mondes

Betrachtet man den Mond an unserem Nachthimmel genauer, so kann man mit bloßem Auge dunkle Verfärbungen auf seiner Oberfläche erkennen. Sie haben die verschiedensten Größen und Formen. Mittlerweile besteht kein Zweifel mehr daran, dass es sich bei den oft kreisrunden Gebilden und Unregelmäßigkeiten auf seiner Oberfläche um Krater handelt, welche „durch den Einsturz meteoritenartiger Körper mit planetarischen Geschwindigkeiten verursacht sind“ (Unsöld & Baschek, 1999, S. 58). Die Alter der verschiedenen Krater weisen darauf hin, dass das Einschlagen von Meteoriten zu Beginn sehr heftig war, bevor es dann im Laufe der ersten 10^9 Jahre nach der Entstehung des Erdtrabanten nachließ (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 60). Daher war etwa 10^9 Jahre nach der Entstehung des Mondes die Bildung der Krater abgeschlossen (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 60).

Sie werden als „Mare“ oder „Maria“ bezeichnet (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 58). „Mare“ stammt aus dem Lateinischen und bedeutet „Meer“ (vgl. Dudenredaktion, 2001, S. 606). „Maria“ bildet den Plural (vgl. Dudenredaktion, 2001, S. 606). Die Bezeichnung der Krater als Meere hat einen historischen Hintergrund (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 58). Da man die Krater, wie bereits beschrieben, mit bloßem Auge erkennen kann, wurden diese schon früh von den Menschen entdeckt. In früheren Zeiten interpretierten die Menschen sie als Ozeane, woran sich der Name ableiten lässt (vgl. Lorenzen, 2009). Jedoch die Entwicklung immer größerer Teleskope, der Start von Raumsonden und schließlich die ersten Mondlandung der Apollo 11 im Jahre 1969 widerlegten die Existenz von wassergefüllten Meeren auf dem Mond (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 58). Somit

soll der Name heute nicht mehr auf die Existenz von Ozeanen verweisen, sondern lediglich einen historischen Bezug herstellen. Dennoch sollte an dieser Stelle kurz festgehalten werden, dass es nach den neusten Erkenntnissen Wasser auf dem Mond gibt. Es liegt in Form von Eis in tiefen Kratern an den Polen unseres Trabanten (vgl. Landwehr, 2020).

Der größte Krater ist das „Mare Imbrium“, welches einen Durchmesser von circa 1.150 km aufweist (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 58). Es gilt als das größte und tiefste Mare und wurde 1994 anhand der Aufnahmen einer Raumsonde erkannt (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 58). Die Maria variieren in Form und Größe (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 58). Diese sind von verschiedenen Faktoren während der Entstehung abhängig. Die Größe und Masse der einschlagenden Brocken sowie ihre Geschwindigkeit und der Einschlagwinkel spielen eine zentrale Rolle (vgl. Boll, Lehn, Müller, Tomczyk, Köhler & Kratzenberg-Annies, 2018, S. 78). Ein großer massereicher Körper, welcher mit einer hohen Geschwindigkeit auf die Oberfläche des Mondes trifft, hinterlässt einen größeren und tieferen Krater, als ein kleiner, masseärmerer Meteorit. Die größten Maria weisen eine Tiefe von um die 10 km auf (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 58).

Die Gesteinsproben, welche von die Astronauten der Apollo 11 zur Erde brachten, waren voller blasenartiger Hohlräume (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 58). Diese Hohlräume lassen sich auch in irdischer Lava finden, welche ohne Druck erstarrt ist (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 58). Folglich handelt es sich um magmatische Gesteine. Doch nicht nur die Gesteinsproben weisen auf frühere magmatische Vorgänge beispielsweise in Form von Ergüssen basaltischer Lava auf dem Mond hin. Viele Krater scheinen sich nach ihrer Bildung mit Basaltlava aus tieferen Regionen gefüllt zu haben (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 60). Dadurch ergaben sich „ertrunkene‘ Krater und einige merkwürdige Hügel“ (Unsöld & Baschek, 1999, S. 60). Auf Grundlage dieser Erkenntnisse, lassen sich die Flussschlingen ähnlichen Rillen auf dem Mond als Lavakanäle deuten, welche ursprünglich unter der Oberfläche lagen (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 58). Die langgestreckten Rillen wiederum lassen sich als Risse in erkalteter Lava interpretieren (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 58).

Die Oberfläche des Mondes ist größtenteils mit Staub und losen Gesteinsbrocken bedeckt, welche vermutlich durch das Einstürzen der Meteoriten entstanden sind

(vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 58). Der Mondstaub lässt sich durch die Zertrümmerung der magmatischen Gesteine erklären (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 59). Vermessungen durch die Raumsonde Clementine mittels Laserstrahlen ergaben, dass die Oberfläche des Mondes Höhenunterschiede von bis zu 16 km aufweist (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 58).

Der Mond dreht sich wie die Erde auch um seine eigene Achse. Diese Rotation des Mondes wird auch „gebundene Rotation“ genannt und erfolgt in der gleichen Zeitspanne, die der Mond für einen Umlauf um die Erde benötigt (vgl. Hermann, 1976, S. 53). Dies hat zur Folge, dass wir von der Erde aus stets die selbe Seite des Mondes zu Gesicht bekommen, während die andere Seite unbeobachtbar bleibt (vgl. Hermann, 1976, S. 53). Neben den Mondkratern lassen sich von der Erde auch die Mondphasen beobachten. Doch wie genau kommen diese zustande?

3.1.5 Mondphasen

So wie die Erde die Sonne umkreist, umkreist der Mond die Erde. Die elliptische Mondbahn ist gegen die Erdbahnebene um etwa $5,1^\circ$ geneigt (vgl. Kuphal, 2013, S. 97). Die Zeit, welche der Mond benötigt, um die Erde einmal zu umrunden, wird divergent definiert. Man unterscheidet in den siderischen, tropischen, synodischen, anomalistischen und drakonitischen Monat (vgl. Hermann, 1976, S. 51). Der siderische Monat beschreibt die Zeitspanne, welche der Mond benötigt, um am selben Stern vorüberzugehen (vgl. Hermann, 1976, S. 51). Sie beträgt 27 Tage, 7 Stunden, 43 Minuten und 11,5 Sekunden (vgl. Hermann, 1976, S. 51). Der tropische Monat bezeichnet die Zeit, welche vergeht, bis der Erdtrabant erneut durch den Stundenkreis des Frühlingspunktes geht (vgl. Hermann, 1976, S. 51). Es dauert 27 Tage, 7 Stunden, 43 Minuten und 4,7 Sekunden (vgl. Hermann, 1976, S. 51). Der anomalistische Monat beträgt 27 Tage, 13 Stunden, 18 Minuten und 33,2 Sekunden und beschreibt, wie lange es dauert, bis der Mond wieder durch das Perigäum geht (vgl. Hermann, 1976, S. 51). 27 Tage, 5 Stunden, 5 Minuten und 35,8 Sekunden benötigt er, um wieder durch den aufsteigenden Knoten der Bahn zu gehen, was als drakonitischer Monat bezeichnet wird (vgl. Hermann, 1976, S. 51). Zuletzt gibt es noch den synodischen Monat, welcher die Zeit beschreibt, die der Erdtrabant benötigt, um wieder in die selbe Stellung zur Sonne zu gelangen (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 18). Folglich markiert er die Zeit zwischen zwei gleichartigen

Mondphasen (vgl. Hermann, 1976, S. 51). Er wird auch „Lunation“ genannt und dauert 29 Tage, 12 Stunden, 44 Minuten und 2,9 Sekunden (vgl. Hermann, 1976, S. 51). Diese Umlaufzeit wird den verschiedenen Mondphasen zugrunde gelegt (vgl. Unsöld & Baschek, 1999, S. 18). Die, unter anderem aus diesen Bewegungen resultierenden, verschiedenen Stellungen der drei Himmelskörper zueinander führen zu den Mondphasen. Das Licht der Sonne fällt immer nur auf eine Seite des Mondes, welche dieses dann wieder in Richtung der Erde streut. Da sich der Mond um die Erde dreht und die Erde sich um die Sonne, wird der Mond immer wieder unterschiedlich beschienen. An dieser Stelle lässt sich festhalten, dass die Entstehung der Mondphasen ein Phänomen aus Licht und Schatten ist. Daher lassen sie sich ebenfalls durch den physikalischen Teilbereich der Optik erklären.

Die Mondphasen beginnen mit dem Neumond, bei welchem der Erdtrabant für uns unsichtbar ist (vgl. Hermann, 1976, S. 51). Dies liegt daran, dass seine dunkle Nachtseite der Erde zugewandt ist (vgl. Hermann, 1976, S. 51). Dabei beschreibt das Mondalter, wie viel Zeit seit dem letzten Neumond verstrichen ist (vgl. Kuphal, 2013, S. 97). Etwa 2-3 Tage nach Neumond taucht die zunehmende Sichel auf (vgl. Hermann, 1976, S. 51). Das erste Viertel erfolgt bei einem Mondalter von circa 7 Tagen (vgl. Hermann, 1976, S. 51). Es wird auch zunehmender Halbmond genannt. Der Vollmond steht etwa 14-15 Tage nach dem Neumond am Nachthimmel und ist die ganze Nacht über sichtbar (vgl. Hermann, 1976, S. 51). Bei einem Mondalter von etwa 22 Tagen folgt das letzte Viertel (vgl. Hermann, 1976, S. 51). Dabei ist der Erdtrabant als abnehmender Halbmond für uns sichtbar. Zuletzt erscheint uns der Mond 2-3 Tage vor Neumond als abnehmende Sichel, bevor er wieder für 4-5 Tage unsichtbar bleibt (vgl. Hermann, 1976, S. 51). Abbildung 4 veranschaulicht die Entstehung der Mondphasen.

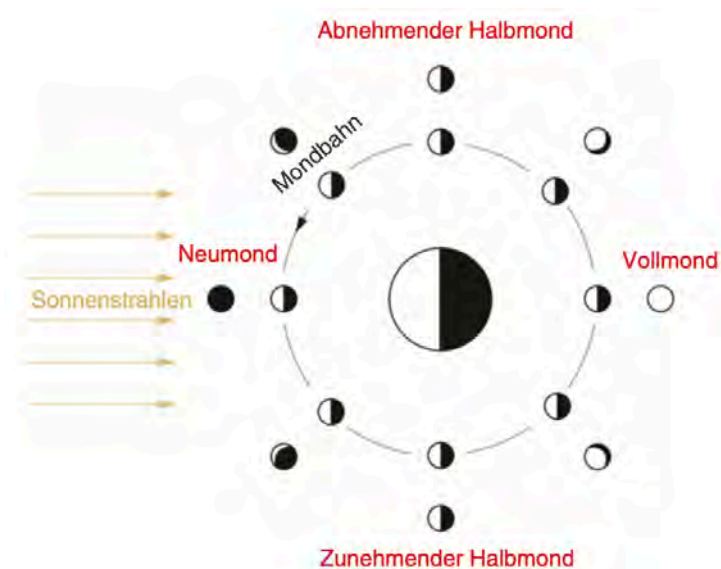


Abbildung 4: Entstehung der Mondphasen
(Kuphal, 2013, S.97)

Nun da wir uns einiger gut beobachtbarer Mondphänomene bewusst geworden sind, bleibt die Frage nach seiner Entfernung zur Erde offen.

3.1.6 Distanz zwischen Erde und Mond

Der Mond kreist auf elliptischen Bahnen um die Erde (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 65). Folglich ist sein Abstand zur Erde nicht immer konstant. Die geringste Entfernung beträgt 356.410 km, während die Größte 406.740 km misst (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 66). Im Mittel befindet sich der Mond also 384.400 km weit von der Erde weg (vgl. Hanslmeier, 2014, S. 66). Im Vergleich dazu befindet sich unser Nachbarplanet Mars alle 16 Jahre, wenn er uns auf seiner Bahn am nächsten kommt, in 56.000.000 km Entfernung (vgl. Zielke, 2020).

Da wir uns nun den physikalischen Hintergründen der fachlichen Rahmung bewusst geworden sind, stellt sich die Frage, welche Vorstellungen Schülerinnen und Schüler zu diesen Phänomenen mit in den Unterricht bringen.

3.2 Schülervorstellungen

Aufgrund der vielen Berührungspunkte mit physikalischen Phänomenen in unserem Alltag, haben viele Schülerinnen und Schüler bereits eigene Vorstellungen und Erfahrungen zu diesen gebildet. Häufig haben sie bereits eigens entwickelte Erklärungsmodelle oder die Anderer übernommen. Wenn dieses möglicherweise fehlerhafte Vorwissen auf den fachlichen Unterricht trifft, kann dies zu einigen

Schwierigkeiten führen (vgl. Müller, Wodzinski & Hopf, 2011, S. VII). Um diesen Schwierigkeiten gezielt begegnen und dabei die Denk- und Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler besser nachvollziehen zu können, ist es notwendig sich mit den Schülervorstellungen vertraut zu machen (vgl. Müller, Wodzinski & Hopf, 2011, S. VII). Dabei ist es nicht nur wichtig sich der, möglicherweise noch nicht ganz ausgereiften, Vorstellungen bewusst zu werden. Auch die allgemeine Identifikation der Lernausgangslänge zu Beginn einer Einheit ist notwendig, da es zu einem nachhaltigeren Lernen führt, wenn man neue Informationen in das bestehende Wissensnetz integriert und dabei altes Wissen reaktiviert (vgl. Kunter & Trautwein, 2013, S. 32). Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse lässt sich das Lernarrangement effektiver und individueller an die Lerngruppe anpassen.

Da in einem Schülerlabor das vorige Abfragen der Vorkenntnisse und Vorstellungen sowie das anschließende Anpassen der Lernumgebung nicht möglich sind, soll sich im Folgenden mit den aktuellen Ergebnissen der fachdidaktischen Forschung zu astronomischen Schülervorstellungen befasst werden. Dabei soll der Schwerpunkt auf den Vorstellungen der Kinder zur Gestalt unserer Erde, dem Mond und dem Aufbau unseres Sonnensystems liegen, da diese die fachliche Rahmung bilden. Auch liegen in anderen astronomischen Gebieten aktuell wenige bis keine Studien zu Schülervorstellungen in der Primarstufe vor.

Die Studie „A Cross-Cultural Investigation of Children’s Conceptions about the Earth, the Sun and the Moon: Greek and American Data. Technical Report No. 497.“ von Vosniadou und Brewer (1990) durchgeführt, beschäftigte sich ebenfalls mit Schülervorstellungen zur Astronomie. Sie führten eine interkulturelle Studie zu dem Wissen von Grundschulkindern über die Form, Bewegung und Anziehungskraft der Erde sowie ihre Position in unserem Planetensystem durch (vgl. Vosniadou & Brewer, 1990, S. 1). Die Stichprobengröße umfasste 90 Kinder aus Griechenland und 60 aus den Vereinigten Staaten von Amerika (vgl. Vosniadou & Brewer, 1990, S. 1). Sie waren zum Zeitpunkt der Studie 5-6, 8-9 oder 11 Jahre alt (vgl. Vosniadou & Brewer, 1990, S. 4). Bei dem Erhebungsinstrument handelte es sich um einen Fragebogen (vgl. Vosniadou & Brewer, 1990, S. 4).

Im Rahmen der Auswertung wurde festgestellt, dass die meisten Kinder bereits sehr früh wiedergaben, dass die Erde rund sei (vgl. Vosniadou & Brewer, 1990, S. 5).

Dabei lag der Anteil der Kinder zwischen 5 und 6 Jahren aus Griechenland, die diese Angabe machten, bei 60 % (vgl. Vosniadou & Brewer, 1990, S. 5). Lediglich 13,3% der griechischen Kinder dieser Altersgruppe gaben an, die Erde sei dreieckig oder flach (vgl. Vosniadou & Brewer, 1990, S. 5). Die Zahl der Kinder, welche die Erde als rund klassifizieren, stieg mit zunehmenden Alter an. 85% der befragten 8-9 Jährigen in den Vereinigten Staaten von Amerika gaben dies an, genau wie 90% der befragten Kinder dieser Altersgruppe aus Griechenland (vgl. Vosniadou & Brewer, 1990, S. 5). Bemerkenswert dabei war jedoch, dass dennoch 66,7% dieser Kinder aus Griechenland und 30% derer aus den USA angaben, dass die Erde einen Rand hätte (vgl. Vosniadou & Brewer, 1990, S. 6). Dies deutet darauf hin, dass viele Kinder das Konzept einer runden Erde mehrfach gehört und sich dadurch gemerkt, es jedoch nicht gänzlich durchdrungen haben (vgl. Vosniadou & Brewer, 1990, S. 6). Sie haben das Konzept einer runden Erde vermutlich noch nicht mit ihrem Vorwissen zu den Eigenschaften runder Körper verknüpft. Dadurch geben sie einfach nur wieder, was sie immer wieder gehört haben, ohne sich dessen Bedeutung bewusst zu sein.

Bezüglich der Vorstellungen zur Struktur unseres Sonnensystems wurde festgestellt, dass sich in jüngeren Jahren ein geozentrisch geprägtes Weltbild finden lässt (vgl. Vosniadou & Brewer, 1990, S. 10). Viele der Kinder positionieren die Erde ins Zentrum unseres Planetensystems. Mit fortschreitendem Alter wandelte sich diese geozentrische Vorstellung jedoch zu einem heliozentrischen Weltbild (vgl. Vosniadou & Brewer, 1990, S. 10).

Des Weiteren fiel im Rahmen der Studie auf, dass viele der jüngeren Schülerinnen und Schüler den Mond auf einer Abbildung des Sonnensystems nicht identifizieren konnten (vgl. Vosniadou & Brewer, 1990, S. 5). Auch viele der älteren Schülerinnen und Schüler identifizierten einen Planeten als unseren Mond (vgl. Vosniadou & Brewer, 1990, S. 10). Daraus folgt, dass bezüglich des Mondes auch am Ende der Grundschulzeit noch einige Fehlvorstellungen herrschten.

Von Fehlvorstellungen dieser Art berichtet ebenfalls die Pädagogin Hilde Köster in ihrem Beitrag „Schwarze Löcher interessieren mich am meisten!“ - Astronomie als spannende Naturwissenschaft für Grundschulkinder“. In den ersten beiden Schuljahren überwiege die Vorstellung von einem Mond als selbstleuchtender Körper, welcher sich in seinem Umfang regelmäßig verändere (vgl. Köster, 2006, S. 143). Ab dem dritten Schuljahr wüssten viele Kinder, dass der Mond von der Sonne

angestrahlt wird (vgl. Köster, 2006, S. 143). Dennoch seien astronomische Kenntnisse sehr individuell (vgl. Köster, 2006, S. 143). Manche Kinder könnten bereits den Aufbau unseres Planetensystems kompetent wiedergeben, während andere Kinder das selbe Weltbild hätten, wie es vor der kopernikanischen Wende üblich war (vgl. Köster, 2006, S. 143). Das Weltall als eine Kugelschale, welche unsere Erde umgibt, mit einem Himmelszelt, an dem die Sterne befestigt sind (vgl. Köster, 2006, S. 143).

Von ähnlichen Vorstellungen berichten auch Rita Wodzinski und Thomas Wilhelm in ihrem Beitrag „Schülervorstellungen im Anfangsunterricht“. Auch sie haben wie Vosniadou und Brewer festgestellt, dass die meisten Kinder zu Beginn der Grundschulzeit die Erde als rund beschreiben, jedoch nach weiterem nachfragen so antworten, als sei sie flach, als gäbe es ein Oben und Unten (vgl. Wodzinski & Wilhelm, 2018, S. 257). Sie führen es darauf zurück, dass diese Kinder zwei parallele Vorstellungen einer runden und einer flachen Erde ausgebildet hätten (vgl. Wodzinski & Wilhelm, 2018, S. 257). Die einfachste Vorstellung der Erde in kindlichen Zeichnungen sei eine Erde als flache Ebene, mit einem Himmel am oberen Bildrand, in welchem sich Mond, Sonne und Sterne befänden (vgl. Wodzinski & Wilhelm, 2018, S. 257). Ein Weltall gäbe es nicht (vgl. Wodzinski & Wilhelm, 2018, S. 257). Eine andere kindliche Vorstellung beschriebe die Erde als eine flache Ebene im Inneren einer hohlen Kugel (vgl. Wodzinski & Wilhelm, 2018, S. 257). Eine weitere interessante und verbreitete Vorstellung sei die eines Mondes, welcher nur bei Nacht zu sehen sei (vgl. Wodzinski & Wilhelm, 2018, S. 259). Eine mögliche Idee, welche dahinter stecken könnte, sei die einer Sonne und eines Mondes, welche sich mit Einbruch der nächsten Tageszeit abwechseln (vgl. Wodzinski & Wilhelm, 2018, S. 259). Des Weiteren fiele es vielen Kindern schwer die Entfernung zwischen Mond und Erde korrekt abzuschätzen, weshalb manche die Auffassung verträten, der Mond sei der Erde näher als die Wolken (vgl. Wodzinski & Wilhelm, 2018, S. 259). Die Mondphasen würden von Kindern häufig durch das Verdecken des Mondes von Wolken erklärt (vgl. Wodzinski & Wilhelm, 2018, S. 259). Auch viele Erwachsene hätten nach wie vor Probleme die Entstehung der Mondphasen korrekt zu beschreiben und gingen davon aus, der Erdschatten fiele auf den Mond, weshalb nur ein Teil beleuchtet würde (vgl. Wodzinski & Wilhelm, 2018, S. 259).

Folglich handelt es sich bei der Astronomie um ein Thema, welches nicht nur in der Schule, sondern auch noch im Erwachsenenalter zu vielen Fehlvorstellungen führt. Es zeigt, wie viele Gedanken sich bereits Kinder im Grundschulalter über die Erklärung der himmlischen Phänomene machen. Gerade solche Fehlvorstellungen begründen ebenfalls, warum es so bedeutend ist, mit den Kindern bereits in der Primarstufe physikalische und astronomische Phänomene aufzugreifen. Doch was konkret gilt es dabei didaktisch zu beachten?

3.3 Didaktische Analyse

Die didaktische Analyse umfasst in der Regel zu Beginn eine Begründung des Lerngegenstandes (vgl. Esslinger-Hinz, 2013, S. 48). Es wird, angepasst an die individuelle Lerngruppe, eine Legitimation der Unterrichtsstunde vorgenommen (vgl. Esslinger-Hinz, 2013, S. 48). Da bei der Entwicklung eines Schülerlabors nicht klar ist, welche Lerngruppen dieses alle durchführen werden, kann an dieser Stelle keine individuell angepasste Begründung erfolgen. Die Legitimation der Relevanz des Unterrichtsgegenstandes für die Primarstufe im Allgemeinen erfolgte im Rahmen des zweiten Kapitels. Dabei wurden sowohl die Gegenwartsbedeutung eines physikalischen oder astronomischen Sachunterrichts im Sinne der fachlichen Zielsetzung sowie die Zukunftsbedeutung dessen als Grundsteine für einen erfolgreichen Fachunterricht in der Sekundarstufe herausgestellt. Des Weiteren wurden die Bedeutungen eines Schülerlaborbesuchs sowie der wissenschaftlichen Arbeitsweise des Experimentierens für den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler untersucht. Dennoch soll dieses Kapitel noch weiterführende Begründungen für die Relevanz des Schülerlabors und seiner Bedeutung für die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler umfassen. Dafür erfolgt im ersten Schritt eine didaktische Begründung des gewählten fachlichen Rahmens. Im zweiten Schritt soll sich auf die Reduktion des, in der Sachanalyse geschilderten, physikalischen Potenziales der fachlichen Rahmung des Schülerlabors konzentriert werden. Im Anschluss wird auf Grundlage der Sachanalyse sowie der didaktischen Reduktion die angestrebte Kompetenzerweiterung formuliert. Im nächsten Schritt soll die konkrete Bildungsbedeutung dieser Kompetenzen anhand der Bildungsstandards für den Sachunterricht der Primarstufe sowie des Perspektivrahmens herausgestellt werden. Dies stellt erneut eine didaktische Legitimation des Schülerlabors dar.

3.3.1 Didaktische Begründung des fachlichen Rahmens

In Kapitel zwei wurden die allgemeinen Grundlagen dieses Labors didaktisch legitimiert. Da nun der fachliche Rahmen des Labors feststeht, soll dieser erneut didaktisch begründet werden. Dabei wird auf eine Einordnung in die curricularen Vorgaben verzichtet, da die allgemeine fachliche Rahmung dafür noch zu umfangreich ist. Diese Einordnung erfolgt in Kapitel 3.3.4. An dieser Stelle soll noch einmal die Bedeutung der Thematisierung des Aufbaus unseres Planetensystems, der Oberfläche des Mondes, der Mondphasen sowie der Distanzen zwischen Erde und Mond herausgestellt werden. In Kapitel 3.2 wurden die, im Rahmen der Fachliteratur benannten, gängigsten Schülervorstellungen in der Primarstufe zu astronomischen Inhalten vorgestellt. Da das Schülerlabor nicht anhand einer Lerngruppe begründet werden kann, soll in diesem Teilkapitel der fachliche Rahmen mit Hilfe der Schülervorstellungen aus der Fachliteratur begründet werden.

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde festgestellt, dass es einige Fehlvorstellungen zum Aufbau unseres Planetensystems gibt. Als Beispiel soll dabei noch einmal die Vorstellung des Weltalls als eine Kugelschale nach Köster (2006) angeführt werden (vgl. S. 143). Um solche Fehlvorstellungen aufgreifen und korrigieren zu können, ist eine gezielte Thematisierung notwendig, welche in den gewählten fachlichen Rahmen des Schülerlabors fällt. Es wird die Reihenfolge der Planeten in einem System vorgestellt, welches um die Sonne kreist. Vosniadou und Brewer (1990) fiel, wie in Kapitel 3.2 geschildert, auf, dass viele der jüngeren, aber auch älteren Schülerinnen und Schüler den Mond nicht korrekt identifizieren konnten (vgl. S. 5). Dieser fachliche Inhalt fällt ebenfalls in den Rahmen des Schülerlabors, da der Erdtrabant zum Aufbau unseres Planetensystems zählt.

Des Weiteren wurde durch Köster (2006) sowie Wodzinski und Wilhelm (2018) festgestellt, dass bei Schülerinnen und Schülern einige Fehlvorstellungen zum Mond bestehen, was die Bedeutung seiner gezielten Thematisierung im Unterricht unterstreicht. Denn es zählt zu den Hauptaufgaben des Sachunterrichts vorhandene Kenntnisse und Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler durch Auseinandersetzung mit Phänomenen der Lebenswirklichkeit zu erweitern (vgl. Hessisches Kultusministerium, 2011, S.11). Im Rahmen der Thematisierung des Mondes und seiner Mondphasen, werden Fehlvorstellungen, wie der Mond als selbstleuchtender Körper oder die Entstehung der Mondphasen durch Wolken,

korrigiert. Auch die Vorstellung, der Mond wäre näher als unsere Wolken, kann durch die Rekonstruktion des Abstandes zwischen Erde und Mond aufgegriffen werden. Dennoch ist eine gesamte Thematisierung des, in der Sachanalyse vorgestellten, fachwissenschaftlichen Hintergrunds im Rahmen des Schülerlabors nicht möglich. Doch auf welche Inhalte sollte sich dabei konzentriert werden?

3.3.2 Didaktische Reduktion

Die fachlichen Inhalte des Sachunterrichts der Grundschule sollten der Lebenswelt der Kinder entstammen (vgl. Pfänder, 1976, S. 32). Die fachlichen Strukturen sollten in ihren Verstehenshorizont gehoben und von den Schülerinnen und Schülern selbst denkend und handelnd erschlossen werden können (vgl. Pfänder, 1976, S. 32). Es kann sich daher nur um die Erarbeitung und Einsicht fundamentaler Begrifflichkeiten handeln (vgl. Pfänder, 1976, S. 32). Da es sich bei den vorliegenden astronomischen Inhalten um ausgesprochen umfangreiche und komplexe Thematiken handelt, ist eine quantitative sowie qualitative fachliche Reduktion notwendig. Im Rahmen der quantitativen Reduktion sollen im ersten Schritt fachliche Schwerpunkte pro Themengebiet gesetzt werden. Im nächsten Schritt erfolgt eine qualitative Schwierigkeitsreduktion. Sie gewährleistet, dass den Kindern die Deutung der Experimente zugänglich wird (vgl. Lück, 2006, S.17). Dabei soll auch entschieden werden, ob bestimmte relevante Fachworte verwendet werden, denn das Fachvokabular aus den Fachwissenschaften führt bei den Schülerinnen und Schülern oft zu Verständnisproblemen (vgl. Ulrich, 2013, S. 320). Da es sich beim Begriffserwerb um einen Prozess handelt, ist es ratsam die Kinder nicht mit zu vielen neuen Fachworten auf einmal zu konfrontieren.

Der erste fachliche Schwerpunkt soll, wie bereits in Kapitel 3.1 ausgeführt, auf dem Aufbau unseres Planetensystems liegen. An dieser Stelle soll quantitativ mit den Kindern besprochen werden, dass es acht Planeten in unserem Sonnensystem gibt, welche alle um die Sonne kreisen. Um eine Schwierigkeitsreduktion vorzunehmen, soll der Begriff „heliozentrisch“ dabei erst einmal vernachlässigt werden. Aufgrund seiner Formseite stellt er eine große Herausforderung für den begrifflichen Erwerb der Schülerinnen und Schüler dar. Auch auf die Planetengesetze soll dabei verzichtet werden, da sie ohne eine Veranschaulichung sehr abstrakt für Kinder dieses Alters

wären. Ein weiterer wichtiger Punkt soll die Planetenreihenfolge darstellen. Dabei soll vor allem auch der Erdtrabant und seine Position zur Erde thematisiert werden, da es bezüglich dessen, wie im vorigen Kapitel geschildert, einige abweichende Vorstellungen gibt. Es soll auf die Behandlung einzelner Planetenmerkmale verzichtet werden, da sie nicht in den Schwerpunkt des Schülerlabors fallen und im weiteren Verlauf keine zentrale Rolle einnehmen. Auch auf die Thematisierung der Zwergplaneten, Asteroidengürtel, Trabanten sowie der Oort'schen Kometenwolke soll dabei erst einmal verzichtet werden, da diese sehr zeitaufwendig wäre und, ähnlich der genaueren Betrachtung der einzelnen Planeten, nicht in den vorab gesteckten Rahmen fallen würde. Um die Planetenreihenfolge für die Schülerinnen und Schüler selbst rekonstruierbar zu machen, soll dabei der Merksatz „Mein Vater erklärt mir jeden Sonntag unseren Nachthimmel“ zum Einsatz kommen. Anhand der Anfangsbuchstaben kann die Planetenreihenfolge abgeleitet werden.

Der zweite thematische Schwerpunkt soll auf dem Raketenantrieb liegen. Dabei soll sich grundsätzlich auf das Prinzip des Rückstoßes konzentriert werden. Das dritte Newtonsche Axiom sowie der Verbrennungsmotor der Rakete sollen dabei erst einmal vernachlässigt werden. Das Erkennen des Rückstoßprinzips stellt bereits eine große Herausforderung dar, weshalb eine weitere Vertiefung für die Schülerinnen und Schüler vermutlich nicht zielführend wäre. Auch eine Benennung des Rückstoßprinzips soll an dieser Stelle nicht essenziell sein. Wichtig ist, dass die Schülerinnen und Schüler erkennen und verstehen, dass die Rakete in die entgegengesetzte Richtung fliegt, wie das Gas entweicht.

Bei der Notwendigkeit eines Raumanzugs soll sich bezüglich der Gegebenheiten im Weltall erst einmal auf dieses als einen luftleeren Raum beschränkt werden. Auf den Begriff des Vakuums sowie seine Entstehung soll dabei verzichtet werden. Dies liegt darin begründet, dass das Verständnis eine gewisse Vorstellung zum Thema Luft voraussetzt, welche in der Primarstufe nicht erwartet werden kann. Auch stellt hier der Begriff des Vakuums aufgrund seiner formalen Gestaltung eine hohe Anforderung für den begrifflichen Erwerb der Schülerinnen und Schüler dar, welcher im Rahmen eines einmaligen Schülerlaborbesuchs nicht gewährleistet werden kann. Auch die Definition von Temperatur benötigt gewisse Vorstellungen auf Teilchenebene, welche in der Primarstufe nicht erwartet werden können. Daher soll sich das Labor auf den luftleeren Raum und die daraus resultierenden Problematiken

für die Astronautinnen und Astronauten beschränken. Es soll primär die Erkenntnis gewonnen werden, dass wir Luft nicht nur zum Atmen brauchen, ohne dabei auf die Definition eines Luftdrucks einzugehen. Auch diese würde wieder Vorstellungen zur Teilchenebene voraussetzen, welche in der Primarstufe nicht erwartet werden können.

Die Behandlung der Oberfläche des Mondes soll sich auf die Meere des Mondes beschränken, da eine gesamte Behandlung der Oberflächenstruktur zu umfangreich wäre. Begrifflich soll sich dabei auf die deutsche Bezeichnung beschränkt werden, da „Mare“ und „Maria“ erneut große Anforderungen an den begrifflichen Erwerb der Kinder stellen würden. An dieser Stelle soll sich auf die Entstehung der Meere durch den Einschlag kosmischer Brocken konzentriert werden. Wie bereits beschrieben, ist die Form und Größe eines Kraters von verschiedenen Faktoren abhängig. Es spielen sowohl die Masse, als auch die Größe, der Einschlagwinkel aber auch die Geschwindigkeit der Meteoriten und Asteroiden eine zentrale Rolle. Für die Primarstufe ist es zunächst ausreichend die Faktoren Masse und Größe genauer zu betrachten. Der Begriff der Geschwindigkeit wäre ohne eine vorige Thematisierung zu abstrakt, genau wie der eines Einschlagwinkels. Da „Größen und Messen“ ein Inhaltsbereich der Bildungsstandards für das Fach Mathematik in der Primarstufe darstellt, kann das Messen oder Schätzen von Kratermaßen von den Kindern erwartet werden (vgl. Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 19). Da hier der Begriff der Meere als Krater und nicht als Wasseransammlung im Vordergrund steht, wäre es dennoch fachlich wichtig, den Kindern den Hinweis zu geben, dass es Wasser in Form von Eis auf dem Mond gibt. Ansonsten könnten sie zu der Vorstellung gelangen, dass es gar kein Wasser auf dem Mond gebe.

Die thematische Behandlung der Mondphasen soll die divergenten Definitionen der Zeit, welche verstreicht bis der Mond die Erde einmal umrundet hat, nicht umfassen. Der synodische Monat wird den Mondphasen zugrunde gelegt und soll daher die geltende Zeit für die Behandlung im Schülerlabor darstellen. Die Betrachtung der Mondphasen soll das Erklärungsmodell durch Licht und Schatten umfassen sowie die Bezeichnungen der einzelnen Mondphasen. Auf das Mondalter soll dabei verzichtet werden.

Für die Rekonstruktion der Planetenabstände zwischen Erde, Mond und Mars, soll der mittlere Abstand zwischen Mond und Erde zugrunde gelegt werden sowie die

kürzeste Distanz zwischen Erde und Mars. Die Abstände zwischen den Himmelskörpern sollen handelnd rekonstruiert werden können. Selbst mit einem Maßstab von 1:10.000.000.000 wäre die mittlere Distanz zwischen den beiden Planeten immer noch so groß, dass sie sich in vielen Räumen nicht nachstellen ließe. Um die Größenrelationen für die Schülerinnen und Schüler greifbar zu machen, wurden die Zahlen in dem eben genannten Maßstab verkleinert. Dafür wurde die mittlere Distanz zwischen Erde und Mond auf 400.000 km aufgerundet und im Maßstab auf 4 cm verkleinert. Der Abstand von Erde und Mars wurde dadurch von 56.000.000 km auf 560 cm reduziert. Mit Hilfe dieser Reduktion wird es auch fachlich erwartbar, dass die Kinder rechnerisch ermitteln, wie viel weiter die Distanz von der Erde zum Mars ist. Auf Grundlage dieser fachlichen Reduktion soll im nächsten Teilkapitel die angestrebte Kompetenzerweiterung zusammengefasst werden.

3.3.3 Angestrebte Kompetenzerweiterung

In der Regel werden Lernziele anhand der Lerngruppe formuliert, weshalb dabei entschieden wird, ob Kompetenzen angebahnt, erweitert oder vertieft werden sollen. Da das Schülerlabor nicht für eine bestimmte Lerngruppe entwickelt wird, wird bei der Formulierung davon ausgegangen, dass die Schülerinnen und Schüler bisher keine systematischen Einsichten in die fachlichen Phänomene gewinnen konnten.

Der didaktische Schwerpunkt des Schülerlabors besteht in einer kooperativen Ausführung verschiedener Experimente in Kleingruppen, welche astronomische und weitere physikalische Phänomene veranschaulichen. Die Schülerinnen und Schüler sollen dabei erste Einsichten in die Erklärungsmodelle dieser Phänomene gewinnen.

Konkret für die fachliche Kompetenzerweiterung speziell in der Astronomie, aber auch allgemein in der Physik bedeutet dies, dass die Schülerinnen und Schüler..

- die Planetenreihenfolge unseres Sonnensystems kennen lernen sollen.
- den Merksatz „Mein Vater erklärt mir jeden Sonntag unseren Nachthimmel“ zur Planetenreihenfolge kennen lernen.
- lernen, dass der Mond der nächste Himmelskörper zur Erde ist.
- erste Einblicke in das physikalische Grundprinzip des Rückstoßes gewinnen sollen, welches dem Raketenantrieb zugrunde liegt.

- erkennen sollen, dass die Rakete in die entgegengesetzte Richtung fliegt, wie das Gas entweicht.
- erkennen sollen, dass man Luft nicht nur zum Atmen braucht.
- erkennen sollen, dass sich Körper im luftleeren Raum verändern können.
- verstehen sollen, dass die Meere des Mondes nicht aus Wasser bestehen.
- nachvollziehen sollen, dass die Krater durch Gesteinseinschläge entstanden sind.
- anbahnen sollen, dass Form und Größe der Mondkrater von der Größe und Masse des einschlagenden Meteoriten abhängig sind.
- verstehen sollen, dass bei Halbmond nicht die Hälfte des Mondes fehlt.
- anbahnen sollen, wie die Mondphasen entstehen.
- Einblicke in das Phänomen von Licht und Schatten gewinnen sollen.
- veranschaulichen, wie die Distanz zwischen Erde und Mond verglichen mit der Distanz zwischen Erde und Mars ist.

Wie bereits in Kapitel 2.1 geschildert, handelt es sich bei der Physik um eine interdisziplinäre Wissenschaft. Sie ist beispielsweise eng mit der Mathematik verbunden. Dies zeigt sich auch in der fachlichen Rahmung dieses Schülerlabors, da neben den fachlichen Kompetenzen in der Astronomie und Physik auch mathematische Kompetenzen gefördert werden. Bei diesen handelt es sich konkret darum, dass die Schülerinnen und Schüler..

- im Rahmen des Schwerpunkts zu den Mondkratern, ihre Kompetenzen vertiefen Maße und Größen zu bestimmen.
- im Rahmen des Schwerpunkts zu den Distanzen zwischen Erde und Mond sowie Mars ihre Kompetenz vertiefen vorgegebene Abstände auszumessen.
- im Rahmen des Schwerpunkts zu den Distanzen zwischen Erde und Mond sowie Mars ihre Kompetenz vertiefen durch die Operation des Dividierens zu bestimmen, wie viel Mal weiter der Weg zum Mars als zum Mond ist.

Bezüglich der methodischen Kompetenzerweiterung umfasst das Schülerlabor, dass die Schülerinnen und Schüler...

- Erfahrung im Umgang mit der fachbezogenen Methode des Experimentierens sammeln.

- ihre methodischen Kompetenzen hinsichtlich der kooperativen Arbeitsmethode einer Gruppenarbeit vertiefen.
- die Bedeutung unbekannter Fachbegriffe mit Hilfe von verschiedenen Strategien, wie dem Nachschauen auf Infokarten oder dem Fragen einer anderen Person, ermitteln lernen.

Das Schülerlabor soll die Sozialkompetenz des..

- Kooperierens mit anderen Kindern fördern.
- Aufteilens von Arbeitsschritten fördern.

Auch die sprachlichen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler werden im Rahmen des Schülerlabors gefördert. Konkret sollen die Schülerinnen und Schüler ..

- das Verständnis diverser astronomischer und physikalischer Fachbegriffe wie Sonnensystem, Planetensystem, Sonne, Planeten, Mond, luftleerer Raum, Meteorit, Meere des Mondes, Mondphasen, Vollmond, Halbmond und Sichel anbahnen.
- die sprachlich korrekte Verwendung dieser Fachbegriffe im Diskurs mit ihren Mitschülern und Mitschülerinnen anbahnen.

3.3.4 Bildungsbedeutung

Um die angestrebten Kompetenzen zu legitimieren, soll im folgenden Teilkapitel der konkrete Bildungsgehalt dieser dargestellt werden. Dafür wird das Schülerlabor in die curricularen Vorgaben zur Unterrichtsgestaltung des Sachunterrichts eingeordnet. Im Rahmen dessen werden die Bildungsstandards des Fachs sowie der Perspektivrahmen Sachunterricht herangezogen.

Seit Jahren blickt die didaktische Gestaltung von Unterricht darauf, welche Kompetenzen die Schülerinnen und Schüler am Ende einer Einheit erworben haben (vgl. Weirer & Paechter, 2019, S. 19). Dabei wird der Kompetenzbegriff nach Weinert zugrunde gelegt. Dieser besagt, dass es sich bei Kompetenzen um kognitive erlernbare Fähigkeiten und Fertigkeiten handelt (vgl. Weinert, 2002, S. 27 f.). Diese können eingesetzt werden, um bestimmte Probleme zu lösen (vgl. Weinert, 2002, S. 27 f.). Sie setzen die motivationale, volitionale und soziale Bereitschaft voraus, die Kompetenzen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll zu nutzen (vgl. Weinert, 2002, S. 27 f.). Jedes Bundesland hat dabei für jedes Fach

Kompetenzen definiert, welche die Kinder bis zum Abschluss der jeweiligen Schulform erworben haben sollen. Nun stellt sich die Frage, wie lassen sich die eben formulierten Kompetenzen in die Vorgaben des Landes Hessen einordnen?

3.3.4.1 Bildungsstandards

Die Bildungsstandards für den Sachunterricht definieren verschiedene fachliche und überfachliche Kompetenzen, welche es im Rahmen des Unterrichts zu fördern gilt. Um das Verständnis dieser Ausführungen zu erleichtern, sollen die Bereiche dabei inhaltlich grob umrissen werden.

Zu den überfachlichen Kompetenzen zählen die „personale Kompetenz“, die „Sozialkompetenz“, die „Lernkompetenz“ und die „Sprachkompetenz“ (vgl. Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 9 f.).

Im Rahmen des Schülerlabors wird die Kompetenz der „Kooperation und Teamfähigkeit“ geschult. Sie zählt zur Sozialkompetenz und beinhaltet, dass die Schülerinnen und Schüler sich an Regeln halten, sich konstruktiv in die Arbeitsgemeinschaft einbringen und miteinander kooperieren (vgl. Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 10). Diese Kompetenz wird durch das Arbeiten in Kleingruppen gefördert. Die Kinder sind aufeinander angewiesen, um die Aufgaben zu lösen. Dafür müssen sie zusammenarbeiten und gemeinsam zu einer Lösung gelangen. Dabei treten die Kinder miteinander in Interaktion. Diese Interaktionen fördern die „Kommunikationskompetenz“, welche zur Sprachkompetenz zählt (vgl. Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 10). Sie beinhaltet, dass die Schülerinnen und Schüler sich an Gesprächen beteiligen, dabei anderen Kindern zuhören und auf Sprechakte Anderer angemessen reagieren können (vgl. Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 10). Des Weiteren wird die sprachliche Fähigkeit der „Lesekompetenz“ geschult. Sie beinhaltet unter anderem, dass die Schülerinnen und Schüler Texte lesen und ihnen dabei Informationen entnehmen können (vgl. Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 10). Diese Kompetenz wird durch das Lesen der Informationstexte, Fragen sowie der Versuchsanleitungen geschult. Im Rahmen der Verschriftlichung der Antworten auf Fragen wird die „Schreibkompetenz“ geschult. Neben den sozialen und sprachlichen Kompetenzen wird ebenfalls die Lernkompetenz der Schülerinnen und Schüler gefördert. Die darunter fallende

„Problemlösekompetenz“ wird durch die Bearbeitung von Fragestellungen gefördert (vgl. Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 10). Diese Fragestellungen werden zu Beginn eines jeden Versuchs aufgeworfen. Um zu einer sachgerechten Lösung zu gelangen, müssen die Schülerinnen und Schüler diverse Strategien anwenden beispielsweise die naturwissenschaftliche Arbeitsweise des Experimentierens. Dies fördert ihre Arbeitskompetenz (vgl. Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 10).

Neben den überfachlichen Kompetenzen gibt es die, speziell an das Fach angepassten, Kompetenzbereiche. Sie wurden als „Erkenntnisgewinnung“, „Kommunikation“ und „Bewertung“ identifiziert (vgl. Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 12).

Die Kompetenz der „Erkenntnisgewinnung“ wird unter anderem dadurch gefördert, dass die Schülerinnen und Schüler gezielte Beobachtungen anstellen, Vermutungen aufstellen, Informationen sammeln und einen Versuch sachgerecht aufbauen, durchführen und auswerten (vgl. Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 17). All diese Anforderungen werden durch die Ausführung der Experimente sowie der Bearbeitung der dazugehörigen Aufgaben gezielt gefördert, indem sie vorab Vermutungen aufstellen sollen, die Experimente durchführen, währenddessen genaue Beobachtungen anstellen und im Anschluss die Versuchsergebnisse dokumentieren und auswerten. Die Kompetenz der „Kommunikation“ wird ebenfalls, wie bereits beschrieben, durch die Sozialform des Schülerlabors gezielt gefördert. Die Schülerinnen und Schüler müssen im Rahmen der Versuche Beobachtungen, Vermutungen sowie Erkenntnisse versprachlichen, dabei eigene Interessen vertreten und Argumente der anderen Kinder prüfen. Im Rahmen der Gruppenarbeit wird ebenfalls ihre Bewertungskompetenz geschult, da sie in einem sozialen Gefüge miteinander interagieren und dabei Vereinbarungen treffen und akzeptieren müssen, beispielsweise wenn es um die Rollenverteilung im Rahmen der Experimente geht.

Es werden die Basiskonzepte „Leben ist Veränderung“, „Dinge/Lebewesen beeinflussen sich gegenseitig“ und „Menschen gestalten“ angesprochen. Sie lernen das gesellschaftliche Prozesse unser Leben beeinflussen beispielsweise durch die Möglichkeit ins All zu fliegen. Die Menschen vor hundert Jahren hatten diese Möglichkeit nicht, daher ist Leben Veränderung. Durch die Rekonstruktion der

Mondphasen erkennen die Kinder die Beeinflussung unseres Bilds vom Mond durch das Sonnenlicht. Dadurch erkennen sie, dass sich Dinge gegenseitig beeinflussen. Im Rahmen der Thematisierung des Raketenantriebs wird die technische Gestaltung einer Rakete durch den Menschen angesprochen.

Zuletzt definieren die Bildungsstandards für den Sachunterricht der Primarstufe noch die Inhaltsfelder des Fachs. Zu diesen zählen „Gesellschaft und Politik“, „Natur“, „Raum“, „Technik“ und „Geschichte und Zeit“.

Das Schülerlabor lässt sich dem Inhaltsfeld „Natur“ zuordnen. Es besagt, dass unsere natürliche Umwelt unter chemischen, physikalischen, biologischen und geographischen Gesichtspunkten zu betrachten sei (vgl. Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 15). Das Schülerlabor thematisiert, wie bereits in Kapitel 3.1 beschrieben, physikalische Phänomene unserer Lebenswelt. Dabei gewinnen sie Einsichten in physikalische Grundprinzipien unseres Alltags. Des Weiteren lässt sich das Schülerlabor dem Inhaltsfeld „Technik“ zuordnen, da die Schülerinnen und Schüler durch die Rekonstruktion des Raketenantriebs einen Einblick in eine unserer beeindruckendsten technischen Errungenschaften bekommen (vgl. Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 20).

Wie bereits in der angestrebten Kompetenzerweiterung geschildert, werden ebenfalls mathematische Kompetenzen gefördert. Diese lassen sich den Inhaltsfeldern „Zahlen und Operationen“ sowie „Größen und Messen“ der Bildungsstandards für das Fach Mathematik in der Primarstufe zuordnen, da die Schülerinnen und Schüler die Distanz zwischen Mond und Erde sowie zwischen Erde und Mars erst durch Ausmessen rekonstruieren sollen und im Anschluss ausrechnen, wie viel Mal weiter der Weg ist.

3.3.4.2 Perspektivrahmen Sachunterricht

Der „Perspektivrahmen Sachunterricht“ unterscheidet bei der Bestimmung zu erwerbender Kompetenzen in die inhaltlichen und prozeduralen Kompetenzen (vgl. GDSU, 2013, S. 12). Die inhaltliche Dimension beinhaltet bestimmte Themenbereiche, im Rahmen welcher deklaratives Wissen erworben wird (vgl. GDSU, 2013, S. 12). Die andere Dimension beinhaltet Denk-, Arbeits- und

Handlungsweisen, welche prozedurales Wissen fördern (vgl. GDSU, 2013, S. 12). Dabei sind beide Dimensionen im Unterricht immer gleichzeitig anzusprechen (vgl. GDSU, 2013, S. 12). Es ist nicht möglich eine Handlungsweise ohne einen inhaltlichen Input zu fördern, genauso wie man einen inhaltlichen Input immer mit Hilfe einer Denk-, Arbeits- und Handlungsweise vermittelt.

Da es sich um ein perspektivenbezogenes Schülerlabor handelt, werden im Folgenden die zu erwerbenden Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Perspektive auf eine Förderung im Rahmen der Bearbeitung des Schülerlabors untersucht.

Wie bereits in Kapitel 2.1 beschrieben, zählen beispielsweise das Beobachten, Untersuchen und Beschreiben von Veränderungen diverser Körper während physikalischer Vorgänge zu den perspektivenbezogenen inhaltlichen Kompetenzen, welche die Schülerinnen und Schüler laut des Perspektivrahmens erwerben sollen (vgl. GDSU, 2013, S. 44). Diese Kompetenz wird im Rahmen der Versuche gefördert. Die Schülerinnen und Schüler sollen beispielsweise im Rahmen der Thematisierung der „Notwendigkeit eines Raumanzugs“ gezielt untersuchen, wie sich ein Körper in einem luftleeren Raum verhält beziehungsweise verändert.

Des Weiteren soll, wie bereits in Kapitel 2.1 beschrieben, die im Perspektivrahmen benannte Kompetenz des Erkennens des Konzepts der Wechselwirkung in unserem Alltag und der Natur gefördert werden (vgl. GDSU, 2013, S. 44). Das Experiment zum Raketenantrieb soll das Rückstoßprinzip veranschaulichen, welches auf dem Wechselwirkungsprinzip, also dem dritten Newtonschen Axiom, fußt. Dabei können die Kinder das Konzept der Wechselwirkung in unserem Alltag erkennen.

Als zu fördernde, perspektivenbezogene Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen gelten die Untersuchung und das Verstehen von Naturphänomenen, das Aneignen und Anwenden naturwissenschaftlicher Methoden, das Zurückführen von Naturphänomenen auf Regelmäßigkeiten, das Ableiten von Konsequenzen aus naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für unseren Alltag sowie das Bewerten und Reflektieren naturwissenschaftlichen Lernens (vgl. GDSU, 2013, S. 39). Im Rahmen des Schülerlabors werden diverse Naturphänomene untersucht. Beispielsweise wird das Phänomen des Rückstoßprinzips veranschaulicht sowie die Entstehung der Meere des Mondes rekonstruiert. Dies soll beides im Rahmen von Experimenten

geschehen, was wiederum das Arbeiten nach dieser naturwissenschaftlichen Methode fördert. Durch das Erkennen, dass Form und Größe der Mondkrater von der Masse und Form des Meteoritens abhängt, wird anhand des Naturphänomens auf eine Regelhaftigkeit geschlossen. Auch die Rekonstruktion der Mondphasen lässt sich auf die Regelhaftigkeit des Phänomens aus Licht und Schatten zurückführen. Dabei können die Kinder erkennen, dass ein Schatten zur Entstehung eine Lichtquelle und einen lichtundurchlässigen Körper benötigt. Aus dieser Erkenntnis können sie ableiten, dass für uns regelmäßig andere Teile des Mondes direkt von der Sonne beleuchtet werden, während der Rest im Schatten liegt. Am Ende des Schülerlabors sollen die Kinder das naturwissenschaftliche Lernen reflektieren und bewerten. Doch mit Hilfe welcher Methoden lassen sich diese Kompetenzen im Rahmen eines Schülerlabors vermitteln?

3.4 Methodische Analyse

Im Rahmen der methodischen Analyse sollen die methodischen Entscheidungen begründet und phasenorientiert dargelegt werden (vgl. Esslinger-Hinz, 2013, S. 76). Dieses Kapitel umfasst daher eine begründete Darstellung der im Vorfeld getroffenen, methodischen Entscheidungen. Im ersten Schritt wurde eine Gliederung des Schülerlabors in Phasen vorgenommen. Diese erfolgen zeitlich sukzessiv. Es beginnt damit, dass die Schülerinnen und Schüler ankommen. Anschließend erfolgt der Einstieg, bei welchem eine Problemstellung identifiziert wird. Diese Problematik soll die Lerngruppe durch das ganze Schülerlabor führen. Anschließend soll eine kurze Organisationsphase erfolgen, bevor es in die Arbeitsphase geht. In dieser wird das Lernmaterial bearbeitet. Daran anschließend erfolgt die Sicherungsphase, in welcher Lernprodukte diskutiert und der Lernzugewinn definiert werden sollen. Zuletzt erfolgt die Verabschiedung, in welcher die Schülerinnen und Schüler ihren Lernzugewinn bewerten sollen. In diesem Kapitel wird sich auf die allgemein methodischen Überlegungen beschränkt. Die genauen Überlegungen zur Gestaltung der einzelnen Experimente und Arbeitsaufträge finden sich in Kapitel vier. Doch mit welchen grundlegenden Methoden lassen sich die Lernziele in den einzelnen Phasen am besten erreichen?

3.4.1 Begrüßung

Ich entschied mich dafür, dass jedes Kind ein Namensschild erhält, damit in Fällen von Austausch im Plenum die Kinder mit ihrem Namen angesprochen werden können.

Zu Beginn ist es immer hilfreich den Ablauf des unterrichtlichen Geschehens für die Schülerinnen und Schüler transparent zu machen. Dafür ist es möglich diesen verbal zu schildern. Um den Schülerinnen und Schülern allerdings das spätere Nachsehen zu ermöglichen, entschied ich mich für eine visuelle Unterstützung in Form von Bildkarten, welche die jeweiligen Phasen visualisieren und illustrieren. Diese werden an der Tafel angebracht und mit Hilfe eines Pfeils wird angezeigt, in welcher Phase man sich aktuell befindet.

3.4.2 Einstieg

Als Einstieg kamen zu Beginn eine Geschichte, ein bildlicher Impuls oder ein Video für mich in Frage. Ich entschied mich gegen einen bildlichen Impuls, da dieser lediglich eine Momentaufnahme darstellt. Mir war es wichtig im Rahmen des Einstiegs eine Problemstellung aufzuwerfen sowie einen lebensweltlichen Bezug für die Schülerinnen und Schüler herzustellen. Da Kinder nicht mit der ESA ins All fliegen, konnte ich kein Bild von diesen zeigen. Um die Imagination der Kinder anzuregen und eine Identifizierung mit dem Sachverhalt zu ermöglichen, musste es sich also um eine fiktive Geschichte handeln. Diese hätte man sowohl als Video, als auch als Erzählung vortragen können. Gegen das Video sprach, dass man ein geeignetes digitales Gerät zum Abspielen benötigt und dies je nach Standort nicht immer gewährleistet werden kann. Daher entschied ich mich für eine Einstiegsgeschichte. Diese fungiert als eine Hinführung an die Thematik und soll einen kindgerechten Bezug zu dem physikalischen Thema herstellen (vgl. Lück, 2006, S. 20). Dabei sollen Emotionen und Interesse bei den Schülerinnen und Schülern geweckt werden, um diese an die astronomischen Phänomene heranzuführen (vgl. Lück, 2006, S.20).

Die Geschichte soll die Planung einer Reise zum Mond anstoßen, da dieser den Schwerpunkt der fachlichen Rahmung bildet. Eine ausführliche Schilderung der Geschichte und ihrer Entstehung findet sich in Kapitel 4.2.

3.4.3 Arbeitsphase im Plenum

Zu Beginn war es eigentlich geplant gewesen, dass die Schülerinnen und Schüler nach der Einstiegsgeschichte einen groben Überblick über den Verlauf des Schülerlabors, eine kurze Einführung in das Forscherheft und den Umgang mit den Experimentierkästen erhalten und anschließend beginnen selbstständig in ihren Kleingruppen zu arbeiten. Um materialsparend vorgehen zu können, wollte ich, dass die Schülerinnen und Schüler die Experimentierkästen in keiner bestimmten Reihenfolge bearbeiten müssen. Dies ermöglicht, dass es jeden Kasten nur einmal und nicht beispielsweise in sechsfacher Ausführung geben muss. Dies erfordert allerdings, dass die Kästen nicht aufeinander aufbauen dürfen. Für die Verfolgung meiner fachlichen Rahmung war es jedoch notwendig, dass zu Beginn der Mond als unser Reiseziel festgelegt werden muss. Somit gab es die Möglichkeit den ersten Experimentierkasten als Startpunkt vorzugeben und ihn in mehrfacher Ausführung bereitzustellen oder die Arbeitsphase mit einer Plenumsphase zu beginnen, in welcher gemeinsam der Mond als Unterrichtsgegenstand eruiert wird. Ich entschied mich für eine gemeinsame Phase im Plenum, da dadurch Vorkenntnisse der Kinder erst einmal gemeinsam festgestellt werden können und es sicherstellt, dass alle Gruppen den Mond als Reiseziel festlegen. Ich entschied mich, die Vorgabe zu machen, dass es sich bei dem Reiseziel um den nächsten natürlichen Himmelskörper zur Erde handeln sollte, um sicherzustellen, dass die Kinder den Mond vorschlagen.

3.4.4 Organisation

Die Organisation kann entweder verbal, schriftlich oder in einer Kombination aus beidem erfolgen. Ich beschloss die Instruktionen zum Forscherheft, den Experimentierkästen und den Verhaltensregeln erst verbal zu geben, jedoch noch einmal schriftlich auf dem Arbeitsmaterial zusammenzufassen.

3.4.5 Arbeitsphase in Gruppen

Der Aufbau der Arbeitsphase orientiert sich an einer Stationsarbeit. Der Lerninhalt wurde in einzelne thematische Bereiche eingeteilt. Diese thematischen Bereiche bilden die, im Rahmen der Sachanalyse untersuchten, physikalischen Thematiken mit dem Schwerpunkt auf der Astronomie.

Die physikalischen Inhalte hätten entweder theoretisch, experimentell oder in einer Kombination aus beidem erarbeitet werden können. Gegen eine rein theoretische Form der Erarbeitung sprach, die Natur eines Schülerlabors. Dieses Konzept fußt auf einer experimentellen Herangehensweise. Des Weiteren ist eine rein theoretische Herangehensweise für Kinder oft sehr abstrakt. Geht man davon aus, dass die Schülerinnen und Schüler noch keine Erfahrungen in der Physik sammeln konnten, würde ihnen das Herstellen eines lebensweltlichen Bezugs zur Theorie vermutlich sehr schwer fallen. Auch würde sich das rein theoretische Arbeiten vermutlich negativ auf die Motivation der Schülerinnen und Schüler auswirken.

Ein rein experimenteller Ansatz würde ohne Vorkenntnisse seitens der Schülerinnen und Schüler Gefahr laufen in einem unsystematischen Erproben zu enden, aus welchem die Kinder im Anschluss keine neuen fachlichen Erkenntnisse gewinnen konnten. Folglich entschied ich mich für eine Kombination aus Theorie und Experiment. Die Begründung hierfür liegt, wie bereits geschildert, in der Natur der Schülerlabore selbst, aber auch in der, in Kapitel 2.4 geschilderten, Bedeutung des Experimentierens für den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler. Die Experimente sollen die Theorie belegen beziehungsweise ein besseres Verständnis dieser ermöglichen. Somit handelt es sich bei den Experimenten um Erarbeitungsversuche, da sie der Verknüpfung von Theorie und Praxis dienen (vgl. Girwidz, 2015, S. 233).

Experimente können prinzipiell als Lehrer- oder Schülerversuche durchgeführt werden (vgl. Girwidz, 2015, S. 233). Gegen Lehrerversuche sprach erneut das Konzept eines Schülerlabors, aber auch die Vorteile für den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler, welche Lehrerversuchen verwehrt bleiben. Zum einen kommen die Schülerinnen und Schüler selbst handelnd zum Einsatz. Dies hat ein besseres Einprägen der Versuche und ihrer Abläufe zum Vorteil (vgl. Girwidz, 2015, S. 233). Wenn die Kinder eigenständig handeln, kommt es in der Klasse zu einer höheren kognitiven Beteiligung, als wenn sie dem Geschehen im Plenum folgen.

Bezogen auf den konkreten Ablauf der Experimente, entschied ich, den Kindern Anleitungen für jedes Experiment vorzugeben. Auf diesen Anleitungen sollten sich detaillierte Beschreibungen der einzelnen Schritte finden, welche die Schülerinnen und Schüler nach und nach bearbeiten sollen. Diese Herangehensweise lag nahe, da im Rahmen eines Schülerlabors sehr heterogene Lerngruppen mit unterschiedlichen

Vorerfahrungen und Vorkenntnissen die Lernumgebung bearbeiten. Für Kinder, welche keine Erfahrungen mit dem Experimentieren haben, hätte das bloße Präsentieren der Kästen ohne diese Hilfestellung vermutlich nicht immer ans Ziel geführt. Bereits der Umgang mit dem konkreten Material kann ohne vorige Übung eine große Herausforderung darstellen.

Zuerst hatte ich überlegt, die Schülerinnen und Schüler die Experimente alleine durchführen zu lassen. Dies wäre nicht nur aufgrund des Konzepts eines Schülerlabors problematisch gewesen, sondern auch aus vielerlei anderen Gründen. Man kennt die Lerngruppe vor dem Besuch des Schülerlabors nicht. Daher kann man die fachliche und sprachliche Lernausgangslage eines jeden Kindes nicht einschätzen. Durch die aufwendigen Versuche ist eine ausführliche Anleitung notwendig. Um diese Anleitung lesen zu können, benötigen die Kinder eine ausreichende Lesekompetenz. Da diese eventuell nicht bei allen Schülerinnen und Schülern vorhanden sein könnte, ist es wichtig, dass die Kinder miteinander arbeiten. So können sich die Kinder gegenseitig helfen. Außerdem hätte es das Spektrum möglicher Experimente deutlich reduziert, da viele Versuche nicht alleine durchgeführt werden können. Damit eine gegenseitige Unterstützung der Kinder erleichtert wird, war eine Gruppenarbeit am sinnvollsten. Des Weiteren werden während einer Gruppenarbeit in besonderem Maße auch die sozialen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler gestärkt (vgl. Lück, 2006, S. 15 f.). Die Kinder müssen aufeinander achten. Beispielsweise darf ein Kind einem Anderen nicht die Sicht nehmen, wenn es etwas zu beobachten gibt (vgl. Lück, 2006, S. 16). Auch müssen die Aufgaben gleich verteilt werden und alle Kinder sollen die Möglichkeit bekommen sich in die Bearbeitung einzubringen (vgl. Lück, 2006, S. 16). Das soziale Lernen hat nicht nur einen positiven Einfluss auf die sozialen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler. Soziokonstruktivistische Theorien besagen, dass wir vor allem dann lernen, wenn wir andere Menschen beobachten, mit ihnen kommunizieren oder interagieren (vgl. Kunter & Trautwein, 2013, S. 37). Daraus folgt, dass Lernen ein sozialer Prozess ist, bei welchem neues Wissen durch die Zusammenarbeit mit anderen Menschen konstruiert wird (vgl. Kunter & Trautwein, 2013, S. 37). Dies hat zur Folge, dass das Arbeiten und Experimentieren in Kleingruppen sich positiv auf den Lernerfolg der Kinder auswirkt. Neben den sozialen Kompetenzen werden in besonderer Weise ebenfalls die sprachlichen

Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler gefördert, da sie gemeinsam über die Durchführung des Experiments, ihre Beobachtungen und Hypothesen sprechen sollen. Somit regt die Gruppenarbeit die sprachliche Produktion an.

Zur Herstellung eines Bezugs zwischen Experiment und Theorie gab es die Möglichkeiten jedem Experimentierkasten Informationskarten beizulegen, Arbeitsblätter zu erstellen oder ein Forscherheft zu entwickeln und auszugeben. Da mir wichtig war, dass alle Kinder ihre Ergebnisse sichern und mit nach Hause nehmen können, kamen nur Arbeitsblätter oder ein Forscherheft in Frage. Ich entschied mich für ein Forscherheft. Gegen lose Arbeitsblätter spricht, dass diese verloren gehen oder am Ende des Labors konfus in den Schulranzen gesteckt werden könnten. Des Weiteren könnte das Kramen nach dem richtigen Arbeitsblatt eine Besprechung der Ergebnisse im Plenum erschweren. Das Forscherheft bietet schöne Gestaltungsmöglichkeiten, hat eine feste Reihenfolge und hält alle Aufgaben zusammen.

Für die methodische Gestaltung des Forscherheftes mussten ebenfalls einige Vorüberlegungen stattfinden. Im Vorfeld ist die Lernausgangslage einer Lerngruppe, welche das Schülerlabor besucht, nicht klar. Daher ist es eine Möglichkeit die Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler so gering wie möglich zu halten. Dies könnte beispielsweise bedeuten, dass es vermieden wird, viel Text oder fachsprachliche Ausdrücke in das Forscherheft mit aufzunehmen. Blickt man allerdings in die Sekundarstufe, wird die Lesekompetenz der Schülerinnen und Schüler vorausgesetzt. Auch das Verständnis grundlegender Fachbegriffe wird in vielen Fachbereichen vorausgesetzt. Da sich dieses Schülerlabor aufgrund der fachlichen Komplexität und der methodischen Voraussetzungen sowieso eher für ältere Schülerinnen und Schüler der Primarstufe eignet, entscheid ich mich, dass das Lesen kurzer Texte und Versuchsanleitungen vorausgesetzt werden kann. Damit werden nicht nur die fachlichen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler angesprochen, sondern ebenfalls ihre Lesekompetenz. Diese gilt es, wie bereits in Kapitel 3.3.3.1 geschildert, besonders in der Primarstufe fächerübergreifend zu fördern.

Für die fachliche Erarbeitung der physikalischen Inhalte hätte sich das Heft lediglich auf die Experimente, ihre Durchführung und ihre Auswertung beziehen können.

Jedoch entschied ich mich, zu Beginn immer erst die Lernausgangslage abzufragen. Gerade Astronomie ist ein Themengebiet, welches viele Kinder interessiert und mit dem sie, zum Beispiel durch das nächtliche Blicken in den Himmel, bereits viele Berührungspunkte sammeln konnten. Dabei hat das Kind bereits vielfältige subjektive Erfahrungen mit dem Unterrichtsgegenstand gesammelt und eventuell bereits eigene Erklärungsmodelle entwickelt. Der Sachunterricht hat die Aufgabe diese vorhandenen Erfahrungen, Erklärungsversuche und Fähigkeiten in Erfahrung zu bringen, aufzugreifen und zu überprüfen (vgl. Pfänder, 1976, S. 29). Dies ermöglicht es der Lehrkraft unter anderem eine gemeinsame Ausgangsbasis für den weiteren Unterricht zu schaffen und Lernstände einzuschätzen (vgl. Pfänder, 1976, S. 29). Die Abfrage im Heft aktiviert somit nicht nur Vorwissen, sondern könnte der Lehrkraft dabei helfen weiteren Unterricht zu dieser Thematik an den Vorerfahrungen der Kinder zu orientieren. Das Aufgreifen und Reaktivieren des Vorwissens ermöglicht es, neues Wissen in das bestehende Wissensnetz der Schülerinnen und Schüler zu integrieren. Dies ist aus lernpsychologischer Sicht besonders bedeutend, da das Nutzen von Vorwissen bei der Bearbeitung neuer Inhalte die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass der neue Lerngegenstand langfristig gespeichert wird (vgl. Kunter & Trautwein, 2013, S. 32).

Bezüglich der Versuchsanleitungen stand die Überlegung im Raum, diese in die Experimentierkästen zu legen. Dann hätten die Gruppen im jeweiligen Kasten eine passende Anleitung gefunden. Dies hätte zwar mehr Platz im Forscherheft geschaffen, allerdings hätten die Schülerinnen und Schüler später die Versuche und ihren Ablauf nicht mehr nachlesen könnten. Sie hätten den Versuch nicht noch einmal in ihrem privaten Umfeld durchführen können. Dadurch wäre das Verinnerlichen des Experiments erschwert. Auch hätten nicht alle Kinder eine Anleitung vorliegen gehabt, auf welcher sie mitlesen können. Ein Kind hätte alles vorlesen müssen, was manchen Kindern das Verständnis des Ablaufs hätte erschweren können. Somit entschied ich mich dafür, die Versuchsanleitungen in die Forscherhefte zu integrieren.

Neben den Versuchen war mir wichtig Differenzierungsaufgaben zu erstellen. Diese dienen als zeitliche Puffer, welche dennoch fachlich und kognitiv anregend sein sollten.

Aufgrund der natürlichen Individualität einer Lerngruppe sind Differenzierungsmittel als mögliche Hilfestellungen in schülerzentrierten Arbeitsphasen unerlässlich. Methodisch boten sich zwei Möglichkeiten, diese Hilfsmittel bereit zu stellen. Einmal könnte man sie direkt in das Forscherheft drucken. Auf der anderen Seite könnte man sie auf Karten drucken, welche den jeweiligen Experimentierkästen beigelegt werden. Ich entschied mich gegen das Abdrucken im Heft, da es viel Platz gekostet hätte und manche Schülerinnen und Schüler auf die Hilfe eventuell gar nicht angewiesen sind. In Form von Infokarten liegen sie bei Bedarf im passenden Experimentierkasten bereit und können als Hilfestellung genutzt werden. Dabei ist wichtig, dass sie nicht nur fachliche, sondern auch sprachliche Hilfestellungen anbieten. Für die sprachliche Hilfestellung ist es möglich, Fachbegriffe isoliert auf Wortkarten zu präsentieren oder aber sie in grammatische Strukturen einzubetten. Aus methodischer Sicht ist das Einbetten der neuen Fachwörter geschickter, da diese kontextbezogen eingeführt werden sollten (vgl. Lehmann, Pilz & Sarich, 2013, S. 25). Dies ermöglicht es den Kindern erste Hypothesen über die Wortbedeutung auf Grundlage des Kontexts zu bilden (vgl. Lehmann, Pilz & Sarich, 2013, S. 25). Daher wird die sprachliche Hilfestellung auf den Infokarten stets in Sätzen angeboten.

3.4.6 Ergebnissicherung

Für die Ergebnissicherung am Ende standen zwei Methoden zur Auswahl. Einmal könnte man alle Aufgaben des Heftes Schritt für Schritt vergleichen. Dies wäre allerdings sehr zeitaufwendig. Dennoch wollte ich sicherstellen, dass alle Schülerinnen und Schüler am Ende des Schülerlabors etwas fachlich korrektes mit nach Hause nehmen. Daher entschied ich mich für die zweite Methode. Zu jedem Experiment sollte ein Merksatz notiert werden, welcher die Kernaussage der jeweiligen Thematik beinhaltet. Um dies zu ermöglichen, wurde am Ende der jeweiligen Themenseiten immer die Zeile „Merksatz“ hinterlegt. Am Ende des Schülerlabors sollen dann alle Experimente mit den Kindern kurz besprochen werden, ohne dabei auf alle Fragen im Forscherheft eingehen zu müssen. Im Anschluss sollen Kernaussagen festgehalten werden.

3.4.7 Verabschiedung

Im Rahmen der Verabschiedung soll eine kurze Meinungsabfrage durchgeführt werden, welche das Stimmungsbild der Schülerinnen und Schüler nach der Durchführung des Schülerlabors abbilden soll. Das Einholen von Feedback ist nicht nur wichtig, um die Lernumgebung stetig anpassen und verbessern zu können, sondern auch, um den Schülerinnen und Schülern zu zeigen, dass ihre Meinung wichtig ist. Ebenfalls ist es bereits sehr viel wert, wenn die Kinder selbst das Gefühl haben, viel gelernt zu haben. Dafür wurde die interaktive Methode der „Daumen-Abfrage“ ausgewählt, da sie den meisten Kindern geläufig ist oder falls nicht, schnell erklärt wäre. Die Einführung einer komplexeren Feedback-Methode, falls sie den Kindern eventuell noch nicht geläufig wäre, wäre sehr zeitintensiv und nicht notwendig. Durch die Daumen kann ein angemessenes Stimmungsbild angezeigt werden. Im Anschluss können einzelne Kinder gebeten werden, ihre Einschätzung zu begründen. Eine andere Möglichkeit wäre das schriftliche Feedback beispielsweise in Form eines Fragebogens oder einer Zielscheibe gewesen (vgl. Scholz, 2020, S. 57 f.). Dies hätte jedoch den Nachteil, dass die Kinder dabei lediglich ankreuzen müssen. Das direkte Einfordern einer Begründung für ihre Einschätzung wäre erschwert.

Nun da die didaktischen und methodischen Grundlagen deutlich wurden, stellt sich die Frage, welche Kompetenzen die Schülerinnen und Schüler vor dem Besuch des Schülerlabors erworben haben sollten.

3.5 Lernvoraussetzungen

Köster (2006) empfiehlt in ihrem, in Kapitel 3.2 erwähnten, Beitrag zum Thema der Astronomie in der Primarstufe, ein astronomisches Projekt aufgrund der hohen Komplexität der Thematik und der oftmals nötigen Lesekompetenz erst im dritten oder vierten Schuljahr durchzuführen (vgl. S. 143 f.). Dieser Empfehlung würde ich mich bezüglich dieses Schülerlabors anschließen, da für die Bearbeitung des Forscherhefts bereits eine einigermaßen flüssige Lesegeschwindigkeit und ein gewisses Leseverständnis vonnöten sind. Die Kinder müssen für das selbstständige Arbeiten an den Experimentierkästen in Kleingruppen bereits ein gewisses Maß an sozialen und kommunikativen Kompetenzen mitbringen, welche im ersten und zweiten Schuljahr vermutlich noch nicht ausgereift genug sind. Daher würde ich

noch ein bisschen weiter gehen und zu dem Schluss gelangen, dass das Schülerlabor für Kinder am Ende der dritten Jahrgangsstufe bis zum Ende der Vierten geeignet ist.

4. Darstellung des Schülerlabors

Im Folgenden soll das Schülerlabor zur Astronomie für die Primarstufe dargestellt werden. Dafür wird im ersten Schritt der Ablauf umrissen, um einen Überblick über die Geschehnisse zu geben. Anschließend werden die Einstiegsgeschichte, der Klassenversuch, die Experimente, das Forscherheft, die Ergebnissicherung sowie die Differenzierungsmittel ausführlich beschrieben. Dabei sollen ebenfalls fachliche Überlegungen geschildert werden, welche zu ihrer Entstehung beigetragen haben.

4.1 Darstellung des groben Ablaufs

Wie bereits in Kapitel 3.4 geschildert, lässt sich das Schülerlabor in sieben Phasen gliedern. In der Begrüßungsphase kommen die Schülerinnen und Schüler im Labor an, setzen sich an die vorbereiteten Gruppentische und erhalten ein Namensschild. Nach einer kurzen Begrüßung und Vorstellung der Betreuenden erfolgt die Übersicht zum Verlauf des Labors.

Im Anschluss beginnt die Einstiegsphase. Während dieser Phase bekommen die Kinder einen ersten Einblick in die Thematik des Labors. Der Einstieg erfolgt in Form einer Kurzgeschichte über zwei befreundete Kinder, welche beschließen, dass sie einmal in das Weltall reisen möchten. Da sie jedoch noch keine Vorstellungen vom Weltraum und seinen Gegebenheiten haben, sind sie auf die Hilfe der Schülerinnen und Schüler angewiesen.

Zu Beginn erfolgt die Frage nach einem möglichen Reiseziel. Dieser wird im Rahmen der ersten Arbeitsphase im Plenum nachgegangen. Dabei wird anhand eines Modells die Struktur unseres Planetensystems rekonstruiert, um anschließend ein Reiseziel bestimmen zu können. Da es sich dabei um den nächsten, natürlichen Himmelskörper handeln soll, wird der Mond als solches festgelegt.

Anschließend erfolgt die Organisationsphase für die selbstständige Arbeitsphase. Dabei werden verbal Hinweise zu den Experimentierkästen, dem Forscherheft und den Verhaltensweisen während der Arbeitsphase gegeben.

Die Arbeitsphase erfolgt in Kleingruppen von vier bis fünf Schülerinnen und Schülern. Sie arbeiten eigenständig an den Experimentierkästen eins bis fünf und füllen die dazugehörigen Seiten im Forscherheft aus. Die Experimente müssen in keiner bestimmten Reihenfolge ausgeführt werden. Die Kinder holen sich die freien

Experimentierkästen und stellen sie zurück, sobald sie fertig sind. Diese Phase nimmt den größten Teil des Schülerlabors ein und sollte mindestens zwei Zeitstunden umfassen.

Nach der Arbeitsphase folgt die Sicherungsphase. Währenddessen sollen die Ergebnisse der Stationsarbeit besprochen werden. Es wird gemeinsam für jede Thematik ein Merksatz festgelegt, welcher auf den dafür vorgesehenen Zeilen am Ende der jeweiligen Themenseite notiert wird.

Zuletzt erfolgt die Verabschiedung, bei welcher die Kinder noch einmal mit Hilfe einer Daumenabfrage reflektieren sollen, ob sie während der Bearbeitung des Schülerlabors neue Kompetenzen erwerben konnten.

4.2 Darstellung der Einstiegsgeschichte

Die Kinder werden im Rahmen einer kurzen Geschichte in den thematischen Hintergrund des Schülerlabors eingeführt. Diese trägt den Titel „Auf zu neuen Welten“.

Bei der Entstehung der Geschichte hatte ich verschiedene Konzepte in Betracht gezogen. Zum einen hatte ich überlegt, eine Geschichte über Astronautinnen und Astronauten zu schreiben, welche bald ihren ersten Flug in das Weltall antreten. Doch leider wissen sie gar nicht, was sie da alles erwarten könnte. Diese Version habe ich wieder verworfen, da Astronautinnen und Astronauten umfangreich ausgebildet werden und das Bild von Personen dieser Berufsgruppe, welche gar nicht wissen was sie erwartet, sehr unrealistisch wäre. Ebenfalls hatte ich Sorge, die Geschichte könnte dadurch Fehlvorstellungen bei den Kindern begünstigen. Um das Wecken von Emotionen und Interesse zu erleichtern, entschied ich mich, eine Geschichte über Kinder im Grundschulalter zu schreiben. Sie sollte dazu beitragen, dass die Kinder sich leichter in die Rolle des Protagonists und der Protagonistin hineinversetzen können. Daher handelt es sich bei den Kindern auch um einen Jungen und ein Mädchen. Ebenfalls war mir wichtig einen Realitätsbezug in die Geschichte einzubauen. Die Kinder sollten sich über ein reales Ereignis unterhalten. Dies sollte die Realitätsnähe der physikalischen Thematik und vor allem ihre aktuelle Relevanz für die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler unterstreichen. Um eine Problemstellung aufzuwerfen wählte ich die Planung eines Flugs in den Weltraum. Genauer gesagt eines Flugs zum Mond. Die spontane Entscheidung für ein Reiseziel

mit den Kindern wäre nicht möglich gewesen, da die Stationen im Vorfeld vorbereitet werden müssen. Da, wie bereits in Kapitel 3.2 geschildert, viele Fehlvorstellungen zum Mond herrschen und er daher in der fachlichen Rahmung liegt, war es naheliegend diesen als Reiseziel auszuwählen. Um vorab den Aufbau unseres Planetensystems und die genaue Lage des Mondes darin besprechen zu können, war es notwendig, dass das Reiseziel dennoch nicht in der Geschichte vorgegeben werden darf. Auch wirkt es sich sicherlich positiv auf die Motivation der Schülerinnen und Schüler aus, wenn das Reiseziel durch sie vorgegeben werden kann, auch wenn sie dabei nicht ganz frei wählen können.

So entstand die Geschichte von Leo und Amina, welche Nachts im Garten von Leos Familie in den Sternenhimmel schauen. Amina berichtet Leo, dass sie im Fernsehen gesehen habe, dass die Internationale Raumstation nun seit 20 Jahren dauerhaft bewohnt sei. Gemeinsam träumen sie davon auch einmal das Weltall zu bereisen. Doch sie wissen gar nicht, wo sie überall hinreisen könnten.

4.3 Darstellung des Klassenversuchs

Anschließend erfolgt, angebunden an die Geschichte, die Wahl eines möglichen Reiseziels. Diese Wahl erfolgt im Rahmen der Rekonstruktion unseres Planetensystems mit Hilfe eines Modells. Das Modell soll die didaktisch reduzierte Struktur unseres Sonnensystems veranschaulichen, wie es in Kapitel 3.3.2 geschildert wurde. Meine Entscheidung fiel auf ein plastisches Modell und keine Abbildung, da mit einem richtigen Modell die Planeten beispielsweise beliebig sortiert werden können, wohingegen eine Abbildung statisch wäre. Die Planetenreihenfolge unseres Sonnensystems soll mit Hilfe des Merksatzes „Mein Vater erklärt mir jeden Sonntag unseren Nachthimmel“ rekonstruiert werden.

Für die Rekonstruktion benötigt man 10 Styroporkugeln, 9 Holzspieße, ein Stück Draht, ein mindestens 180 cm langes Holzbrett, Acrylfarben und Moosgummi. Die Styroporkugeln symbolisieren unsere Planeten, die Sonne und den Erdtrabanten, daher sollten sie unterschiedlich groß sein. Ich wählte für die Kugeln die Maße aus Abbildung 5 und positionierte sie in den, ebenfalls in Abbildung 5 angegebenen, Abständen auf einem 8x180 cm großen Holzblock, welchen ich in der Mitte durchsägte, um ihn besser handhaben zu können.

Planeten	Durchmesser des Modells	Abstand zum Sonnenmodell
Sonne	20 cm	0 cm
Merkur	1,5 cm	3,6 cm
Venus	2,5 cm	6,6 cm
Erde	2,5 cm	9 cm
Mond	1 cm	13,8 cm
Mars	1,5 cm	13,8 cm
Jupiter	12 cm	46,8 cm
Saturn	12 cm	84 cm
Uranus	5,5 cm	116 cm
Neptun	5,5 cm	180 cm

Abbildung 5: Tabelle zu Größen und Abständen des Sonnensystemmodells

Die Größen der Modelle wurden an die Originalgrößen angepasst, allerdings nicht anhand eines Maßstabs errechnet. Ich teilte die Planeten der Größe nach in Paare ein. Dabei ergaben sich die Paarungen Jupiter-Saturn, Uranus-Neptun, Erde-Venus und Mars-Merkur. Da Jupiter und Saturn 12 cm Modelle erhielten, wählte ich für Uranus und Neptun Kugeln, welche etwas mehr als die Hälfte kleiner sind. Dies fußt auf der Tatsache, dass auch die Planeten etwas mehr als die Hälfte kleiner sind, wie man Abbildung 1 aus Kapitel 3.1.1 entnehmen kann. Um die Kugeln nicht zu klein werden zu lassen, wählte ich für Erde und Venus sowie Mars und Merkur die Maße 2,5 cm und 1,5 cm.

Die Abstände zur Sonne wurden errechnet. Dafür wurden die originalen Abstände zuerst auf die Zehnmillionenerstellen aufgerundet und im Anschluss getreu des Maßstabs 1:10.000.000.000 verkleinert. Die sich daraus ergebenden Maße wurden für Merkur bis Saturn versechsfacht, da die einfachen Maße zu klein gewesen wären, um die Modelle danach aufzustellen. Die Abstände von Uranus und Neptun wurden lediglich verdoppelt, da sonst das Brett zu lang geworden wäre. Es hätte nicht sichergestellt werden können, dass man es problemlos in jedem Raum platzieren könnte. Auch der Transport wurde dadurch vereinfacht.

Um die acht Planeten sowie die Sonne in das Brett stecken zu können, wurden sie jeweils auf ein bis zwei Holzspieße gesteckt und mit einem Namensschild versehen. Um sie in das Holzbrett stecken zu können, wurden vorab 8 Löcher in den langen

Holzblock gebohrt. In einen 8x7,5 cm großen Holzblock wurden zwei für die Sonne gebohrt. Aufgrund der Größe der Sonne benötigte sie zwei Holzspieße. Einer alleine bog sich unter ihrem Gewicht durch.

Die Modelle der Planeten wurden mit Hilfe von Acrylfarben in ähnlichen Farben wie ihre Vorbilder gefärbt. Das Moosgummi symbolisiert die Ringe des Saturn. Auch wenn eigentlich alle Gasplaneten Ringe aufweisen, entschied ich mich nur dem Planeten mit dem markantesten und bekanntesten Ringsystem einen zu verleihen. Die Holzblöcke wurden mit dunkelblauer, fast schwarzer Acrylfarbe bemalt, um den interplanetaren Raum zu symbolisieren. Abbildung 6 zeigt das Endprodukt.

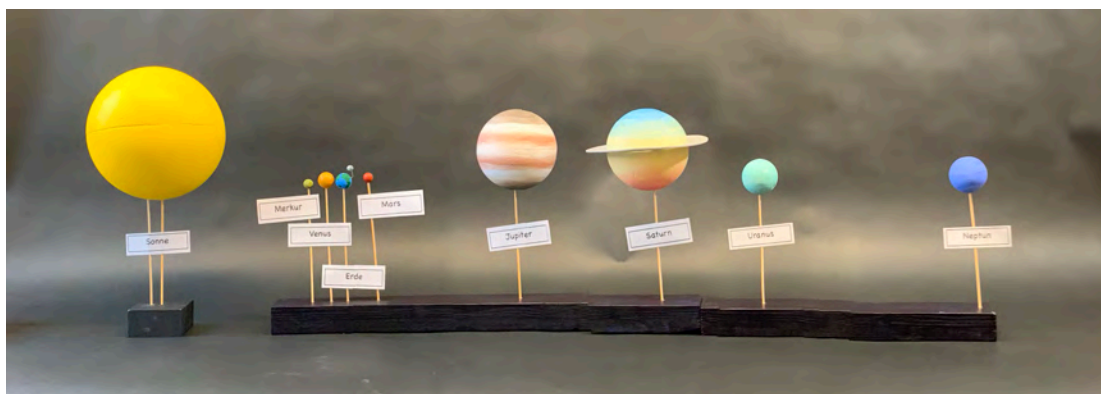


Abbildung 6: Modell des Sonnensystems

Die Phase des Klassenversuchs beginnt damit, dass alle Schülerinnen und Schüler überlegen sollen, welche Planeten sie kennen. Ihre Einfälle sollen notiert werden. Im Anschluss werden die Planeten im Plenum gesammelt. Die Planeten, welche genannt wurden, werden wahllos in das Holzbrett gesteckt. Im Anschluss wird gefragt, ob Kinder den Merksatz zur Planetenreihenfolge kennen. Wenn dies nicht der Fall ist, wird er an einer Tafel präsentiert und kurz erklärt. Im Anschluss sollen die Kinder die Lehrperson anleiten, die Planeten in die richtige Reihenfolge zu bringen. Der Merksatz sowie die Planetenreihenfolge sollen notiert werden. Anschließend fragt die Lehrperson, ob noch ein Himmelskörper fehlt. Dabei wird festgestellt, dass der Mond noch nicht in unserem Planetensystem repräsentiert wird. Im Anschluss wird, unter der Thematisierung, dass der Mond kein Planet ist, dieser mit einem Stück Draht an der Erde befestigt, wie Abbildung 7 zeigt. Der Mond bekommt keinen Platz im Brett, um zu unterstreichen,



Abbildung 7: Modelle der Erde und des Mondes

dass seine Umlaufbahn an die Erde gebunden ist. Zuletzt wird er als Reiseziel gewählt, da er der nächste Himmelskörper zur Erde ist. Im nächsten Schritt beginnt die Arbeitsphase in Gruppen, während welcher die Experimente ausgeführt werden. Doch um welche Experimente handelt es sich dabei genau?

4.4 Darstellung der Experimente

Alle Experimente sind durchnummeriert und befinden sich in einer eigenen Box, welche außen mit einem Stern versehen ist. Jeder dieser hat eine eigene Farbe. In den Sternen befindet sich die Zahl des jeweiligen Experiments. In den Kästen selbst befindet sich neben den Materialien noch eine Aufstellung dieser, mit Hilfe welcher die Schülerinnen und Schüler am Ende prüfen können, ob sie alle Materialien zurück in den Kasten gelegt haben. Die Anleitungen für die Experimente befinden sich, wie bereits in Kapitel 3.4 geschildert, in den Forscherheften, damit alle Kinder diese am Ende mit nach Hause nehmen können. Dies ermöglicht das spätere Wiederholen von spannenden Experimenten im privaten Umfeld. Die Experimente erhielten neben den Nummern einen kindgerechten Namen, der Spannung und Interesse erzeugen soll. Im Rahmen der Darstellung der Experimente sollen im Vorfeld noch einige Entscheidungen erläutert werden, welche während der Wahl der Versuche getroffen werden mussten.

4.4.1 Experiment „Wir bauen eine Rakete“

Im Rahmen des Versuchs „Wir bauen eine Rakete“ werden, wie der Name bereits suggeriert, Raketen gebaut. Besonders wichtig bei der Wahl des genauen Experiments war, dass das Rückstoßprinzip gut veranschaulicht wird. Denn dieses stellt, wie in Kapitel 3.3.2 geschildert, den Kern dieses inhaltlichen Schwerpunktes dar. Zur Auswahl standen eine Luftballonrakete sowie eine Wasserrakete. Beide fußen auf dem Wechselwirkungsprinzip nach Newton. Allerdings ist der Bau einer Wasserrakete, wie ihn beispielsweise die Deutsche Luft- und Raumfahrt vorstellt, wesentlich komplexer. Es muss eine Plastikflasche erhitzt werden, bis das Plastik verformbar wird (vgl. DLR_School_Lab Lampoldshausen/Stuttgart, 2011). Dies ist ein komplexer Vorgang für Kinder, welcher viel Potenzial für Verletzungen birgt. Des Weiteren wäre die Durchführung des Versuchs lediglich im Freien möglich, was im Winter zu Problemen führen könnte. Aufgrund dieser Faktoren entschied ich mich

für eine Luftballonrakete. Dieser Versuch wird in einer ähnlichen Form in „Gute Aufgaben Sachunterricht“ von Grygier und Hartinger (2012) vorgestellt (vgl. S. 38). Da es sich um einen Bastelversuch handelt, müssen einige Materialien im Experimentierkasten für jede Gruppe extra bereitgestellt werden. Daher benötigt man einige der folgenden Materialien nicht nur einmal, sondern im Fall von fünf Gruppen fünfmal. Es eignen sich Zipperbeutel hervorragend für die Sammlung der mehrfachen Experimentiermaterialien, welche nicht wiederverwendet werden können.

Man benötigt für jeden Zipperbeutel eine mindestens 2 m lange Schnur, ein mindestens 7 cm langes Stück Strohalm, einen Luftballon und eine gebastelte Rakete. Wenn man keine gebastelten Raketen bereitstellen möchte, kann man die Materialien zum Bau einer bereitstellen oder man lässt sie weg. Bei der Wahl der Schnur ist es wichtig, dass diese eine möglichst glatte Oberflächenstruktur aufweist, da eine raue Struktur den Flug der Rakete beeinträchtigen würde. Das Stück Strohalm sollte nicht viel kürzer als 7 cm sein, da die Haftung des Ballons dann beeinträchtigt sein könnte. Des Weiteren benötigt man im Experimentierkasten eine Luftpumpe, eine Wäscheklammer, Klebeband, doppelseitiges Klebeband und eine Schere.

Der Versuch beginnt damit, dass der Trinkhalm auf die Schnur aufgefädelt wird. Der Luftballon wird mit Hilfe der Luftpumpe aufgepumpt und anschließend mit der Wäscheklammer verschlossen. Als Nächstes wird er mit Hilfe des Klebebands am Trinkhalm befestigt. Wichtig dabei ist, dass die Öffnung des Luftballons die ganze Zeit luftdicht verschlossen ist, damit keine Luft vorzeitig entweichen kann. Nun kann auch die selbstgebastelte Rakete mit dem doppelseitigem Klebeband am Luftballon angebracht werden. Damit diese den Flug nicht behindert, ist es hilfreich sie nicht an der selben Seite wie den Strohalm zu befestigen. Anschließend stellen sich zwei Kinder gegenüber voneinander auf und halten jeweils ein Ende der Schnur fest. Dabei ist es essenziell, dass die Schnur straff gespannt gehalten wird, da die Rakete sonst nicht ungehindert fliegen kann. Nun wird die Rakete zu dem Ende der Schnur gezogen, welches der Öffnung des Luftballons zugewandt ist. Zöge man den Luftballon zum anderen Ende, würde er gegen die Hand des Kindes fliegen, welches besagtes Ende festhält. Anschließend wird die Wäscheklammer entfernt und das Phänomen beobachtet.

Im Rahmen dieses Versuchs lässt sich das Rückstoßprinzip wunderbar erkennen. Der Luftballon saust in die entgegengesetzte Richtung davon, wie die Luft entweicht, wie Abbildung 8 illustriert.

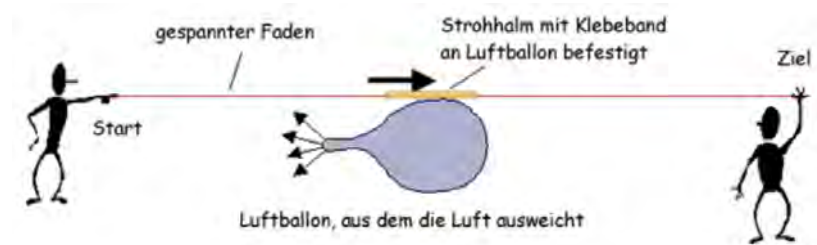


Abbildung 8: Veranschaulichung des Rückstoßprinzips im Rahmen des Versuchs „Wir bauen eine Rakete“ (Klein, 2015)

Der Luftballon wirkt eine Kraft auf die Luft, welche wiederum eine gleich große, jedoch entgegengesetzt gerichtete Kraft auf den Luftballon wirkt. Wie jedoch bereits geschildert, ist es für die Primarstufe ausreichend, wenn die Kinder erkennen, dass die Luft in die entgegengesetzte Richtung entweicht, wie der Luftballon fliegt. Dabei sollte auf die Begriffe der Kraft oder des Rückstoßprinzips verzichtet werden. Um das Prinzip noch etwas deutlicher zu veranschaulichen, ist es möglich etwas Mehl in den Luftballon zu füllen. Dieses entweicht dann gemeinsam mit der Luft aus dem Luftballon. Dabei sollte jedoch beachtet werden, dass man eine Plane unter die Flugstrecke legt, um das Aufräumen am Ende zu erleichtern.

4.4.2 Experiment „Kleidung im Weltraum“

Auf der Erde mit einfachen Mitteln zu veranschaulichen, wofür wir im Weltraum einen Raumanzug benötigen, ist recht komplex. Da die angestrebte Kompetenzerweiterung vorsieht, den luftleeren Raum und die Bedeutung von Luft zu thematisieren, wurde ein Versuch gewählt, welcher veranschaulicht, dass sich auch nicht lebendige Dinge im luftleeren Raum verändern können. Der gewählte Versuch zum Vakuum wird häufig mit einem Luftballon im Rahmen von Einheiten zum Thema „Luft“ durchgeführt. Auch Grygier und Hartinger (2012) schildern ihn in ihrem Werk „Gute Aufgaben Sachunterricht“ (vgl. S. 29). Im Rahmen dieses Versuchs allerdings, wird er mit einem Schaumgebäck durchgeführt, da es noch

interessanter und spannender für Kinder zu beobachten ist. Für den Versuch „Kleidung im Weltall“ benötigt man ein Marmeladenglas, welches groß genug ist, damit ein Schokokuss gut hineinpasst. Im Deckel des Glases ist ein Loch nötig, welches luftdicht an einen Schlauch angeschlossen ist. Dafür kann man mit einer Bohrmaschine ein Loch in den Deckel bohren, den Schlauch durch das Loch stecken und ihn mit Hilfe einer Heißklebepistole luftdicht am Deckel befestigen. Für diesen Versuch wurden ein Marmeladenglas mit einem Fassungsvermögen von 500 ml sowie ein Schlauch mit einem Durchmesser von 1 cm verwendet. An den Schlauch angeschlossen wird eine Pumpe, welche die Luft aus dem Glas absaugen kann. Dabei kann es sich um eine Vakuumpumpe handeln. In diesem Fall wird eine Spritze mit einem Volumen von 90 ml verwendet. Da das Volumen der Spritze in Relation zum Volumen des verwendeten Marmeladenglases sehr gering ist, ist sie nicht ausreichend, um durch einmaliges Aufziehen ein gutes Vakuum zu erzeugen. Daher wurde am Ende des Schlauchs, welcher im Marmeladenglas steckt, ein Ventil angebracht. Das andere Ende des Ventils wird mit Hilfe eines weiteren Schlauchstücks luftdicht an der Spritze angeschlossen. Dieses Ventil ermöglicht es, dem Glas wiederholt Luft zu entziehen, ohne dass dabei wieder neue Luftmoleküle in das Glas gelangen.

Die Durchführung des Versuchs erfolgt, indem man das Glas aufschraubt und den Schokokuss hinein stellt. Der Deckel muss anschließend wieder luftdicht auf das Glas geschraubt werden. Nun wird das Schlauchstück des Ventils luftdicht mit der Spritze verbunden. Dafür werden die beiden ineinander gesteckt. Im Anschluss wird das Ventil geöffnet und die Spritze aufgezogen. Ist die Spritze bis zum Anschlag gefüllt mit Luft, schließt man das Ventil wieder, entfernt die Spritze aus dem Schlauch und drückt die Luft aus ihr heraus. Dann steckt man die Spritze wieder in den Schlauch, öffnet das Ventil und zieht die Spritze erneut auf. Anschließend wird das Ventil wieder verschlossen, die Spritze entfernt und die Luft aus ihr heraus gedrückt. Diesen Vorgang wiederholt man solange, bis ein Effekt sichtbar wird.

Im Rahmen des Versuchs lässt sich beobachten, dass der Schokokuss zu Beginn des Versuchs reglos im Glas steht. Sobald man mit Hilfe der Spritze dem Raum Luft entzieht, kann man beobachten, wie sich das Schaumgebäck in einem Vakuum verhält. Mit abnehmendem äußeren Luftdruck wächst das Volumen des Schaumgebäcks. Die Erklärung hierfür liegt darin, dass zu Beginn die Luft in den

Luftbläschen des Gebäcks und die Luft um ihn herum, gleichmäßig auf seine Oberfläche drücken. Durch das Entweichen der Luft sinkt die Anzahl an Luftmolekülen, welche auf den Schokokuss drücken. Dadurch ist der Druck, mit welchem die Luft innerhalb des Gebäcks gegen seine Oberfläche drückt, stärker als der Druck der Luft außerhalb. Daher drückt sie das Gebäck auseinander. Wie in der didaktischen Reduktion geschildert, ist diese Erklärung für Kinder der Primarstufe ohne Vorkenntnisse zum Thema Luft zu komplex. Es soll ausreichend sein, dass die Kinder erkennen, dass Luft nicht nur zum Atmen benötigt wird und sich Schaumgebäck im Weltall ausdehnen würde.

4.4.3 Experiment „Die Meere des Mondes“

Um nachvollziehen zu können, dass die Meere des Mondes aus Kratern bestehen, deren Größe und Form von den Parametern der einschlagenden Brocken abhängig ist, ist es sinnvoll das kosmische Bombardement nachzustellen. Das Experiment „Die Meere des Mondes“ wird in einer ähnlichen Form von der Deutschen Luft- und Raumfahrt in ihrem Heft „Erde und Mond Lehrmaterialien und Mitmach-Experimente Klassen 3 bis 6“ vorgestellt (vgl. Boll, Lehn, Müller, Tomczyk, Köhler & Kratzenberg-Annies, 2018, S. 78). Auch hier wurde das, in der Literatur benannte, Experiment abgewandelt. Es werden drei Steine von verschiedener Größe und Masse benötigt sowie ein möglichst flaches Behältnis mit einer großen Oberfläche, Mehl, ein Lineal, ein Zollstock und eine Unterlage. Das Behältnis sollte eine möglichst große Oberfläche haben, da die Schülerinnen und Schüler die Steine in das Becken werfen und anschließend die entstandenen Krater untersuchen sollen. Bei einer zu kleinen Fläche wäre die Untersuchung erschwert. Für den Versuch wurde Mehl gewählt, da es als Lebensmittel nicht giftig ist. Zuerst wurde Gipspulver in Betracht gezogen, welches allerdings reizend auf Schleimhäute wirken kann (vgl. Landesinstitut für Schulentwicklung Baden Württemberg³). Um eine Gefährdung der Schülerinnen und Schüler zu vermeiden, wurde daher Mehl gewählt. Bei der Unterlage für den Kasten kann es sich um eine Plastikplane handeln. Sie vereinfacht das Aufräumen nach dem Versuch, da durch das Werfen der Steine Mehl aus dem Becken gelangt. Für die Steine ist es am sinnvollsten welche zu verwenden, die sich

³ Der online Artikel des Landesinstituts für Schulentwicklung gab kein Jahr der Veröffentlichung an.

deutlich in Größe und Masse unterscheiden. Dies hat zur Folge, dass sich sehr divergente Krater ergeben. Um am Ende die Ergebnisse gut vergleichen zu können, ist es nützlich die Steine mit einem wasserfesten Stift durchzunummerieren.

Im Rahmen der Durchführung wird zu Beginn das Becken auf die Unterlage gestellt und anschließend mit Mehl gefüllt. Dabei ist es wichtig, dass das Becken möglichst voll ist. Um gut messbare Krater zu erhalten, sollte, bei einem maximalen Steingewicht von 70 g, der Füllstand mindestens 10 cm betragen, da der Stein sonst durch den Boden gebremst werden könnte. Anschließend nehmen sich die Kinder die Steine und vergleichen diese miteinander. Welcher ist der Größte? Welcher der Schwerste? Die Ergebnisse notieren die Kinder in einer Tabelle. Sobald die Steinparameter notiert sind, werden diese nach und nach in das Becken mit dem Pulver geworfen. Dies geschieht am besten im senkrechten freien Fall aus 50 cm Höhe. Die Höhe lässt sich mit Hilfe des Zollstocks ermitteln, wie Abbildung 9 veranschaulicht.



*Abbildung 9: Versuchsaufbau
Experimentierkasten 3*

Dies ermöglicht eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse, da alle Gruppen die gleichen Einschlagwinkel und Geschwindigkeiten haben. Im Anschluss werden die Steine vorsichtig aus ihren Kratern entfernt und diese dann untersucht. Dabei sollen die Kinder ihre Längen und Tiefen mit Hilfe des Lineals ausmessen. Die Daten werden erneut in die Tabelle eingetragen.

Im Rahmen des Versuchs lässt sich erkennen, dass die Form und die Größe der Krater von der Masse und Größe des Steins abhängen. Ein massereicher Stein verursacht tiefere und größere Krater als ein masseärmerer.

4.4.4 Experiment „Halbmond - da fehlt doch was?“

Im Rahmen des Experiments „Halbmond - da fehlt doch was?“ werden die Mondphasen rekonstruiert. Auch dieses Experiment findet sich in einer ähnlichen Variante in dem Heft „Erde und Mond Lehrmaterialien und Mitmach-Experimente Klassen 3 bis 6“ der Deutschen Luft- und Raumfahrt (vgl. Boll, Lehn, Müller, Tomczyk, Köhler & Kratzenberg-Annies, 2018, S. 88). Im Rahmen der Entwicklung

wurde die Durchführung des Experiments ebenfalls abgewandelt. Man benötigt eine punktförmige Lichtquelle zum Beispiel eine Taschenlampe, einen abgedunkelten Bereich, ein Mondmodell auf einem langen Holzspieß und eine Plane. Für das Mondmodell eignet sich eine ausreichend große Styroporkugel, welche mit Hilfe von Acrylfarben dem Mond ähnlich angemalt werden kann. Im Rahmen des Labors wurde eine Kugel mit einem Durchmesser von 10 cm verwendet. Die Plane sollte vorab mit einem wasserfesten Stift durch Markierung vorbereitet werden. Diese dienen als Hilfestellungen bei der Durchführung. Dabei ist es am sinnvollsten den Versuch vorab zu erproben und die effektivsten Positionen zu markieren. Es sollte eine Position für die Lichtquelle und eine für die Erde ermittelt werden. Es ist hilfreich die Blickrichtungen der Erde mit Hilfe von Pfeilen einzuzeichnen. In Abbildung 10 findet sich die Plane, welche im Rahmen des Labors entwickelt wurde.

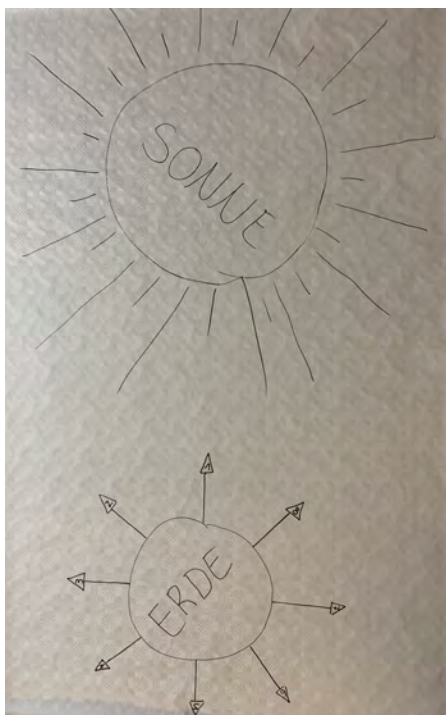


Abbildung 10: Plane zur Hilfe bei der Rekonstruktion der Mondphasen

Der Bereich, indem dieser Versuch durchgeführt wird, sollte abgedunkelt sein, damit kein Tageslicht die Schattenbildung beeinflussen kann. Dafür eignet sich beispielsweise ein Nebenraum sehr gut. Zu Beginn wird die Plane auf dem Boden ausgebreitet. Eines der Kinder stellt die Sonne dar. Es steht mit der leuchtenden Taschenlampe auf der dafür vorgesehenen Markierung und hält sie still an einem

Punkt über Kopfhöhe fest. Ein weiteres Kind steht auf der Markierung der Erde im Lichtkegel der Taschenlampe und hält das Modell des Mondes am Holzspieß vor seinem oder ihrem Körper. Dabei ist es wichtig, dass die Kugel nicht direkt vor das Gesicht gehalten wird, sondern sich oberhalb des Kopfes befindet. Wenn die Erde auf Höhe des Gesichts gehalten wird, könnte unbeabsichtigt beispielsweise statt des Neumondes eine Sonnenfinsternis rekonstruiert werden. Nun dreht sich das Kind um seine eigene Achse in die eingezeichneten Blickrichtungen. Dabei beobachtet es immer die Schattenbildung auf dem Mond. Die Ergebnisse werden in einer Abbildung festgehalten.

Während der Durchführung lassen sich die verschiedenen Mondphasen erkennen. Steht das Kind mit dem Gesicht zur Lichtquelle, liegt die sichtbare Seite des Mondes im Schatten. Es handelt sich um Neumond. Nach einer Drehung um 90 Grad gegen den Uhrzeigersinn lässt sich der zunehmende Halbmond erkennen. Steht das Kind mit dem Rücken zur Lichtquelle wird der Vollmond rekonstruiert. Es ist hier besonders wichtig, dass sich der Mond über dem Erdenkind befindet, um nicht unbeabsichtigt eine totale Mondfinsternis zu rekonstruieren. Nach einer weiteren Drehung um 90 Grad gegen den Uhrzeigersinn lässt sich der abnehmende Halbmond erkennen. Die Ergebnisse malen die Kinder in die zugehörige Abbildung im Forscherheft.

Die Erklärung für die Mondphasen liegt damit erkennbar in der Bewegung des Mondes um die Erde und die Schattenbildung durch die unterschiedliche Beleuchtung durch die Sonne. Diese Schattenbildung lässt sich in Abbildung 11 gut erkennen.



Abbildung 11: Schattenbildung auf dem Mondmodell

Durch die Rekonstruktion der Mondphasen mit Hilfe von Licht und Schatten, können die Kinder Einblicke in dieses physikalische Phänomen gewinnen. Sie können erste Vorstellungen darüber entwickeln, wie die Mondphasen durch die Planetenbewegungen wirklich entstehen. Folglich können sie erkennen, dass bei

Halbmond nicht etwa die Hälfte des Mondes fehlt. Auch wird dieser nicht durch Wolken zur Hälfte verdeckt.

4.4.5 Experiment „Wie weit ist der Weg?“

Um den Abstand zwischen Erde und Mond besser nachvollziehbar zu machen, war es naheliegend, diesen in Relation mit einem unserer Nachbarplaneten zu betrachten. Dabei können die Kinder erkennen, dass der Mond der Erde wesentlich näher ist. Für den Versuch wurde der Mars als unser Nachbarplanet in den Fokus gerückt, da ihm eine hohe Medienpräsenz zukommt. Wie die Schülerinnen und Schüler eventuell wissen, planen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler derzeit tatsächlich einen Flug zum Mars. Flügen zur Venus kommen derzeit keine so große Aufmerksamkeit zu.

Das Experiment „Wie weit ist der Weg?“ benötigt drei unterschiedlich große Styroporkugeln, welche einmal den Mond, die Erde und den Mars symbolisieren sollen, einen Zollstock, drei Holzspieße und Holzblöcke mit jeweils einem Loch, in welches die Holzspieße gesteckt werden können. Dabei soll die Erde die größte Kugel sein, die Marskugel etwas kleiner und die Mondkugel am kleinsten. Ich wählte 6,5 cm für die Erde, 4 cm für den Mars und 2 cm für den Mond. Diese Größen wurden nicht anhand eines Maßstabs errechnet. Mit Acrylfarbe lassen sich die Kugeln analog zu den Vorbildern einfärben. Um die Himmelskörper im richtigen Abstand aufstellen zu können, benötigt man einen Zollstock.

Die Durchführung des Versuchs erfolgt, indem die Kinder die Himmelskörper in vorgegebenen Abständen aufstellen. Dafür wurden die tatsächlichen Abstände erst, wie in Kapitel 3.3.2 geschildert, auf die Hunderttausenderstelle gerundet und anschließend im Maßstab 1:10.000.000.000 verkleinert. Somit ergeben sich für den Abstand zwischen Erde und Mond 4 cm, während der Abstand zwischen Erde und Mars bei 560 cm liegt.

Es handelt sich bei diesem Versuch nicht um ein klassisches Beobachtungsverfahren. Er soll den Kindern ein Gefühl für die Distanz zwischen der Erde und dem Mond, verglichen mit einem seiner Nachbarplaneten, geben.

Alle Experimente werden durch das Forscherheft begleitet, doch wie ist dieses aufgebaut?

4.5 Darstellung des Forscherhefts

Das Forscherheft hat die Aufgabe die Kinder durch das Schülerlabor zu führen. Es umfasst 20 Seiten. Auf diesen Seiten finden sich eine Titelseite, eine Seite mit Hinweisen, eine Übersicht über den Aufbau des Forscherheftes, zwei Seiten zum Klassenversuch, zwei Seiten zu Experimentierkasten 1, drei Seiten zu Experimentierkasten 2, drei Seiten zu Experimentierkasten 3, drei Seiten zu Experimentierkasten 4, zwei Seiten zu Experimentierkasten 5 und zwei Seiten mit Sternchenaufgaben. Jede Seite enthält in einer der oberen Ecken das jeweilige Versuchssymbol, in der rechten unteren Ecke die Seitenzahl und in der linken unteren Ecke das Logo der „Stiftung Giersch“. Alle Kinder erhalten ein eigenes Exemplar, welches sie mit nach Hause nehmen dürfen.

4.5.1 Titelseite

Die Titelseite des Forscherhefts besteht größten Teils aus einer Illustration, welche unter Abbildung 12 sichtbar ist.

Sie soll einen Bezug zur Einstiegs-geschichte herstellen. Am unteren Bildrand in der Mitte befinden sich die Schemen zweier Kinder. Das linke Kind hat zwei Zöpfe, während das rechte Kind kurze Haare hat. Sie stehen für die beiden Kinder aus der Geschichte. Sie befinden sich vor einem grünen Bogen, welcher die Erde symbolisieren soll. In der Mitte des Titelblatts, direkt über den beiden Kindern, sind zwei Personen in Raumanzügen sichtbar. Sie winken dem



Abbildung 12: Titelseite des Forscherhefts

Betrachtenden zu. Während der Untere scheinbar schwerelos auf dem Titelblatt schwebt, sitzt der Zweite auf einer roten Rakete. Die beiden Personen in den Raumanzügen stellen einen Astronauten und eine Astronautin dar. Sie stehen für die traumhafte Vorstellung von Leo und Amina, einmal selbst ins Weltall zu fliegen. Sie zeigen, wie die Beiden einen Ausflug zu neuen Welten unternehmen. Daher wird der

restliche Hintergrund des Bildes durch eine dunkelblaue Färbung bestimmt, auf welcher durch die Hilfe diverser punktueller Aufhellungen Sterne sichtbar sind. Über dem Astronauten und der Astronautin befinden sich die Worte „Name“ und „Datum“. Hinter den Worten befinden sich weiße Balken, damit die Schülerinnen und Schüler auf diesen ihre Namen und das jeweilige Datum eintragen können. Am oberen Bildrand befindet sich mittig und in weißer Farbe der Titel des Schülerlabors „Auf zu neuen Welten! Ein Schülerlabor zur Astronomie für die Primarstufe“.

In der linken oberen Ecke befindet sich das Logo der „Stiftung Giersch“, welche finanzielle Mittel für die Anschaffung von Materialien für das Schülerlabor bereitstellte.

In der rechten oberen Ecke findet sich das Logo des „Institut für Didaktik der Physik“, welches die Erstellung des Schülerlabors betreute.

4.5.2 Hinweise und Inhaltsverzeichnis

Die zweite Seite des Forscherheftes trägt den Titel „Hinweise“. Sie fasst wichtige Informationen über den Ablauf des Schülerlabors für die Schülerinnen und Schüler zusammen. Diese Hinweise wurden in der Organisationsphase gemeinsam mit den Kindern besprochen, stehen jedoch für das spätere Nachschlagen noch einmal dort aufgelistet.

Die Übersicht erfüllt mehrere Funktionen. Zum einen soll sie den Schülerinnen und Schülern die Orientierung im Heft erleichtern. Sie ermöglicht das Nachschlagen der passenden Seiten zu den jeweiligen Experimentierkästen. Des Weiteren dient sie als eine Art Check-Liste. Die Kinder können in ihr abhaken, welche Experimente sie bereits durchgeführt haben.

4.5.3 Seiten zur Arbeitsphase im Plenum

Die Seiten vier und fünf beinhalten die begleitenden Aufgaben zur Arbeitsphase im Plenum, in welcher ein Reiseziel bestimmt wird. Daran angepasst tragen sie den Namen „Wahl eines Reiseziels“. Beim Seitensymbol handelt es sich um ein Teleskop. Im Rahmen der ersten Aufgabe werden die Schülerinnen und Schüler dazu aufgefordert, alle Planeten zu notieren, die sie kennen. Dafür steht eine Gedankenblase zur Verfügung. Dies soll bereits bestehendes Wissen über unser

Planetensystem aktivieren. Die zweite Aufgabe beinhaltet das Notieren des Merksatzes „Mein Vater erklärt mir jeden Sonntag unsere neun Planeten“, damit dieser bei Bedarf nachgeschlagen werden kann. Die dritte Aufgabe umfasst das Beschriften einer Illustration zu unserer Planetenreihenfolge, um die Ergebnisse der Besprechung zu sichern. Zuletzt sollen die Kinder den Mond als unser Reiseziel notieren.

4.5.4 Seiten zum Experiment „Wir bauen eine Rakete“

Die Seiten zu den Experimentierkästen verfolgen alle ein Grundschema, welches in diesem Teilkapitel kurz dargestellt und in den anschließenden Kapiteln nicht jedes Mal explizit wiederholt werden soll. Alle Themenseiten beginnen mit einem kurzen Dialog zwischen dem Protagonist und der Protagonistin aus der Einstiegsgeschichte, über das jeweilige Thema. Dabei soll eine thematisch passende Problemstellung aufgeworfen werden, welche das Interesse der Schülerinnen und Schüler wecken soll. Die erste Aufgabe dient immer der Abfrage eigener Vorstellungen zur jeweiligen Thematik, um bereits bestehendes Wissen und eigene Vorstellungen abzurufen. Das ermöglicht, diese in einer späteren unterrichtlichen Nachbereitung aufzugreifen. Ebenfalls erleichtert die Aktivierung von Vorwissen die Integration neuen Wissens in das Wissensnetz, wie Kapitel 3.4.5 schildert. Die letzte Aufgabe ist immer das Notieren des, im Plenum festgelegten, Merksatzes, welcher der Ergebnissicherung dient.

Die Seiten zum Experiment „Wir bauen eine Rakete“ beginnen mit einer Abfrage der Vorstellungen zur Funktionsweise einer Rakete. Im Anschluss erfolgt die Versuchsdurchführung der Luftballonrakete. Die Anleitung dazu findet sich unter Aufgabe zwei. Als Hilfestellung enthält sie eine Fotografie des möglichen Endprodukts. Im Rahmen der dritten Aufgabe sind die Kinder dazu aufgerufen, wahre Aussagen über ihre Beobachtungen während des Versuchs anzukreuzen. Es handelt sich um eine Multiple-Choice Frage, da bei einer offenen Frage, zur Notierung ihrer Beobachtungen, vermutlich nicht alle Kinder festgestellt hätten, dass sich die Rakete in die entgegengesetzte Richtung bewegt, wie die Luft entweicht. Daher wurde diese Aussage sowie ihr Gegenteil in die Lösungsmöglichkeiten aufgenommen, um den Kindern einen Denkanstoß in die richtige Richtung zu

ermöglichen. Passend zur Thematik handelt es sich beim Seitensymbol um eine Rakete.

4.5.5 Seiten zum Experiment „Kleidung im Weltraum“

Die Abfrage der Vorerfahrungen bezieht sich auf den Themenseiten zu Experimentierkasten zwei auf die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zum Nutzen eines Raumanzugs. Bei der zweiten Aufgabe handelt es sich um eine Leseaufgabe, bei welcher die Schülerinnen und Schüler etwas über die wahre Funktionsweise des Raumanzugs erfahren. Er informiert die Kinder darüber, dass er die lebenswichtige Luft für die Astronauten und Astronautinnen bereit stellt, da es sich beim Weltraum um einen luftleeren Raum handelt. Es wird geschildert, dass wir Luft nicht nur zum Atmen benötigen. Diese Information ist wichtig, um einen Bezug zwischen der Seitenthematik und dem Experiment herzustellen. Unter Aufgabe drei sollen die Kinder ihre Vorstellungen davon notieren, was mit Schaumgebäck im luftleeren Raum passieren könnte. Im Anschluss wird das Experiment durchgeführt. Als Hilfestellung findet sich neben der Anleitung ebenfalls eine Fotografie des fertigen Versuchsaufbaus. Im Rahmen von Aufgabe vier sind die Kinder dazu aufgefordert ihre Beobachtungen zu verschriftlichen, bevor sie bei Aufgabe fünf ankreuzen sollen, ob ihre, in Aufgabe drei geäußerte, Vermutung korrekt war.

4.5.6 Seiten zum Experiment „Die Meere des Mondes“

Aufgabe eins der Themenseite zu den Meeren des Mondes umfasst die Frage, ob die Kinder glauben, dass es Wasser in den Meeren des Mondes gibt. Aufgabe zwei stellt eine Leseaufgabe dar. Im Rahmen des Informationstextes erfahren die Kinder, dass es sich bei den Meeren des Mondes um Mondkrater handelt, welche durch den Einschlag von Meteoriten entstanden sind. Damit die Kinder sich die Meere des Mondes einmal bewusst betrachten können, findet sich neben dem Informationstext eine Fotografie. Im Anschluss wird das kosmische Bombardement mit Hilfe des Versuchs nachgestellt. Auch hier findet sich zur Orientierung eine Fotografie des fertigen Versuchsaufbaus. Unter der Anleitung befindet sich die Tabelle, in welcher die Werte der Steine und Krater notiert werden sollen. Die dritte Aufgabe beinhaltet allgemeine Verbalisierungen der Resultate des Versuchs. Richtige Aussagen sollen angekreuzt werden. Auch hier soll die Vorgabe möglicher Antworten die Kinder in

die richtige Richtung lenken. Zuletzt sind die Kinder dazu aufgefordert explizit zu reproduzieren, was genau die Meere des Mondes folglich sind.

4.5.7 Seiten zum Experiment „Halbmond - da fehlt doch was?“

Die erste Aufgabe der Themenseiten zu den Mondphasen bezieht sich auf die Abfrage der Vorstellungen seitens der Schülerinnen und Schüler über das Phänomen des Halbmondes. Die Kinder sind dazu aufgerufen zu schildern, was ihrer Meinung nach bei Halbmond passiert. Aufgabe zwei umfasst einen kurzen Informationstext über die Entstehung der Mondphasen. Dabei wird auf die Planetenbewegungen und die daraus resultierende divergente Beleuchtung des Mondes aus unserer Perspektive eingegangen. Im Anschluss erfolgt die Rekonstruktion der Mondphasen im Rahmen des Experimentierkastens vier. Auch hier findet sich neben der Anleitung erneut eine Fotografie, welche die Beleuchtung des Mondmodells durch eine punktförmige Lichtquelle veranschaulicht. Es wird der Schatten deutlich sichtbar. Aufgabe drei umfasst eine eigens erstellte Abbildung, welche in Abbildung 13 sichtbar ist.

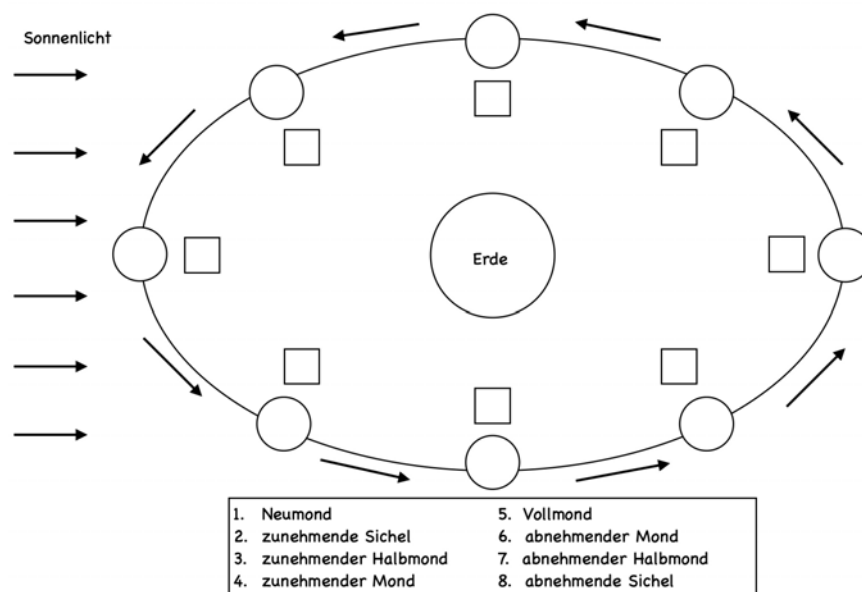


Abbildung 13: Abbildung zum Eintragen der Mondphasen aus Forscherheft

Die Erstellung dieser Abbildung orientierte sich an der Veranschaulichung der Mondphasen von Kuphal (2013), welche im Rahmen der Sachanalyse vorgestellt wurde. Bei der Entwicklung dieser war es mir wichtig, dass der Mond die Erde nicht in einem perfekten Kreis umrundet, um nicht implizit diese Fehlvorstellung zu wecken. In die Abbildung sollen die Beobachtungen der Schülerinnen und Schüler

ingezeichnet werden. Das Einzeichnen der Beobachtungen ist in diesem Fall weniger komplex, als die schriftliche Wiedergabe aller Beobachtungen. Ebenfalls finden sich in einem Kasten unter der Abbildung die Bezeichnungen für die verschiedenen Mondphasen. Diese sollen den Schattenwürfen passend zugeordnet werden. Die letzte, in den Gruppen zu bewältigende, Aufgabe stellt die Aufgabe vier dar, bei welcher noch einmal final angekreuzt werden soll, ob bei Halbmond folglich etwas vom Mond fehlt. Dies dient einer Überprüfung, ob die Schülerinnen und Schüler, welche diese Vorstellung eventuell entwickelt hatten, diese im Rahmen der Erarbeitung verworfen haben.

4.5.8 Seiten zum Experiment „Wie weit ist der Weg?“

Die Seiten zu Experimentierkasten fünf beginnen mit einer Schätzaufgabe. Die Kinder sollen schätzen wie viele Kilometer es zum Mond sind. Dies soll abprüfen, welche Vorstellungen die Kinder über die Distanz zu unserem Trabanten haben. Aufgabe zwei umfasst einen Informationstext, welcher die Distanz zwischen Erde und Mond erläutert. Dabei wird ebenfalls darauf eingegangen, dass der Mond die Erde nicht in einem perfekten Kreis umrundet, weshalb die Distanz nicht immer konstant ist. Damit wird Aufgabe eins durch die Angaben im Text beantwortet. Dies ist notwendig, da es keine andere Möglichkeit für die Kinder gäbe, auf die Lösung zu kommen, außer es nachzuschlagen. Des Weiteren wird die kleinste Distanz zwischen Erde und Mars zum Vergleich genannt. Im Anschluss an den Text sollen die Kinder schätzen, wie lange wohl ein Flug zum Mond dauert. Auch hier wird die Antwort erneut unter der Aufgabe bekannt gegeben. Aufgabe drei umfasst die Rekonstruktion der Abstände zwischen den drei Himmelskörpern mit Hilfe des Experimentierkastens. Zuletzt sollen die Kinder ausrechnen, wie viel Mal weiter der Weg von der Erde zum Mars ist, als der Weg von der Erde zum Mond. Dafür können sie frei wählen, ob sie die realen Zahlen aus dem Informationstext verwenden oder ob sie die, mit Hilfe des Maßstabs verkleinerten, Zahlen aus dem Experiment wählen. Dadurch sollen ihre Beobachtungen aus den Messvorgängen noch einmal mit Hilfe von Zahlen konkretisiert werden.

4.5.9 Sternchenaufgaben

Auf den letzten beiden Seiten des Forscherheftes befinden sich die Sternchenaufgaben. Wie bereits in Kapitel 3.4.5 beschrieben, stellen sie eine sinnvolle Beschäftigung für die Schülerinnen und Schüler bereit, wenn sie alle Experimentierkästen bereits bearbeitet haben oder gerade kein Experimentierkasten zur Verfügung steht.

Die erste Sternchenaufgabe stellt einen unmittelbaren Bezug zu dem Experiment bezüglich der Meere des Mondes her. Viele Kinder kennen die Legende des „Mann im Mondes“, welche besonders in Deutschland und den angelsächsischen Ländern gängig ist (vgl. MINT Zirkel, 2017). Sie besagt, dass ein Mann den Mond bewohne, welcher bei Vollmond auf die Erde blicke (vgl. MINT Zirkel, 2017). Sein Gesicht sei dann in den Mondkratern erkennbar (vgl. MINT ZIRKEL, 2017). Neben dieser Legende ranken sich in anderen Ländern weitere Mythen um den Mond. In ostasiatischen Ländern meint man einen Hasen im Mond erkennen zu können (vgl. MINT ZIRKEL, 2017).

Angelegt an diese Mythen sollen die Schülerinnen und Schüler nun selbst Formen auf der Oberfläche des Vollmondes finden und diese einzeichnen. Als Hilfestellung wurde ein selbsterstelltes Beispiel zur Verfügung gestellt, welches Abbildung 14 veranschaulicht.

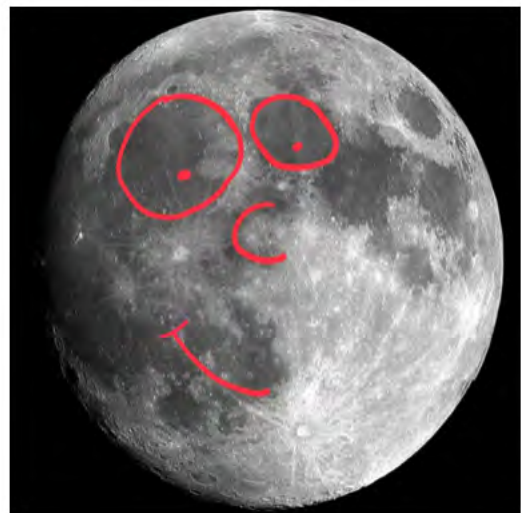


Abbildung 14: Beispiel für Formen auf dem Mond aus dem Forscherheft

Die zweite Sternchenaufgabe beinhaltet ein selbsterstelltes Kreuzworträtsel mit 11 Fragen. Die Lösungen aller Fragen kommen im Rahmen des Schülerlabors vor. Sie werden entweder während der Einstiegsgeschichte, im Klassenversuch oder im Forscherheft thematisiert. Somit ist das Kreuzworträtsel auch ein kleiner Test für deklaratives Wissen, welches die Kinder erwerben konnten.

Nach der Bearbeitung erfolgt die Ergebnissicherung, welche im folgenden Teilkapitel vorgestellt werden soll.

4.6 Darstellung der Ergebnissicherung

Im Rahmen der Ergebnissicherung sollen die Kinder ihre Beobachtungen während der Versuche schildern. Es ist vorgesehen am Ende auf Grundlage ihrer Ergebnisse zu jeder Station Merksätze festzuhalten, welche einheitlich von allen Kindern in ihre Hefte übernommen werden. Dabei gibt es einige Erkenntnisse, welche auf jeden Fall festgehalten werden sollten. Diese werden im Folgenden dargestellt.

Zu Versuch eins sollte festgehalten werden, dass die Rakete in die entgegengesetzte Richtung fliegt, wie die Luft entweicht. Bei Experiment zwei sollte festgestellt werden, dass die Luft nicht nur zum Atmen benötigt wird. Es sollte festgehalten werden, dass sich ein Schokokuss im luftleeren Raum ohne einen Raumanzug ausdehnt. Bei den Meeren des Mondes sollte zu dem Schluss gelangt werden, dass es sich um Krater handelt. Diese sind durch den Einschlag diverser Meteoriten auf dem Mond entstanden. Eine weitere wichtige Erkenntnis aus diesem Versuch ist, dass die Form und Größe der Krater von der Form und Größe der Brocken abhängig ist. Je größer und schwerer der Meteorit, desto größer und tiefer der Krater. Bezüglich des vierten Experiments sollte festgehalten werden, dass bei Halbmond nichts vom Mond fehlt, sondern ein Teil im Schatten liegt. Diese für uns unterschiedliche Beleuchtung entsteht durch die Bewegungen der drei Himmelskörper. Bezüglich der Distanz sollte gesichert werden, dass der Mars circa 140-mal weiter weg ist, als der Mond, wenn man es mit den im Maßstab verkleinerten Zahlen ausrechnet.

Um zu diesen Erkenntnissen zu gelangen, stehen einige Differenzierungsmittel bereit, welche im Folgenden dargestellt werden.

4.7 Darstellung der Differenzierungsmittel

Zuletzt sollen die sogenannten „Infokarten“ vorgestellt werden, die sowohl eine fachliche, als auch eine sprachliche Hilfe für die Schülerinnen und Schüler bereitstellen sollen. Sie wurden farblich passend zu dem Stern des jeweiligen Experimentierkastens gestaltet, um eine Zuordnung zu erleichtern. Auf der Rückseite findet sich immer ein Kasten mit dem Wort „Infokarte“ darin.

Für das erste Experiment wurden drei Infokarten gestaltet. Alle drei beinhalten schriftliche und bildliche Hilfestellungen zum Experimentieren. Eine erklärt, mit

welcher Technik sich der Luftballon am besten am Strohhalm befestigen lässt. Eine weitere erläutert, wie man den Luftballon am effektivsten mit der Luftpumpe aufpumpt. Die dritte Karte findet sich unter Abbildung 15.

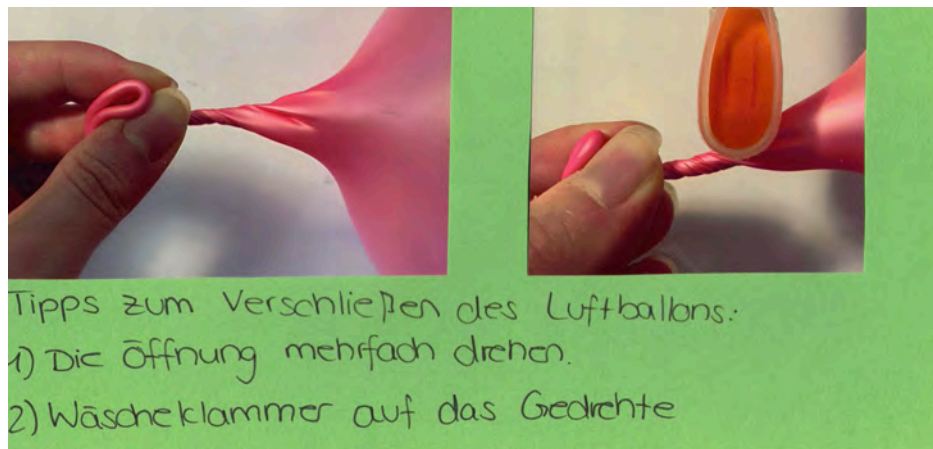


Abbildung 15: Infokarte zum Verschließen des Luftballons

Sie bietet eine Hilfestellung bei dem Verschließen des Luftballons mit Hilfe einer Wäscheklammer.

Für das zweite Experiment wurden zwei Infokarten gestaltet. Sie kombinieren beide eine fachliche und sprachliche Unterstützung, welche sowohl schriftlich, als auch bildlich gegeben wird. Die eine Karte zeigt, wie man mit Hilfe der Spritze dem Glas Luft entziehen kann. Dabei wird erläutert, dass dafür die Spritze aufgezogen werden muss. Mit Hilfe eines Bildes wird dieser Vorgang veranschaulicht. Die zweite Karte umfasst zwei Abbildungen, wie Abbildung 16 veranschaulicht.

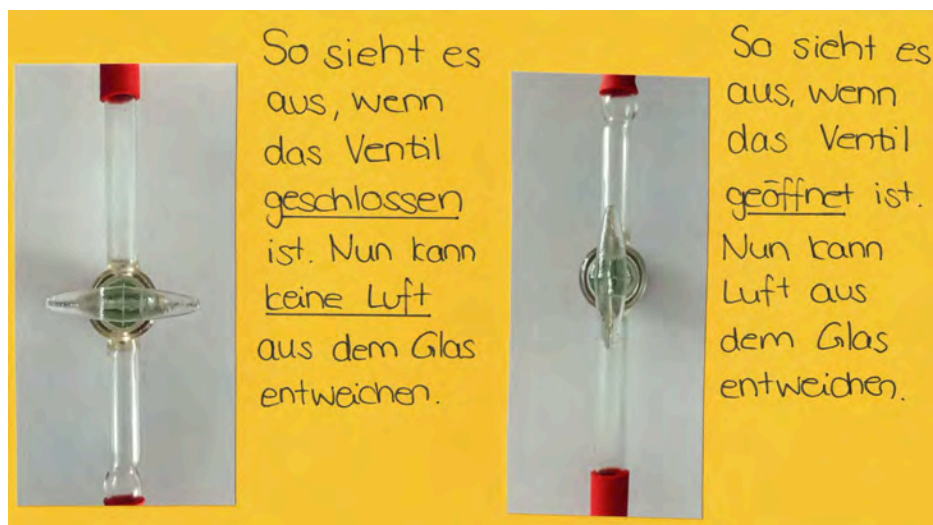


Abbildung 16: Infokarte zum Ventil

Die eine Abbildung zeigt das Ventil, wie es geöffnet aussieht. Die Zweite das Geschlossene. Sprachlich wird neben den Bildern erläutert, dass bei einem geschlossenen Ventil keine Luft aus dem Glas entweichen kann, während dies bei einem geöffneten Ventil möglich ist.

Für den dritten Themenbereich finden sich drei Infokarten im Experimentierkasten. Zwei bieten eine Hilfestellung bei der Einschätzung der Steine. Eine bezieht sich auf das Gewicht der Steine, während sich die zweite Karte auf ihre Größe bezieht. Die letzte Karte veranschaulicht, wie die Krater ausgemessen werden können.

Für die Rekonstruktion der Mondphasen gibt es lediglich eine Infokarte, welche den Halbmond mit Hilfe einer Fotografie veranschaulicht. Dies dient als Hilfestellung für Kinder, welche keine Vorstellungen zu dem Begriff des Halbmondes haben.

Der letzte Themenbereich umfasst lediglich eine Infokarte, welche eine begriffliche Hilfestellung bietet. Sie veranschaulicht, was ein Kreis und eine Ellipse sind. Nun bleibt offen, wie Schülerinnen und Schüler der Primarstufe mit dem Material umgehen können.

5. Erprobung des Schülerlabors

Selbst mit der gründlichsten Planung verläuft eine Erprobung in der Regel nie, wie vorab festgelegt. Unterricht ist ein interaktiver Prozess, bei welchem die Reaktionen der Schülerinnen und Schüler als Individuen auf den Lerngegenstand und das Material nicht vorhergesagt werden können. Die Erprobung des Schülerlabors stellt viel mehr eine wichtige Stufe seiner Entwicklung dar. In diesem Schritt zeigt sich, ob das Produkt geeignet ist. Durch die Erprobung können mögliche Schwachstellen aufgezeigt werden, welche einem im Rahmen der Entwicklung eventuell nicht bewusst waren. Somit stellt die Erprobung viel mehr den Ausgangspunkt für weitere Überlegungen dar. Aufgrund der Bestimmungen zur Eindämmung der Pandemie zur Zeit der Entwicklung des Schülerlabors, durfte dieses in der Universität nicht praktisch erprobt werden. Daher wurde das Schülerlabor erstmals an einer Grundschule durchgeführt.

Zu Beginn sollen die Lernvoraussetzungen der Erprobungsklasse kurz umrissen werden. Im Anschluss erfolgt eine Reflexion der Geschehnisse während der Erprobung. Dabei wird ausschließlich auf Eindrücke eingegangen, welche währenddessen entstanden. Im Rahmen der Analyse ausgewählter Resultate wird auf die Ergebnisse in den Forscherheften eingegangen. Diese wurden im Anschluss an die Erprobung durchgesehen. In beiden Teilkapiteln werden aus den Beobachtungen und Erkenntnissen Verbesserungen am Schülerlabor abgeleitet. Doch um anhand der Reflexion gezieltere Verbesserungen vornehmen zu können, ist es hilfreich sich im ersten Schritt darüber bewusst zu werden, welche systematischen Vorerfahrungen die Lerngruppe mitbrachte.

5.1 Lerngruppenbeschreibung

Bei der Lerngruppe handelte es sich um eine Lerngruppe, welche sich noch relativ am Anfang der vierten Klasse einer Grundschule im Raum Offenbach befand. Bei der Erprobung waren 16 Schüler und 8 Schülerinnen anwesend.

Im Vorfeld unterhielt ich mich mit der Klassenlehrkraft, um mir ein Bild über die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler zu machen. Fachlich hatten die Kinder bis zum Zeitpunkt des Schülerlabors ein wenig Vorerfahrungen zur Astronomie im Unterricht sammeln können. Etwa ein Jahr vor der Erprobung hatte

die Lerngruppe in Kleingruppen Referate zu den Planeten unseres Sonnensystems gehalten. Dabei wurde der Aufbau unseres Planetensystems kurz besprochen. Es wurde nicht speziell auf Phänomene der Luft- und Raumfahrt oder des Mondes eingegangen. Daher brachte diese Gruppe, abgesehen von der Struktur unseres Planetensystems, kein Vorwissen zu astronomischen Themen mit, welche in den fachlichen Rahmen des Schülerlabors fallen. Somit kann anhand der Reflexion beurteilt werden, ob die Experimente und ihre Aufgaben Schülerinnen und Schüler ohne systematische Vorkenntnisse überfordern würden. Experimentiert hatte die Lerngruppe im Unterricht bislang noch nicht. Auch ein Schülerlabor hatte die Klasse vorab nicht erprobt. Die Kinder waren mit der Methode der Gruppenarbeit vertraut und das Arbeiten nach dieser gewohnt. Doch wie lief das Arbeiten nach dieser Methode im Rahmen der Erprobung des Schülerlabors zur Astronomie für die Primarstufe ab?

5.2 Reflexion

Im Großen und Ganzen lief das Schülerlabor wie vorab geplant ab. Leider konnte die Klassenlehrperson am Tag der Erprobung nicht anwesend sein, weshalb eine andere Lehrkraft die Erprobung begleitete. Ich hatte viel Spaß während dieser und ebenfalls den Eindruck, dass die Schülerinnen und Schüler mit viel Freude am Schülerlabor gearbeitet haben. Die Erprobung dauerte, ohne die Pausen mit einzurechnen, ungefähr 3,5 Zeitstunden. Um die Reflexion übersichtlicher zu gestalten, erfolgt sie phasenorientiert.

Die Begrüßung der Schülerinnen und Schüler verlief wie erhofft. Die Klassenlehrperson hatte die Kinder bereits in Gruppen eingeteilt, in welchen sie sich gleich an die Tische setzen.

Der Einstiegsimpuls lief ebenfalls ohne Komplikationen ab. Die Schülerinnen und Schüler lauschten still der Geschichte. Bis zu diesem Zeitpunkt dauerte die Erprobung circa 10 Minuten.

Auch der Klassenversuch verlief ohne Probleme. Die Schülerinnen und Schüler beteiligten sich rege und aktiv am Unterrichtsgeschehen. Mit Hilfe des Merksatzes

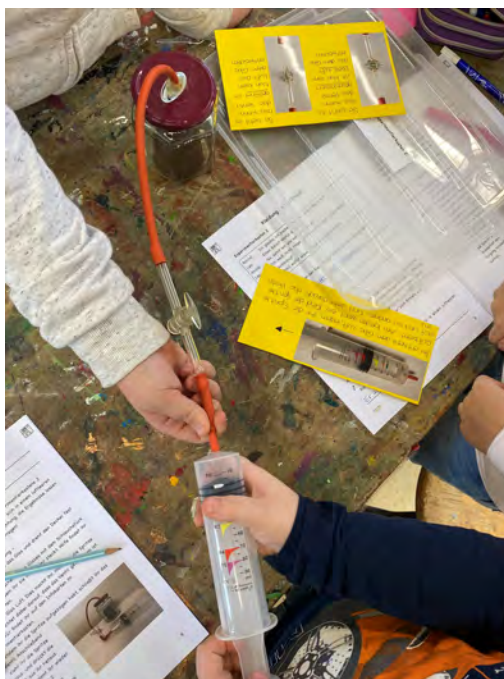
konnte die Pflanzenreihenfolge erfolgreich rekonstruiert werden. Auch die zugehörigen Seiten im Forscherheft bearbeiteten die Schülerinnen und Schüler fleißig. Diese Phase nahm circa 30 Minuten in Anspruch.

Während der Organisationsphase sollte deutlicher betont werden, dass die Experimentierkästen erst geöffnet werden dürfen, wenn der Versuch im Heft angekündigt wird. Während der Arbeitsphase stellte sich nämlich schnell heraus, dass die Kinder so begeistert von den Experimenten waren, dass sie die Aufgaben im Heft zu Beginn teilweise vernachlässigten.

Während der Arbeitsphase arbeiteten die Kinder in fünf Kleingruppen. An diesen waren zwischen vier und fünf Schülerinnen und Schüler beteiligt. Die Lautstärke war angemessen. Für die Durchführung aller Experimente benötigte die Klasse fast 2,5 Zeitstunden. Die Experimente liefen sehr gut. Die Schülerinnen und Schüler reagierten sehr positiv auf das Material und waren mit Begeisterung bei der Sache. Fast alle Experimente konnten von den Schülerinnen und Schülern auf Anhieb selbst durchgeführt werden. Dabei griffen viele Schülerinnen und Schüler während der Durchführung auf das Differenzierungsmaterial, die sogenannten Infokarten, zurück. Auch wenn die Experimente in beliebiger Reihenfolge durchgeführt wurden, werden sie im Rahmen dieses Kapitels ihrer Reihenfolge nach reflektiert.

Der Versuch „Wir bauen eine Rakete“ verlief bei allen Gruppen unproblematisch. Die Kinder arbeiteten zusammen am Lerngegenstand und alle Raketen sausten durch den Klassenraum. Die meisten Gruppen pumpten den Ballon nach dem ersten Versuch erneut auf, um den Raketenstart nochmals durchführen zu können. Keine Gruppe benötigte Hilfe bei der Durchführung dieses Experiments. Auch die dazugehörigen Seiten im Forscherheft bereiteten den Schülerinnen und Schülern dem Eindruck aus der Stunde nach keine Probleme. Sie wurden sorgfältig ausgefüllt.

Der Versuch mit dem Schokokuss bereitete den Gruppen zu Beginn ein paar Schwierigkeiten. Konkret hatten die Schülerinnen und Schüler leichte Probleme mit der sachgerechten Bedienung des Ventils. Sobald man es ihnen jedoch einmal vorgemacht hatte, konnten es die Kinder problemlos imitieren. Sie agierten sehr offen miteinander und halfen sich dabei die Spritze aufzuziehen und das Ventil zuzudrehen. Auf Abbildung 17 erkennt man die Versuchsdurchführung einer Gruppe.



*Abbildung 17: Versuchsdurchführung
Experimentierkasten 2*

Die Resultate des Versuchs lösten Faszination und Begeisterung bei ihnen aus. Um diese Probleme für die Zukunft aus dem Weg zu räumen, entschied ich mich, die Versuchsbeschreibung im Forscherheft zu überarbeiten. Dafür habe ich die Sätze gekürzt und einen langen Schritt in zwei Teilschritte geteilt.

Der Versuch „Die Meere des Mondes“ in Experimentierkasten drei fiel den Schülerinnen und Schülern augenscheinlich nicht schwer. Sie führten ihn selbstständig durch. Abbildung 18 zeigt ein Kind beim Vermessen der entstandenen Krater.



*Abbildung 18: Versuchs-
durchführung Experimentierkasten 3*

Auch die Seiten im Forscherheft wurden eigenständig von den Schülerinnen und Schülern in ihren Kleingruppen bearbeitet. Keine der Gruppen forderte neben den Infokarten eine gesonderte Hilfestellung ein.

Der Versuch mit Licht und Schatten zur Rekonstruktion der Mondphasen führte ebenfalls zu einigen Startschwierigkeiten. Die Kinder verstanden zunächst nicht, dass sie den Mond immer aus dem Winkel des Erdenkindes betrachten müssen, um die korrekte Mondphase erkennen zu können. Auch hatten manche Erdenkinder Probleme dabei, den Mond immer vor dem eigenen Körper zu halten. Manche hielten ihn immer extra an der selben Position und drehten nur sich selbst. Daher wurde diese Versuchsanleitung nachträglich ebenfalls angepasst, indem ein großer Teilschritt in zwei kleine geteilt und die Satzlängen gekürzt wurden. Auch die Abbildung zum Eintragen der Ergebnisse sorgte für einige Nachfragen seitens der Schülerinnen und Schüler. Um die Bearbeitung in Zukunft zu erleichtern und dennoch das Experiment beibehalten zu können, wurde es quantitativ reduziert, wie Abbildung 19 veranschaulicht.

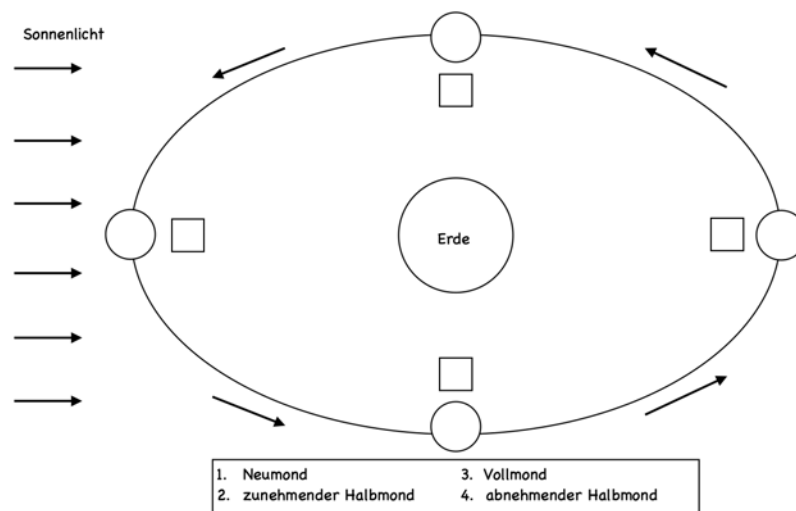


Abbildung 19: Überarbeitung der Aufgabe 3 aus „Halbmond - da fehlt doch was?“

Dafür wurden die Mondphasen von acht auf vier reduziert. Nun gibt es nur noch vier Positionen, welche das Erdenkind einnimmt. Dabei handelt es sich um die Positionen, die den Vollmond, Neumond und sowohl den zunehmenden, als auch den abnehmenden Halbmond rekonstruieren.

Der letzte Versuch „Wie weit ist der Weg?“ verlief ebenfalls reibungslos. Die Gruppen rekonstruierten selbstständig die Abstände, indem sie die Modelle der

Planeten in die angegebenen Abstände brachten. Abbildung 20 zeigt eine Gruppe während der Ausführung des Versuchs.



*Abbildung 20: Versuchsdurchführung
Experimentierkasten 5*

Allgemein ließ sich während der Arbeitsphase bezogen auf das Layout des Forscherhefts feststellen, dass viele der Kinder Probleme dabei hatten, die richtige Seite für den aktuellen Experimentierkasten zu finden. Um diesen Vorgang zu erleichtern, wurden die Nummern der Experimentierkästen noch einmal groß in eine der oberen Ecken der betreffenden Seiten eingefügt. Dies ermöglicht das Erkennen der Nummer auf einen Blick. Des Weiteren wollten die meisten Gruppen die Merksätze am Ende der Themenseiten direkt selbst notieren. Da sie eigentlich dazu da sind im Plenumsgespräch gemeinsam bearbeitet zu werden, entschied ich mich, zusätzlich zu den gedruckten Hinweisen am Anfang des Heftes und der mündlichen Instruktion, diese mit Stopp-Schildern zu versehen. Dies soll den Kindern noch einmal den visuellen Hinweis geben, dass diese Aufgabe erst gemeinsam am Ende gelöst wird.

Sprachlich hatten die meisten Kinder augenscheinlich keine Probleme während der Arbeitsphase. Sie lasen sich die Versuchsanleitungen in den Gruppen gegenseitig vor und waren im Anschluss auch in der Lage, die Experimente adäquat auszuführen. Allerdings entschied ich mich dennoch dazu, nachträglich bildgestützte Anleitungen für jedes Experiment zu erstellen. Falls Schülerinnen oder Schüler Probleme mit der Leseflüssigkeit oder dem Leseverständnis hätten, könnten sie als

Differenzierungsmittel ausgeteilt werden. Dafür wurden die jeweiligen Schritte der Anleitungen mit eigenen Fotografien versehen, welche den Arbeitsschritt veranschaulichen. So wird neben dem sprachlichen Verständnis auch ein bildliches Verständnis ermöglicht. Dadurch bekommen auch Schülerinnen und Schüler mit weniger ausgeprägten Sprach- und Lesekompetenzen die Möglichkeit die Versuche durchzuführen.

Die Besprechung der Stationen im Plenum verlief gut. Die Kinder arbeiteten fleißig mit und teilten ihre Erkenntnisse mit den Anderen. Nach und nach besprachen wir das Vorgehen und die Beobachtungen aller Stationen. Die Kinder konnten ihre Erkenntnisse gut in Worte fassen und begannen sogar neue Fachwörter wie das Ventil aus Experiment zwei zu übernehmen.

Die Daumen-Abfrage lieferte mir einen ersten Überblick über den Erfolg des Schülerlabors, denn wenn die Schülerinnen und Schüler am Ende des Tages das Gefühl haben, dass sie etwas gelernt haben, ist dies bereits viel wert. Das Resultat der Abfrage fiel durchweg positiv aus. Als Begründung gaben die gefragten Kinder an, dass es sehr abwechslungsreich und spannend gewesen sei. Besonders die Versuche mit dem Schokokuss und der Rakete sorgten für Begeisterung unter den Schülerinnen und Schülern.

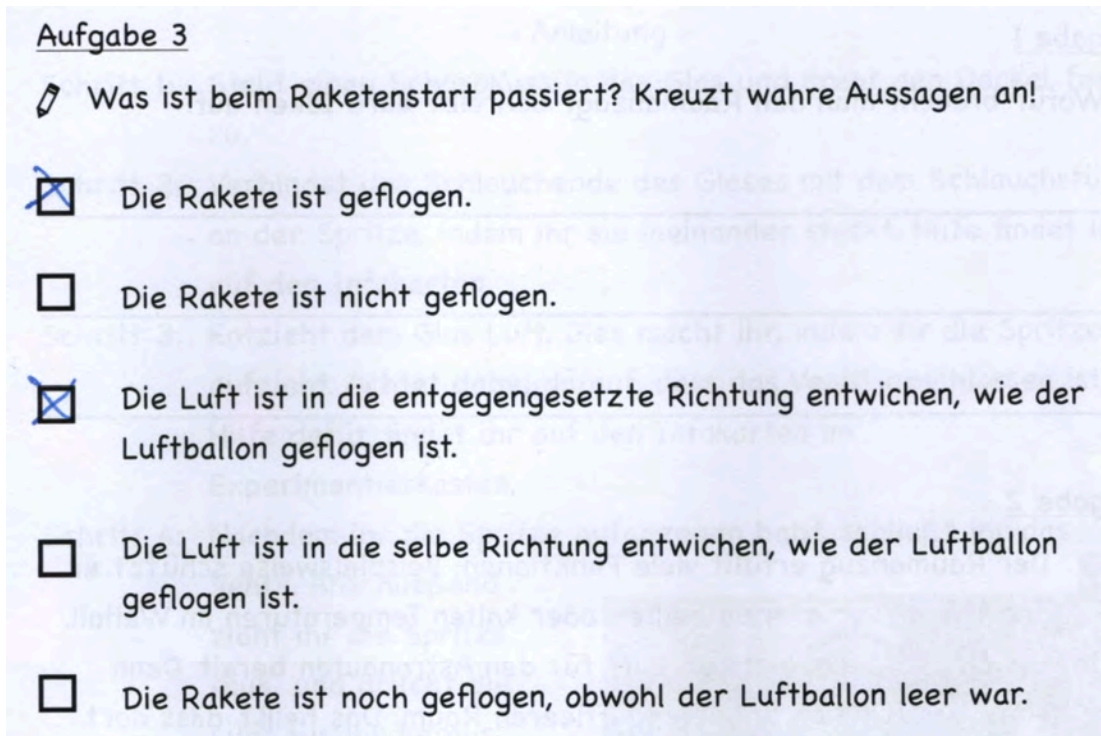
Alles in Allem verlief die Erprobung des Schülerlabors sehr erfolgreich. Die Kinder waren sehr offen für den Lerngegenstand und das Lernarrangement. Sie arbeiteten fleißig mit und unterstützen sich gegenseitig. Doch wie gut konnten die Schülerinnen und Schüler die Aufgaben in ihren Forscherheften lösen?

5.3 Darstellung ausgewählter Resultate der Forscherhefte

Um mir ein gutes Bild über den Erfolg des Forscherheftes machen zu können, schaute ich sie mir im Anschluss an. Im Folgenden wird zuerst der allgemeine Eindruck geschildert, bevor dieser anhand eines ausgewählten Beispiels belegt wird.

Die Themenseiten zu „Wahl des Reiseziels“ bereiteten den Kindern keine Probleme. Sie wurden sorgfältig und korrekt ausgefüllt. Die meisten Kinder konnten bei Aufgabe eins auf Anhieb fast alle oder alle Planeten in die Gedankenblase eintragen.

Die Themenseiten zu „Wir bauen eine Rakete“ wurden von den Kindern ebenfalls ohne Probleme ausgefüllt. Interessant waren die verschiedenen Vermutungen über die Funktionsweise einer Rakete, welche im Rahmen der ersten Aufgabe formuliert werden sollten. Besonders beliebt war die Vermutung, dass Feuer für den Start einer Rakete verantwortlich sei. Bei der Reflexion der Versuchsergebnisse unter Aufgabe drei setzten die meisten Kinder die richtigen Kreuze, wie Abbildung 21 veranschaulicht. Lediglich ein paar Kinder gaben nur an, dass die Rakete geflogen sei.



Aufgabe 3

Was ist beim Raketenstart passiert? Kreuzt wahre Aussagen an!

- ☒ Die Rakete ist geflogen.
- ☐ Die Rakete ist nicht geflogen.
- ☒ Die Luft ist in die entgegengesetzte Richtung entwichen, wie der Luftballon geflogen ist.
- ☐ Die Luft ist in die selbe Richtung entwichen, wie der Luftballon geflogen ist.
- ☐ Die Rakete ist noch geflogen, obwohl der Luftballon leer war.

Abbildung 21: Aufgabe 3 aus „Wir bauen eine Rakete“

Auf den Themenseiten zu „Kleidung im Weltraum“ gab es vorab viele richtige Ideen, wofür man alles einen Raumanzug benötigt, wie das Beispiel aus Abbildung 22 veranschaulicht.

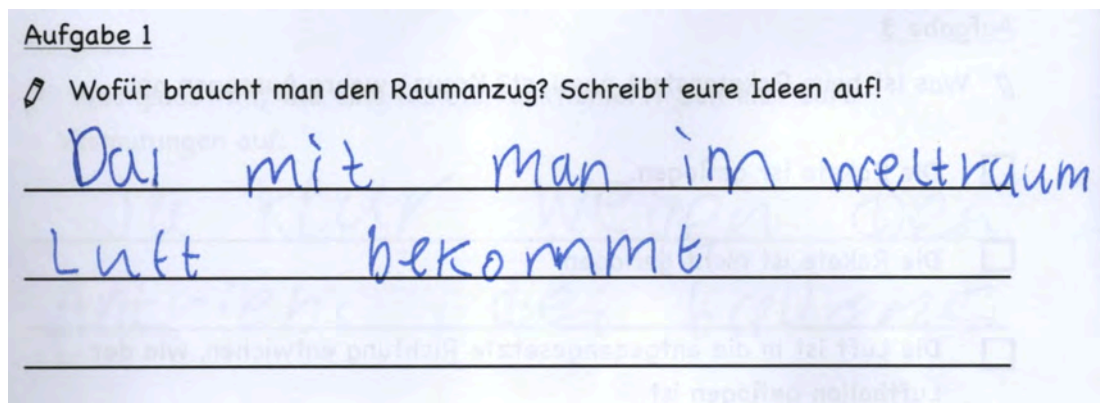


Abbildung 22: Aufgabe 1 aus „Kleidung im Weltraum“

Dennoch warfen die Seiten ein Problem auf, welches sich leider auch in Zukunft schwer vermeiden lassen wird. Der Versuch sorgte in der ganzen Klasse für solches Aufsehen, dass bereits nach der ersten Erprobung allen Kindern der Ausgang des Experiments geläufig war. So wurde unter Aufgabe drei häufig die Vermutung notiert, dass der Schokouss aufgehen wird, sobald man dem Glas Luft entzieht.

Zu Beginn äußerten viele Kinder die Vermutung, dass es Wasser in den Meeren des Mondes gebe. Doch nach Durchführung des Versuchs füllten alle Kinder aus, dass es sich bei den Meeren des Mondes um Krater handle. Auch die Tabelle aus Aufgabe zwei und die anschließende Reflexion unter Aufgabe drei meisterten die Kinder augenscheinlich sehr gut, wie die Abbildungen 23 und 24 veranschaulichen. Die Resultate in den Heften waren durchweg gut.

✎	Größe des Steins	Gewicht des Steins	Breite des Kraters	Tiefe des Kraters
Stein 1	mittel	mittel	3,5 cm	1,5 cm
Stein 2	groß	schwer	5 cm	2,1 cm
Stein 3	klein	leicht	1,5 cm	1,5 cm

Abbildung 23: Aufgabe 2 aus „Die Meere des Mondes“

Aufgabe 3

✎ Was ist euch aufgefallen? Kreuzt richtige Aussagen an!

Je größer der Stein, desto..	Je kleiner der Stein, desto..
☒ größer der Krater	☒ kleiner der Krater
☐ kleiner der Krater	☐ größer der Krater
Je schwerer der Stein, desto	Je leichter der Stein, desto..
☒ tiefer der Krater	☐ tiefer der Krater
☐ flacher der Krater	☒ flacher der Krater

Abbildung 24: Aufgabe 3 aus „Die Meere des Mondes“

Die Themenseiten zu „Halbmond - da fehlt doch was?“ waren am problematischsten. Das Notieren von Vermutungen fiel den Kindern nicht schwer, allerdings war die Abbildung unter Aufgabe drei zu komplex für die Schülerinnen und Schüler. Alle Gruppen benötigten zu Beginn eine persönliche Erklärung. Aber auch danach bereitete die restliche Bearbeitung der Abbildung den Kindern noch Probleme, wie die Durchsicht der Forscherhefte zeigte. Keine Gruppe konnte die Abbildung korrekt ausfüllen. Dies stützt meine, in Kapitel 6.2 notierten, Beobachtungen aus der Erprobung selbst und unterstreicht die Notwendigkeit einer Überarbeitung der Aufgabe, welche bereits in Kapitel 5.2 vorgenommen wurde. Das Beispiel aus Abbildung 25 zeigt eine der besten Lösungen, die erzielt werden konnten.

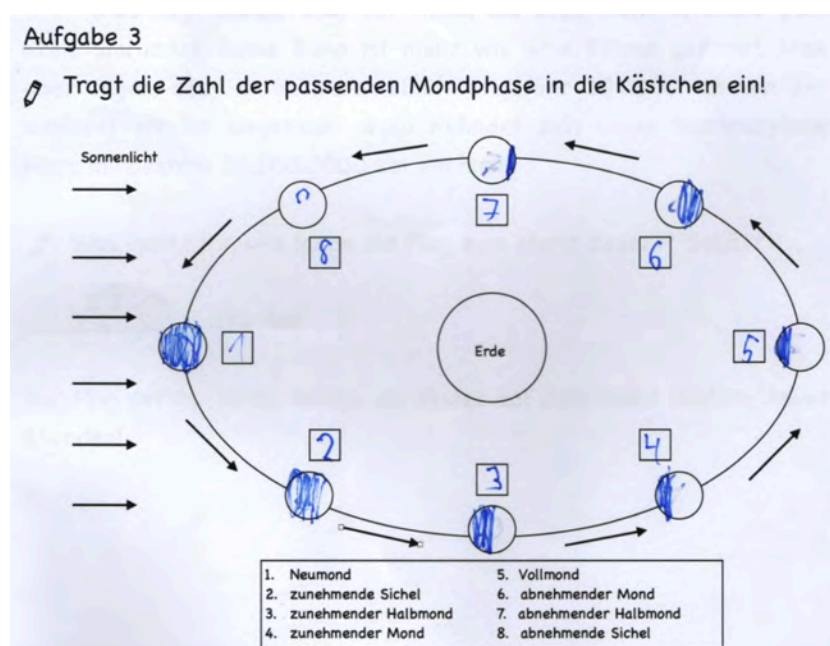


Abbildung 25: Aufgabe 3 aus „Halbmond - da fehlt doch was?“

Die Betrachtung der Themenseiten zu „Wie weit ist der Weg?“ ergab, dass nur eine Gruppe die Aufgabe vier korrekt lösen konnte und ausrechnete, wie viel weiter der Weg bis zum Mars ist. Abbildung 26 veranschaulicht die ausführliche Lösung der einen Gruppe, welche die Aufgabe ohne Probleme lösen konnte.

Aufgabe 4

✎ Wie viel mal weiter ist der Weg von der Erde zum Mars? Rechnet es aus!

$$\begin{array}{l} 560 : 4 = 140 \\ 400 : 4 = 100 \\ 160 : 4 = 40 \end{array}$$

der Weg ist 140mal weiter als zum Mond

Abbildung 26: Aufgabe 4 aus „Wie weit ist der Weg?“

Dies war mir während der Besprechung am Ende des Labors nicht aufgefallen, weshalb mich diese Erkenntnis überraschte. Vorab hatte ich angenommen, dass die Aufgabe durch den Mathematikunterricht der dritten Klasse abgedeckt sei. So entschied ich mich, dass diese Aufgabe ebenfalls eine Differenzierung benötigt und erstellte eine passende Infokarte.

6. Fazit

Zu Beginn dieser Arbeit wurde festgestellt, dass naturwissenschaftlich-technischer Unterricht in der Primarstufe häufig vernachlässigt wird. Als ein Lösungsansatz wurden dabei Schülerlabore thematisiert. Selbstverständlich kann der einmalige Besuch eines Schülerlabors nicht den gesamten naturwissenschaftlich-technischen Unterricht des Sachunterrichts der Primarstufe abdecken. Allerdings können sie eine bereichernde Erfahrung für die Schülerinnen und Schüler darstellen, da sie durch eine selbsthandelnde Arbeitsweise einen Zugang zu naturwissenschaftlichen Phänomenen ihrer Lebenswelt erhalten. Dies ist, wie in Kapitel zwei geschildert, aus vielerlei Gründen sehr bedeutsam für die Lernprozesse und Lernerfolge der Schülerinnen und Schüler.

Bei der Erstellung eines Schülerlabors muss eine Zugangsweise gewählt werden, welche den Schülerinnen und Schülern Einblicke in Erklärungsmodelle physikalischer Phänomene gewährt, ohne sie dabei fachlich zu überfordern. Dies stellt eine besondere Herausforderung bei der Entwicklung eines Schülerlabors zur Astronomie dar, da viele Schülerinnen und Schüler bislang keinen systematischen Unterricht zu dieser Thematik erfahren haben. Daher ist es essenziell, im Vorfeld einige grundlegende Entscheidungen zu treffen, welche im Rahmen des dritten Kapitels geschildert wurden.

Die Erprobung des Schülerlabors hat gezeigt, dass sich die Kinder sehr für die Phänomene der Physik mit dem Schwerpunkt auf der Astronomie interessieren. Dabei hat auch die Durchsicht der Forscherhefte bewiesen, wie viele unterschiedliche Ideen sie für die Erklärung dieser bereits mit in die Schule bringen. Dass diese nicht immer fachlich zutreffend sind, ist selbstverständlich. Es unterstreicht die Relevanz einer systematischen Thematisierung dieser Phänomene. Dafür stellt dieses Schülerlabor einen guten Ausgangspunkt dar. Es hat gezeigt, mit wie viel Begeisterung und Engagement die Grundschülerinnen und Schüler an den Experimenten gearbeitet haben und wie viele fachliche Beobachtungen sie dabei machen konnten. Beispielsweise erkannten die meisten der Schülerinnen und Schüler, wie in Kapitel 5.3 ausgeführt, dass bei der Luftballonrakete die Luft in die entgegengesetzte Richtung entwich, wie der Luftballon flog. Dies stellt eine wichtige Erkenntnis für das Verständnis des Wechselwirkungsprinzips dar. Ebenfalls bewies

die Ergebnissicherung im Plenum sowie die Durchsicht der Forscherhefte, dass die Schülerinnen und Schüler die fachlichen Lernziele durch die Erprobung überwiegend erreichen konnten. Des Weiteren zeigt das positive Feedback der Kinder, dass durch die Durchführung des Schülerlabors ihre Motivation sich mit astronomischen und physikalischen Phänomenen zu beschäftigen in positiver Weise beeinflusst worden sein könnte. Dies weist darauf hin, dass die Elementarisierung Teile dieser komplexen Wissenschaft für die Primarstufe im Rahmen der Entwicklung gelungen ist. Doch obwohl die Schülerinnen und Schüler überwiegend mit dem Material sehr gut arbeiten konnten, wurde deutlich, speziell bezüglich des Versuchs zu den Mondphasen, wie wichtig die Erprobung für die weitere Entwicklung des Schülerlabors war. Auf Grundlage der neuen Erkenntnisse konnte das Heft bezüglich der Rekonstruktion der Mondphasen weiter didaktisch reduziert werden, sodass der Lerngegenstand näher an den Verstehenshorizont der Kinder gehoben werden konnte. Auch zeigte die Erprobung, dass sich die Empfehlung bezüglich der Jahrgangsstufe der Schülerinnen und Schüler zu Zeit der Durchführung bestätigt hat. Dieses Schülerlabor eignet sich erst ab dem Ende der dritten Klasse, auch wenn dies natürlich ebenfalls lerngruppenspezifisch zu entscheiden ist.

Natürlich können auf Grundlage dieser einmaligen Erprobung des Labors keine empirisch gesicherten Aussagen darüber getroffen werden, wie nachhaltig die Kompetenzerweiterung oder die Steigerung der Motivation für das Fach durch die Erprobung dieses Labors war. Daher soll an dieser Stelle als Ausblick festgehalten werden, dass eine empirische Untersuchung der Qualität dieses Schülerlabors anhand einer größeren Stichprobe interessant wäre. Diese konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht mehr erfolgen, da sie den zeitlichen Rahmen der Ausarbeitung überzogen hätte.

Alles in allem kann folglich zu der eingangs gestellten Frage, ob sich physikalische Inhalte am Beispiel der Astronomie im Rahmen eines Schülerlabors für die Primarstufe anschaulich und zielführend vermitteln lassen, festgehalten werden, dass dieses Schülerlabor eine gute Ergänzung beziehungsweise einen guten Anreiz für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Primarstufe darstellt. Für eine fachfremde Lehrperson bietet diese Arbeit die Möglichkeit ergänzend zum Besuch des Schülerlabors die genaueren fachlichen Hintergründe mit den Schülerinnen und Schüler im regulären Schulunterricht nachzubereiten. Dafür können die Sachanalyse

sowie die didaktischen Überlegungen und genauen Darstellungen der Experimente eine große Hilfe sein. Auch durch die methodische Aufbereitung der Forscherhefte können dabei die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler vor den Versuchen noch einmal aufgegriffen werden. Dadurch wird die Integration des neuen Wissens in das bestehende Wissensnetz erleichtert.

Wenn ein Besuch dieses Schülerlabors nicht möglich ist, kann diese Arbeit als Hilfe zur Gestaltung einer Einheit zur Astronomie in der Primarstufe fungieren. Die Versuche wurden absichtlich so gestaltet, dass sie mit einfachen Mitteln nachzumachen sind. Ebenfalls ermöglichen die genauen Darstellungen dieser in Kapitel 4.4 einen Nachbau. Denn gerade in der Primarstufe werden die Grundsteine für die weitere schulische Entwicklung der Kinder gelegt. Daher ist es umso wichtiger in dieser Phase auch den Grundstein für einen weiteren erfolgreichen Physik- und Astronomieunterricht zu legen. Dafür ist es notwendig, dass das Interesse der Kinder bereits so früh wie möglich geweckt wird und einige grundlegende Einblicke in die Relevanz der Wissenschaft für unseren Alltag gewonnen werden können. Durch eine gezielte Thematisierung dieser Phänomene im Rahmen eines Schülerlaborbesuchs oder einer Einheit kann bereits viel dazu beigetragen werden.

7. Literaturverzeichnis

Baar, R. & Schönknecht, G. (2018). *Außerschulische Lernorte: didaktische und methodische Grundlagen*. Weinheim: Beltz Verlagsgruppe.

Bodenschatz, E. (2006). *Warum herrscht im Weltall ein Vakuum?* Verfügbar unter: <https://www.ds.mpg.de/213394/43> [letzter Zugriff 30.09.2020].

Boll, H., Lehn, M., Müller, C., Tomczyk, M., Köhler, U. & Kratzenberg-Annies, V. (2018). *Erde und Mond. Lehrermaterialien und Mitmach-Experimente mit CD-Rom. Klassen 3 bis 6*. Verfügbar unter: [letzter Zugriff 18.11.2020].

DLR_next. *Wie funktionieren Raketen?* Verfügbar unter: https://www.dlr.de/next/desktopdefault.aspx/tabid-6284/10917_read-24813/ [letzter Zugriff 02.10.2020].

DLR_School_Lab Lampoldshausen/Stuttgart (2011). *Bauanleitung DLR-Wasserrakete*. Verfügbar unter: https://www.dlr.de/as/PortalData/5/Resources/dokumente/abteilungen/abt_wk/Bauanleitung_Wasserrakete_und_Rampe.pdf [letzter Zugriff 19.11.2020].

Dudenredaktion (2001). *Das Fremdwörterbuch*. Mannheim: Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG.

Eisberg, R. & Hyde, W. (1984). *Countdown. Programme zur Bewegung von Fallschirmspringern, Raketen und Satelliten für programmierbare Taschenrechner und BASIC-Mikrocomputer*. Wiesbaden: Vieweg&Teubner Verlag.

ESA Kids (2011). *Monde*. Verfügbar unter: https://www.esa.int/kids/de/lernen/Unser_Universum/Planeten_und_Monde/Monde [letzter Zugriff 30.09.2020].

Esslinger-Hinz, I. (2013). *Der ausführliche Unterrichtsentwurf*. Weinheim: Beltz.

Euler, M., Schütter, T. & Hausmann, D. (2015). Schülerlabore: Lernen durch Forschen und Entwickeln. In: E. Kircher, R. Girwicz & P. Häußler *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 759-782). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht - Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe* (S.759-782). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Girwicz, R. (2015). Medien im Physikunterricht. In: E. Kircher, R. Girwicz & P. Häußler *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S.193-246). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Grygier, P. & Hartinger, A. (2012). *Gute Aufgaben Sachunterricht*. Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor GmbH & Co. KG.

Flade, K.-D. (2002). *Der russische Raumanzug von Klaus-Dietrich Flade*. Verfügbar unter: <https://www.deutsches-museum.de/sammlungen/meisterwerke/meisterwerke-iv/raumanzug/> [letzter Zugriff 01.10.2020].

Hanslmeier, A. (2014). *Einführung in die Astronomie und Astrophysik*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Hermann, J. (1976). *dtv-Atlas zu Astronomie. Tafeln und Texte. Mit Sternatlas*. München: Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG.

Hessisches Kultusministerium (2011). *Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Primarstufe. Mathematik*. Verfügbar unter: https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kc_mathematik_prst_2011.pdf [letzter Zugriff 01.12.2020].

Hessisches Kultusministerium (2011). *Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Primarstufe. Sachunterricht*. Verfügbar

unter: https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kc_sachunterricht_prst_2011.pdf [letzter Zugriff 01.12.2020].

Hoche, D., Küblbeck, J., Meyer, L. & Schmidt, G-D. (2010). *Basiswissen Schule. Physik. 5.-10. Klasse*. Mannheim: Bibliographisches Institut GmbH.

IAU (2006). *iau0603 — Press Release*. Verfügbar unter: <https://www.iau.org/news/pressreleases/detail/iau0603/> [letzter Zugriff 04.10.2020].

Kayser, R. (2009). *Wie kalt ist das Weltall?* Verfügbar unter: <https://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/wie-kalt-ist-das-weltall/> [letzter Zugriff 12.10.2020].

Kircher, E. (2015). Einführung: Was ist Physikdidaktik?. In: E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 3-14). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Köster, H. (2006). Freies Explorieren mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht. In: G. Lück & H. Köster *Physik und Chemie im Sachunterricht* (S. 43-53). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

Köster, H. (2006). „Schwarze Löcher interessieren mich am meisten! - Astronomie als spannende Naturwissenschaft für Grundschulkinder. In: G. Lück & H. Köster *Physik und Chemie im Sachunterricht* (S. 141-152). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

Kunter, M. & Trautwein, U. (2013). *Psychologie des Unterrichts*. Paderborn: Ferdinand Schöningh.

Kuphal, E. (2013). *Den Mond neu entdecken. Spannende Fakten über Entstehung, Gestalt und Umlaufbahn unseres Erdtrabanten*. Berlin, Heidelberg: Springer.

Landesinstitut für Schulentwicklung Baden Württemberg. *Tätigkeitsbezogene Gefährdungsbeurteilung und Dokumentation nach § 6 GefStoffV*.

Verfügbar unter: <https://rp.baden-wuerttemberg.de/rps/Abt7/Ref75/Fachberater/Documents/rps-75-bk-gbu-gips.pdf> [letzter Zugriff 29.10.2020].

Landwehr, A. (2020). *Neue Hinweise auf Wasser auf dem Mond*. Verfügbar unter: <https://www.tagesschau.de/ausland/mond-wasservorkommen-101.html> [letzter Zugriff 01.10.2020].

Lehmann, A., Pilz, A. & Sarich, T. (2013). Wortschatzarbeit im Deutschunterricht. In: Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft (Hrsg.) *Sprachbildung und Leseförderung in Berlin. SprachSenSibler Fachunterricht Handreichung zur Wortschatzarbeit in den Jahrgangsstufen 5–10 unter besonderer Berücksichtigung der Fachsprache* (S. 21-93). Berlin: Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg.

LernortLabor - Bundesverband der Schülerlabore e.V. (2020). *Was sind eigentlich Schülerlabore?* Verfügbar unter: <https://www.lernortlabor.de/ueberschuelerlabore/schuelerlabore> [letzter Zugriff: 02.10.2020].

Lorenzen, D. (2009). *Was sind die dunklen Flecken auf dem Mond?* Verfügbar unter: <https://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/flecken-auf-mond/> [letzter Zugriff 01.10.2020].

Lück, G. (2006). Animismen und Storytelling - Nicht nur unterhaltsames Beiwerk bei der Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte und Deutungen. In: G. Lück & H. Köster *Physik und Chemie im Sachunterricht* (S. 15-26). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

Max-Planck-Gesellschaft (2015). *Lernen mit allen Sinnen. Bewegungen und Bilder erleichtern das Pauken von Vokabeln*. Verfügbar unter: <https://www.mpg.de/8930937/vokabel-lernen-gesten> [letzter Zugriff 19.10.2020].

MINT Zirkel (2017). *Der Mann im Mond ist ein Hase*. Verfügbar unter: <https://mint-zirkel.de/2017/07/der-mann-im-mond-ist-ein-hase/> [letzter Zugriff 14.11.2020].

Müller, A. (2015). Astronomie im Unterricht. In: E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 529-552). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (2011). Vorwort der Herausgeber. In: R. Müller, R. Wodzinski & M. Hopf (Hrsg.) *Schülervorstellungen in der Physik* (S. VII). Hallbergmoos: Aulis Verlag.

Oy, K. v. (1977). *Was ist Physik?* Stuttgart: Klett.

Pfänder, W. (1976). *Physik in der Grundschule in Unterrichtsbeispielen*. Donauwörth: Verlag Ludwig Auer.

Scholz, L. (2020). *Methoden-Kiste*. Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung/bpb.

Schulz, A., Brackertz, S. & van de Sand, M. (2018). *Schülerlabore in Deutschland: Ein ideologiekritischer Blick. Ein ideologiekritischer Blick auf die Schülerlaborlandschaft in Deutschland und Einordnung der Kölner Schülerlabors*. Verfügbar unter: <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/859/997> [letzter Zugriff 18.09.2020].

Spektrum Akademischer Verlag (1998). *Raketenantrieb*. Verfügbar unter: <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/raketenantrieb/12037> [letzter Zugriff 05.10.2020].

Ulrich, W. (2013). Wissenschaftliche Grundlagen der Wortschatzarbeit im Fachunterricht. In: Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft (Hrsg.) *Sprachbildung und Leseförderung in Berlin. SprachSenSibler Fachunterricht Handreichung zur Wortschatzarbeit in den Jahrgangsstufen 5–10 unter besonderer Berücksichtigung der*

Fachsprache (S. 307-330). Berlin: Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg.

Unsöld, A. & Baschek, B. (1999). *Der neue Kosmos. Einführung in die Astronomie und Astrophysik*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1990). *A Cross-Cultural Investigation of Children's Conceptions about the Earth, the Sun and the Moon: Greek and American Data. Technical Report No. 497*. Verfügbar unter: <https://files-eric-ed-gov.proxy.ub.uni-frankfurt.de/fulltext/ED318627.pdf> [letzter Zugriff 11.11.2020].

Weinert, F.E. (2014). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: F. E. Weinert (Hrsg.) *Leistungsmessung in Schulen* (S. 17-31). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

Weirer, W. & Paechter, M. (2019). Grundpfeiler kompetenzorientierter Didaktik. In: U. Fritz, K. Lauermann & M. Paechter (Hrsg.) *Kompetenzorientierter Unterricht. Theoretische Grundlagen – erprobte Praxisbeispiele* (S. 19-41). Stuttgart: UTB.

WELT (2013). *So funktioniert ein Raketentriebwerk*. Verfügbar unter: https://www.welt.de/print/die_welt/wissen/article113501180/So-funktioniert-ein-Raketentriebwerk.html [letzter Zugriff 04.11.2020].

Wodzinski, R. & Wilhelm, T. (2018). Schülervorstellungen im Anfangsunterricht. In: H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.) *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 243-270). Berlin, Heidelberg: Springer.

Zielke, J. (2020). *Steckbrief Mars*. Verfügbar unter: <https://www.planet-wissen.de/natur/weltall/mars/pwiesteckbriefmars100.html> [letzter Zugriff 07.11.2020].

Zorpette, G. (2000). *Wissenschaft im Alltag: Der Raumanzug*. Verfügbar unter:
<https://www.spektrum.de/magazin/wissenschaft-im-alltag-der-raumanzug/826975> [letzter Zugriff 15.10.2020].

8. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: *Entfernungen und Größen diverser Himmelskörper unseres Sonnensystems* (S. 17). Entnommen aus: Hanslmeier, A. (2014). *Einführung in die Astronomie und Astrophysik*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. (vgl. S. 163).

Abbildung 2: 3. *Keplersches Gesetz* (S. 18). Entnommen aus: Joachim Herz Stiftung (2020). *Drittes Keplersches Gesetz*. Verfügbar unter: <https://www.leifiphysik.de/mechanik/weltbilder-keplersche-gesetze/grundwissen/drittes-keplersches-gesetz> [letzter Zugriff 29.11.2020].

Abbildung 3: 3. *Newtonsches Gesetz* (S. 19). Eigene Darstellung.

Abbildung 4: *Entstehung der Mondphasen* (S. 26). Entnommen aus: Kuphal, E. (2013). *Den Mond neu entdecken. Spannende Fakten über Entstehung, Gestalt und Umlaufbahn unseres Erdtrabanten*. Berlin, Heidelberg: Springer. (S. 97).

Abbildung 5: *Tabelle zu Größen und Abständen des Sonnensystemmodells* (S. 55). Eigene Darstellung.

Abbildung 6: *Modell des Sonnensystems* (S. 56). Eigene Darstellung.

Abbildung 7: *Modelle der Erde und des Mondes* (S. 56). Eigene Darstellung.

Abbildung 8: *Veranschaulichung des Rückstoßprinzips im Rahmen des Versuchs „Wir bauen eine Rakete“* (S. 59). Entnommen aus: Klein, L. (2015). *Luft übt eine Kraft aus*. Verfügbar unter: <https://www.sonnentaler.net/aktivitaeten/materie/luft/luft-modul/druck.html> [letzter Zugriff 01.12.2020].

Abbildung 9: *Versuchsaufbau Experimentierkasten 3* (S. 62). Eigene Darstellung.

Abbildung 10: *Plane zur Hilfe bei der Rekonstruktion der Mondphasen* (S. 63).
Eigene Darstellung.

Abbildung 11: *Schattenbildung auf dem Mondmodell* (S. 64). Eigene Darstellung.

Abbildung 12: *Titelseite des Forscherhefts* (S. 66). Eigene Darstellung.

Abbildung 13: *Abbildung zum Eintragen der Mondphasen aus dem Forscherheft* (S. 70). Eigene Darstellung.

Abbildung 14: *Beispiel für Formen auf dem Mond aus dem Forscherheft* (S. 72).
Entnommen aus: Miller, D. (2014). *Vollmond*. Verfügbar unter: <https://pixabay.com/de/photos/vollmond-mond-hell-himmel-raum-496873/>
[letzter Zugriff 03.12.2020]. Das Bild ist für die kommerzielle Nutzung freigegeben und wurde von mir bearbeitet. Im Rahmen der Bearbeitung wurden Formen eingezeichnet.

Abbildung 15: *Infokarte zum Verschließen des Luftballons* (S. 74). Eigene Darstellung.

Abbildung 16: *Infokarte zum Ventil* (S. 74). Eigene Darstellung.

Abbildung 17: *Versuchsdurchführung Experimentierkasten 2* (S. 79). Eigene Darstellung.

Abbildung 18: *Versuchsdurchführung Experimentierkasten 3* (S. 79). Eigene Darstellung.

Abbildung 19: *Überarbeitung der Aufgabe 3 aus „Halbmond - da fehlt doch was?“* (S. 80). Eigene Darstellung.

Abbildung 20: *Versuchsdurchführung Experimentierkasten 5* (S. 81). Eigene Darstellung.

Abbildung 21: *Aufgabe 3 aus „Wir bauen eine Rakete“* (S. 83). Eigene Darstellung.

Abbildung 22: *Aufgabe 1* aus „*Kleidung im Weltraum*“ (S. 84). Eigene Darstellung.

Abbildung 23: *Aufgabe 2* aus „*Die Meere des Mondes*“ (S. 84). Eigene Darstellung.

Abbildung 24: *Aufgabe 3* aus „*Die Meere des Mondes*“ (S. 85). Eigene Darstellung.

Abbildung 25: *Aufgabe 3* aus „*Halbmond - da fehlt doch was?*“ (S. 85). Eigene Darstellung.

Abbildung 26: *Aufgabe 4* aus „*Wie weit ist der Weg?*“ (S. 86). Eigene Darstellung.

9. Anhang

9.1 Einstiegsgeschichte „Auf zu neuen Welten!“

Auf zu neuen Welten!

Leo sitzt im Garten des Hauses seiner Eltern und blickt in den Nachthimmel. Er sieht den Mond und stellt sich vor, wie es wohl wäre darauf herumzulaufen. Gerade als er sich vorstellt, wie er einen Purzelbaum nach dem nächsten schlagen würde, stürmt seine beste Freundin Amina in den Garten.

„Leo! Leo!“ ruft sie ganz aufgeregt. „Weißt du, was ich eben im Fernsehen gesehen habe?!“.

„Natürlich nicht“ antwortet Leo, „Ich war doch gar nicht dabei“.

Amina setzt sich neben Leo. „Die ISS ist jetzt seit 20 Jahre dauerhaft bewohnt. Das heißt, dass seit 20 Jahren immer internationale Astronauten und Astronautinnen auf ihr gelebt haben!“

„ISS?“

„Na, die Internationale Raumstation!“ entgegnet Amina.

„Wow“ grinst Leo. „Wie cool wäre es, wenn wir eines Tages auch mal ins Weltall fliegen!“

„Auja, neue Welten entdecken, ganz ohne Eltern! Und uns dann im Fernsehen sehen!“ schwärmt Amina.

„Ja und in Büchern würden sie über uns schreiben! Doch dafür müssen wir nur irgendwie dahin kommen .. und wo können wir landen? Ich meine die Internationale Raumstation ist ja schon bewohnt..“ grübelt Leo.

„Hmm .. vielleicht sollten wir da erst mal nachforschen, aber dann heißt es, auf zu neuen Welten!“.





Hinweise

- Ihr arbeitet in Kleingruppen von 4-5 Kindern an den Experimentierkästen.
- In euren Kleingruppen bearbeitet ihr gemeinsam einen Experimentierkasten nach dem anderen. Sobald ihr fertig seid, stellt ihr den Kasten wieder nach vorne und holt euch einen neuen Kasten.
- Wenn gerade einmal kein Kasten frei ist oder ihr früher mit allen Kästen fertig seid, findet ihr bei den Sternchenaufgaben eine Beschäftigung.
- In den Kästen findet ihr Infokarten und eine Aufstellung der Materialien. Geht mit diesen sorgsam um und räumt am Ende des Experiments wieder alle Materialien zurück in den Kasten. Die Infokarten helfen euch bei der Durchführung der Experimente.
- Zu jedem Experimentierkasten gibt es Aufgaben in diesem Forscherheft, die bitte währenddessen bearbeitet werden.
- Die Aufgaben ★ Merksatz ★ könnt ihr erst einmal ignorieren. Die machen wir am Ende gemeinsam in der Klasse.
- Wenn ihr euch einmal unsicher seid, welcher Experimentierkasten zu welchen Seiten in euren Forscherheften gehört, könnt ihr in der Übersicht nachsehen.



Übersicht

	Seiten- symbol	Seite	Erledigt ✓
Klassenversuch		4	
Experimentierkasten 1		6	
Experimentierkasten 2		8	
Experimentierkasten 3		11	
Experimentierkasten 4		14	
Experimentierkasten 5		17	
Sternchenaufgaben		19	



Wahl des Reiseziels

Klassenversuch

Aufgabe 1

- ✎ Welche Planeten kennst du schon? Schreibe die Namen in die Gedankenblase!



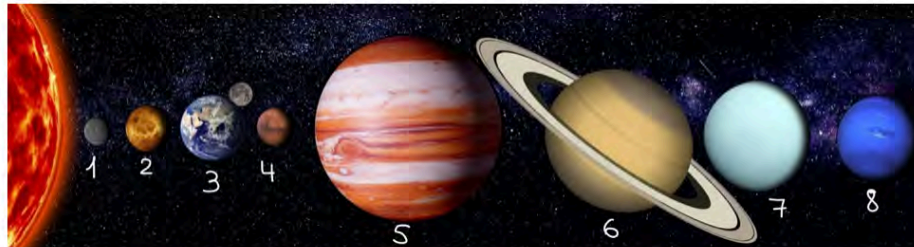
Aufgabe 2

- ✎ Schreibe den Marksatz ab.



Aufgabe 3

Beschrifte die Planeten in der richtigen Reihenfolge.



Sonne

1. _____
2. _____
3. _____ + _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____

Aufgabe 4

Unser Reiseziel ist der _____.



Wir bauen eine Rakete!

Experimentierkasten 1

Leo:	Sag mal Amina, wie wollen wir eigentlich zum Mond kommen?
Amina:	Na, mit einer Rakete!
Leo:	Aber wo wollen wir die denn herbekommen?
Amina:	Aus dem Internet?
Leo:	Ich glaube nicht, dass wir uns das leisten können..
Amina:	Dann bauen wir eben einfach eine selbst!

Aufgabe 1

✎ Was glaubt ihr, wie eine Rakete funktioniert? Schreibt eure Vermutungen auf!

Aufgabe 2

Jetzt wird experimentiert! Baut das Modell einer Rakete mit Hilfe des Experimentierkastens 1 nach und startet einen Flug!

- Anleitung -

Schritt 1: Fädelt den Strohhalm auf die Schnur.

Schritt 2: Pumpt mit Hilfe der Luftpumpe den Luftballon auf. Verschließt die Öffnung danach mit einer Wäscheklammer, damit die Luft nicht entweichen kann. Hilfe dafür findet ihr auf den Infokarten.

Schritt 3: Klebt den Luftballon mit Hilfe des Klebebands am Strohhalm fest.





Schritt 4: Bestimmt zwei Kinder, welche die Schnur an den Enden festhalten. Die beiden Kinder stellen sich gegenüber auf und halten die Schnur ganz straff gespannt.

Schritt 5: Zieht dann die Luftballonrakete zu dem Ende der Schnur, welches der Öffnung des Luftballons zugewandt ist.



Schritt 6: Entfernt die Klammer und beobachtet, was passiert!

Aufgabe 3

✎ Was ist beim Raketenstart passiert? Kreuzt wahre Aussagen an!

- ☐ Die Rakete ist geflogen.
- ☐ Die Rakete ist nicht geflogen.
- ☐ Die Luft ist in die entgegengesetzte Richtung entwichen, wie der Luftballon geflogen ist.
- ☐ Die Luft ist in die selbe Richtung entwichen, wie der Luftballon geflogen ist.
- ☐ Die Rakete ist noch geflogen, obwohl der Luftballon leer war.

★ Merksatz ★





Kleidung im Weltraum

Experimentierkasten 2

Amina:	Ich glaube, ich packe schon mal einen Bikini ein!
Leo:	Einen Bikini? Wofür denn das?
Amina:	Na, damit wir uns sonnen können?
Leo:	Ich weiß nicht, tragen Astronauten nicht immer einen Raumanzug?
Amina:	Stimmt, wofür braucht man den überhaupt?

Aufgabe 1

Wofür braucht man den Raumanzug? Schreibt eure Ideen auf!

Aufgabe 2



Der Raumanzug erfüllt viele Funktionen. Beispielsweise schützt er den Träger vor extrem heißen oder kalten Temperaturen im Weltall. Er stellt auch die lebenswichtige Luft für den Astronauten bereit. Denn beim Weltall handelt sich um einen luftleeren Raum. Das heißt, dass dort keine Luft ist. Doch Luft brauchen wir nicht nur zum Atmen. Luft benötigen wir auch für viele andere Dinge.

Aufgabe 3

Was passiert mit einem Schokokuss, wenn er sich in einem luftleeren Raum befindet? Schreibt eure Ideen auf!



Jetzt wird experimentiert! Stellt mit Hilfe des Experimentierkastens 2 nach, was mit einem Schokokuss passiert, wenn er sich in einem luftleeren Raum befindet und keinen Raumanzug trägt. Achtung, die Ergebnisse lassen sich nicht so einfach auf uns Menschen übertragen!

- Anleitung -

- Schritt 1: Stellt einen Schokokuss in das Glas und dreht den Deckel fest zu.
- Schritt 2: Verbindet das Schlauchende des Glases mit dem Schlauchstück an der Spritze, indem ihr sie ineinander steckt. Hilfe findet ihr auf den Infokarten.
- Schritt 3: Entzieht dem Glas Luft. Dies macht ihr, indem ihr die Spritze aufzieht. Achtet dabei darauf, dass das Ventil geschlossen ist. Hilfe dafür findet ihr auf den Infokarten im Experimentierkasten.
- Schritt 4: Nachdem ihr die Spritze aufgezogen habt, schließt ihr das Ventil. Anschließend zieht ihr die Spritze raus und drückt die Luft aus ihr heraus.
- Schritt 5: Nun beginnt ihr wieder bei Schritt 2. Wiederholt den Vorgang mindestens viermal.





Aufgabe 4

✎ Was ist mit dem Schokokuss passiert, nachdem dem Glas Luft entzogen wurde? Schreibt eure Beobachtungen auf!

Aufgabe 5

✎ Waren eure Vermutungen richtig?

- ☐ Ja
- ☐ Nein
- ☐ Zum Teil

★ Merksatz ★



Die Meere des Mondes

Experimentierkasten 3

Leo und Amina schauen sich Bilder der Oberfläche des Mondes an.

Leo: Schau mal Amina! Der Mond hat auch Meere!

Amina: Wo?

Leo: Die dunklen Flecken, kannst du sie nicht sehen?

Amina: Doch, aber ich glaube nicht, dass das Wasser ist.

Leo: Aber hier steht, dass die Flecken Meere des Mondes genannt werden.

Amina: Ja, aber ist da wirklich Wasser auf dem Mond?

Aufgabe 1

 Was glaubt ihr, gibt es Wasser in den Meeren des Mondes?

☐ Ja

☐ Nein

Aufgabe 2



Sind dir auch schon einmal die dunkeln Flecken auf dem Mond aufgefallen? Bei diesen Flecken handelt es sich um Krater. Sie sind durch den Einschlag verschiedener Brocken aus dem Weltall entstanden. Diese Brocken werden auch Meteoriden genannt. Die Krater bezeichnet man als die Meere des Mondes.



Stellt das Einschlagen der Meteoriden auf die Mondoberfläche mit Hilfe des Experimentierkastens 3 nach! Welchen Einfluss haben die Größe und das Gewicht der Steine auf das Aussehen der Krater?

- Anleitung -

Schritt 1: Füllt die Kiste mit dem Pulver.

STEFAN
GIESCH

11



Schritt 2: Nehmt euch einen Stein aus dem Kasten. Ist der Stein verglichen mit den anderen Steinen eher groß oder klein? Ist er schwer oder leicht? Tragt das passende Adjektiv in die Tabelle ein! Hilfe findet ihr auf den Infokarten im Experimentierkasten!

Schritt 3: Lasst die Steine aus ungefähr 50 cm Höhe in die Kiste fallen. Nehmt den Zollstock zur Hilfe, um 50 cm zu messen.

Schritt 4: Holt den Stein vorsichtig aus dem Pulver. Wie groß ist der Krater? Messt die Tiefe und die Breite. Hilfe findet ihr auf den Infokarten im Experimentierkasten!

Schritt 5: Wiederholt den Versuch mit den anderen beiden Steinen. Tragt die passenden Werte in die Tabelle ein!



	Größe des Steins	Gewicht des Steins	Breite des Kraters	Tiefe des Kraters
Stein 1				
Stein 2				
Stein 3				



Aufgabe 3

✎ Was ist euch aufgefallen? Kreuzt richtige Aussagen an!

Je größer der Stein, desto..

- ☐ größer der Krater
- ☐ kleiner der Krater

Je kleiner der Stein, desto..

- ☐ kleiner der Krater
- ☐ größer der Krater

Je schwerer der Stein, desto

- ☐ tiefer der Krater
- ☐ flacher der Krater

Je leichter der Stein, desto..

- ☐ tiefer der Krater
- ☐ flacher der Krater

Aufgabe 4

✎ Was sind also die Meere des Mondes?

★ Merksatz ★

Zusatz-Info:

Auf dem Mond gibt es Wasser. Es liegt in Form von Eis auf dem Grund tiefer Krater an seinen Polen!



Halbmond – da fehlt doch was?

Experimentierkasten 4

Leo:	Wir müssen aufpassen, dass wir bei Halbmond nicht vom Mond fallen!
Amina:	Quatsch, wie kommst du denn darauf?
Leo:	Na, bei Halbmond fehlt doch die Hälfte! Das sagt schon der Name!
Amina:	Meinst du?

Aufgabe 1

 Was passiert, wenn Halbmond ist? Schreibt eure Vermutungen auf!

Aufgabe 2



So wie die Erde die Sonne umkreist, umkreist der Mond die Erde. Dafür braucht er ungefähr 29 Tage. In diesen 29 Tagen steht der Mond immer in einem anderen Winkel zur Sonne und zur Erde. Dies führt dazu, dass das Sonnenlicht den Mond für uns immer wieder unterschiedlich beleuchtet. Dadurch entstehen die Mondphasen.

Jetzt wird experimentiert! Holt euch den Experimentierkasten 4 und stellt die Mondphasen nach.

- Anleitung -

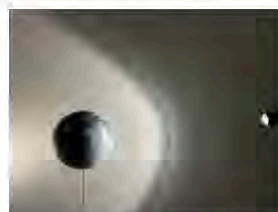
Schritt 1: Geht mit dem Experimentierkasten 4 in den abgedunkelten Bereich.

Schritt 2: Bestimmt ein Kind, welches die Taschenlampe hält. Es spielt die Sonne.



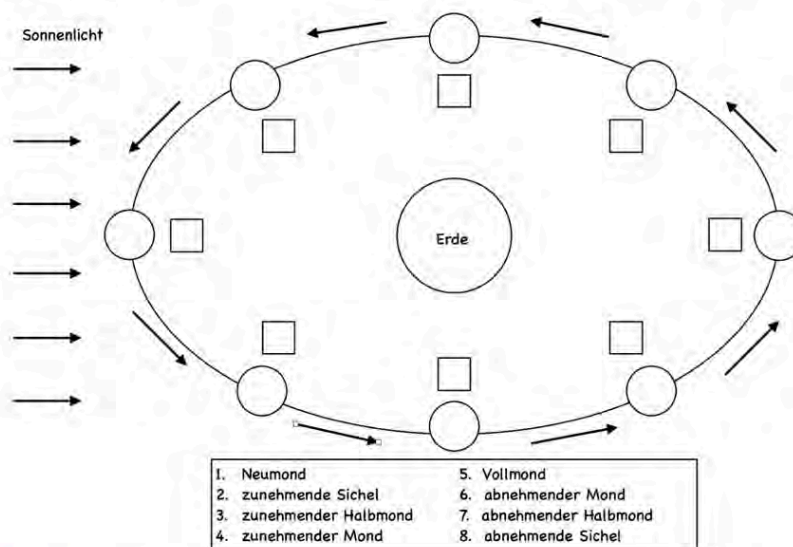


- Schritt 3: Bestimmt ein Kind, welches den Mondspieß hält. Es spielt die Erde.
- Schritt 4: Legt die Plane auf den Boden. Das Sonnenkind stellt sich auf die Sonne, das Erdenkind auf die Erde.
- Schritt 5: Das Sonnenkind schaltet die Taschenlampe ein und hält sie auf Kopfhöhe.
- Schritt 5: Das Erdenkind hält den Mond über der Höhe des eigenen Kopfes. Nun dreht es sich so, dass es in Richtung von Pfeil 1 schaut. Wie wird der Mond in dieser Position beleuchtet? Zeichnet eure Beobachtungen in die Abbildung!
- Schritt 6: Das Erdenkind dreht sich nun so, dass es in die Richtung von Pfeil 2 schaut. Wie wird der Mond nun beleuchtet?
- Schritt 7: Geht die restlichen Positionen durch und malt eure Beobachtungen in die Abbildung!



Aufgabe 3

✎ Tragt die Zahl der passenden Mondphase in die Kästchen ein!



STEFAN
GEMISCHT

15



Aufgabe 4

✎ Fehlt bei Halbmond also etwas vom Mond?

☐ Ja

☐ Nein

★ Merksatz ★

Wie weit ist der Weg?

Experimentierkasten 5

Leo:	Sag mal Amina, wie lange brauchen wir eigentlich, bis wir den Mond erreichen?
Amina:	Keine Ahnung, eine Woche?
Leo:	Nee, das ist zu lang oder?
Amina:	Ich weiß es nicht, wie weit ist er denn weg?

Aufgabe 1

 Wie viele Kilometer sind es bis zum Mond? Schätzt!

_____ km

Aufgabe 2

 Der Abstand zwischen Mond und Erde ist nicht immer gleich groß. Dies liegt daran, dass der Mond die Erde nicht in einem perfekten Kreis umrundet. Seine Bahn ist mehr wie eine Ellipse geformt. Man kann aber sagen, dass er im Durchschnitt ungefähr 384.000 km von der Erde entfernt ist. Im Gegensatz dazu befindet sich unser Nachbarplanet der Mars mindestens 56.000.0000 km entfernt.

 Was denkt ihr, wie lange ein Flug zum Mond dauert? Schätzt!

_____ Stunden.

Der Flug der Apollo 11, welche als erstes auf dem Mond landete, dauerte 72 Stunden!

Aufgabe 3

Stellt mit Hilfe des Experimentierkastens 5 die Entfernung zwischen Erde und Mond nach! Vergleicht die Entfernung mit der Entfernung zwischen Erde und Mars.

- Anleitung -

Schritt 1: Stellt die Erde und den Mond gegenüber voneinander auf.
Macht dies am besten auf dem Boden, an einem Ort im Klassenraum, an dem ihr viel Platz habt.

Schritt 2: Ändert den Abstand so, dass er 4 cm beträgt. Nehmt euch das Maßband zur Hilfe, um den Abstand messen zu können.

Schritt 3: Nun stellt den Mars in einem Abstand von 560 cm zur Erde auf.

Aufgabe 4

✎ Wie viel mal weiter ist der Weg von der Erde zum Mars? Rechnet es aus!

★ Merksatz ★

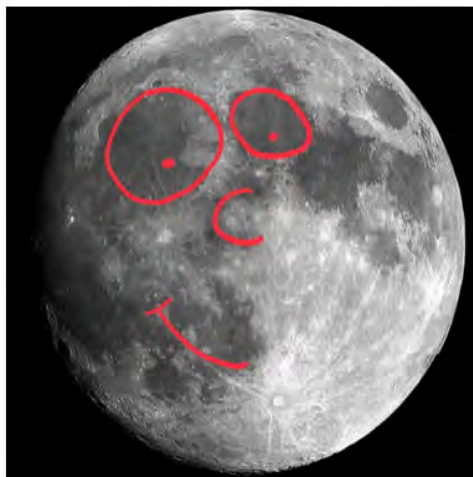


Sternchenaufgaben



Findet ihr auch Formen auf dem Mond? Malt sie in die Bilder!

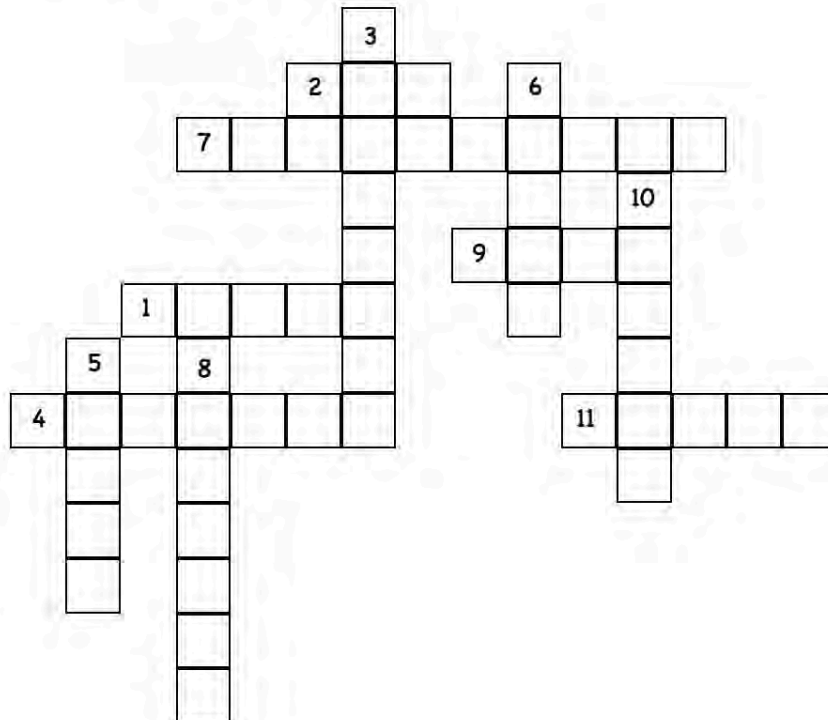
Beispiel:





Löst das Kreuzworträtsel!

1. Wie viele Planeten gibt es in unserem Planetensystem?
2. Ist Neptun ein Planet?
3. Welcher unserer Planeten ist der größte?
4. Welcher unserer Planeten ist der kleinste?
5. Welcher Himmelskörper ist uns am nächsten?
6. Leuchtet der Mond von selbst?
7. Welchen Anzug tragen Astronauten?
8. Mit was fliegt man ins Weltall?
9. Wie nennt man die Internationale Raumstation noch?
10. Wie nennt man unseren Stern?
11. Ist ein Mond ein Planet?







Hinweise

- Ihr arbeitet in Kleingruppen von 4-5 Kindern an den Experimentierkästen.
- In euren Kleingruppen bearbeitet ihr gemeinsam einen Experimentierkasten nach dem anderen. Sobald ihr fertig seid, stellt ihr den Kasten wieder nach vorne und holt euch einen neuen Kasten.
- Wenn gerade einmal kein Kasten frei ist oder ihr früher mit allen Kästen fertig seid, findet ihr bei den Sternchenaufgaben eine Beschäftigung.
- In den Kästen findet ihr Infokarten und eine Aufstellung der Materialien. Geht mit diesen sorgsam um und räumt am Ende des Experiments wieder alle Materialien zurück in den Kasten. Die Infokarten helfen euch bei der Durchführung der Experimente.
- Zu jedem Experimentierkasten gibt es Aufgaben in diesem Forscherheft, die bitte währenddessen bearbeitet werden.
- Die Aufgaben ★ Merksatz ★ könnt ihr erst einmal ignorieren. Die machen wir am Ende gemeinsam in der Klasse.
- Wenn ihr euch einmal unsicher seid, welcher Experimentierkasten zu welchen Seiten in euren Forscherheften gehört, könnt ihr in der Übersicht nachsehen.



Übersicht

	Seiten- symbol	Seite	Erledigt ✓
Klassenversuch		4	
Experimentierkasten 1		6	
Experimentierkasten 2		8	
Experimentierkasten 3		11	
Experimentierkasten 4		14	
Experimentierkasten 5		17	
Sternchenaufgaben		19	

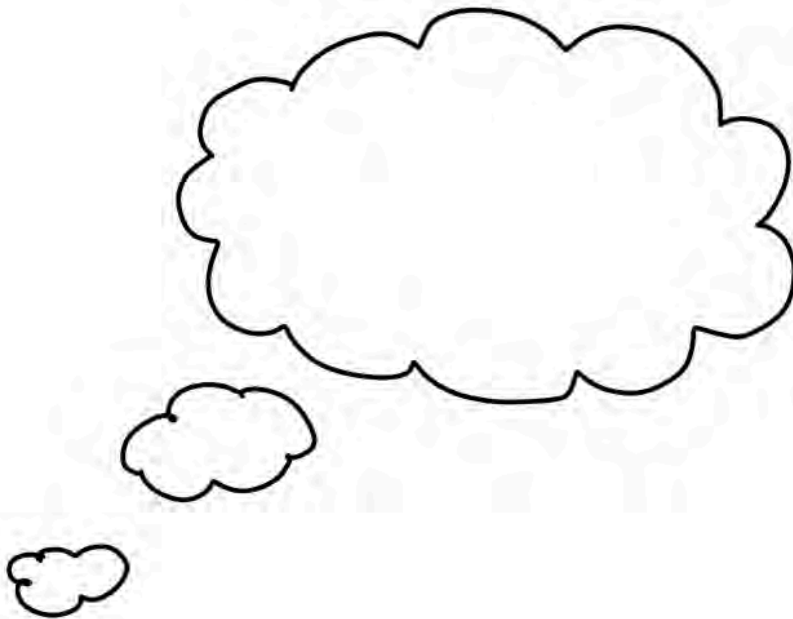


Wahl des Reiseziels

Klassenversuch

Aufgabe 1

-  Welche Planeten kennst du schon? Schreibe die Namen in die Gedankenblase!



Aufgabe 2

-  Schreibe den Merksatz ab.



Aufgabe 3

✎ Beschrifte die Planeten in der richtigen Reihenfolge.



Sonne

1. _____
2. _____
3. _____ + _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____

Aufgabe 4

✎ Unser Reiseziel ist der _____.



Wir bauen eine Rakete!

Experimentierkasten 1

Leo:	Sag mal Amina, wie wollen wir eigentlich zum Mond kommen?
Amina:	Na, mit einer Rakete!
Leo:	Aber wo wollen wir die denn herbekommen?
Amina:	Aus dem Internet?
Leo:	Ich glaube nicht, dass wir uns das leisten können..
Amina:	Dann bauen wir eben einfach eine selbst!

Aufgabe 1

 Was glaubt ihr, wie eine Rakete funktioniert? Schreibt eure Vermutungen auf!

Aufgabe 2

Jetzt wird experimentiert! Baut das Modell einer Rakete mit Hilfe des Experimentierkastens 1 nach und startet einen Flug!

- Anleitung -

- Schritt 1: Fädelt den Strohhalm auf die Schnur.
- Schritt 2: Pumpt mit Hilfe der Luftpumpe den Luftballon auf. Verschließt die Öffnung danach mit einer Wäscheklammer, damit die Luft nicht entweichen kann. Hilfe dafür findet ihr auf den Infokarten.
- Schritt 3: Klebt den Luftballon mit Hilfe des Klebebands am Strohhalm fest.

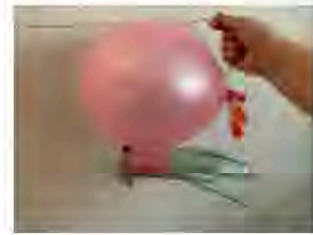


1



Schritt 4: Bestimmt zwei Kinder, welche die Schnur an den Enden festhalten. Die beiden Kinder stellen sich gegenüber auf und halten die Schnur ganz straff gespannt.

Schritt 5: Zieht dann die Luftballonrakete zu dem Ende der Schnur, welches der Öffnung des Luftballons zugewandt ist.



Schritt 6: Entfernt die Klammer und beobachtet, was passiert!

Aufgabe 3

✎ Was ist beim Raketenstart passiert? Kreuzt wahre Aussagen an!

- ☐ Die Rakete ist geflogen.
- ☐ Die Rakete ist nicht geflogen.
- ☐ Die Luft ist in die entgegengesetzte Richtung entwichen, wie der Luftballon geflogen ist.
- ☐ Die Luft ist in die selbe Richtung entwichen, wie der Luftballon geflogen ist.
- ☐ Die Rakete ist noch geflogen, obwohl der Luftballon leer war.



★ Merksatz ★





7



Kleidung im Weltraum

Experimentierkasten 2

Amina:	Ich glaube, ich packe schon mal einen Bikini ein!
Leo:	Einen Bikini? Wofür denn das?
Amina:	Na, damit wir uns sonnen können?
Leo:	Ich weiß nicht, tragen Astronauten nicht immer einen Raumanzug?
Amina:	Stimmt, wofür braucht man den überhaupt?

Aufgabe 1

 Wofür braucht man den Raumanzug? Schreibt eure Ideen auf!

Aufgabe 2



Der Raumanzug erfüllt viele Funktionen. Beispielsweise schützt er den Träger vor extrem heißen oder kalten Temperaturen im Weltall. Er stellt auch die lebenswichtige Luft für den Astronauten bereit. Denn beim Weltall handelt sich um einen luftleeren Raum. Das heißt, dass dort keine Luft ist. Doch Luft brauchen wir nicht nur zum Atmen. Luft benötigen wir auch für viele andere Dinge.

Aufgabe 3

 Was passiert mit einem Schokokuss, wenn er sich in einem luftleeren Raum befindet? Schreibt eure Ideen auf!





Jetzt wird experimentiert! Stellt mit Hilfe des Experimentierkastens 2 nach, was mit einem Schokokuss passiert, wenn er sich in einem luftleeren Raum befindet und keinen Raumanzug trägt. Achtung, die Ergebnisse lassen sich nicht so einfach auf uns Menschen übertragen!

- Anleitung -

- Schritt 1: Stellt einen Schokokuss in das Glas und dreht den Deckel fest zu.
- Schritt 2: Steckt die Spritze in den Schlauch, der aus dem Marmeladenglas kommt.
- Schritt 3: Entzieht dem Glas Luft. Dies macht ihr, indem ihr die Spritze aufzieht. Achtet dabei darauf, dass das Ventil geöffnet ist. Hilfe dafür findet ihr auf den Infokarten im Experimentierkasten.
- Schritt 4: Nachdem ihr die Spritze aufgezogen habt, schließt ihr das Ventil.
- Schritt 5: Zieht die Spritze aus dem Schlauch und drückt die Luft aus ihr heraus.
- Schritt 6: Nun beginnt ihr wieder bei Schritt 2. Wiederholt den Vorgang mindestens viermal.



Nach der Durchführung des Versuchs schmeißt ihr den Schokokuss bitte in den Mülleimer!



Aufgabe 4

✎ Was ist mit dem Schokokuss passiert, nachdem dem Glas Luft entzogen wurde? Schreibt eure Beobachtungen auf!

Aufgabe 5

✎ Waren eure Vermutungen richtig?

- ☐ Ja
- ☐ Nein
- ☐ Zum Teil



★ Merksatz ★







Die Meere des Mondes

Experimentierkasten 3

Leo und Amina schauen sich Bilder der Oberfläche des Mondes an.

Leo: Schau mal Amina! Der Mond hat auch Meere!

Amina: Wo?

Leo: Die dunklen Flecken, kannst du sie nicht sehen?

Amina: Doch, aber ich glaube nicht, dass das Wasser ist.

Leo: Aber hier steht, dass die Flecken Meere des Mondes genannt werden.

Amina: Ja, aber ist da wirklich Wasser auf dem Mond?

Aufgabe 1

 Was glaubt ihr, gibt es Wasser in den Meeren des Mondes?

☐ Ja

☐ Nein

Aufgabe 2



Sind dir auch schon einmal die dunkeln Flecken auf dem Mond aufgefallen? Bei diesen Flecken handelt es sich um Krater. Sie sind durch den Einschlag verschiedener Brocken aus dem Weltall entstanden. Diese Brocken werden auch Meteoriden genannt. Die Krater bezeichnet man als die Meere des Mondes.



Stellt das Einschlagen der Meteoriden auf die Mondoberfläche mit Hilfe des Experimentierkastens 3 nach! Welchen Einfluss haben die Größe und das Gewicht der Steine auf das Aussehen der Krater?

- Anleitung -

Schritt 1: Breitet die Plastikplane aus und stellt die Kiste darauf.

Schritt 2: Füllt die Kiste mit dem Pulver.





Schritt 3: Nehmt euch einen Stein aus dem Kasten. Ist der Stein verglichen mit den anderen Steinen eher groß oder klein? Ist er schwer oder leicht? Tragt das passende Adjektiv in die Tabelle ein! Hilfe findet ihr auf den Infokarten im Experimentierkasten!

Schritt 4: Lasst die Steine aus ungefähr 50 cm Höhe in die Kiste fallen. Nehmt den Zollstock zur Hilfe, um 50 cm zu messen.

Schritt 5: Holt den Stein vorsichtig aus dem Pulver. Wie groß ist der Krater? Messt die Tiefe und die Breite. Hilfe findet ihr auf den Infokarten im Experimentierkasten!

Schritt 6: Wiederholt den Versuch mit den anderen beiden Steinen. Tragt die passenden Werte in die Tabelle ein!



	Größe des Steins	Gewicht des Steins	Breite des Kraters	Tiefe des Kraters
Stein 1				
Stein 2				
Stein 3				

3



Aufgabe 3

Was ist euch aufgefallen? Kreuzt richtige Aussagen an!

Je größer der Stein, desto..

Je kleiner der Stein, desto..

- ☐ größer der Krater
- ☐ kleiner der Krater

- ☐ kleiner der Krater
- ☐ größer der Krater

Je schwerer der Stein, desto

Je leichter der Stein, desto..

- ☐ tiefer der Krater
- ☐ flacher der Krater

- ☐ tiefer der Krater
- ☐ flacher der Krater

Aufgabe 4

Was sind also die Meere des Mondes?



★ Merksatz ★



Zusatz-Info:

Auf dem Mond gibt es Wasser. Es liegt in Form von Eis auf dem Grund tiefer Krater an seinen Polen!





Halbmond – da fehlt doch was?

Experimentierkasten 4

Leo:	Wir müssen aufpassen, dass wir bei Halbmond nicht vom Mond fallen!
Amina:	Quatsch, wie kommst du denn darauf?
Leo:	Na, bei Halbmond fehlt doch die Hälfte! Das sagt schon der Name!
Amina:	Meinst du?

Aufgabe 1

 Was passiert, wenn Halbmond ist? Schreibt eure Vermutungen auf!

Aufgabe 2



So wie die Erde die Sonne umkreist, umkreist der Mond die Erde. Dafür braucht er ungefähr 29 Tage. In diesen 29 Tagen steht der Mond immer in einem anderen Winkel zur Sonne und zur Erde. Dies führt dazu, dass das Sonnenlicht den Mond für uns immer wieder unterschiedlich beleuchtet. Dadurch entstehen die Mondphasen.

Jetzt wird experimentiert! Holt euch den Experimentierkasten 4 und stellt die Mondphasen nach.

- Anleitung -

Schritt 1: Geht mit dem Experimentierkasten 4 in den abgedunkelten Bereich.

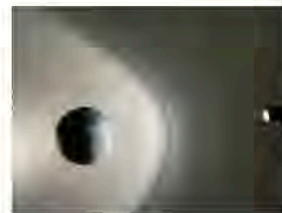
Schritt 2: Bestimmt ein Kind, welches die Taschenlampe hält. Es spielt die Sonne.



4

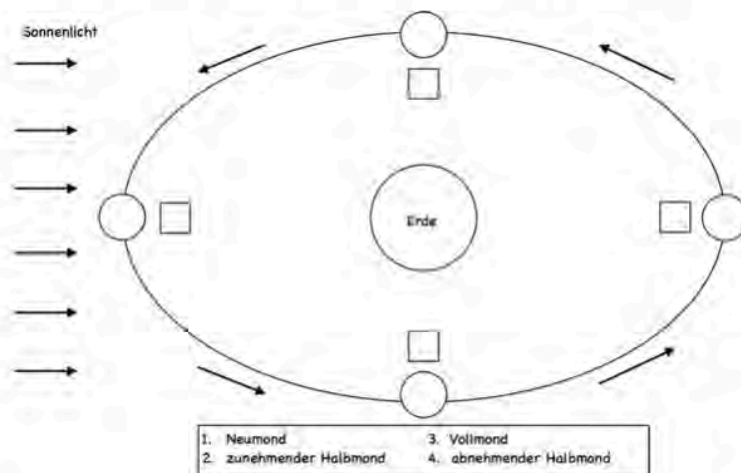


- Schritt 3: Bestimmt ein Kind, welches den Mondspieß hält. Es spielt die Erde.
- Schritt 4: Legt die Plane auf den Boden. Das Sonnenkind stellt sich auf die Sonne, das Erdenkind auf die Erde.
- Schritt 5: Das Sonnenkind schaltet die Taschenlampe ein und hält sie auf Kopfhöhe.
- Schritt 6: Das Erdenkind hält den Mond über der Höhe des eigenen Kopfes und dreht es sich so, dass es in Richtung von Pfeil 1 schaut.
- Schritt 7: Wie wird der Mond aus der Sicht des Erdenkindes beleuchtet? Zeichnet eure Beobachtungen in die Abbildung!
- Schritt 8: Das Erdenkind dreht sich nun so, dass es in die Richtung von Pfeil 2 schaut. Wie wird der Mond nun beleuchtet?
- Schritt 9: Geht die restlichen Positionen durch und malt eure Beobachtungen in die Abbildung!



Aufgabe 3

✎ Tragt die Zahl der passenden Mondphase in die Kästchen ein!





4

Aufgabe 4

✎ Fehlt bei Halbmond also etwas vom Mond?

- ☐ Ja
☐ Nein



★ Merksatz ★



5

Wie weit ist der Weg?

Experimentierkasten 5

Leo:	Sag mal Amina, wie lange brauchen wir eigentlich, bis wir den Mond erreichen?
Amina:	Keine Ahnung, eine Woche?
Leo:	Nee, das ist zu lang oder?
Amina:	Ich weiß es nicht, wie weit ist er denn weg?

Aufgabe 1

 Wie viele Kilometer sind es bis zum Mond? Schätzt!

_____ km

Aufgabe 2

 Der Abstand zwischen Mond und Erde ist nicht immer gleich groß. Dies liegt daran, dass der Mond die Erde nicht in einem perfekten Kreis umrundet. Seine Bahn ist mehr wie eine Ellipse geformt. Man kann aber sagen, dass er im Durchschnitt ungefähr 384.000 km von der Erde entfernt ist. Im Gegensatz dazu befindet sich unser Nachbarplanet der Mars mindestens 56.000.000 km entfernt.

 Was denkt ihr, wie lange ein Flug zum Mond dauert? Schätzt!

_____ Stunden.

 Der Flug der Apollo 11, welche als erstes auf dem Mond landete, dauerte 72 Stunden!

Aufgabe 3

Stellt mit Hilfe des Experimentierkastens 5 die Entfernung zwischen Erde und Mond nach! Vergleicht die Entfernung mit der Entfernung zwischen Erde und Mars.

- Anleitung -

Schritt 1: Stellt die Erde und den Mond gegenüber voneinander auf.
Macht dies am besten auf dem Boden, an einem Ort im Klassenraum, an dem ihr viel Platz habt.

Schritt 2: Ändert den Abstand so, dass er 4 cm beträgt. Nehmt euch den Zollstock zur Hilfe, um den Abstand messen zu können.

Schritt 3: Nun stellt den Mars in einem Abstand von 560 cm zur Erde auf.

Aufgabe 4

✎ Wie viel Mal weiter ist der Weg von der Erde zum Mars? Rechnet es aus!



Merksatz



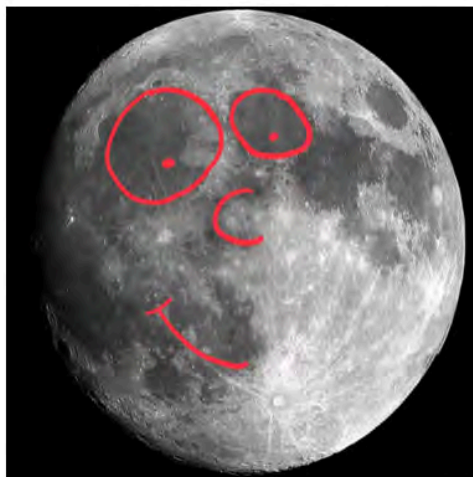


Sternchenaufgaben



Findet ihr auch Formen auf dem Mond? Malt sie in die Bilder!

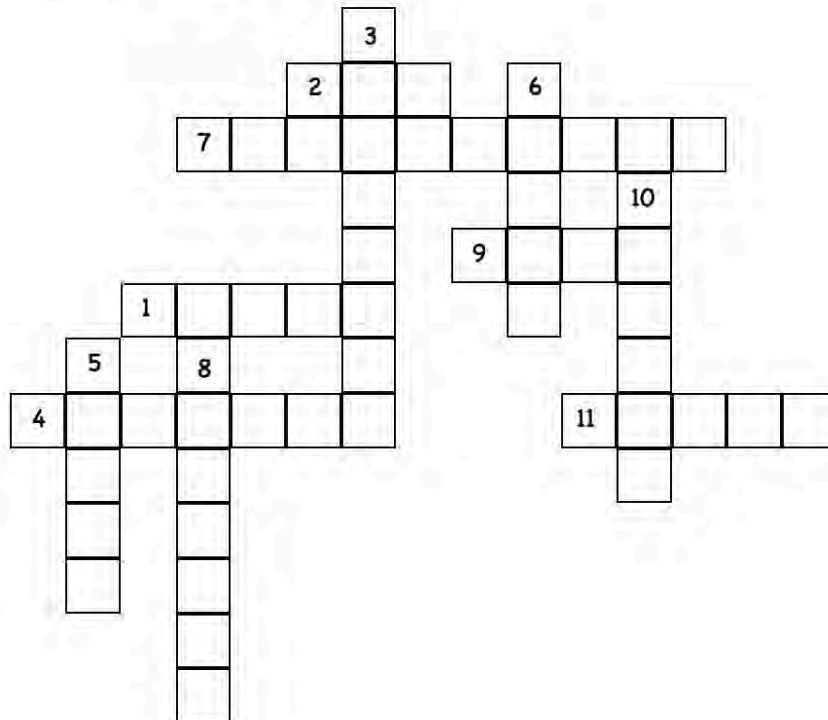
Beispiel:





Löst das Kreuzworträtsel!

1. Wie viele Planeten gibt es in unserem Planetensystem?
2. Ist Neptun ein Planet?
3. Welcher unserer Planeten ist der größte?
4. Welcher unserer Planeten ist der kleinste?
5. Welcher Himmelskörper ist uns am nächsten?
6. Leuchtet der Mond von selbst?
7. Welchen Anzug tragen Astronauten?
8. Mit was fliegt man ins Weltall?
9. Wie nennt man die Internationale Raumstation noch?
10. Wie nennt man unseren Stern?
11. Ist ein Mond ein Planet?



9.4 Lösungen für das Forscherheft

Lösungen für das Forscherheft

„Auf zu neuen Welten!

**Ein Schülerlabor zur Astronomie für die
Primarstufe“**

Zur Vereinfachung enthält das Lösungsheft lediglich die Aufgaben, bei denen keine Vermutungen und Spekulationen notiert werden sollen.



Wahl des Reiseziels

Klassenversuch

Aufgabe 2

 Schreibe den Merksatz ab.

Mein Vater erklärt mir jeden Sonntag unseren Nachthimmel.

Aufgabe 3

 Beschrifte die Planeten in der richtigen Reihenfolge.



Sonne

1. Merkur

2. Venus

3. Erde + Mond

4. Mars

5. Jupiter

6. Saturn

7. Uranus

STIFTUNG
GIERSCH



8. Neptun

Aufgabe 4

Unser Reiseziel ist der Mond.





Wir bauen eine Rakete!

Experimentierkasten 1

Aufgabe 3

 Was ist beim Raketenstart passiert? Kreuzt wahre Aussagen an!

- ☒ Die Rakete ist geflogen.
- ☐ Die Rakete ist nicht geflogen.
- ☒ Die Luft ist in die entgegengesetzte Richtung entwichen, wie der Luftballon geflogen ist.
- ☐ Die Luft ist in die selbe Richtung entwichen, wie der Luftballon geflogen ist.
- ☐ Die Rakete ist noch geflogen, obwohl der Luftballon leer war.



★ Merksatz ★



Die Rakete fliegt in die entgegengesetzte Richtung, wie die Luft entweicht.



Kleidung im Weltraum

Experimentierkasten 2

Aufgabe 4

✎ Was ist mit dem Schokokuss passiert, nachdem dem Glas Luft entzogen wurde? Schreibt eure Beobachtungen auf!

Der Schokokuss ist größer geworden/aufgegangen/geplatzt/kaputt
gegangen.

★ Merksatz ★



Luft brauchen wir nicht nur zum Atmen. Ein Schokokuss würde sich im
luftleeren Raum ohne einen Raumanzug ausdehnen.





Die Meere des Mondes

Experimentierkasten 3

Die Werte der Tabelle sind als Beispiele zu verstehen. Sie orientieren sich an den Werten der verwendeten Steine aus dem Experimentierkasten.

	Größe des Steins	Gewicht des Steins	Breite des Kraters	Tiefe des Kraters
Stein 1	mittel	mittel	4 cm	1,5 cm
Stein 2	groß	schwer	6 cm	3 cm
Stein 3	klein	leicht	2 cm	1 cm

Aufgabe 3

 Was ist euch aufgefallen? Kreuzt richtige Aussagen an!

Je größer der Stein, desto..

☒ größer der Krater

☐ kleiner der Krater

Je kleiner der Stein, desto..

☒ kleiner der Krater

☐ größer der Krater

Je schwerer der Stein, desto

☒ tiefer der Krater

☐ flacher der Krater

Je leichter der Stein, desto..

☐ tiefer der Krater

☒ flacher der Krater

Aufgabe 4

 Was sind also die Meere des Mondes?

Die Meere des Mondes sind Krater.



3



★ Merksatz ★

Die Meere des Mondes sind Krater, welche durch den Einschlag kosmischer Brocken auf seiner Oberfläche entstanden sind. Die Größe und Form der Krater hängt von der Größe und Form des Brockens ab. Je größer und schwerer der Brocken, desto größer und tiefer der Krater.



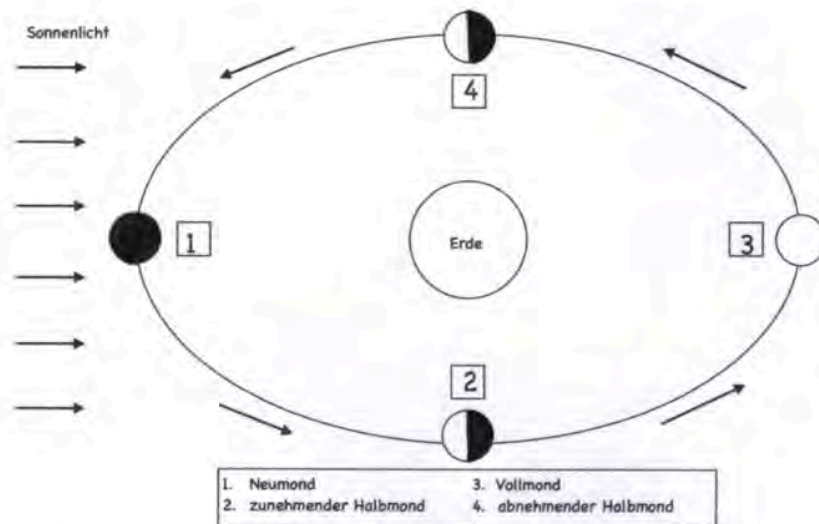


Halbmond - da fehlt doch was?

Experimentierkasten 4

Aufgabe 3

✎ Tragt die Zahl der passenden Mondphase in die Kästchen ein!



Aufgabe 4

✎ Fehlt bei Halbmond also etwas vom Mond?

- ☐ Ja
☒ Nein



★ Merksatz ★



Bei Halbmond fehlt nicht die Hälfte des Mondes. Eine seiner Hälften liegt für uns im Schatten. Die unterschiedliche Beleuchtung des Mondes entsteht dadurch, dass sich die Erde und der Mond bewegen.

Wie weit ist der Weg?

Experimentierkasten 5

Aufgabe 4

✎ Wie viel Mal weiter ist der Weg von der Erde zum Mars? Rechnet es aus!

$560\text{cm} : 4\text{cm} = 140$ A: Der Weg ist 140-mal so weit. ODER

$56.000.000\text{ km} : 384.000\text{ km} = 145\text{ R } 320.000 (145,83)$ A: Der Weg ist

mindestens 145-mal so weit.



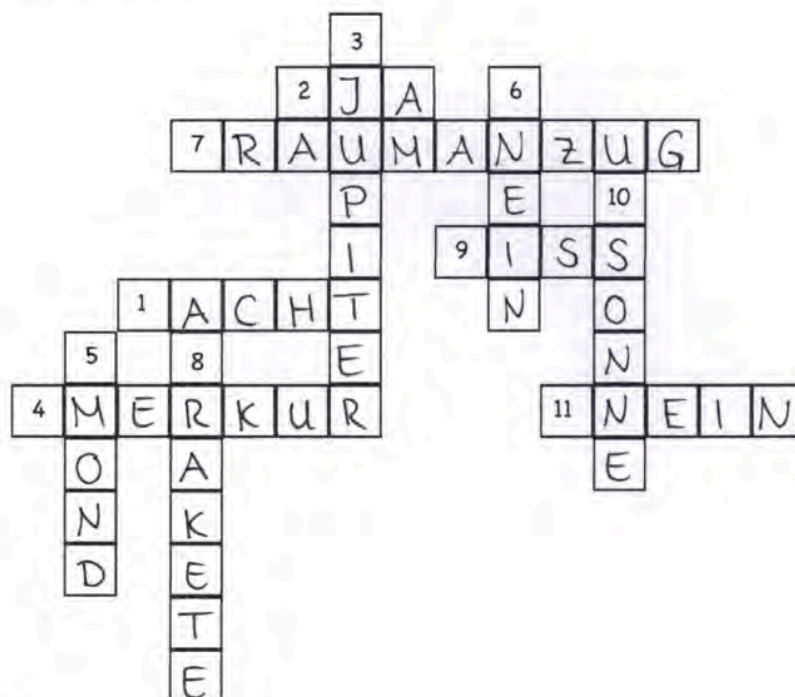
★ Merksatz ★



Der Mars ist etwa 140-mal weiter weg, als der Mond. Der Mond befindet sich ungefähr 384.000 km weit weg.



1. Wie viele Planeten gibt es in unserem Planetensystem?
2. Ist Neptun ein Planet?
3. Welcher unserer Planeten ist der größte?
4. Welcher unserer Planeten ist der kleinste?
5. Welcher Himmelskörper ist uns am nächsten?
6. Leuchtet der Mond von selbst?
7. Welchen Anzug tragen Astronauten?
8. Mit was fliegt man ins Weltall?
9. Wie nennt man die Internationale Raumstation noch?
10. Wie nennt man unseren Stern?
11. Ist ein Mond ein Planet?



9.5 Bildnachweise aus dem Forscherheft

Alle im Forscherheft verwendeten Bilder sind zur kommerziellen Nutzung freigegeben. Im Folgenden werden die Nachweise für die Bilder angegeben, welche nicht selbst hergestellt wurden.

Seitensymbol zum Klassenversuch: OpenClipart-Vectors (2017). *Teleskop*. Verfügbar unter: <https://pixabay.com/de/vectors/teleskop-blick-fernglas-flüge-2027679/> [letzter Zugriff 01.11.2020].

Seitensymbol zu Experimentierkasten 1: Clker-Free-Vector-Images (2014). *Rakete*. Verfügbar unter: <https://pixabay.com/de/vectors/raketenträger-raumschiff-rakete-303591/> [letzter Zugriff 04.11.2020].

Seitensymbol zu Experimentierkasten 2: one_life (2016). *Astronaut*. Verfügbar unter: <https://pixabay.com/de/vectors/astronaut-raum-erforschung-1540938/> [letzter Zugriff 09.10.2020].

Seitensymbol zu Experimentierkasten 3: Clker-Free-Vector-Images (2014). *Vollmond*. Verfügbar unter: <https://pixabay.com/de/vectors/vollmond-mond-krater-luna-lunar-308007/> [letzter Zugriff 09.10.2020].

Seitensymbol zu Experimentierkasten 4: OpenClipart-Vectors (2017). *Halbmond*. Verfügbar unter: <https://pixabay.com/de/vectors/halbmond-mond-naive-nacht-satellit-2023236/> [letzter Zugriff 02.10.2020].

Übersicht unseres Planetensystems auf Seite 5: Comfreak (2014). *Sonnensystem*. Verfügbar unter: <https://pixabay.com/de/photos/sonnensystem-sonne-merkur-venus-439046/> [letzter Zugriff 02.10.2020]. Die Abbildung wurde bearbeitet, indem Zahlen eingefügt wurden.

Fotografie des Mondes auf Seiten 11 und 19: Miller, D. (2014). *Vollmond*. Verfügbar unter: <https://pixabay.com/de/photos/vollmond-mond-hell-himmel-raum-496873/> [letzter Zugriff 03.12.2020].

9.6 Differenzierte Anleitungen für die Experimente



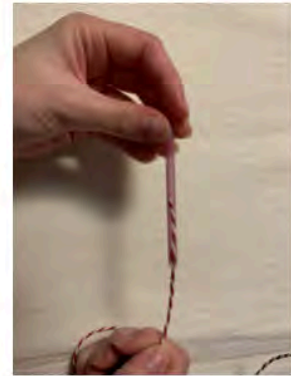
1

Wir bauen eine Rakete!

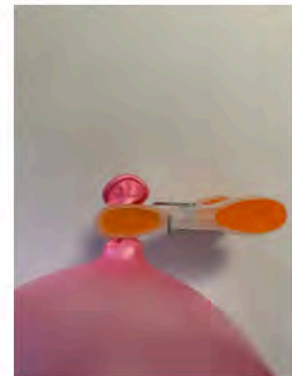
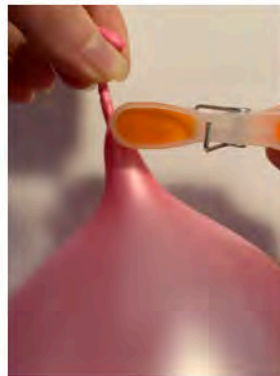
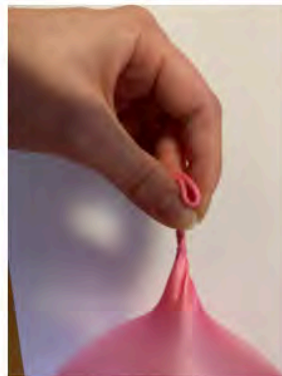
Experimentierkasten 1

- Anleitung -

Schritt 1: Fädelt den Strohhalm auf die Schnur.



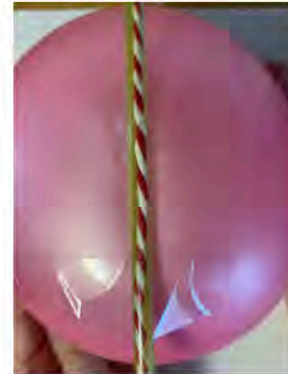
Schritt 2: Pumpt mit Hilfe der Luftpumpe den Luftballon auf. Verschließt die Öffnung danach mit einer Wäscheklammer, damit die Luft nicht entweichen kann. Hilfe dafür findet ihr auf den Infokarten.



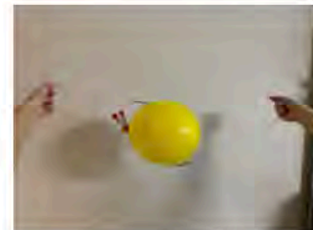


1

Schritt 3: Klebt den Luftballon mit Hilfe des Klebebands am Strohhalm fest.



Schritt 4: Bestimmt zwei Kinder, welche die Schnur an den Enden festhalten. Die beiden Kinder stellen sich gegenüber auf und halten die Schnur ganz straff gespannt.



Schritt 5: Zieht dann die Luftballonrakete zu dem Ende der Schnur, welches der Öffnung des Luftballons zugewandt ist.



Schritt 6: Entfernt die Klammer und beobachtet, was passiert!

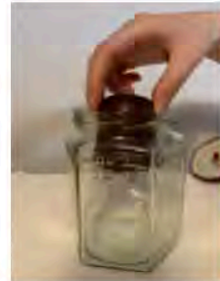


Kleidung im Weltraum

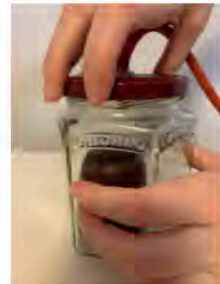
Experimentierkasten 2

- Anleitung -

Schritt 1: Stellt einen Schokokuss in das Glas und dreht den Deckel fest zu.



Schritt 2: Steckt die Spritze in den Schlauch, der aus dem Marmeladenglas kommt.



Schritt 3: Entzieht dem Glas Luft. Dies macht ihr, indem ihr die Spritze aufzieht. Achtet dabei darauf, dass das Ventil geöffnet ist. Hilfe dafür findet ihr auf den Infokarten im Experimentierkasten.





Schritt 4: Nachdem ihr die Spritze aufgezogen habt, schließt ihr das Ventil.



Schritt 5: Zieht die Spritze aus dem Schlauch und drückt die Luft aus ihr heraus.



Schritt 6: Nun beginnt ihr wieder bei Schritt 2. Wiederholt den Vorgang mindestens viermal.





Die Meere des Mondes

Experimentierkasten 3

- Anleitung -

Schritt 1: Breitet die Plastikplane aus und stellt die Kiste darauf.



Schritt 2: Füllt die Kiste mit dem Pulver.



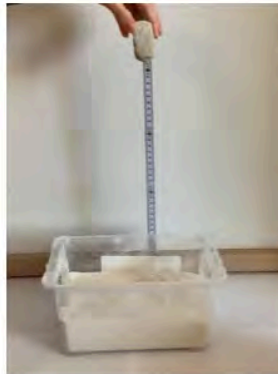
Schritt 3: Nehmt euch einen Stein aus dem Kasten. Ist der Stein verglichen mit den anderen Steinen eher groß oder klein? Ist er schwer oder leicht? Tragt das passende Adjektiv in die Tabelle ein! Hilfe findet ihr auf den Infokarten im Experimentierkasten!



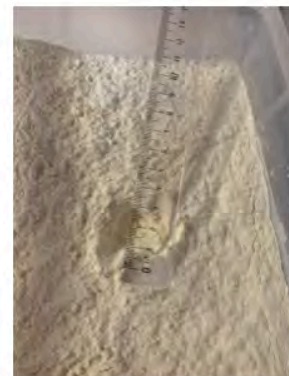
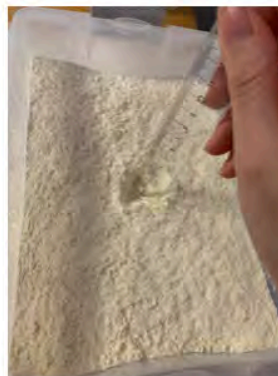
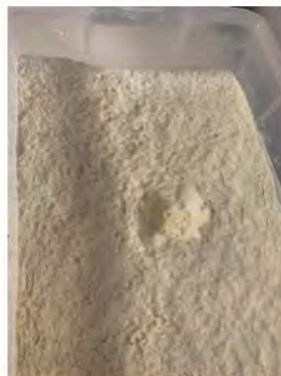


3

Schritt 4: Lasst die Steine aus ungefähr 50 cm Höhe in die Kiste fallen. Nehmt den Zollstock zur Hilfe, um 50 cm zu messen.



Schritt 5: Holt den Stein vorsichtig aus dem Pulver. Wie groß ist der Krater? Messt die Tiefe und die Breite. Hilfe findet ihr auf den Infokarten im Experimentierkasten!



Schritt 6: Wiederholt den Versuch mit den anderen beiden Steinen. Tragt die passenden Werte in die Tabelle ein!



Halbmond – da fehlt doch was?

Experimentierkasten 4

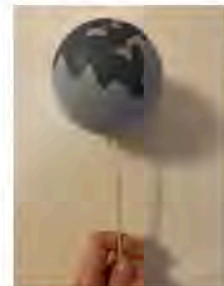
– Anleitung –

Schritt 1: Geht mit dem Experimentierkasten 4 in den abgedunkelten Bereich.

Schritt 2: Bestimmt ein Kind, welches die Taschenlampe hält. Es spielt die Sonne.



Schritt 3: Bestimmt ein Kind, welches den Mondspieß hält. Es spielt die Erde.



Schritt 4: Legt die Plane auf den Boden. Das Sonnenkind stellt sich auf die Sonne, das Erdenkind auf die Erde.





4

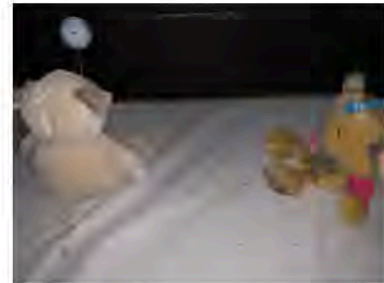
Schritt 5: Das Sonnenkind schaltet die Taschenlampe ein und hält sie auf Kopfhöhe.

Schritt 6: Das Erdenkind hält den Mond über der Höhe des eigenen Kopfes und dreht es sich so, dass es in Richtung von Pfeil 1 schaut.



Schritt 7: Wie wird der Mond aus der Sicht des Erdenkindes beleuchtet? Zeichnet eure Beobachtungen in die Abbildung!

Schritt 8: Das Erdenkind dreht sich nun so, dass es in die Richtung von Pfeil 2 schaut. Wie wird der Mond nun beleuchtet?



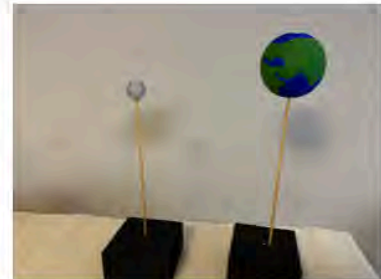
Schritt 9: Geht die restlichen Positionen durch und malt eure Beobachtungen in die Abbildung!

Wie weit ist der Weg?

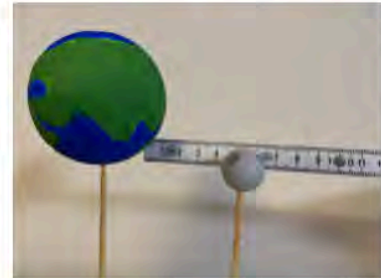
Experimentierkasten 5

- Anleitung -

Schritt 1: Stellt die Erde und den Mond gegenüber voneinander auf. Macht dies am besten auf dem Boden, an einem Ort im Klassenraum, an dem ihr viel Platz habt.



Schritt 2: Ändert den Abstand so, dass er 4 cm beträgt. Nehmt euch den Zollstock zur Hilfe, um den Abstand messen zu können.



Schritt 3: Nun stellt den Mars in einem Abstand von 560 cm zur Erde auf.

