

Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das
Lehramt an Gymnasien im Fach Physik,

eingereicht dem Landesschulamt
-Prüfungsstelle Frankfurt am Main-

Schülervorstellungen zu Wolken in der Sekundarstufe I

Verfasserin:

Katharina Taets von Amerongen
E-Mail: kathi-von-amerongen@gmx.de

Gutachter: Herr Prof. Dr. rer. nat. habil. Thomas Wilhelm

Datum der Abgabe: 13.05.2016

„Wolken sind ein Meisterwerk der Mutter Natur.“

(Schülerin einer siebten Klasse)

Danksagung

Ich möchte mich zuallererst ganz herzlich bei Herrn Prof. Wilhelm bedanken, der meine wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung betreute. Ich möchte mich dafür bedanken, dass es mir möglich war über ein so interessantes Thema schreiben zu können. Durch die schnelle Beantwortung meiner Fragen habe ich eine gewisse Sicherheit bei der Anfertigung der Arbeit erhalten. Die persönlichen Gespräche und die zahlreichen Ratschläge haben mir zudem immer neue Deckanstöße und zusätzliche Motivation gegeben. Ich hätte mir keine bessere Betreuung vorstellen können.

Weiterhin möchte mich bei meinem Lebensgefährten Maximilian Kaprolat bedanken, der den Kontakt zwischen mir und dem *studiumdigitale* der Goethe-Universität Frankfurt herstellte. Auch möchte ich mich dafür bedanken, dass er mir bei Softwarefragen zu Seite stand und mit mir Probleme aber auch mögliche Ideen bezüglich der Anfertigung der Arbeit besprochen hat. Auch möchte ich mich bei meiner Mutter Cornelia Taets von Amerongen für das Korrekturlesen und die Nachfragen als fachfremde Person bedanken.

Weiterer Dank gilt meinem Bruder Alexander Taets von Amerongen und auch bei meiner Oma möchte ich mich dafür bedanken, dass sie immer für mich da war. Ich bedanke mich bei meiner Familie und meinen Freunden für die Unterstützung und ihre offenen Ohren.

Besonderen Dank gilt auch meiner ehemaligen Mathematik- und Physiklehrerin Karoline Schulz durch die es möglich war, eine so große Umfragegruppe zu erhalten. Auch bei den anderen Lehrerinnen und Lehrern, deren Schülerinnen und Schüler an der Umfrage teilnahmen, sei hier gedankt. Ich möchte mich auch bei Tanja Lucas, sowie Marija Kupresak für die abschließende Korrektur meiner Arbeit bedanken.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	0
1. Einleitung und Zielsetzung	1
2. Theoretischer Hintergrund zu Wolken	3
2.1 Wasserdampf in der Atmosphäre.....	3
2.2 Kondensation in der freien Atmosphäre.....	5
2.3 Die Bildung von Eiskristallen	7
2.4 Die Entstehung von Wolken	7
2.4.1 Ungeordnete Hebung von Luft.....	8
2.4.2 Aufgleiten von Luft.....	9
2.4.3 Entwicklung und Auflösung von Wolken	10
2.5 Klassifikation der Wolken.....	11
2.6 Dunst und Nebel.....	17
2.7 Die Entstehung von Niederschlägen	18
2.7.1 Die Bergeron-Findeisen-Theorie.....	19
2.7.2 Die Entstehung von weiteren Niederschlagsarten	19
2.8 Wolken und ihre Auswirkungen.....	21
2.9 Farbliche Unterschiede bei Wolken.....	22
3. Schülervorstellungen	24
3.1 Definition und Bedeutung	24
3.2 Schülervorstellungen zu Wolken in der Primarstufe	27
4. Methodische Überlegungen zur Untersuchung und Konstruktion des Fragebogens	32
4.1 Das Leitfadeninterview	33
4.2 Zur Konzeption eines Fragebogens	34
4.3 EvaSys und der VividForms Editor	38
4.4 Festlegung der Zielgruppe.....	41
4.5 Aufbau des Fragebogens	42
5. Darstellung und Auswertung der Ergebnisse	51
5.1 Die Auswertung mit EvaSys	51
5.2 Auswertung der ersten Fragengruppe.....	51
5.3 Auswertung der zweiten Fragengruppe.....	53
5.4 Auswertung der dritten Fragengruppe.....	55
5.5 Auswertung der vierten Fragengruppe:	62

5.6	Auswertung der fünften Fragengruppe:.....	64
5.7	Auswertung der sechsten Fragengruppe	68
5.8	Auswertung der Multiple-Choice-Frage aus der sechsten Fragengruppe	71
5.9	Auswertung der offenen Fragen aus der sechsten Fragengruppe	74
6.	Schlussbetrachtung	77
6.1	Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse.....	77
6.2	Vergleich der Ergebnisse mit der Untersuchung von Schiel	79
6.3	Fazit.....	82
7.	Literaturverzeichnis.....	84
8.	Anhang	87

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Wolkenentstehung durch Konvektion	9
Abbildung 2 Orographische Hebung.....	9
Abbildung 3 Aufgleiten von Luft	9
Abbildung 4 Anhebung warmer Luft	10
Abbildung 5 Höhe des Kondensationsniveaus	10
Abbildung 6 Cirrus.....	12
Abbildung 7 Cirrocumulus.....	12
Abbildung 8 Cirrosstratus	12
Abbildung 9 Altocumulus	13
Abbildung 10 Altostratus	13
Abbildung 11 Nimbostratus	14
Abbildung 12 Stratocumulus.....	14
Abbildung 13 Stratus.....	14
Abbildung 14 Cumulus	15
Abbildung 15 Cumulonimbus	15
Abbildung 16 Wolkengattungen	16
Abbildung 17 Smog in Peking	17
Abbildung 18 Hagelentstehung.....	20
Abbildung 19 Strahlungshaushalt	22
Abbildung 20 Oberfläche vom VividForms Editor.....	38
Abbildung 21 Fragenassistent VividForms Editor.....	39
Abbildung 22 Single Choice und Skalafrage	40
Abbildung 23 Fragengruppe 1.....	42
Abbildung 24 Fragengruppe 2.....	43
Abbildung 25 Frage 3.1 aus Fragengruppe 3	43
Abbildung 26 Frage 3.2 aus Fragengruppe 3	44
Abbildung 27 Frage 3.3 aus Fragengruppe 3	45
Abbildung 28 Frage 3.4 aus Fragengruppe 3	46
Abbildung 29 Fragengruppe 4.....	47
Abbildung 30 Frage 5.1 aus Fragengruppe 5	48
Abbildung 31 Fragen 5.2 und 5.3 aus Fragengruppe 5	48
Abbildung 32 Fragengruppe 6.....	49
Abbildung 33 Frage 6.6 aus Fragengruppe	50
Abbildung 34 Ergebnis der Frage 1.4	52
Abbildung 35 Ergebnis der Frage 1.5	52
Abbildung 36 Ergebnis der Frage 1.6	53
Abbildung 37 Ergebnis der Frage 2.1	53
Abbildung 38 Auswertung nach der Behandlung von Wolken in der Grundschule	54
Abbildung 39 Ergebnis der Frage 2.2	55
Abbildung 40 Ergebnis der Frage 3.1	55
Abbildung 41 Ergebnis der Frage 3.2	58
Abbildung 42 Ergebnis der Frage 3.3	59
Abbildung 43 Ergebnis der Frage 3.4	60
Abbildung 44 Ergebnis der Frage 3.5	60
Abbildung 45 Ergebnis der Frage 3.6	61

Abbildung 46 Ergebnis der Frage 4.1	62
Abbildung 47 Ergebnis der Frage 4.2	63
Abbildung 48 Ergebnis der Frage 4.3	63
Abbildung 49 Ergebnis der Frage 5.1	64
Abbildung 50 Auswertung nach dem Zeitpunkt der Behandlung von Wolken	66
Abbildung 51 Auswertung nach Schulform	66
Abbildung 52 Ergebnis der Frage 5.2	67
Abbildung 53 Ergebnis der Frage 5.3	68
Abbildung 54 Frage 6.1	68
Abbildung 55 Ergebnis der Frage 6.2	69
Abbildung 56 Ergebnis der Frage 6.3	70
Abbildung 57 Ergebnis der Frage 6.4	70
Abbildung 58 Frage 6.5	71
Abbildung 59 Ergebnis der Frage 6.6	71
Abbildung 60 Verteilung der SuS, die in Frage 6.6 nicht Temperatur ankreuzten	72
Abbildung 61 Absolute Häufigkeit der SuS die in Frage 6.6 nicht Temperatur ankreuzten	73
Abbildung 62 Zeichnungen von Wolkentröpfchen	74
Abbildung 63 Drei Wolkenbilder	74
Abbildung 64 Wolkenbild	75

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Untersuchungsergebnisse zu Lehrkräften und Studierenden	30
---	----

1. Einleitung und Zielsetzung

Wolken sind faszinierende Gebilde an unserem Himmel. Sie unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht voneinander. So wirken manche von ihnen mächtiger, andere hingegen sehen hauchdünn aus, sodass der blaue Himmel noch durch sie zu sehen ist. Aber nicht nur darin unterscheiden sie sich. An einem schönen Sommertag wirkt eine Wolke freundlich und spendet Schatten. Regen- oder Gewitterwolken wiederum sind meist gräulich bis hin zu tiefem Dunkelgrau und haben einen bedrohlichen Charakter. Ohne sie gäbe es auf unserer Welt keine Niederschläge und sorgen somit dafür, dass es regnet, schneit oder hagelt. Wolken sind damit ein wichtiges alltägliches Phänomen an unserem Himmel.

Ziel dieser Arbeit soll es daher sein zu ermitteln, welche Schülervorstellungen zu Wolken existent und mit welcher Häufigkeit diese unter den Schülerinnen und Schüler vorhanden sind. Um dies herauszufinden, wird eine empirische Studie mithilfe eines Fragebogens durchgeführt. Dabei sollen Fragen zur Entstehung, zum Aufbau und zu den Eigenschaften von Wolken formuliert werden. Auch die Fragen was Nebel ist und warum es regnet sollen im Fragebogen Berücksichtigung finden. Die Durchführung der Studie soll sich dabei auf die Sekundarstufe I beschränken. Neben der **Einleitung und Zielsetzung** gliedert sich die Arbeit in fünf Kapitel auf.

Im zweiten Kapitel **Theoretischer Hintergrund zu Wolken** wird sich mit den theoretischen Grundlagen zu Wolken beschäftigt. Dabei soll zum einen auf die Verdunstung, die Kondensation, sowie die Möglichkeiten der Wolkenentstehung eingegangen werden, zum anderen sollen die unterschiedlichen Wolkengattungen, die Entstehung von Nebel und Dunst, sowie die Entstehung der Niederschläge betrachtet werden. Gegen Ende des Kapitels soll sowohl der Einfluss der Wolken auf die verschiedenen Haushalte betrachtet, als auch auf die Farbe der Wolken eingegangen werden.

Das dritte Kapitel **Schülervorstellungen** beschäftigt sich sowohl mit den Schülervorstellungen im Allgemeinen, als auch speziellen Vorstellungen, die sich auf Wolken beziehen. . Zunächst wird eine Definition für Schülervorstellungen gegeben. Darüber hinaus soll beleuchtet werden, welche Bedeutung die Schülervorstellungen für den Unterricht und damit auch für die Lehrkräfte haben. Daran anschließend soll auf den aktuellen Kenntnisstand über Schülervorstellungen zu Wolken näher eingegangen werden. Dabei soll sich intensiv mit den Ergebnissen der wissenschaftlichen Hausarbeit von SCHIEL auseinandergesetzt werden, die durch Leitfadeninterviews Schülervorstellungen von Kindergarten- und Grundschulkindern sam-

meln konnte und bereits Fragebögen sowohl für die Grundschule, als auch für Studierende und Lehrkräfte entworfen hat.

Im daran anschließenden vierten Kapitel **Methodische Überlegungen zur Untersuchung und Konstruktion des Fragebogens** soll sich zunächst im Allgemeinen mit den Methoden der fachdidaktischen Forschung auseinandergesetzt werden. Neben der kurzen Erläuterung des Leitfadeninterviews, steht vor allem die Methode des Fragebogens im Mittelpunkt, da dies die für die Untersuchung relevante Methode ist. Dabei wird auch auf Vor- und Nachteile von Fragebögen eingegangen. Da für die Erstellung des Fragebogens die Softwares *EvaSyS* und *VividForms Editor* der Firma *Electric Paper Evaluationssysteme GmbH* verwendet wird, soll Abschnitt 4.3 diese kurz näher erläutern. Wichtig ist auch die Festlegung der Zielgruppe, für die der Fragebogen entwickelt werden soll. Abschließend wird der Aufbau des Fragebogens für die Untersuchung näher erläutert und auf die Konstruktion der einzelnen Fragen eingegangen.

Im Kapitel **Darstellung und Auswertung der Ergebnisse** werden die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung dargestellt, um diese anschließend zu analysieren. Dabei sollen die einzelnen Fragengruppen einzeln ausgewertet werden.

Die Arbeit schließt mit dem Kapitel **Schlussbetrachtung**, in dem unter anderem die Ergebnisse der Untersuchung noch einmal zusammengefasst und mit den Erkenntnissen von SCHIEL verglichen werden sollen. Abschließend wird ein Fazit zu den Schülervorstellungen zu Wolken und der durchgeführten Studie gezogen.

2. Theoretischer Hintergrund zu Wolken

Der Bereich der Wolkenphysik beschäftigt sich mit der Entstehung von Wolken, sowie Nebel, Regen und weiteren Phänomenen. Dabei werden auch „die *äußeren Voraussetzungen* für das Auftreten der Kondensation“ [Hervorhebung im Original] (LILJEQUIST & CEHAK 1984, 114) betrachtet. Da ohne Wasserdampf in der Atmosphäre keine Wolken existieren könnten, nimmt Wasserdampf eine wichtige Rolle in dieser ein (vgl. KRAUS 2004, 67). Neben dem Aspekt, dass er für die Wolkenentstehung nötig ist, ist Wasserdampf im Vergleich zu anderen Gasen durch weitere Besonderheiten gekennzeichnet. So ist Wasser der einzige Stoff, der sowohl gasförmig, flüssig, als auch fest in der Atmosphäre zu finden ist (vgl. KRAUS 2004, 67). Wasserdampf besitzt also die Fähigkeit zum Kondensieren. Dass es jedoch nicht zu einem direkten Übergang von Wasserdampf zu Eis in der Atmosphäre kommt, wird im späteren Verlauf noch geklärt werden. Ziel dieses Kapitels ist es zu erklären, wie Wolken entstehen und sich wieder auflösen, welche Arten von Wolken es gibt, was Nebel ist und worin der Unterschied zu Wolken besteht. Darüber hinaus soll sich mit den Niederschlägen beschäftigt und darauf eingegangen werden, wie Wolken sich auf die Temperatur und Strahlung auswirken können. Um jedoch zu verstehen wie Wolken entstehen können, muss zunächst Kenntnis darüber erlangt werden, wie das Wasser in die Atmosphäre gelangt und darüber hinaus, unter welchen Bedingungen Kondensation in der freien Atmosphäre stattfinden kann. Dafür muss sich vor allem mit den zwei physikalischen Größen Dampfdruck und Sättigungsdampfdruck, sowie den Kondensationskernen vertraut gemacht werden.

2.1 Wasserdampf in der Atmosphäre

In der Atmosphäre kommt Wasser sowohl als Gas, als auch in seiner flüssigen und festen Form vor. Der Wasserdampf gelangt durch Verdunstung in die Atmosphäre. Bei der Verdunstung handelt es sich um einen physikalischen Prozess, der dem des Verdampfens sehr ähnelt. Gemein haben die beiden Prozesse, dass sie den Übergang von flüssig nach gasförmig beschreiben, jedoch liegen gravierende Unterschiede darin, wie dies passiert. So findet im Gegensatz zum Verdampfen, die Verdunstung nur an der Oberfläche und unterhalb der Siedetemperatur statt. Spricht man jedoch vom Verdampfen, ist meist das Sieden gemeint, das „ein schnell und heftig ablaufender Prozess [ist], der in der ganzen Flüssigkeit stattfindet“ (MÜLLER 2014, 61) und erst ab Erreichen der Siedetemperatur einsetzt. Um zu verstehen warum ein

Stoff verdunstet oder verdampft, muss die Bewegungsenergie der Atome beziehungsweise der Moleküle betrachtet werden. Der hier vorliegende Stoff ist Wasser, welches aus Molekülen besteht. In dem flüssigen Wasser besitzen die Moleküle eine durchschnittliche Bewegungsenergie, wobei die Temperatur der Flüssigkeit eben dieser entspricht. Je nach Aggregatzustand herrscht zwischen den Wassermolekülen eine unterschiedlich starke Bindungsenergie. Sie ist am stärksten im Eis und am schwächsten im Wasserdampf. Damit nun das Wasser verdunstet, muss diese Bindungsenergie überwunden werden. Bei Temperaturen unter der Siedetemperatur reicht die mittlere Bewegungsenergie zum Lösen der Moleküle nicht aus. Es sind jedoch immer Moleküle vorhanden deren Bewegungsenergie höher als die mittlere Bewegungsenergie ist und die sich so an der Oberfläche aus dem flüssigen Wasser lösen können (vgl. MALBERG 2007, 86 f.). Verdunstet Wasser, so besteht die Möglichkeit, dass der Wasserdampf sofort wieder kondensiert. Damit das Wasser gasförmig bleibt und nicht sofort wieder kondensiert, müssen gewisse Rahmenbedingungen in der Umgebung vorhanden sein. Ob Wasser gasförmig bleibt, hängt vom Dampf- und Sättigungsdampfdruck ab. Nach dem *Daltonschen Gesetz* gilt, dass die sich in einem Gasgemisch befindenden Gase einen Teildruck ausüben und zwar unabhängig davon, ob andere Gase in dem Gemisch existieren oder nicht. Dieser Teildruck wird Partialdruck genannt. Weiterhin gilt, dass der Gesamtdruck des Gasgemisches sich als Summe der Partialdrücke der Gase ergibt (vgl. HÄCKEL 2005, 69).

Die Luft in unserer Atmosphäre besteht aus einem Gasgemisch, dessen Bestandteile unverändert bleiben. So liegt der Anteil des Stickstoffs bei circa 78%, der von Sauerstoff bei ungefähr 21%, Argon 0,9%, Kohlenstoffdioxid 0,03%. Zudem befinden sich noch sehr geringe Mengen von Neon, Helium, Methan, Krypton, Wasserstoff, Stickoxid, Xenon und Ozon in der Luft (vgl. LILJEQUIST & CEHAK 1984, 7). Durch die oben beschriebene Verdunstung gelangt als weiteres Gas der Wasserdampf in die Luft. Dabei ist der Gehalt des Wasserdampfes in der Luft keineswegs gleichbleibend. Zudem verteilt er sich nicht, wie die anderen Gase, homogen (vgl. KRAUS 2004, 67). Daher kann die Luft als Gemisch aus zwei Komponenten angesehen werden, der trockenen Luft und dem Wasserdampf. Dieses Gemisch wird dann als feuchte Luft bezeichnet. (LILJEQUIST & CEHAK 1984, 43). Der Partialdruck von Wasserdampf wird Dampfdruck genannt.

Als weitere Größe muss der Sättigungsdampfdruck behandelt werden, denn dieser ist ausschlaggebend dafür, ob es zur Verdunstung oder im Umkehrschluss zur Kondensation kommt. Der Sättigungsdampfdruck hängt mit der Molekularbewegung zusammen. HÄCKEL schreibt:

Ein außenstehender Betrachter, der von den molekularen Vorgängen nichts weiß, würde den Vorgang sicher wie folgt interpretieren: Im Inneren des flüssigen Wassers existiert ein Druck, der ständig Wassermoleküle durch die Oberfläche herauspresst.

(HÄCKEL 2005, 70)

Der Sättigungsdampfdruck bezeichnet diesen Scheindruck. Folglich ist klar, dass der Sättigungsdampfdruck stark temperaturabhängig ist und bei steigender Temperatur zunimmt. Das bedeutet, dass mehr Wasserdampf in warmer als in kalter Luft vorhanden ist. Zu jedem Zeitpunkt gibt es zwei Vorgänge. Zum einen das Lösen der Moleküle aus dem flüssigen Wasser, welche in die Luft übergehen. Zum anderen haben auch die Moleküle im Wasserdampf eine Bewegungsenergie, sodass manche auch wieder in das flüssige Wasser gelangen. Stellt man sich nun vor, dass die Menge an Molekülen, die die Flüssigkeit verlassen, vom Sättigungsdampfdruck bestimmt wird und die Menge der Moleküle, die wieder in die Flüssigkeit gelangen, vom Dampfdruck, so tritt Verdunstung genau dann ein, wenn der Sättigungsdampfdruck größer als der Dampfdruck ist.

Einfacher ausgedrückt, gibt der Sättigungsdampfdruck den maximalen Dampfdruck an, der in der Luft herrschen kann. Liegt der in der Luft vorhandene Dampfdruck unterhalb des Sättigungsdampfdrucks, ist die Luft also ungesättigt, verdunstet Wasser in die Atmosphäre. Der Sättigungsdampfdruck hängt jedoch nicht nur von der Temperatur ab, sondern kann durch andere Faktoren beeinflusst werden. Da diese aber vor allem bei der Kondensation eine wichtige Rolle spielen, soll im nächsten Abschnitt, der sich mit der Kondensation beschäftigt, näher darauf eingegangen werden.

2.2 Kondensation in der freien Atmosphäre

Nachdem nun geklärt ist, wie der Wasserdampf in die Atmosphäre kommt, soll sich nun mit der Kondensation beschäftigt werden. Die Kondensation beschreibt den Phasenübergang von gasförmig nach flüssig. Genau wie die Verdunstung wird die Kondensation vom Dampf- und Sättigungsdampfdruck bestimmt. Diese tritt ein, wenn der Dampfdruck den Sättigungsdampfdruck übersteigt. Kondensiert Wasser, so bildet sich ein winziger Tropfen in der Atmosphäre.

Der Tropfen hat eine stark gekrümmte Oberfläche. Je kleiner der Tropfen dabei ist, desto stärker ist die Krümmung. Diese Krümmung hat Auswirkungen auf den Sättigungsdampfdruck, denn es ist bekannt, dass aufgrund der Oberflächenspannung die Bindungsenergie von Molekülen innerhalb eines Tropfens niedriger ist als an ebenen Flächen. Nimmt die Bindungsenergie ab, so können mehr Moleküle die Flüssigkeit verlassen, wodurch der Sättigungsdampfdruck steigt. Herrschte zuvor eine Übersättigung in der Luft, weshalb es zur Kondensation kam, kann es nun sein, dass die Luft um den Tropfen ungesättigt erscheint. Somit verdunstet der Tropfen sofort wieder (vgl. MALBERG 2007, 88). LILJEQUIST & CEHAK und auch MALBERG geben an, dass es in Luft, die von sämtlichen Verschmutzungen gereinigt wurde, erst ab einer relativen Feuchte von 800% zur Kondensation kommt (vgl. LILJEQUIST & CEHAK 1984, 115; MALBERG 2007, 87). Die relative Feuchte gibt dabei die Sättigung der Luft an. Die Luft ist damit sehr stark übersättigt. Damit ist klar, dass die Kondensation von Wassertropfchen nicht so ablaufen kann.

Damit Kondensation in der freien Atmosphäre stattfinden kann, braucht es Kondensationskerne. In unserer Atmosphäre befinden sich nicht nur die oben erwähnten Gase, sondern je nach Verschmutzung der Luft eine gewisse Anzahl an *Aerosolteilchen*. Dabei handelt es sich beispielsweise um Staubpartikel, Salzteilchen von den Meeren oder auch Partikel aus der Industrie. Man unterscheidet die *Aerosolteilchen* zwischen jenen, die hygroskopisch sind und solchen, die diese Eigenschaft nicht erfüllen. Die hygroskopischen *Aerosolteilchen* werden als Kondensationskerne bezeichnet (vgl. MALBERG 2007, 88).

Sobald der Dampfdruck größer als der Sättigungsdampfdruck ist, setzt die Kondensation ein, wobei sich die Wasserdampfmoleküle an die hygroskopischen *Aerosolteilchen* anlagern. Dabei überziehen die Wassermoleküle die Kondensationskerne mit einer dünnen Wasserschicht. Dadurch entsteht ein Tröpfchen auf das, wie oben auch, der Krümmungseffekt wirkt. Jedoch handelt es sich bei diesem Tröpfchen nicht mehr um reines Wasser. Die meisten Kondensationskerne lösen sich bei Kontakt mit Wasser auf. Als Beispiel seien hier die Salzteilchen in der Luft genannt. Dadurch entsteht eine wässrige Lösung. Der Sättigungsdampfdruck ist über wässrigen Lösungen niedriger als bei reinem Wasser, denn die Bindungsenergie nimmt zu. Je nach Konzentration der Salzlösung wird der Sättigungsdampfdruck gesenkt. Dabei gilt: Je höher die Konzentration, desto geringer der Sättigungsdampfdruck (vgl. LILJEQUIST & CEHAK 1984, 115; MALBERG 2007, 89). Damit bleibt festzuhalten, dass sich zwei Effekte auf den Sättigungsdampfdruck auswirken, zum einen der Krümmungseffekt, zum anderen der Lösungseffekt. Die beiden Effekte wirken dabei entgegengesetzt. MALBERG hält fest, dass die beiden Effekte sich gegenseitig sogar aufheben, wenn der Tröpfchenradius mindestens $4\mu\text{m}$

beträgt und bei 100% Luftfeuchtigkeit somit Kondensation in der Atmosphäre stattfindet (vgl. MALBERG 2007, 90).

2.3 Die Bildung von Eiskristallen

Neben den Wassertröpfchen in der Luft gibt es auch kleine Eiskristalle. Nahm man zunächst an, dass es, vergleichbar mit den Kondensationskernen, für die Eiskristallbildung Sublimationskerne gibt, so ist man heute der Ansicht, dass der Weg zum Eiskristall über die Wassertröpfchen führt. LILJEQUIST & CEHAK führen jedoch an, dass auch diese Theorie noch nicht befriedigend ist und das Problem der Eiskristallbildung noch nicht vollständig geklärt ist (vgl. LILJEQUIST & CEHAK 1984, 122). Unter 0°C beginnen die Wassertröpfchen zu gefrieren und bilden damit Eiskerne, an denen der Wasserdampf dann sublimieren kann. Dabei können drei unterschiedliche Arten von Eiskernen betrachtet werden. In einem Temperaturbereich von -32°C bis 0°C entstehen nur Eiskerne an festen Partikeln, deren umhüllendes Wasser gefroren ist. Ab -41°C bis einschließlich -32°C können Eiskristalle aus wässrigen Lösungen mit einem festen Kern entstehen. Erst ab einer Temperatur von -41°C können Tröpfchen nur aus wässriger Lösung ohne festen Kern entstehen und es kommt zum spontanem Gefrieren (vgl. LILJEQUIST & CEHAK 1984, 122). Das hat zur Folge, dass sich auch unter 0°C Wassertröpfchen in der Luft befinden können, die dann als unterkühltes Wasser bezeichnet werden. Allgemein kann man daher sagen, dass sich erst ab einer Lufttemperatur von unter -40°C nur noch Eiskristalle in der Luft befinden. Die Anzahl der für die Eiskristallbildung notwendigen Eiskerne ist im Vergleich zu der Anzahl der Kondensationskerne sehr gering. Als Beispiel kann die Anzahl der jeweiligen Kerne über dem Ozean betrachtet werden. Diese beträgt bis zu 1000 Kondensationskerne pro cm³. Im Vergleich dazu befindet sich bei Temperaturen von -40°C bis -30°C nur ein einziger Eiskern pro cm³ in der Luft. Bei Temperaturen von über -30°C lässt sich meist nur ein einziger Eiskern pro m³ finden (vgl. MALBERG 2007, 88).

2.4 Die Entstehung von Wolken

Bis jetzt wurden zwei wichtige Voraussetzungen zur Wolkenentstehung betrachtet. Zum einen wie Wasserdampf in die Atmosphäre gelangt und zum anderen wie es zur Kondensation kommt. In diesem Abschnitt soll sich nun genauer mit der Entstehung von Wolken beschäftigt werden. Es lassen sich vier unterschiedliche Typen der Wolkenentstehung unterscheiden. Dabei handelt es sich um die Konvektion, das Aufgleiten der Luft aufgrund von Hindernissen,

wie zum Beispiel Berge, das Aufgleiten warmer Luft auf kalte Luft, sowie die Anhebung von warmer Luft auf kalte Luft (vgl. WALCH 2004, 123). HÄCKEL hingegen unterteilt die Entstehung von Wolken nur grob in ungeordnete Hebung der Luft und dem großflächigen Aufgleiten dieser (vgl. HÄCKEL 2005, 120). Unabhängig davon welcher Entstehungsvorgang bei Wolken betrachtet wird, kommt es bei allen zu einer Abkühlung der Luft. Je höher die Luft steigt, desto mehr kühlt sie sich ab. Dies hat zur Folge, dass der Sättigungsdampfdruck sinkt. Unterschreitet der Sättigungsdampfdruck den Dampfdruck, so setzt die Kondensation ein. Findet ausreichend Kondensation statt, so können sich Wolken bilden. Die von HÄCKEL getroffene Unterteilung in ungeordnete Lufthebung und Aufgleiten der Luft wird als sinnvoll und übersichtlich erachtet und dient daher der Gliederung dieses Abschnittes.

2.4.1 Ungeordnete Hebung von Luft

Unter einer ungeordneten Lufthebung versteht man beispielsweise den Wind. Durch die Turbulenzen des Windes können einzelne Luftpakete nach oben bewegt werden. Dadurch kommt es zur Abkühlung der nach oben transportierten Luft und Kondensation setzt ein. Luftpakete können jedoch auch durch adiabatische Erwärmung wieder nach unten sinken, wo sie erneut vom Wind nach oben transportiert werden können. Durch das wiederholte Abkühlen und Erwärmen der Luftpakete, resultieren vermehrte Auf- und Abwärtsbewegungen, die zu haufenförmigen Wolkenbildungen führen (vgl. HÄCKEL 2005, 120). HÄCKEL hält fest:

Die Wolkendecke wird durch diese Vorgänge oft in eine große Zahl von kleinen Wolkenschollen, abgeplätteten Wogen oder hintereinander angeordneten Bändern zerteilt. [...] Bei sehr kräftigen Turbulenzen werden da und dort Wolkenteile so schnell nach unten bewegt, dass sie nicht mehr rechtzeitig verdunsten können und so als Fetzen aus der Wolke heraushängen. Die Turbulenz verhindert, dass sich eine glatte, durchgehende Wolkenuntergrenze ausbilden kann.

(HÄCKEL 2005, 120)

Es zeigt sich also, dass Turbulenzen dazu beitragen können, wie sich eine Wolke nach oben und teilweise nach unten entwickeln kann.

Nicht nur der Wind kann für eine ungeordnete Hebung der Luft verantwortlich sein. Die Konvektion bezeichnet den Vorgang des Aufsteigens der Luft aufgrund von Erhitzung über dem Erdboden. Die Temperatur der sich über dem Erdboden befindlichen Luftschichten, wird von der Temperatur der Oberfläche bestimmt. Erhitzt sich aufgrund dessen die Luft über dem Boden, steigt diese auf. HÄCKEL führt als Beispiel die Temperatur des Asphalts an Hochsommer-

tagen an. Diese beträgt nach HÄCKEL 48°C (vgl. HÄCKEL 2010, 12). Folglich nimmt die sich über dem Asphalt befindliche Luft auch diese Temperatur an. Je höher die erwärmte Luftblase steigt, desto mehr kühlt sie sich ab. Da der Asphalt, nachdem die Luft aufgestiegen ist, wieder in Kontakt mit kälterer Luft kommt, erwärmt sich diese wieder auf 48°C und steigt auf. Folglich steigt bei der Konvektion nicht ein einzelnes Luftpaket nach oben, sondern mehrere aufeinanderfolgende. Dabei kann es durchaus dazu kommen, dass das neu entstandene Luftpaket den unteren Rand des zuvor aufgestiegenen Luftpakets erreicht und so ein durchgehender Schlauch entstehen kann, der Thermik genannt wird (vgl. HÄCKEL 2010, 11 ff.).

Die Höhe, in der dann die Kondensation einsetzt, nennt sich Kondensationsniveau. Abbildung 1 zeigt den Vorgang der Konvektion noch einmal schrittweise.

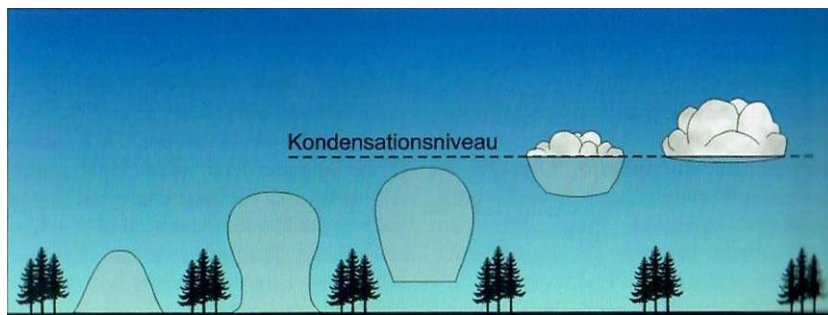


Abbildung 1 Wolkenentstehung durch Konvektion (HÄCKEL 2010, 12)

2.4.2 Aufgleiten von Luft

Die beiden Abbildungen zeigen die unterschiedlichen Möglichkeiten, wie es zum Aufgleiten der Luft kommen kann. Dabei handelt es sich bei der orographischen Hebung um das erzwungene Aufgleiten an Bergen. Auch hier kühlt die Luft beim Aufgleiten ab und

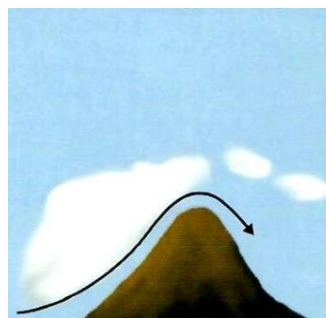


Abbildung 2 Orographische Hebung (WALCH 2004, 123)

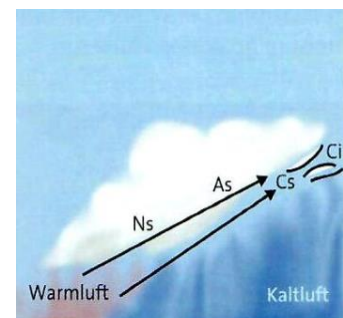


Abbildung 3 Aufgleiten von Luft (WALCH 2004, 123)

es kommt zur Wolkenbildung (WALCH 2004, 123). In einem Tiefdruckgebiet kann eine warme Luftschicht über eine kältere geschoben werden. Dadurch entsteht, wie in Abbildung drei zu sehen ist, eine vertikale Aufwärtsbewegung. Die Geschwindigkeit der Aufwärtsbewegung ist gering und die Dauer dieses Vorgangs kann sich über mehrere Tage erstrecken. Dabei können nicht nur haufenförmige Wolken entstehen. Meist bilden sich zunächst hohe ‚Feder-

wolken'. Im weiteren Verlauf entstehen dann tiefere schichtartige Wolken und auch Regenschichten, die den ganzen Himmel bedecken (vgl. WALCH 2004, 123).

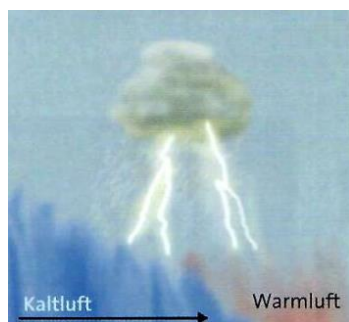


Abbildung 4 Anhebung warmer Luft (WALCH 2004, 123)

Hier sei noch kurz auf den umgekehrten Fall eingegangen, den Vorgang des Anhebens von Luft aufgrund sich darunter schiebender kalter Luft. Durch dieses erzwungene Anheben der Luft entstehen haufenförmige Wolken, die sich stark nach oben entwickeln können und für Regen oder Gewitter sorgen (vgl. WALCH 2004, 123).

Gerade die turbulenten ungeordneten Hebungen, die zur Wolkenentstehung führen, könnten noch detaillierter betrachtet werden. Es wird jedoch darauf verzichtet, da dies für den Kern dieser Arbeit abdingbar ist.

2.4.3 Entwicklung und Auflösung von Wolken

Wie oben schon kurz erwähnt, wird die Höhe in der die Kondensation einsetzt Kondensationsniveau genannt. Die nebenstehende Abbildung zeigt eine Tabelle, der entnommen werden kann, unter welchen Bedingungen sich die Höhe des Kondensationsniveaus ändert. Wie zu entnehmen ist, kann diese Untergrenze

Tab. 1 Ungefähre Höhe des Kondensationsniveaus (s. Text)					
Temperatur (in 2 m Höhe, in °C)	Kondensationsniveau (in m)				
	-10	0	10	20	30
Relative Feuchte (in 2 m Höhe, in %)					
30	1730	1880	2040	2210	2380
40	1340	1460	1580	1710	1840
50	1020	1120	1210	1310	1410
60	760	830	910	980	1060
70	540	590	640	690	750
80	340	370	410	440	470
90	160	180	200	210	230
100	0	0	0	0	0

Abbildung 5 Höhe des Kondensationsniveaus (HÄCKEL 2010, 13)

zur Wolkenentstehung auf eine Höhe von 0 m sinken. Dafür muss eine relative Feuchte von 100% vorliegen (vgl. HÄCKEL 2010, 12 f.). Neben der Untergrenze existiert darüber hinaus eine Obergrenze, bis zu der sich die Wolken maximal entwickeln und existieren können. Um zu verstehen wie eine solche Obergrenze entsteht, muss die Abkühlung der Luft während des Aufstiegens betrachtet werden. Ab dem Zeitpunkt, wo die Temperatur des aufsteigenden Luftpakets der Atmosphärentemperatur entspricht, verliert das Luftpaket seinen Auftrieb. Fällt die Temperatur sogar unter die Atmosphärentemperatur, so sinkt das Luftpaket wieder nach unten. Die Wolke kann sich also nicht weiter nach oben entwickeln. Je nachdem wie sich die Atmosphärentemperatur verändert, ist die Entwicklung der Wolke nach oben stärker

oder schwächer ausgeprägt (vgl. HÄCKEL 2010, 20 ff.). Dabei sind Tief- und Hochdruckgebiete die entscheidenden Faktoren für die Atmosphärentemperatur, denn je nach vorhandenem Druckgebiet liegt eine andere Änderung der Temperatur in Abhängigkeit zur Höhe vor.

Im Einflussbereich von Tiefdruckgebieten sinkt sie schnell, im Einflussbereich von Hochdruckgebieten sinkt sie langsamer oder steigt sogar. Damit lässt sich der fundamentale Grundsatz der Wetterkunde:

„**Tiefdruckwetter ist schlechtes Wetter mit vielen mächtigen Wolken; Hochdruckwetter ist schönes Wetter mit wenigen flachen oder gar keinen Wolken**“,

zwanglos erklären [...][Hervorhebung im Original].

(HÄCKEL 2010, 22)

Es ist auch möglich, dass sich Wolken nach unten entwickeln. Dies passiert jedoch nur bei sehr hohen Eiswolken (vgl. HÄCKEL 2010, 22 f.).

Wolken sind sehr dynamische Prozesse, daher können sie sich auch auflösen. Dies passiert beispielsweise dann, wenn es zu keiner Kondensation aufgrund von ungesättigter Luft kommt, sondern stattdessen die Verdunstung wieder einsetzt. Auch ein entstehendes Hochdruckgebiet führt zur Auflösung von Wolken (vgl. HÄCKEL 2010, 24 f.).

2.5 Klassifikation der Wolken

Um Wolken kategorisieren zu können, wurde sich international darauf geeinigt, Wolken nach ihrer Höhe und ihrer Gestalt zu unterscheiden. Dabei werden Wolken, die sich in einem festgelegten Höhenabschnitt befinden, einer *Wolkenfamilie* zugeordnet. Die zu unterscheidenden *Wolkenfamilien* sind:

- *hohe Wolken* – 5 bis 13 km
- *mittelhohe Wolken* – 2 bis 7 km
- *tiefe Wolken* – 0 bis 2 km
- *stockwerkübergreifende Wolken* – 0 bis 13 km

Für die Zuordnung einer Wolke zu einer *Wolkenfamilie* wird das Kondensationsniveau als entscheidend betrachtet (LILJEQUIST & CEHAK 1984, 144; vgl. HÄCKEL 2010, 28)

Um die Wolken innerhalb einer *Wolkenfamilie* genauer zu klassifizieren, werden sie nach ihrer Gestalt in *Wolkengattungen* eingeteilt. Ist eine Wolke eher haufenförmig, so gehört sie zur Gattung der Wolken mit der Nachsilbe *-cumulus*, lat. „häufen, auf-, anhäufen“ (PONS

Schülerwörterbuch Latein, 2007, 131). Wolken, die auf *-stratus*, lat. für bedecken (vgl. PONS Schülerwörterbuch Latein, 2007, 472) enden, sind schichtförmig. Die Gattung der *cirrus* Wolken bildet eine Ausnahme, da diese nur in der *Wolkenfamilie* der *hohen Wolken* auftreten. *Cirrus* heißt so viel wie *Haarlocke* oder *Franse* (vgl. PONS Schülerwörterbuch Latein, 2007, 93) und dient zur Beschreibung von schleierförmigen Wolken. In Kombination der *Wolkenfamilien* mit den Gattungen *cumulus*, *stratus* und *cirrus* entstehen so die 10 *Wolkengattungen*.

1. **Cirrus** (Ci)

hohe Wolke; dünne, meist isolierte faserige Wolke, die in Fäden oder Flecken auftritt. Sie ist im normalen Tageslicht weiß und besteht nur aus Eiskristallen. Daher hat sie keine scharfen Konturen (vgl. LILJEQUIST & CEHAK 1984, 144; HÄCKEL 2010, 29).



Abbildung 6 Cirrus (WALCH 2004, 132)

2. **Cirrocumulus** (Cc)



Abbildung 7 Cirrocumulus
<http://www.fastweather.com/images/education/cirrocumulus-clouds.jpg>

hohe Wolke; eine Cumuluswolke auch „zarte Schäfchenwolke“ (LILJEQUIST & CEHAK 1984, 144) genannt, die sich im oberen Stockwerk befindet. Sie hat ein haufenförmiges Aussehen, besteht in der Regel aus Eiskristallen, aber auch zum Teil aus unterkühlten Wassertropfen (vgl. LILJEQUIST & CEHAK 1984, 144).

3. **Cirrostratus** (Cs)

hohe Wolke; die den Himmel mit einer weißlichen Wolkenschicht überzieht. Aufgrund ihrer geringen Dicke ist sie durchscheinend. Sie besteht nur aus Eiskristallen (vgl. HÄCKEL 2010, 32).



Abbildung 8 Cirrostratus
http://www.srh.noaa.gov/srh/jetstream/clouds/cloudwise/images/h7_2.jpg

4. **Alto cumulus (Ac)**



Abbildung 9 Alto cumulus
(<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/56/Alto cumulus-Castellanus.jpg/300px-Alto cumulus-Castellanus.jpg>)

mittelhohe Wolke; haufenförmige Wolke, die nach LILJEQUIST & CEHAK auch als Wogenwolke bezeichnet werden kann (vgl. LILJEQUIST & CEHAK 1984, 145) Sie besteht sowohl aus Eiskristallen als auch aus Wassertropfchen mit einem durchschnittlichen Durchmesser von 8 μm und gehört damit den Mischwolken an. Sie erscheint als, „[w]eiße und/oder graue Flecken, Felder oder Schichten von Wol-

ken“ (HÄCKEL 2010, 32) Diese Schichten bestehen wiederum aus vielen Ballen, Wogen oder Walzen (vgl. LILJEQUIST & CEHAK 1984, 145; HÄCKEL 2010, 32).

5. **Altostratus (As)**

mittelhohe Wolke; eine Schichtwolke in mittlerer Höhe, die den Himmel ohne eine erkennbare Struktur bedeckt. Sie enthält wie die Alto cumulus sowohl Eiskristalle wie auch Wassertropfen. Sie kann sowohl weiß, gräulich als auch leicht bläulich erscheinen. „Die Tröpfchendurchmesser liegen zwischen 2 und 25 μm . Der Wassergehalt [...] liegt [...] zwischen 0,05 und 1,5 g pro m^3 Wolkenluft“ (HÄCKEL 2010, 34).



Abbildung 10 Altostratus (WALCH 2004, 130)

6. **Nimbostratus** (Ns)



Abbildung 11 Nimbostratus
(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2c/Nimbostratus_virga.JPG)

stockwerkübergreifende Wolke; eine Regen- oder Schneewolke, die grau und dunkel erscheint. Aufgrund ihrer hohen vertikalen Ausdehnung ist die Sonne nicht mehr zu erkennen. Ihr Kondensationsniveau liegt ungefähr bei 1 km. Sie hat neben der großen vertikalen Ausdehnung auch eine große horizontale Ausdehnung (vgl. LILJEQUIST & CEHAK 1984, 145).

7. **Stratocumulus** (Sc)

tiefe Wolke; diese Wolke ist eine haufenartige Wolkenschicht, deren Kondensationsniveau bei 500 m beginnt und die sich bis zu einer Höhe von 2000 m finden lässt. Der Himmel ist je nach Struktur der Wolke gut bis schlecht durch sie hindurch zu sehen. Sie besteht aus Wassertröpfchen, ist jedoch nicht wie der Nimbostratus eine Regenwolke, da keine Eiskristalle zur Entstehung von Regentropfen vorhanden sind (vgl. LILJEQUIST & CEHAK 1984, 145). Näheres zu der Entstehung von Regentropfen kann in Abschnitt 2.7 nachgelesen werden.



Abbildung 12 Stratocumulus (<http://www.seewetter-kiel.de/bilder/wolken/sc2.jpg>)

8. **Stratus** (St)



Abbildung 13 Stratus
(http://www.wolken-online.de/images/wolken/stratus/stratus_nebulosus.jpg)

tiefe Wolke; eine tiefe graue Schichtwolke, die sich in einer Höhe bis 500 m befinden kann. Es handelt sich dabei um eine reine Wasserwolke, auch hier bilden sich keine Regentropfen, lediglich ein Nieselregen kann durch sie entstehen (vgl. LILJEQUIST & CEHAK 1984, 145). Der Durchmesser der Wolkentropfen ist circa 10 μm und pro m^3 Luft befindet sich maximal 0,04g Wasser (vgl. HÄCKEL 2010, 34).

9. **Cumulus** (Cu)

tiefe Wolke; eine Haufenwolke, die eine hohe vertikale Ausdehnung in Form von Hügeln und Kuppen hat, dabei liegt das Kondensationsniveau bei 1000 m bis 2000 m. Im Gegensatz zu anderen *Wolkengattungen* gibt es hier scharfe Konturen, da sie aufgrund von Konvektion entsteht. Sie gilt als Schönwetterwolke und kann zu einer *stockwerkübergreifenden Wolke* heranwachsen (vgl. LILJEQUIST & CEHAK 1984, 145; KRAUS 2004, 192; HÄCKEL 2010, 34).



Abbildung 14 Cumulus

(<https://coclouds.com/wp-content/uploads/2012/07/single-fluffy-cumulus-cloud-sunny-day-2012-07-26.jpg>)

10. **Cumulonimbus** (Cb)



Abbildung 15 Cumulonimbus (WALCH 2004, 128)

stockwerkübergreifende Wolke; eine mächtige Gewitterwolke. Da ihre vertikale Erstreckung bis in große Höhen reicht, befinden sich im oberen Teil der Wolke Eiskristalle. Dabei kann dieser Teil der Wolke die Form eines Amboss annehmen (vgl. LILJEQUIST & CEHAK 1984, 145).

Die Unterscheidung zwischen

Cumulus und **Cumulonimbus** ist nicht immer eindeutig, es gilt:

Die betreffende Wolke sollte so lange Cu genannt werden, wie die empor schießenden oberen Teile überall scharf (gegen den Himmel oder andere Wolken) abgegrenzt sind und keine faserige und streifige Struktur (als Zeichen für vorhandene Eisteilchen [...]) erkennbar ist. Ist es nicht möglich, auf Grund sonstiger Anhaltspunkte zu entscheiden, ob eine Wolke Cu oder Cb genannt werden soll, so wird die Bezeichnung Cu verwendet, wenn nicht Blitz, Donner oder Hagel auftreten

(KRAUS 2004, 193)

Die nebenstehende Abbildung zeigt die 10 Wolkengattungen, dabei wird die Gattung *Cumulus* einmal als *Cumulus humilis* und einmal als *Cumulus congestus* aufgeführt. Es handelt sich hierbei um zwei Unterarten der *Cumulus*-wolke. Zusätzlich

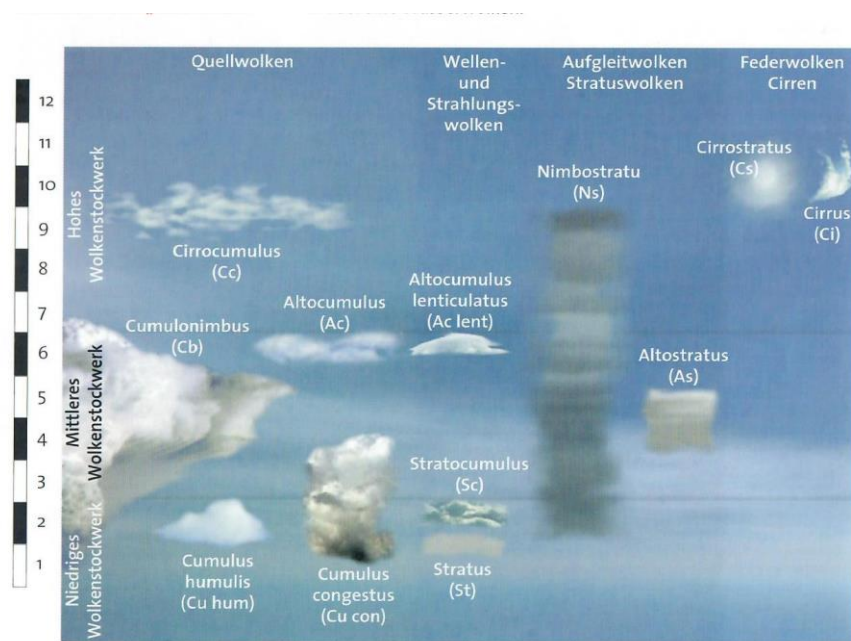


Abbildung 16 Wolkengattungen (WALCH 2004, 124)

zu den bereits getroffenen Unterscheidungen wird noch nach Quellwolken, Wellen- und Strahlungswolken, Aufgleitwolken und Stratuswolken sowie Federwolken unterschieden. Es lässt sich schon an dem Beispiel der *Cumulus*-wolke erahnen, dass die 10 Wolkengattungen nicht ausreichen, um alle Wolken am Himmel klar voneinander unterscheiden zu können. Zur weiteren Unterscheidung werden 14 Wolkenarten festgelegt. Sie „ermöglichen eine nähere Beschreibung der **Höhe** und **Ausdehnung (Volumen)**, der **Oberflächenbeschaffenheit**, der **Gestalt** und des **Innen Aufbaues (Struktur)** der Wolke“ [Hervorhebung im Original] (HÄCKEL 2010, 35).

Zusätzlich wird noch in neun Unterarten eingeteilt, die die Durchlässigkeit des Lichtes und die Anordnung der Wolkenteilchen berücksichtigen (vgl. HÄCKEL 2010, 35). Dadurch entsteht für die Bezeichnung von Wolken eine Vielzahl an Kombinationen. Welche komplizierten Wolkenbezeichnungen dadurch entstehen, soll an einer mittelhohen Wolke veranschaulicht werden, die federartig wirkt (*stratiformis*), und sowohl wellenförmig (*undulatus*) als auch strahlenförmig (*radiatus*) ist (vgl. HÄCKEL 2010, 81).

Beim Blick in den Himmel fällt es nicht schwer zu glauben, dass diese Kombinationsvielfalt auch nötig ist, um eine exakte Klassifikation der Wolken hervorbringen zu können. Für genauere Informationen über die Wolkenarten und Unterarten sei auf die Literatur der Meteorologie, besonders auf HÄCKEL 2010, verwiesen.

2.6 Dunst und Nebel

Im Allgemeinen spricht man von Dunst oder Nebel, wenn der Wasserdampf nicht an festen Oberflächen kondensiert, beziehungsweise sublimiert. Ob Nebel oder nur Dunst vorliegt, wird nach den Sichtverhältnissen entschieden. Ab einer Einschränkung der Sicht auf unter 1 km spricht man von Nebel. Physikalisch gesehen liegt genau dann Nebel vor, wenn die Luft gesättigt ist. Bei ungesättigter Luft wird von Dunst gesprochen. Nebel lässt sich in verschiedene Nebelarten klassifizieren, darunter der Strahlungsnebel, der Advektionsnebel, der orographische Nebel, der Mischungsnebel, der Smog und der Eisnebel (vgl. HÄCKEL 2005, 103). Diese Nebelarten sollen im Weiteren kurz vorgestellt werden. Kühlt die Luft in der Nacht ab, so kann Strahlungsnebel entstehen. Die Wassertröpfchen sind in ihm so klein und die Mächtigkeit des Nebels so gering, dass er nicht nässend ist. Meist löst der Strahlungsnebel sich am nächsten Morgen auf. Im Gegensatz dazu handelt es sich beim Advektionsnebel um einen sehr langanhaltenden Nebel, der sich teilweise über mehrere Tage erstrecken kann. Er „entsteht, wenn warme, feuchte Luft herangeführt und über eine kalte Unterlage oder Luftschichten geschoben wird“ (HÄCKEL 2005, 104). Der orographische Nebel entsteht durch das erzwungene Aufgleiten an einem Hang. Durch die Abkühlung der Luft setzt dann die Kondensation ein. Dafür muss das Kondensationsniveau jedoch sehr niedrig sein, da es sonst zur Wolkenbildung kommt (vgl. HÄCKEL 2005, 2005, 106).

Smog, ein englisches Kunstwort, das aus smoke (Rauch) und fog (Nebel) zusammen gesetzt ist, bildet sich vor allem in Großstädten und Industriegebieten. Verschmutzten Industrie und Haushalte die Luft so stark, dass die Anzahl der Kondensationskerne stark ansteigt, kann es zur frühzeitigen Kondensation kommen. Im Jahr 2015 herrschte in Peking ein derartiger Smog, dass Warnstufen ausgerufen werden mussten, dadurch Schulen geschlossen wurden und Betriebe gezwungen waren die Produktion einzustellen (vgl. ZEIT ONLINE GMBH et al. 2015).



Abbildung 17 Smog in Peking
(<http://www.zeit.de/wissen/umwelt/2015-12/luftverschmutz-peking-smog-warnstufe>)

2.7 Die Entstehung von Niederschlägen

Niederschlag kann sowohl flüssig als auch fest sein. Es wird weiterhin in zwei Arten des Niederschlags unterschieden, den fallenden Niederschlag und den abgesetzten Niederschlag (vgl. KUTTLER 2013, 133). HÄCKEL trifft diese weitergehende Unterscheidung nicht und teilt den Niederschlag nur in fest und flüssig ein. Dabei unterscheidet er beim flüssigen Niederschlag den Nieselregen und den Regen, beim festen Niederschlag hingegen einzelne Eiskristalle, Schnee, Graupel, Hagel und Eiskörner (vgl. HÄCKEL 2005, 124 f.). Zunächst soll sich mit dem flüssigen Niederschlag beschäftigt werden. Ausschlaggebend dafür, ob es sich um Regen oder Nieselregen handelt, ist der Tropfenradius. Dieser beträgt bei Nieselregen zwischen 0,05 mm und 0,25 mm. In unseren Breitengraden können Wassertropfchen in der Atmosphäre nur aufgrund von Kondensation, maximal eine Größe von 100 μm haben. Grund ist zum einen die nicht ausreichende Luftfeuchtigkeit, zum anderen das Vorhandensein vieler Kondensationskerne. Dennoch wissen wir aus dem Alltag, dass Wassertropfen mit einer Größe von über 100 μm entstehen und beispielsweise in Form von Nieselregen und Regen auf die Erde fallen. Daher kann weder Regen noch Nieselregen nur durch Kondensation entstehen. Die sich in einer Wolke befindenden Wolkentröpfchen können jedoch zufällig aufeinanderstoßen. Je mehr Wolkentröpfchen vorhanden und je stärker die Winde in einer Wolke sind, desto wahrscheinlicher ist dies. Treffen zwei Wolkentröpfchen aufeinander, so fließen diese aufgrund der Oberflächenspannung zusammen, denn die Oberfläche der beiden einzelnen Tröpfchen wäre größer als die des neu entstehenden Tröpfchens. Langmuir war der Erste, der 1948 den Prozess der Niederschlagsbildung so beschrieb. Dieser Prozess des Kollidierens und Zusammenfließens wird daher *Langmuir-Prozess* genannt (vgl. KRAUS 2004, 201). HÄCKEL hält fest, dass Nieselregen „oft aus tiefen Stratuswolken [...] fällt, aber auch in einem dichten, nässenden Nebel entstehen kann“ (HÄCKEL 2005, 125).

Die Entstehung von Regen hingegen ist komplizierter, da hier der Tropfenradius bis zu 3 mm betragen kann. Zur Erklärung wie solch große Tropfen aus Wolkentröpfchen entstehen können, gibt es zwei Theorien, den oben beschriebenen *Langmuir-Prozess* und die *Bergeron-Findeisen-Theorie*. Man ging lange Zeit davon aus, dass Regentropfen durch den *Langmuir-Prozess* entstehen können. Durch die unterschiedlichen Tröpfchengrößen haben die Tropfen eine unterschiedliche Fallgeschwindigkeit. So fallen größere Tropfen schneller als kleinere, wodurch es beim Fallen der Tröpfchen zu Kollisionen kommen kann. Zudem herrschen in Wolken Aufwinde, die zu weiteren Kollisionen führen können. Damit dieser Prozess Tropfen von über 0,25 mm Tropfendurchmesser erzeugt, werden Wasserdampfmengen in einer Grö-

ßenordnung benötigt, die so in der Atmosphäre unserer Breitengrade nicht vorkommen. Zur Entstehung von Regentropfen eignet sich daher diese Theorie nicht (vgl. HÄCKEL 2005, 126).

2.7.1 Die Bergeron-Findeisen-Theorie

Die Bergeron-Findeisen-Theorie erklärt das Entstehen von größeren Wassertropfen über die Existenz der Eisphase. Zum Entstehen benötigt es hochaufragende Wolken, in denen sowohl Wassertropfen als auch Eiskristalle vorhanden sind, sogenannte Mischwolken. Ein entscheidender Faktor ist erneut der Sättigungsdampfdruck. In Eis herrscht eine höhere zwischenmolekulare Bindungsenergie als bei unterkühlten Wasser. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass der Sättigungsdampfdruck über Eis niedriger ist, als über dem unterkühlten Wasser. Wenn der Sättigungsdampfdruck jedoch niedriger ist, so ist es möglich, dass Wasser an Eiskristallen bereits bei einer relativen Feuchte von unter 100% kondensiert. Da die Luft jedoch dann für die unterkühlten Wassertropfen ungesättigt erscheint, verdunsten diese. Der dadurch entstehende Wasserdampf steht der Kondensation an den Eiskristallen dann zur Verfügung (vgl. LILJEQUIST & CEHAK 1984, 120). Eiskristalle wachsen im Gegensatz zu Wassertropfen schneller. Dies liegt daran, dass die Luft in der Wolke gesättigt oder leicht übersättigt ist. Der Dampfdruck ist also gleich dem über einer ebenen Fläche entsprechenden Sättigungsdampfdruck. Dadurch erscheint die Luft innerhalb der Wolke für die Eiskristalle immer übersättigt und es kommt zur ständigen Sublimation an den Eiskristallen. WALCH gibt in *Wetter und Klima* an, dass durch diesen Prozess innerhalb von 20 Minuten die Größe der Eiskristalle um das 10.000fache zunehmen kann (vgl. WALCH 2004, 147). Haben die Eiskristalle eine gewisse Größe erreicht, so können sie nicht mehr von dem in der Wolke herrschenden Aufwind getragen werden und fallen hinunter. Je tiefer sie fallen, desto mehr nimmt die Temperatur zu. Steigt diese über 0°C, so beginnen die Eiskristalle zu schmelzen und Regentropfen entstehen (vgl. MALBERG 2007, 93).

2.7.2 Die Entstehung von weiteren Niederschlagsarten

So wie bei der Entstehung von Regentropfen, entsteht Schnee auch nach der *Bergeron-Findeisen-Theorie*. Eiskristalle können je nach Temperatur und Feuchtigkeit die unterschiedlichsten Formen annehmen. Meist sind es entweder hexagonale Platten oder Prismen, Schneesterne oder auch Nadeln (vgl. LILJEQUIST & CEHAK 1984, 162 f.). Wenn ausreichend Übersättigung vorliegt, bilden sich Schneesterne erst ab etwa -15°C. Auch hier gilt, dass die

Eiskristalle irgendwann eine solche Größe erreichen, dass die Aufwinde nicht mehr ausreichen, um sie zu halten. Die Eiskristalle beginnen somit zu fallen.

Als weiteren festen Niederschlag soll der Hagel betrachtet werden. Unter Hagel versteht man „Eiskugeln oder –stück[e] mit einem Durchmesser von 5 mm bis über 15 cm“ (KRAUS 2004, 204). In Cumulonimbuswolken herrschen starke Aufwinde, sodass Eiskristalle sehr lange in einer Wolke verbleiben können, obwohl sie eigentlich bereits zu groß sind um in der Schwebelage zu bleiben. Die nebenstehende

Abbildung zeigt die Entstehung von Hagelkörnern. Durch die blauen Pfeile in der Abbildung werden die Auf- und Abwinde dargestellt, der blaue Punkt stellt ein Hagelkorn dar und die gestrichelte Linie den Weg dieses Kornes. Durch die starken Aufwinde gelangt das Hagelkorn immer

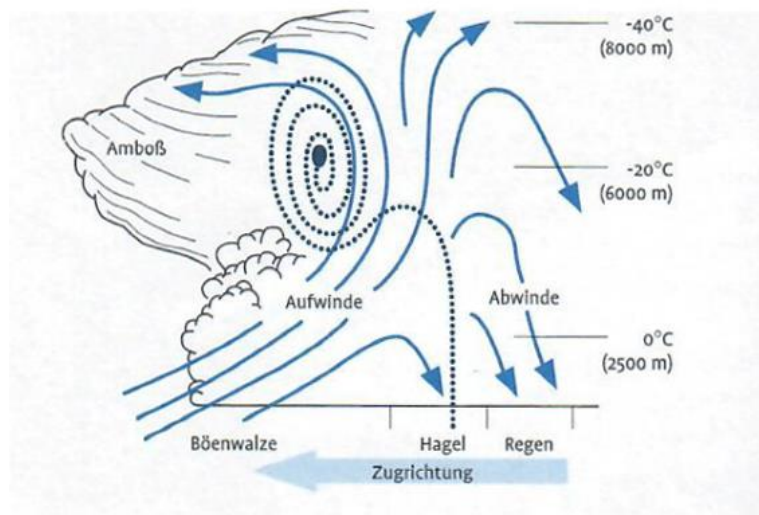


Abbildung 18 Hagelentstehung (HÄCKEL 2005, 136)

der Wolke, wo so viel unterkühltes Wasser und Eiskristalle vorhanden sind, dass das Hagelkorn weiter wachsen kann. Je nach Stärke der Aufwinde kann dieser Vorgang mehrmals wiederholt werden. Verlässt das Hagelkorn die Aufwinde, kann es eine Größe von 10 cm oder mehr erlangt haben. Der Fallweg des Hagelkornes reicht dann nicht mehr aus, um es komplett schmelzen zu lassen und es geht als fester Niederschlag auf die Erde nieder. Hagelkörner können sich hinsichtlich der Größe aber auch bezüglich des Aussehens unterscheiden. So können Hagelkörner durchsichtig, undurchsichtig oder sowohl durchsichtig als auch undurchsichtig erscheinen. Die undurchsichtigen Stellen eines Hagelkornes entstehen in den hohen Gebieten der Wolke, da hier die Sublimation so schnell abläuft, dass sich keine wirkliche Eiskristallstruktur bilden kann. Hagel ist durchaus die gefährlichste Art des Niederschlags, wenn man sich die durchschnittlichen Aufschlaggeschwindigkeiten einzelner Körner betrachtete. So haben 3 cm große Kugeln eine Geschwindigkeit von gut 90 km/h.

2.8 Wolken und ihre Auswirkungen

Gerade in der jetzigen Zeit ist der Klimawandel ein wichtiges Thema in unserer Welt. Verschiedene Staaten treffen sich zu sogenannten *Klimagipfeln*, um über die aktuelle Situation zu beraten und Möglichkeiten zur Regulierung des Klimawandels zu finden. In wie weit Wolken sich auf die Änderung des Klimas auswirken ist schwierig zu bestimmen und bis zum jetzigen Zeitpunkt nicht wirklich geklärt (vgl. KASANG 2015).

Die Rolle der Wolken in unserer Atmosphäre ist kompliziert, so sind sie zwar den Windzirkulationen ausgeliefert, können aber keinen direkten Einfluss auf die Dynamik des Windes nehmen. Die Tief- und Hochdruckgebiete sind jedoch, wie oben bereits erwähnt, ausschlaggebend dafür wie und welche Wolken sich am Himmel entwickeln können. Wolken sind also ein Spiegel, der in der Atmosphäre stattfindenden Abläufe. SIMMER hält als Metapher fest: „Wie ein Sklave tun sie nur, was der Meister – die Luftströmung – von ihnen verlangt“ (SIMMER 2000, 12 f.). Zwar können die Wolken die Zirkulation der Luft in der Atmosphäre nicht direkt beeinflussen, jedoch nehmen sie Einfluss auf den für die Zirkulation bedeutenden Prozess der Strahlung ein (vgl. SIMMER 2000, 13). Denkt man an einen warmen Sommertag, an dem eine Wolke einem Schatten spendet, so ist es innerhalb des Schattens spürbar kühler. Ohne große Kenntnisse über Wolken zu haben, dürfte klar sein, dass die Wolken bezüglich der Temperatur einen kühlenden Effekt haben, denn durch die Wolken kommt weniger Sonnenstrahlung auf die Erdoberfläche. Doch dies ist nicht der einzige Effekt der Wolken auf die Temperatur. In einer sternenklaren Nacht, an dem keine Wolke zu sehen ist, ist es kühler, als in einer wolkenbedeckten Nacht.

Tiefe und dichte Stratuswolken reflektieren tagsüber die Sonnenstrahlung und wirken abkühlend, während sie nachts die Wärmestrahlung vom Erdboden reflektieren und erwärmend wirken. Hohe Cirruswolken lassen die Sonneneinstrahlung weitgehend passieren, nicht aber die von unten kommenden Wärmestrahlen

(KASANG 2015)

Wolken haben damit sowohl einen kühlenden als auch einen wärmenden Effekt. Wie oben schon geklärt, ist unsere Luft nicht sauber. In ihr befinden sich kleinste Teilchen, die *Aerosolteilchen* oder einfach nur *Aerosol* genannt, die die eintreffende Strahlung streuen oder sogar absorbieren können. Sie nehmen also Einfluss auf die Erde treffende Strahlung. Daneben sind sie als Kondensationskerne maßgeblich an der Entstehung von Wolken beteiligt.

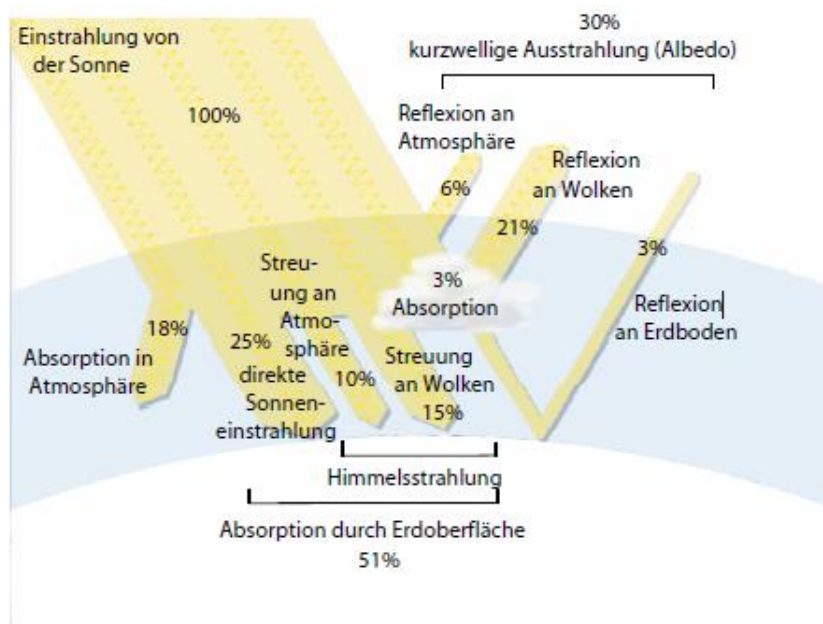


Abbildung 19 Strahlungshaushalt (WALCH 2004, 30)

Wie die Abbildung 19 zeigt, gelangt nicht gesamte einfallende Strahlung auf die Erdoberfläche. Wieviel der einfallenden Strahlung reflektiert wird, gibt die Albedo an. Je weißer somit eine Wolke erscheint, desto höher ist ihre Albedo. Die Albedowerte von Wolken können zwischen 60-90% liegen (vgl. HÄCKEL 2005, 193).

Wie in Abbildung 19 zu erkennen ist, werden 30%

der eintreffenden Strahlung reflektiert. 21% allein schon an Wolken. Diese 21% gelangen nicht an die Erdoberfläche, wodurch die Erwärmung geringer wird. Auch absorbieren die Wolken bis zu 3% der einfallenden Strahlung. Im Wasserkreislauf dienen die Wolken als Wasserspeicher in der Atmosphäre und sorgen durch Niederschläge dafür, dass das Wasser wieder auf die Erdoberfläche gelangt. Wolken spielen somit eine wichtige Rolle bezüglich der auf die Erdoberfläche einfallenden Strahlung, der von der Erde wieder abgegebenen Wärme und des Wassers (vgl. KASANG 2016).

2.9 Farbliche Unterschiede bei Wolken

In der Regel erscheinen uns Wolken weiß, manchmal auch gräulich bis hin zu dunkelgrau. Teilweise erscheinen große mächtige Gewitterwolken so dunkel, dass man sie als schwarz bezeichnen könnte. Doch wieso haben Wolken überhaupt eine Farbe, wo doch Wassertropfchen durchsichtig sind? Eiskristalle erscheinen manchmal durchsichtig und manchmal weiß und auch die vorhin erwähnten Hagelkörner können weißlich aussehen. HÄCKEL weist darauf hin, dass beispielsweise Tautropfen durchsichtig sind, wohingegen Wolkentropfchen undurchsichtig sind. Ausschlaggebend dafür ist unter anderem auch die Größe der Tröpfchen, denn ein Wolkentropfen ist um vieles kleiner als ein Tautropfen. Trifft nun Licht auf solche kleinen Tröpfchen, so wird es gestreut (vgl. HÄCKEL 2010, 9 f.). Ob die Wolke nun leuchtend weiß, oder doch gräulich und dunkel erscheint, hat mehrere Gründe. Dazu zählen unter ande-

rem die Menge der in der Wolke existenten Wolkentröpfchen, aber auch deren Größe. Zudem stellen die Intensität und der Einfallswinkel des Sonnenlichtes einen wichtigen Faktor dar. Darüber hinaus ist die eigene Position gegenüber der Wolke auch zu berücksichtigen. Die Farbe einer Wolke hängt also nicht nur, von ihrer strukturellen Zusammensetzung oder dem Sonnenlicht ab. So kann es sein, dass eine über uns hinwegziehende Wolke zunächst grau und dann, je mehr sie sich von uns entfernt, eher weißlich erscheint. Grund hierfür ist, dass wenn sich die Wolke direkt über uns befindet, wir nur das Licht wahrnehmen, dass durch die Wolke gelangt. Dabei wird die Intensität des Lichtes je nach Mächtigkeit der Wolke vermindert, so dass sie grau erscheint. Zieht sie jedoch vorüber, so nehmen wir das Spektrum des reflektierten Sonnenlichts wahr und die Wolke erscheint hell und weiß. Dies ist beispielsweise bei dem Flug durch eine Wolke zu beobachten. Erscheint eine den Himmel bedeckende Wolke von der Erde aus gesehen grau, so verändert sich die Farbe beim Flug durch die Wolke. Auch hier muss der Weg des Lichtes berücksichtigt werden. Befinden wir uns am Boden, so gelangt wenig Licht durch die Wolke, sie erscheint grau. Beim Flug durch die Wolke wird der Weg des Lichtes verkürzt, die Intensität nimmt zu und sie erscheint zunehmend heller. Befindet man sich oberhalb der Wolke, so erscheint sie weiß (vgl. THEVES 2008).

Jede Wolke erscheint vom Weltraum aus betrachtet weiß. Dies liegt daran, dass das Licht an der Wolkendecke reflektiert wird. Je mächtiger die Wolke ist, desto höher ist ihre Albedo. Das bedeutet im Umkehrschluss: Je höher das Albedo der Wolke ist, desto gräulicher erscheint sie von der Erde aus gesehen, da viel mehr Strahlung von der Wolke reflektiert wird. Natürlich können sich Wolken auch im Schatten einer anderen Wolke befinden und so dunkler erscheinen. Auch ist es möglich, dass wegen des Aufbaus die Wolken Eigenschatten aufweisen (vgl. HÄCKEL 2010, 76).

Es hängt natürlich auch davon ab, welches Lichtspektrum auf die Wolke scheint. Neben den weißen, grauen und dunkelgrauen Farben, können Wolken auch rötlich erscheinen, beispielsweise beim Sonnenauf- oder Sonnenuntergang.

3. Schülervorstellungen

Schülerinnen und Schüler kommen nicht unwissend in den Unterricht. Oft liest man in der Literatur Formulierungen wie, „daß Schüler nicht als leere, unbeschriebene Blätter in den Unterricht hineinkommen“ (DUI 2011b, 8). Die Vorstellungen mit denen die SuS in den Unterricht kommen sind von ihrem Alltag geprägt. Diese Alltagsvorstellungen decken sich jedoch häufig nicht mit den wissenschaftlichen Erkenntnissen. Es hat sich gezeigt, dass „[d]ies [...] die Ursache von vielen ernst zu nehmenden Missverständnissen im Unterrichtsgespräch“ (RHÖNECK VON & NIEDDERER 2010, 52) ist. Dadurch können Lernschwierigkeiten auftreten, die es verhindern, dass ein Inhalt gelernt und verstanden werden kann. Daher wurden in den letzten zwanzig Jahren vermehrt Untersuchungen zur Erfassung von Schülervorstellungen durchgeführt und so für den Unterricht wichtige Erkenntnisse gewonnen (vgl. RHÖNECK VON & NIEDDERER 2010, 52). Zunächst soll der Begriff der Schülervorstellung definiert und ihre Bedeutung für den Unterricht und das Lernen herausgestellt werden. Daran anschließend sollen aktuelle Erkenntnisse aus der Forschung zu Schülervorstellungen zu Wolken dargestellt und betrachtet werden.

3.1 Definition und Bedeutung

Jeder Mensch hat seine eigenen Vorstellungen über die Dinge, die in unserer Welt geschehen und uns umgeben. Dabei gibt es Situationen, die Fehlvorstellungen fördern und auch der sprachliche Gebrauch kann zu Fehlvorstellungen führen. Eine Fehlvorstellung, die in unserem sprachlichen Gebrauch fundamentiert ist, ist der Sonnenauf- und Sonnenuntergang. Tagtäglich können wir beobachten, dass die Sonne im Osten aufgeht und im Westen untergeht und dennoch ist bekannt, dass die Sonne sich nicht um die Erde dreht, sondern die Erde um die Sonne. Die Begriffe Sonnenauf- und Sonnenuntergang spiegeln jedoch neben der Beobachtung ein falsches Bild (vgl. SCHULER 2011, 14). Diese Formulierung entstammt noch dem damaligen Weltbild und deckt sich nicht mehr mit dem heutigen Kenntnisstand (vgl. JUNG 2011, 18). Ohne die Lernenden explizit darauf hinzuweisen, dass die Erde sich bewegt und nicht die Sonne, kann durch den Sprachgebrauch und durch das tägliche Geschehen, die Vorstellung entstehen, es sei die Sonne, die sich bewegt. Viele Vorstellungen entwickeln sich in unserem alltäglichen Leben. Ein bekanntes Beispiel zu einer Fehlvorstellung, die wir im Alltag so erfahren und festigen, bezieht sich auf den Stromkreis. Um einen Toaster, einen Fön

oder einen Fernseher mit Strom zu versorgen, brauchen wir bekanntlich nur ein Kabel in die Steckdose zu stecken. Soll nun eine Schülerin oder ein Schüler das erste Mal einen Stromkreis bestehend aus einer Batterie und einer Glühlampe bauen, so ist es manchmal der Fall, dass sie die Batterie und die Glühlampe nur mit einem Kabel verbinden. Zwar sieht das Kabel und die Batterie anders aus, dennoch ist die Vorstellung, dass man immer nur ein Kabel hat, tief verankert und führt zu dem Schluss, dass man nur ein Kabel benötigt. Leuchtet die Glühlampe nicht, so ist es nicht damit getan den Schülerinnen und Schüler zu sagen, dass man noch ein zweites Kabel benötigt, denn so kann die Fehlvorstellung nicht unbedingt behoben werden, sondern sogar eine neue entstehen. So könnten die SuS denken, man bräuchte das zweite Kabel, da das Kabel zu dünn ist um ausreichend Strom zur Glühlampe zu transportieren und sie zum Leuchten zu bekommen. Und tatsächlich, schließt man ein zweites Kabel an, so fängt die Glühlampe an zu leuchten (vgl. DUIT 2011a, 3; vgl. HOPF & WIESNER 2011, 30). Wird hier nicht interveniert und auf den Stromkreis sowie auf das notwendige Vorhandensein einer zweiten Verbindung eingegangen, könnten die SuS den Unterricht mit einer in ihm erzeugten Fehlvorstellung verlassen. Um dies zu verhindern, werden seit einigen Jahren in der Physikdidaktik intensiv Schülervorstellungen erforscht und beurteilt. Dabei ist es wichtig zu verstehen, was genau Schülervorstellungen sind, wie sie entstehen, ob und wie sie verändert und korrigiert werden können und vor allem welche Bedeutung sie für den Unterricht haben. Eine Definition zu Schülervorstellungen kann wie folgt lauten:

Schülervorstellungen bezeichnen subjektive gedankliche Konstruktionen über Phänomene der physikalischen und sozialen Welt, die sich Menschen früh im Leben bilden, um die eigene Lebenswelt einleuchtend und nachvollziehbar zu machen.

(REINFRIED 2013, 250)

Dabei können Schülervorstellungen eben jene Vorstellungen sein, die einer großen Gruppe zugeteilt werden können, andererseits kann sich der Begriff auch auf eine einzelne Person beziehen (vgl. WODZINSKI 2011, 23).

Allgemein lässt sich aber festhalten: Schülervorstellungen sind „[d]ie Vorstellungen, mit denen die Schülerinnen und Schüler in den Physikunterricht kommen“ (HOPF & WIESNER 2011, 29).

GROPENGIEßER betrachtet in *Didaktische Rekonstruktion des Sehens* sowohl die konstruktivistisch-didaktische Sicht als auch die konstruktivistisch-neurobiologische Sicht bezüglich der Vorstellungen. Er hält fest:

- 1) „Vorstellungen sind subjektive gedankliche Prozesse, aber keine Substanzen“ (GROPENGIEßER 2007, 27).
- 2) „Vorstellungen können weder weitergegeben noch aufgenommen werden, aber sie können [...] unterrichtlich vermittelt werden“ (GROPENGIEßER 2007, 27).
- 3) „Vorstellungen können im Kontext der bereits verfügbaren Vorstellungen gedanklich gebildet, verändert und reorganisiert werden“ (GROPENGIEßER 2007, 27).
- 4) „Vorstellungen sind Konstrukte, die auf die Umwelt und uns selbst angewendet werden. Sie haben dem Kriterium der Überlebenswirksamkeit, aber nicht dem der Wahrheit zu genügen“ (GROPENGIEßER 2007, 29).
- 5) „Vorstellungen zu aktualisieren, aber besonders sie zu verändern und sich neue zu machen, heißt neuronale Strukturen zu aktivieren und zu verändern. Dies kostet Energie und bedeutet Anstrengung“ (GROPENGIEßER 2007, 29).

Grob lassen sich Schülervorstellungen in zwei Arten kategorisieren. Dabei handelt es sich zum einen um Vorstellungen, die einen breiten Anwendungskontext haben, beispielsweise das Geben-Nehmen-Prinzip. So kann man zum einen sagen, dass die Batterie Strom gibt und die Glühlampe sich den Strom nimmt. Hier würde dann auch die Verbrauchsvorstellung ansetzen. Irgendwann ist die Batterie leer, weil die Glühlampe den Strom verbraucht und immer neuen nimmt. Diese Vorstellungen finden einen großen Anwendungsbereich. Sie werden also wiederholt benutzt und damit immer weiter vertieft. Man nennt sie allgemeine Vorstellungen. Im Gegensatz dazu gibt es spezifische Vorstellungen, die sich nur in einem Kontext einordnen lassen (vgl. SCHECKER & WIESNER 2011, 34 f.).

Schülervorstellungen unterscheiden sich jedoch auch darin, wie sie entstehen und wie beständig sie sind. So können Vorstellungen durch den Alltag entstehen, andere wiederum entstehen plötzlich in einer Konfrontation mit etwas Unbekannten. Und natürlich entstehen Schülervorstellungen, wie oben im Beispiel beschrieben, auch durch den Unterricht (vgl. DUIT 2011a, 3). Man geht davon aus, dass Schülervorstellungen „teilweise recht stabil gegen Physikunterricht“ (SCHECKER & WIESNER 2011, 34) sind. Gerade die Alltagsvorstellungen, die auf Alltagserfahrungen beruhen, sind besonders resistent, denn meist haben sie sich etabliert und funktionieren in der Erlebniswelt der SuS. Leichter zu verändern sind die Vorstellungen, die sich beispielsweise während eines Experiments spontan entwickeln (vgl. DUIT 2011a, 3). Es

ist wichtig zu verstehen, dass die Schülervorstellungen nicht einfach gelöscht werden können und die neue Vorstellung durch den Unterricht von den SuS aufgenommen wird. Dabei sind „[d]ie alten Vorstellungen [...] die Voraussetzungen für neue Vorstellungen“ (GROPENGIEßER 2007, 29).

Es ist daher wichtig herauszustellen, dass unabhängig von dem was die SuS im Unterricht machen, immer die in den SuS vorhandenen Vorstellungen aktiviert werden. Sie sind ausschlaggebend dafür wie ein Lerngegenstand verstanden und abgespeichert wird (vgl. JUNG 2011, 16). Je nach Situation ist es sogar möglich, dass sich zwei Welten für die SuS und Schüler aufbauen. Die Alltagswelt, in der sie leben und die Welt der Physik, die kaum etwas mit ihrem Alltag zu tun hat, dies gilt es so gut es geht zu vermeiden (vgl. WODZINSKI 2011, 23).

Es ist also die Frage wie mit Schülervorstellungen im Unterricht umgegangen werden muss und wie man sie einbinden kann. Dabei gibt es drei Möglichkeiten: *Anknüpfen*, *Konfrontieren* und *Umdeuten*. Dies sei aber nur am Rande erwähnt. Festzuhalten bleibt, dass die Schülervorstellungen eine bedeutende Rolle beim Lernen einnehmen, sie nur schwer zu verändern sind und zu Lernschwierigkeiten führen können. Für einen erfolgreichen Unterricht ist es unabdingbar, Kenntnis über mögliche Schülervorstellungen zu haben und dann zu versuchen sie im Unterricht zu berücksichtigen.

3.2 Schülervorstellungen zu Wolken in der Primarstufe

Seit mehreren Jahrzehnten wird nun intensiv im Bereich der Schülervorstellungen geforscht und dadurch werden wichtige Erkenntnisse erlangt. Betrachtet man jedoch das Thema *Wolken*, gibt es kaum Literatur zu Schülervorstellungen in diesem Themenbereich. Dies ist nicht verwunderlich, denn Wolken finden in den Curricula kaum Berücksichtigung und unterrichtsrelevante Themen haben höhere Priorität. Dennoch haben Schülerinnen und Schüler ein großes Interesse an Wolken. Sie haben viele Fragen zu Wolken wie: „Welche verschiedenen Wolkenarten gibt es und was sagen sie uns? Wie entstehen Wolken? Kann man Wolken zerstören? Warum bewegen sich Wolken mal langsam und mal schnell? [...] Was ist Smog? Wie entsteht Nebel?“ (FRIEGE et al. 2007, 31).

Wenn sich Kinder für etwas interessieren, ist es naheliegend, dass sie in ihrem Alltag diesbezüglich Vorstellungen entwickeln. Gerade Wolken lassen sich gut beobachten und lenken die Aufmerksamkeit sehr oft auf sich. Auch wenn Wolken in der Schule kaum berücksichtigt werden, ist es dennoch interessant herauszufinden, welche Vorstellungen vorherrschen und

inwieweit sie von den physikalischen Theorien abweichen. Um die Vorstellungen von SuS in der Grundschule zu untersuchen, führte SCHIEL eine Untersuchung durch. Sie beschränkte sich dabei jedoch nicht nur auf Grundschüler, sondern befragte auch Kindergartenkinder. Die gewonnenen Erkenntnisse nutzte sie um einen Fragebogen zu erstellen, der jedoch in der Praxis noch nicht verwendet wurde. Darüber hinaus entwickelte sie einen Fragebogen für angehende und ausgebildete Grundschullehrkräfte, mit dem sie auch eine Befragung durchführte (vgl. SCHIEL 2015).

Da diese Arbeit die bis jetzt einzige veröffentlichte Untersuchung bezüglich Schülervorstellungen zu Wolken ist, sind die Ergebnisse für die hier durchzuführende Studie von großer Bedeutung.

SCHIEL konzipierte ein Leitfadeninterview, das insgesamt 12 Fragen umfasst und interviewte 16 Kinder unterschiedlichen Alters. Es soll kurz auf den Ablauf des Interviews eingegangen werden: Bevor die Befragten mit SCHIEL über Wolken reden, wird ihnen zunächst ein Experiment gezeigt, in dem man mithilfe eines Standzylinders, heißem Wasser, einem Streichholz und einem Kühlakku Nebel erzeugt (vgl. SCHIEL 2015, 25 f.). Daran anschließend sollen sie eine Wolke malen. Ihnen stehen verschieden farbiges Papier und Stifte zur Verfügung. Die Kinder malen hauptsächlich Cumuluswolken und meist nur den Rand der Wolke. Auch wird meist ein blauer Stift zum Malen der Wolke verwendet. Das Malen der Wolke dient dazu, „erste Informationen zur Vorstellung der Kinder bezüglich der Form und Farbe von Wolken“ (SCHIEL 2015, 26) zu erhalten. Daran anschließend beginnt dann das Interview. Im Folgenden wird auf die dadurch erlangten Ergebnisse eingegangen. Es stellt sich heraus, dass die Vorstellungen, Wolken bestünden aus einem festen Stoff (Watte) oder etwas Flüssigem oder etwas Gasförmigen, vorhanden sind. 25% der Kinder geben an, dass Wolken aus Wasser beziehungsweise Wassertröpfchen bestehen, was sich zumindest für Wolken im unteren Stockwerk als richtig erweist. Oft werden in Büchern und Fernsehserien Wolken als weich und flauschig dargestellt, auf denen man auch stehen und gehen kann. Ein einziges Kind bejaht die Frage danach, ob man auf Wolken stehen könnte. Daraus folgt, dass die Darbietung solcher Bilder nur eine geringe Auswirkung auf die Vorstellung der Kinder hat. Wieso man jedoch nicht auf einer Wolke stehen kann, begründen die Befragten unterschiedlich. So gibt es die Vorstellung, dass Wolken zu dünn seien um jemanden zu tragen, eine andere Vorstellung ist, dass man auf dem Wasser im Schwimmbad auch nicht stehen kann und man genauso auch in der Wolke untergehen würde. Ein Drittklässler begründet seine Meinung damit, dass Wolken lediglich aus Wassertropfen bestünden und man mit einem Flugzeug hindurchfliegen könne (vgl. SCHIEL 2015, 59). Die Frage danach, wie es sich in einer Wolke wohl anfühlen würde, ergibt,

dass sowohl die Vorstellung vertreten ist, dass es nass und kalt sein könnte, als auch weich, sanft und kuschelig. Auch die Vorstellung des Schwebens ist hier vertreten. Sieben Befragte gehen davon aus, dass die Sicht in Wolken gut sei, wiederum sieben haben die korrekte Vorstellung, dass die Sicht wie im Nebel eingeschränkt ist. Es wird auch gefragt, welche Farben Wolken haben und wieso manche Wolken so dunkel sind. Es werden sowohl blau und weiß-blau (sieben Befragte), als auch weiß (acht Befragte) als Farben angegeben. Ein Kind ist der Meinung sie seien durchsichtig. Insgesamt dreimal wird auch die Möglichkeit einer grauen oder schwarzen Farbe genannt. Zudem wird einmal die weiße Farbe der Wolken auf Lichteffekte zurückgeführt (vgl. SCHIEL 2015, 72). 11 Kinder äußern, dass aufgrund von Regen beziehungsweise Gewitter die Wolke dunkel erscheint. Jedoch gibt es auch die Vorstellung, dass das Wasser in der Wolke schmutzig wäre oder dass der Himmel dann auch dunkel ist. Ein Thema im Sachunterricht der Primarstufe ist der Wasserkreislauf. Hier werden Wolken als Randthema kurz besprochen. Zu der Frage wie das Wasser in die Wolken kommt, gibt es gerade bei den jüngeren Befragten kaum Vorstellungen. Ein sechsjähriger Junge gibt an, dass das Wasser aus dem Meer kommt und warme Luft nach oben steigt. Das passiert, weil die Sonne das Wasser mit nach oben nimmt (vgl. SCHIEL 2015, 41). Ein achtjähriges Mädchen der ersten Klasse ist der Meinung, dass Regentropfen aus Luft entstehen und sie dann nach oben steigen. Ein siebenjähriger Junge ist der Meinung, dass Wasser entwecke sich aus Dampf. Auch die Vorstellungen, dass Wasser verdampft oder dass sich Wolken aus Sauerstoffteilchen entwickeln, sind vorhanden. Ansonsten geben gerade die jüngeren Kinder an, woher das Wasser ihrer Meinung nachkommt, aber nicht wie es in die Atmosphäre gelangt. Erst in der vierten Klasse gibt es dazu Beschreibungen. Ein Einzelfall ist jedoch in der dritten Klasse zu finden, so meint ein achtjähriger Junge, dass das Wasser aus dem Meer verdunstet. SCHIEL stellt fest: „Er scheint die Vorstellung zu haben, dass das Wasser in sehr kleinen Teilen, die er als Wasserkrümelchen bezeichnet, nach oben steigt und sich diese Teilchen weiter oben wieder zusammenfinden und so eine Wolke entsteht“ (SCHIEL 2015, 55).

Die drei befragten SuS aus der vierten Klasse beschreiben alle, dass das Wasser gasförmig wird und dann nach oben steigt. Dabei nennen zwei Befragte Verdunsten als Grund, die andere Schülerin nennt die Verdunstung nicht und geht direkt auf die Sonne ein. Insgesamt vier Kinder schreiben der Sonne eine aktive und ziehende Rolle zu. Interessant ist, dass alle Befragten der vierten Klasse diese Vorstellung haben. Zwei von ihnen nennen explizit den Wasserkreislauf, und ebenfalls zwei bezeichnen die Sonne als ‚Motor‘ (vgl. SCHIEL 2015, 152). Die Vorstellung der ziehenden Sonne findet sich bereits in der ersten Klasse. So äußert sich ein sechsjähriger Junge, dass die Sonne das Wasser aus dem Meer mit hoch nimmt (vgl.

SCHIEL 2015, 41). Somit ist diese Vorstellung auch schon in der ersten Klasse existent und muss damit nicht unbedingt im Unterricht erzeugt worden sein. Jedoch scheint er, die Fehlvorstellung zu unterstützen oder eventuell bei den SuS entstehen zu lassen. Daher soll in der Untersuchung herausgefunden werden, ob die SuS der Sekundarstufe I die Annahme der ziehenden Sonne als ‚Motor‘ des Wasserkreislaufes mit den Grundschulkindern gemein haben oder nicht. Unabhängig welche Ergebnisse durch die Untersuchung erzielt werden, ist festzuhalten, dass bei der Behandlung des Wasserkreislaufes darauf zu achten ist, der Sonne keinen ziehenden Charakter zuzuschreiben.

Ein wichtiger weiterer Aspekt und auch ein Bestandteil des Wasserkreislaufes, ist die Frage, wieso es regnet. Keiner der Befragten betrachtet den einzelnen Tropfen an sich, vielmehr besteht die Vorstellung, dass zu viel Wasser in der Wolke ist (fünf Befragte), die Wolke zu schwer ist (vier Befragte) oder sie aufgeht (ein Befragter). Die anderen geben finale oder religiöse Antworten (vgl. SCHIEL 2015, 74). Abschließend wurde noch gefragt, was Nebel ist und wie er entsteht. Die Aussagen der Befragten variieren. Festzuhalten bleibt, dass vier Kinder angeben, dass Nebel eine niedrige Wolke ist und fünf Kinder die Vorstellung haben, dass Nebel bei Kälte entsteht. Aus diesen Erkenntnissen entwickelte SCHIEL einen Fragebogen mit 12 Fragen, die minimal von den Fragen aus dem Leitfadeninterview abweichen. Darüber hinaus entstand wie oben schon erwähnt, ein Fragebogen für Studierende und Lehrkräfte. Dieser umfasst 10 Fragen. Die Ergebnisse der von SCHIEL durchgeführten Befragung sollen im Folgenden kurz tabellarisch dargestellt werden.

Tabelle 1 Untersuchungsergebnisse zu Lehrkräften und Studierenden (vgl. SCHIEL 2015, 85 ff.)

Frage	Antworten	Studierende	Lehrkräfte
Warum steigt Wasser in der Atmosphäre auf?	es verdunstet	91%	96%
	es verdampft	8%	4%
	die Sonne zieht es hoch	1%	0%
Wann steigt Wasser als Gas in der Atmosphäre auf?	geschieht nur bei Sonnenschein	2%	4%
	geschieht nur wenn es heiß ist	11%	0%
	geschieht immer	87%	96%
Aus was bestehen Wolken?	gasförmigem Wasserdampf, der aufgestiegen ist	35%	50%
	nur aus flüssige Wassertropfen	22%	23%
	nur aus flüssigen Wassertropfen und/oder Eis	43%	27%

3. Schülervorstellungen

Aufbau von Wolken	Wolken haben außen eine Hülle	8%	8%
	Wolken sind innen und außen gleich	84%	69%
	Wolken haben innen eine Art Kern	8%	23%
Was bedeutet es, wenn Wasser in der Wolke kondensiert?	es regnet	27%	7%
	aus Wasserdampf werden Wassertropfchen	64%	81%
	aus kleinen Tröpfchen werden Große	8%	8%
Warum bilden sich in hohen Luftschichten Wassertropfen aus Wasserdampf?	weil es dort kälter ist	59%	73%
	weil sich das Wasser in Wolken festsetzt	5%	0%
	weil sich genug Feuchtigkeit angesammelt hat	34%	23%
Wann regnet es?	wenn die Wolke zu schwer ist	14%	15%
	wenn die Tropfen zu schwer sind.	49%	62%
	wenn zu viele Tropfen in der Luft sind	37%	15%
Welche Höhe haben Wolken maximal?	100 m	1%	0%
	1000 m	17%	15%
	3 km	20%	23%
	7 km	19%	8%
	10 km	36%	42%
	100 km	6%	4%
Wie schweben Wolken?	immer alle in etwa gleicher Höhe	11%	0%
	je nach Wolkenarten in unterschiedlichen Stockwerken	77%	88%
	immer höher nach oben und lösen sich dann auf	12%	12%
Wie ist es in oder auf einer Wolke?	Nur oben auf einer Wolke kann man stehen	0%	0%
	In einer Wolke würde man sehr nass werden	36%	58%
	In einer Wolke würde man ertrinken	2%	0%
	alles wie sonst, nur Sichtweite geringer	62%	42%

4. Methodische Überlegungen zur Untersuchung und Konstruktion des Fragebogens

Die fachdidaktische Forschung hat sich in den letzten 20 Jahren als eigenständiges Forschungsfeld etabliert. Sie kann als „*Schnittmenge* aus Fachwissenschaft, Psychologie und Erziehungswissenschaft“ [Hervorhebung im Original] (SCHECKER et al. 2014, 2 f.) verstanden werden. Dabei handelt es sich um eine Synthese aus fachwissenschaftlicher Sicht und den Verfahren zur Datenerhebung aus der Psychologie und Pädagogik (vgl. SCHECKER et al. 2014, 3 f.). Es wurde in den letzten Jahren erkannt, dass nur durch eine Kombination der beiden Bereiche Fragen der Didaktik beantwortet werden können. Als Beispiel sei die Frage nach dem Verständnis des Energiekonzeptes genannt. Die Physik kann die Frage, wieso es unterschiedliche Auffassungen der Menschen bezüglich des Energiekonzeptes gibt und wieso diese oft mit den Alltagserfahrungen zusammenhängen, nicht beantworten. Dahingegen sind die Pädagogen und/oder Psychologen mit ihren Instrumenten zur Datenerhebung auch nicht in der Lage eine zielbringende Antwort zu geben, da „deren Testkonstruktionen nicht von Fachinhalten ausgehen und sich nicht an erwarteten fachbezogenen Lernfortschritten orientieren“ (SCHECKER et al. 2014, 3).

Die fachdidaktische Forschung verfügt über verschiedene Methoden gewisse Forschungsfragen zu untersuchen. Grob lassen sie sich in *qualitative* und *quantitative* Methoden unterteilen. *Qualitative* Methoden dienen zum Beispiel dazu „ein neues Forschungsfeld **explorativ** [zu] erkunden [Hervorhebung im Original]“ (SCHECKER et al. 2014, 11). Die *quantitative* Methode hingegen dient zur Beantwortung von Fragen nach der Wirksamkeit von Konzepten oder sie wird genutzt, um eine Bestandsaufnahme machen zu können. Dabei sollen verallgemeinernde Aussagen getroffen werden können, wohingegen bei *qualitativen* Methoden die Individualität im Vordergrund steht. Wie oben schon erwähnt, bedient sich die fachdidaktische Forschung an den Standardverfahren der Geisteswissenschaften, um Daten zu erheben. Neben dem Interview und dem Fragebogen sei zusätzlich noch der Test und die Beobachtung als Verfahren genannt (vgl. SCHECKER et al. 2014, 11 f.). In diesem Kapitel soll neben dem Fragebogen jedoch nur kurz auf das leitfadengestützte Interview eingegangen werden, um eine *qualitative* Methode zur Erfassung von Schülervorstellungen vorzustellen. Zudem ist es wichtig diese Methode zu betrachten, da sie bei SCHIEL angewendet wurde und im weiteren Verlauf Vergleiche beziehungsweise Abgrenzungen zu dem Leitfadeninterview gezogen werden sollen. Abschnitt 4.2 beschäftigt sich mit der für die Untersuchung ausgewählten *quantitativen* Methode, dem Fragebogen. Hierbei wird auf die Konstruktion eines Fragebogens eingegangen

und Vor- und Nachteile diskutiert. Daran anschließend werden die Software *EvaSys V6.1* und *VividForm Editor V6.1* der Firma *Electric Paper Evaluationssysteme GmbH* vorgestellt, die zur Erstellung des Fragebogens verwendet wurden. Um den Fragebogen für die Untersuchung entwickeln zu können, muss zunächst die Zielgruppe der Untersuchung festgelegt und betrachtet werden, was in Abschnitt 4.4 geschehen soll. Am Ende dieses Kapitels wird der Aufbau des Fragebogens für die Untersuchung vorgestellt und erläutert.

4.1 Das Leitfadeninterview

Beim Leitfadeninterview handelt es sich um eine *qualitative* Methode, die im Hinblick auf Schülervorstellungen dafür genutzt werden kann, sich einen Überblick beziehungsweise erste Erkenntnisse zu der Vielfalt an vorhandenen Vorstellungen zu verschaffen. Das Interview gehört zu den anspruchsvolleren Methoden innerhalb der Forschung. Führt man ein solches Interview durch, so kann der Interviewer bei dieser Methode die Tendenz haben, das Gespräch in eine gewisse Richtung lenken zu wollen. Ist der Eingriff in das Gespräch zu hoch und wird der Befragte zu sehr gelenkt, so kann es passieren, dass die geäußerten Vorstellungen nicht denen entsprechen, die der Befragte eigentlich hat. Eine zu starke Lenkung kann jemanden zu einer Aussage bringen, die er ansonsten so nicht getroffen hätte. Die Offenheit eines Interviews, die ein großer Vorteil für die Erfassung individuelle Vorstellungen ist, birgt somit auch die Schwierigkeit der Methode (vgl. NIEBERT & GROPPENGIEßER 2014, 121 f.). Das Leitfadeninterview lässt sich von einem klassischen Interview klar abgrenzen. Benutzt das klassische Interview einen festen Fragebogen, der Schritt für Schritt abgearbeitet wird, benutzt ein Leitfadeninterview einen Leitfaden, der nur einen Impuls oder einen gewissen Einstieg in das Thema bietet. Er ist also freier als ein klassisches Interview mit einem festgelegten Fragenkatalog. NIEBERT & GROPPENGIEßER halten insgesamt fünf Anforderungen an den Leitfaden fest. Darunter zählen sie, dass er übersichtlich gestaltet werden soll, dass er nicht überladen wirkt und logisch strukturiert erscheint. Bei der Formulierung des Leitfadens soll auf die Verwendung der Alltagssprache geachtet werden (vgl. NIEBERT & GROPPENGIEßER 2014, 126). Als letzte Anforderung stellen sie, dass er „lenken, aber nicht einschränken“ (NIEBERT & GROPPENGIEßER 2014, 126) soll. In einem Leitfadeninterview können verschiedene Interventionsmodi definiert werden. Neben dem Einstiegsimpuls gibt es noch weitere fünf Interventionen, die hier jedoch nicht genannt werden sollen. Zur Auswertung eines Interviews muss zunächst ein Transkript angefertigt werden. Dabei kann sich dazu entschieden werden, nur Teile oder ein vollständiges Transkript des Interviews anzufertigen. Vorteil des Teiltran-

skripts ist das Verringern der Arbeitszeit; Nachteil ist, dass eventuell nicht alle wichtigen Abschnitte transkribiert und damit nicht ausgewertet werden. Wie ein Transkript genau anzufertigen ist und welche Regeln dabei zu beachten sind, kann bei KRÜGER & RIEMEIER nachgelesen werden. Nach dem Transkribieren folgen innerhalb der Auswertung noch vier weitere Schritte, das Redigieren der Aussagen, das Ordnen der Aussagen, die Explikation und die Einzelstrukturierung (vgl. KRÜGER & RIEMEIER 2014, 2014, 138 ff.). Da bereits SCHIEL ein solches Leitfadeninterview durchgeführt hat, können ihre Ergebnisse genutzt werden, um einen Fragebogen zur *quantitativen* Untersuchung zu erstellen. Daher wird sich im weiteren Verlauf des Kapitels mit dem Fragebogen auseinandergesetzt.

4.2 Zur Konzeption eines Fragebogens

Für die *quantitative* Untersuchung der Schülervorstellungen in der Sekundarstufe I bedarf es eines Fragebogens. Da bisher nur Fragebögen für die Grundschule und für Studierende und Lehrkräfte existieren, muss ein entsprechender Fragebogen für die Sekundarstufe I zunächst entwickelt werden. Dabei wird auf die von SCHIEL entworfenen Fragebögen Bezug genommen (vgl. SCHIEL 2015). Dieser Abschnitt soll in die Methode des Fragebogens einführen und Vor- sowie auch Nachteile dieser Methode betrachten. Der Fragebogen sollte möglichst mit einem Einleitungstext beginnen, der erklärt worum es sich bei der Untersuchung handelt und was erwartet wird. Die anschließenden Fragen sollen dann aufeinander aufbauend sein und in ihrer Reihenfolge einen gewissen Sinn ergeben. Bei längeren Fragebögen mit einer größeren Fragenanzahl kann es sinnvoll sein, diese Reihenfolge zu unterbrechen, um den gleichen Aspekt anders formuliert noch einmal zu erfragen und so herauszufinden, ob dadurch eine widersprüchliche Aussage des Befragten entsteht. Da der Umfang der hier durchgeführten Studie nicht so groß ist, wird darauf verzichtet. Prinzipiell dient ein Fragebogen zur Datenerhebung und kann unterschiedliche Arten von Fragen beinhalten. So gibt es die Möglichkeit *offene*, *halboffene* oder *geschlossene* Fragen innerhalb des Fragebogens zu integrieren. *Offene* Fragen sind Fragen, die keine vorgefertigten Antwortmöglichkeiten haben. Die Befragten können somit frei auf die Frage antworten. Auch gibt es keine richtigen oder falschen Antworten. Fragt man beispielsweise nach der Lieblingsfarbe, so kann nicht zwischen richtig und falsch entschieden werden. *Halboffene* Fragen unterscheiden sich insofern von *offenen* Fragen, dass nur eine Antwort richtig ist. Dennoch gibt es keine Auswahl an Antwortmöglichkeiten. So ist die Frage nach der Hauptstadt von Norwegen eine *halboffene* Frage. Bei *geschlossenen* Fragen hingegen werden zu der Frage mögliche Antwortmöglichkeiten gege-

ben. Darunter kann sich dann der Befragte diejenige oder diejenigen aussuchen, die er für richtig hält. Der Vorteil von *offenen* Fragen im Vergleich zu *geschlossenen* Fragen ist, dass durch das freie Antworten eine Vielzahl von unterschiedlichen Antworten gesammelt werden kann. Gerade unter dem Aspekt der Schülervorstellungen können so Vorstellungen entdeckt werden, auf die der Fragensteller eventuell so nicht gekommen wäre. Der Vorteil der *offenen* Fragen ist jedoch gleichzeitig auch ein Nachteil, denn je unterschiedlicher die gegebenen Antworten sind, desto schwerer fällt es, sie zu kategorisieren und auszuwerten (vgl. HAUSER et al. 2009, 25 f.). Trotz dieses Nachteils sind *offene* Fragestellungen unersetzlich für die Forschung und vor allem für die Forschung bezüglich Schülervorstellungen. Nur durch sie kann man mögliche Schülervorstellungen wirklich erfassen, auch solche die selten sind. Erste Vorstellungen konnte SCHIEL mithilfe des *Leitfadeninterviews* erfassen. Auch hier wurden *offene* Fragestellungen benutzt. Zwar wurde kein schriftlicher Fragebogen verwendet, dennoch wurde ein mündlicher Leitfaden mit Fragen formuliert (vgl. SCHIEL 2015, 27 ff.). Liegen keine Kenntnisse über mögliche Schülervorstellungen vor, so können für die *geschlossenen* Fragen unter Umständen keine erkenntnisbringenden Antwortmöglichkeiten formuliert werden. Es ist notwendig einen Überblick über die vorhandenen Schülervorstellungen zu haben, bevor ein Fragebogen mit *geschlossenen* Fragen konzipiert werden kann. Mit dem so erstellten Fragebogen kann dann herausgefunden werden, welche Schülervorstellungen am häufigsten vertreten sind. Durch die Arbeit von SCHIEL wurden solche Erkenntnisse erlangt, die es erlauben einen Fragebogen mit *geschlossenen* Fragen zu entwickeln. *Geschlossene* Fragen lassen sich in drei verschiedene Typen unterteilen. Zum einen die *Ja/Nein-* oder auch *Wahr/Falsch-*Fragen, zum anderen die *Multiple-Choice-Fragen* und die *Bewertungsskalen*. Der erste Fragentyp dient nur dazu eine Richtung anzugeben. Ein Vorteil dieses Fragentyps ist die kurze Bearbeitungszeit, da die Entscheidung nur zwischen zwei Möglichkeiten getroffen werden muss. Dies kann jedoch dazu führen, dass Befragte ohne ein gründliches Überlegen sich für *ja* oder *nein* entscheiden oder dass sie sogar anfangen zu raten, denn bei nur zwei Antwortmöglichkeiten besteht immerhin eine 50:50 Chance. Sowohl die Erhöhung der Wahrscheinlichkeit, dass die Befragten anfangen zu raten, als auch die Notwendigkeit Fragen exakt zu formulieren, damit sie überhaupt mit *ja* oder *nein* zu beantworten sind, sind Nachteile dieses Fragentyps (vgl. BÜHNER 2011, 117). Beim zweiten Fragentyp, den *Multiple-Choice-Fragen*, handelt es sich um Aufgaben, die mindestens drei Antwortmöglichkeiten aufweisen. Ist nur eine der Antwortmöglichkeiten richtig oder soll pro Frage nur eine Antwort ausgewählt werden, so nennt man dies *Single-Choice-Frage*. Sind hingegen mehrere Antworten wählbar, handelt es sich um eine *Multiple-Choice-Frage*. „Durchführung und Auswertung sind ökonomisch

misch“ (BÜHNER 2011, 119), was als klarer Vorteil dieses Fragetyps zu vermerken ist. Auch kann durch mehrere Antwortoptionen die Wahrscheinlichkeit des Ratens gesenkt werden, gerade wenn eine Antwort erst durch Kombination mehrerer Möglichkeiten richtig wird. Eine Vielfalt an Antwortmöglichkeiten zu generieren, kann je nach Fragestellung problematisch werden. Bei der Erstellung von alternativen und falschen Antwortoptionen, auch *Distraktoren* genannt, ist darauf zu achten, dass die Auswahlwahrscheinlichkeit den anderen angeglichen ist (vgl. BÜHNER 2011, 119). Ob eine Antwort gewählt wird, kann davon abhängen, welche anderen Möglichkeiten zur Auswahl stehen, welche Längen die anderen Antworten haben und welches Niveau die Formulierungen aufweisen. Daher sollte darauf geachtet werden, dass die Formulierungen der einzelnen Antworten sowohl den gleichen Komplexitätsgrad, als auch ungefähr den gleichen Umfang an Wörtern aufweisen. Auch die Position der richtigen Antwort innerhalb der Antwortoptionen sollte nicht immer die gleiche sein. Sie sollte von Frage zu Frage variieren und im besten Fall, an jeder Position mindestens einmal gestanden haben (vgl. BÜHNER 2011, 119). So kann verhindert werden, dass jemand, der immer die erste oder die letzte Antwort auswählt, alles korrekt beantwortet.

Beim dritten Fragentyp, die *Bewertungsskalen*, können die Befragten eine Einschätzung oder ihre Meinung zu einer Aussage geben. Beispielsweise können sie mit einer Bewertungsskala ausdrücken, wie sehr sie einer Aussage zustimmen oder nicht. Dies kann mit einem Notensystem, mit Smileys oder Formulierungen wie *stimme ich gar nicht zu* bis *stimme ich voll zu* erfolgen (vgl. BÜHNER 2011, 112 f.).

Unabhängig davon für welchen Fragentyp sich bei der Konzeption des Fragebogens oder der einzelnen Frage entschieden wird, sollten bei der Formulierung der Fragen folgende Punkte zur Optimierung der Umfrageergebnisse berücksichtigt werden.

Die Anzahl der verwendeten Fachwörter sollte, angepasst an den Bildungsstand der Zielgruppe, so gering wie möglich gehalten werden (vgl. HAUSER et al. 2009, 28). Antwortmöglichkeiten mit Fachwörtern, die den Kenntnisstand der Befragten übersteigen, können nicht verstanden werden. Kennt der Befragte, das in der Formulierung enthaltene Fachwort und seine Bedeutung nicht, so ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass er diese Antwort nicht wählt, obwohl der Inhalt der Antwort seiner Meinung entspricht. Dies kann zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen. Auch sollten Wörter, deren Interpretationsspielraum groß ist, vermieden werden. So können Wörter wie *oft* und *regelmäßig* unterschiedlich ausgelegt werden (vgl. HAUSER et al. 2009, 28). Wird beispielsweise in einer *Ja/Nein*-Frage gefragt, ob jemand regelmäßig Sport macht, so kann der Befragte, der einmal im Monat Fahrrad fährt, durchaus *ja* ankreuzen, denn es ist eine Regelmäßigkeit vorhanden. Darüber hinaus ist darauf zu achten,

dass innerhalb einer Frage nur ein einziger Aspekt betrachtet wird (vgl. MUMMENDEY & GRAU 2008, 67). Bezogen auf die hier durchzuführende Studie, ist es daher nicht ratsam zu fragen: *Woraus bestehen Wolken und wie entstehen sie?* Dadurch entsteht eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten an Antworten, woraus eine große Anzahl an vorgegebenen Antwortmöglichkeiten resultiert. Dies kann dazu führen, dass der Überblick verloren geht und der Befragte sich innerhalb der Frage verliert. Auch auf *Suggestivfragen* sollte verzichtet werden (vgl. HAUSER et al. 2009, 28). *Suggestivfragen* sind Fragen, deren Formulierung so gestaltet ist, dass eine Antwort automatisch nahe liegt (vgl. [duden.de](http://www.duden.de)). Es ist aber wichtig, dass die Befragten neutral ihre Meinung äußern und nicht in eine Richtung gelenkt werden. Sind Fragen oder Antwortmöglichkeiten zu umfassend formuliert, kann der Kern der eigentlichen Frage beziehungsweise Antwort verloren gehen. Auch Fragen und Antworten, die eine doppelte Verneinung beinhalten, sind irreführend und sollten daher vermieden werden (vgl. MUMMENDEY & GRAU 2008, 67). Es ist wichtig, dass alle Möglichkeiten innerhalb der Antworten erfasst werden. Als einfaches Beispiel nennt HAUSER et al. die Frage nach der Haarfarbe. Sind nur die Möglichkeiten blond, schwarz und braun gegeben, kann jemand mit roten Haaren keine der Antworten auswählen, da sie schlichtweg nicht passen (vgl. HAUSER et al. 2009, 29). Gerade bei einem Fragebogen zur Untersuchung von Schülervorstellungen ist es notwendig, dass innerhalb der Antworten alle vorhandenen Schülervorstellungen berücksichtigt werden, damit die Befragten dann die jeweils für sie zutreffende Vorstellung auch auswählen können. Dabei sind natürlich die vorangegangenen Punkte zu berücksichtigen. Um den Aufwand für manche Befragte zu reduzieren, können Filterfragen dazu genutzt werden, einzelne Fragen oder sogar ganze Bereiche zu überspringen. Es ist darüber hinaus wichtig, darauf zu achten, dass der erforderliche Schreibaufwand so minimal wie möglich gehalten wird. Wird der Schreibaufwand gering gehalten, so ist zum einen die Bearbeitungszeit des Fragebogens für die Befragten geringer und zum anderen auch die Auswertung weniger kompliziert (vgl. HAUSER et al. 2009, 29).

Bevor mit der Hauptuntersuchung begonnen wird, empfiehlt es sich einen sogenannten Testlauf voranzustellen, um eventuelle Probleme in der Konzeption des Fragebogens festzustellen. In der eigentlichen Untersuchung werden diese Ergebnisse dann nicht mit erfasst (vgl. HAUSER et al. 2009, 29 f.). Der Testlauf benötigt jedoch zusätzliche Ressourcen. Zum einen zusätzliche SuS, die an der Hauptuntersuchung nicht mehr teilnehmen können, zum anderen Zeit für die Durchführung, Auswertung und Überarbeitung des Fragebogens. Dies ist innerhalb des für die Arbeit angelegten Zeitraumes nicht realisierbar, weshalb darauf verzichtet werden muss.

4.3 EvaSys und der VividForms Editor

Zur Erstellung und Auswertung des für die Untersuchung benötigten Fragebogens wurde sich dazu entschieden, die Software *EvaSys* V6.1 der Firma *Electric Paper Evaluationssysteme GmbH* zu verwenden. Dabei handelt es sich um eine webbasierte Anwendung, deren Funktionen nach einem Login zur Verfügung stehen. Das *studiumdigitale* der Goethe-Universität besitzt für diese Software die nötige Lizenz und ermöglicht es auch Studierenden damit eigene Umfragen zu erstellen und durchzuführen. *EvaSys* dient jedoch nicht nur zum Erstellen von Fragebögen, sondern bietet eine Funktion zum Auswerten dieser Fragebögen. Dafür können Umfragen angelegt und einzeln ausgewertet werden. Zum Erstellen einer Umfrage benötigt es einen Fragebogen, deren Erstellung zunächst betrachtet wird.

Die Erstellung von Fragebögen innerhalb von *EvaSys* erfolgt mithilfe der Software *VividForms Editor* V6.1. Dabei handelt es sich ebenfalls um eine webbasierte Anwendung, die sich innerhalb von *EvaSys* öffnen lässt. Bevor mit dem eigentlichen Erstellen des Fragebogens begonnen werden kann, muss ein Kürzel sowie eine Überschrift für diesen angegeben werden. Im Nachhinein lassen sich diese Angaben jedoch auch noch ändern.

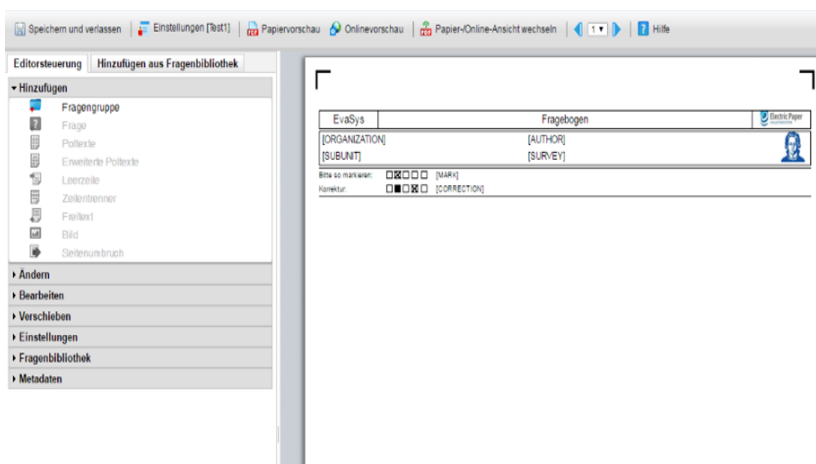


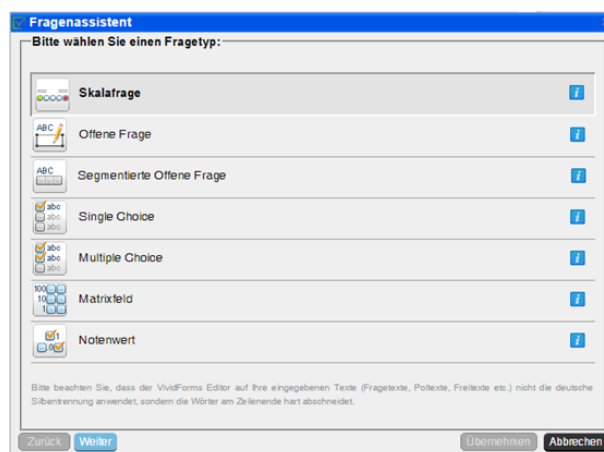
Abbildung 20 Oberfläche vom VividForms Editor

Ist dies erfolgt, gelangt man zu der Hauptoberfläche, in der der Fragebogen erstellt werden kann. Das Erstellen wird über die sich links befindende *Editorsteuerung* ermöglicht.

Um einzelne Fragen zu erstellen, muss zunächst eine Fragengruppe angelegt werden. Somit ist eine thematische

Gliederung des Fragebogens möglich. Dadurch wird die Konstruktion eines roten Fadens erleichtert und ein guter Überblick bei einer Vielzahl von Fragen ist gewährleistet. Jede Fragengruppe kann eine individuelle Überschrift erhalten, was eine zusätzliche Orientierung bietet. Eine Fragengruppe kann auch als freies Textfeld angelegt werden. Dies wird beispielsweise für die Einleitung des Fragebogens genutzt. Ein weiterer Vorteil der Fragengruppe ist, dass sie innerhalb des Fragebogens verschoben werden kann. Dabei werden alle Fragen innerhalb der Gruppe auch verschoben, was ein einfaches Umgestalten des Fragebogens ermöglicht. Ist die Fragengruppe erstellt können nun Fragen zu dieser hinzugefügt werden.

Dafür wird in dem Menüpunkt *Hinzufügen* der Punkt *Frage* ausgewählt. Nun öffnet sich ein Fragenassistent zur Auswahl des Fragentyps. Da für den Fragebogen vor allem die *Single-Choice*-Fragen von Bedeutung sind, soll auf deren Erstellung als Erstes eingegangen werden. Zudem wird kurz auf die *Multiple-Choice*-Fragen, die *offenen*



Fragen und die *Skalafragen* eingegangen. **Abbildung 21 Fragenassistent VividForms Editor**

Da die restlichen Fragentypen keine Verwendung finden, sei für nähere Informationen auf das Handbuch des *VividForms Editor V6.1* verwiesen. Im vorangegangenen Abschnitt wurde bereits erklärt was unter *Single-Choice*- beziehungsweise *Multiple-Choice*-Fragen verstanden wird. Wählt man die *Single-Choice*-Frage aus, so öffnet sich ein neues Fenster. Neben einem Textfeld für die Frage, sowie einem Textfeld für die Antwort, gibt es noch ein Feld, in dem alle Antworten aufgelistet sind. Es kann ausgewählt werden, ob die Antwortmöglichkeiten sich neben oder unter dem Fragentext befinden sollen. Ab einer Anzahl von 11 Antwortoptionen werden diese automatisch unter der Frage positioniert. Auch ist es möglich ein Bild zu der Frage hinzuzufügen und Antwortoptionen dazu zu formulieren. Wählt man statt der *Single-Choice*-Frage die *Multiple-Choice*-Frage aus, so unterscheidet sich das öffnende Fenster kaum von dem der *Single-Choice*-Frage. Anzumerken ist jedoch, dass eine maximale Anzahl der möglichen Kreuze angegeben werden kann. Diese Funktionalität ist allerdings nur für Online-Befragungen von Interesse. Wird eine solche *Multiple-Choice*-Frage in den Fragebogen eingefügt, so wird diese mit einem sich am linken Rand befindenden MC markiert. Auf der Oberfläche zur Erzeugung einer *Skalafrage* kann bestimmt werden, wie viele Ankreuzfelder es geben soll. Zudem kann die Skala in den Feldern *Links* und *Rechts* beschriftet werden. Die nachstehende Abbildung zeigt die unterschiedlichen Fragenassistenten. (vgl. ELECTRIC PAPER EVALUATIONSSYSTEME GMBH 2014b)

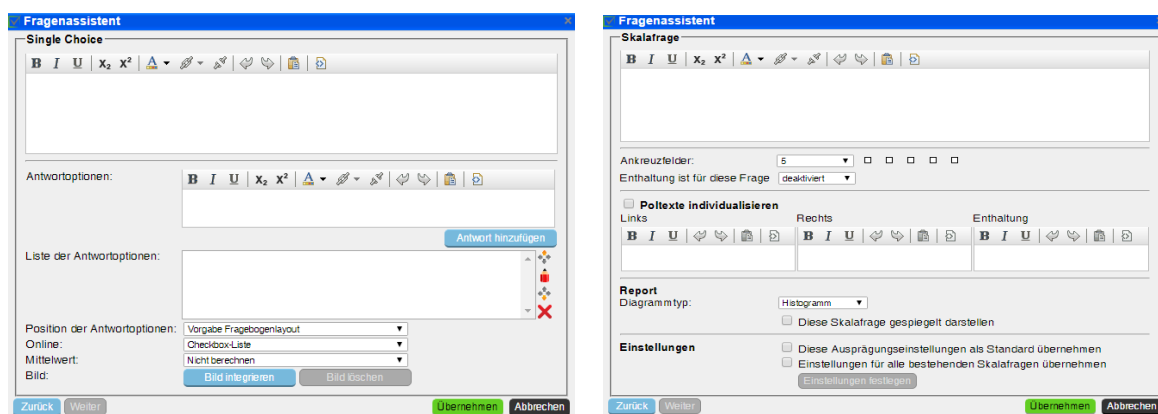


Abbildung 22 Single Choice und Skalafrage

Ist der Fragebogen erstellt, kann er in *EvaSys V6.1* zum Erzeugen einer Umfrage genutzt werden. Ist ein Fragebogen in einer Umfrage eingebettet, so kann er nicht mehr mit dem Editor bearbeitet werden. Zur Bearbeitung ist dann entweder das Löschen der Umfrage von Nöten oder der Fragebogen muss als Vorlage genutzt werden um ihn weiterzuentwickeln. Jede neue Umfrage braucht einen Titel. Zum Erstellen der Umfrage kann ein bereits fertiger Fragebogen verwendet werden. Es ist jedoch auch möglich einen neuen Fragebogen zu erstellen, oder auf Grundlage eines bereits vorhandenen einen angepassten Fragebogen zu entwickeln. Anschließend daran wird die Art der Umfrage festgelegt. Zur Auswahl stehen Papier-, Online- oder Hybrid-Umfragen. Wie die Bezeichnung Hybrid schon verrät, handelt es sich dabei um eine Umfrage, in der die Befragten entscheiden können ob sie die Umfrage papierbasiert oder online durchführen möchten. Für die Untersuchung von Schülervorstellungen zu Wolken wird sich für die Papier-Umfrage entschieden. Papierumfragen können in zwei unterschiedlichen Varianten erzeugt werden. Der Selbstdruck bietet einen umfassenden Barcode, der eine Zuordnung zu den einzelnen Umfragen ermöglicht, selbst wenn die Bögen verschiedener Umfragen vermischt wurden. Als Alternative bietet sich das Deckblattverfahren. Hier findet sich kein Barcode auf den Fragebögen. Die Fragebögen sind neutral gehalten und können für unterschiedliche Umfragen benutzt werden. Die Zuordnung zu der Umfrage erfolgt über das speziell für die Umfrage erzeugte Deckblatt, das auf den zu scannenden Fragebogenstapel gelegt wird. Darüber hinaus kann man sich dazu entscheiden den Seriendruck und die Validierung zu aktivieren. Beim Seriendruck, der bei Fragebögen ab mehr als zwei Seiten empfohlen wird, bekommt jeder Bogen eine individuelle Laufnummer, so dass bei versehentlichem Vermischen der Blätter verschiedener Bögen immer noch eine Zuordnung erfolgen kann. Damit bleibt der Datensatz einer befragten Person immer zusammen. Die Verifikation dient dazu unsichere Ergebnisse beim Scannen nachprüfen zu können. Die entsprechenden Fragen werden dann zur manuellen Überprüfung angezeigt. Da der Fragebogen sich auf über

fünf Seiten erstreckt und eine Verifikation sinnvoll ist, wurde sich sowohl für den Seriendruck als auch für die Verifikation entschieden. Bevor das Anlegen der Umfrage abgeschlossen wird, werden noch einmal alle gemachten Angaben aufgelistet. Ist die Umfrage dann angelegt, so können mit der Aktion *Fragebögen erzeugen* für die Umfrage Fragebögen erzeugt werden. (vgl. ELECTRIC PAPER EVALUATIONSSYSTEME GMBH 2014a)

4.4 Festlegung der Zielgruppe

Bevor der Fragebogen erstellt werden kann, muss sich zunächst über die Zielgruppe Gedanken gemacht werden. Da die vorangegangene Arbeit von SCHIEL sich auf Grundschüler bezieht, wurde als Zielgruppe dieser Untersuchung die Sekundarstufe I ausgewählt. Diese umfasst die Jahrgänge fünf bis neun (G8) oder zehn und damit einen Zeitraum von sechs bis sieben Jahren. Logischerweise haben die Schülerinnen und Schüler der zehnten Klasse andere Grundvoraussetzungen als SuS der fünften Klasse. Es macht daher für die Erstellung des Fragebogens Sinn, die Zielgruppe weiter einzugrenzen. Als geeignete Gruppe für die Umfrage werden SuS der siebten und achten Klasse erachtet. Je nach Bildungsgang bekommen SuS ab der sechsten oder siebten Klasse Physikunterricht. Die Zielgruppe der fünften und sechsten Klasse befindet sich zudem noch recht nahe an der Zielgruppe von SCHIEL. Da zum einen nicht alle SuS dieser Jahrgangsstufen in Physik unterrichtet werden und teilweise zwischen der Befragungsgruppe von SCHIEL und dieser nur ein oder zwei Jahre liegen, ist davon auszugehen, dass durch eine Befragung der Jahrgänge fünf und sechs keine abweichenden Erkenntnisse gewonnen werden können. Betrachtet man sich das hessische Kerncurriculum für das Fach Physik, so findet bis zur Hälfte der Sekundarstufe I, also bis einschließlich der achten Klasse, Unterricht zum Inhaltsfeld *Wetter und Klima* statt (vgl. HESSISCHES KULTUSMINISTERIUM). Zwar werden Wolken nicht explizit als Thema darin aufgezählt, es ist aber zu erwarten, dass wenn Wolken überhaupt behandelt werden, dies in diesem Inhaltsfeld stattfindet. Eine Ausweitung der Befragung auf die neunte und zehnte Klasse würde daher zu keinen neuen Erkenntnissen führen. So kann sich auf die Befragung der siebten und achten Klasse beschränkt werden. Eine Einschränkung auf einen einzelnen Schulzweig wurde jedoch nicht vorgenommen. Da Wolken als Thema in der Schule nicht vorgesehen sind, könnte es interessant sein, welche Vorstellungen SuS aus verschiedenen Schulzweigen haben. Dabei wurde jedoch darauf verzichtet für jede Schulform einen eigenen Fragebogen zu erstellen, um die Vergleichbarkeit zu erhalten. Lediglich der Fragebogen für die integrierte Gesamtschule hat

eine zusätzliche Frage nach der Anzahl der E-Kurse, was in Abschnitt 4.5 noch näher erläutert werden soll.

4.5 Aufbau des Fragebogens

Der Fragebogen besteht aus insgesamt sechs Fragengruppen, die insgesamt 30 Fragen nach Themen gliedern. Dabei wurde sich dazu entschieden, vor allem *Single-Choice*-Fragen zu verwenden, da dies die Auswertung erheblich erleichtert.

Die erste Fragengruppe befasst sich mit den allgemeinen Informationen zu den Schülerinnen und Schülern. Dabei soll das Geschlecht, die Klasse, sowie die Schulform ermittelt werden. Da die Befragung auch an einer integrierten Gesamtschule erfolgt, wird an dieser Schule nicht nach den Schulformen sondern nach der Anzahl der E-Kurse differenziert. Zusätzlich zu den allgemeinen Daten wird mit Frage 1.4 erfasst, ob die SuS bereits eine schulische Vorbildung zu Wolken haben. Um dies zu

1.1 Geschlecht:		
☐ männlich	☐ weiblich	
1.2 Klasse:		
☐ 5	☐ 6	☐ 7
☐ 8	☐ 9	☐ 10
1.3 Schulzweig:		
☐ Gymnasium	☐ Realschule	☐ Hauptschule
1.4 Ich kann mich daran erinnern, dass Wolken im Unterricht behandelt wurden:		
☐ Ja, in der Grundschule.	☐ Ja, in der Mittelstufe.	☐ Ja, aber ich weiß nicht mehr wann.
☐ Nein.		
1.5 Bist du schon geflogen?		
☐ Ja, 1-3 mal.	☐ Ja, 4-6 mal.	☐ Ja, mehr als 6 mal.
☐ Nein.		
1.6 Hast Du schon einmal Wolken aus dem Flugzeug heraus beobachtet?		
☐ Ja.	☐ Ja, ich bin auch schon durch eine durchgeflogen.	☐ Nein.
☐ Nein, da ich noch nie geflogen bin.		

Abbildung 23 Fragengruppe 1

spezifizieren, sollen die SuS angeben, ob dies in der Grundschule, der Mittelstufe oder zu einem nicht mehr genau bekannten Zeitpunkt stattgefunden hat. Für die spätere Auswertung der Umfrageergebnisse könnte die Information, ob und wie oft die SuS bereits geflogen sind, in Abhängigkeit auf die gegebenen Antworten, von Interesse sein. Ist eine Schülerin oder ein Schüler bereits geflogen, so ist nicht automatisch davon auszugehen, dass sie den Flug durch eine Wolke mitbekommen oder beobachtet haben. Daher soll Frage 1.6 dies genauer ermitteln. Es ist nicht ausgeschlossen, dass aufgrund dieser Erfahrungen diese SuS eine andere Vorstellung von Wolken haben. Dieser Abschnitt von insgesamt sechs Fragen, soll es ermöglichen, die Umfrageergebnisse in Abhängigkeit mit den hier gemachten Angaben zu betrachten.

2.1 Wie kommt das Wasser in die Atmosphäre?		
☐ Das Wasser verdampft.	☐ Das Wasser verdunstet.	☐ Das Wasser wird von der Sonne hinauf gezogen.
2.2 Wann kann Wasser als Gas in die Atmosphäre aufsteigen?		
☐ Nur wenn die Sonne scheint.	☐ Immer wenn es warm genug ist.	☐ Es kann immer geschehen.

Abbildung 24 Fragengruppe 2

Die nächsten zwei Fragen befinden sich in der Fragengruppe *Wasser in der Atmosphäre*. Mithilfe der Fragen soll herausgefunden werden, welche Vorstellungen die Befragten dazu haben, wie und wann

Wasser in die Atmosphäre aufsteigen kann. Wie in Abschnitt 2.1 beschrieben, gelangt Wasser durch Verdunstung in die Atmosphäre. Auch der Weg der Sublimation sei hier noch einmal ergänzend erwähnt, wird aber innerhalb des Fragebogens nicht berücksichtigt. Dies hat unter anderem den Grund, dass Sublimation eventuell für die SuS kein Begriff ist und damit zu Verwirrung führen könnte. Neben der Verdunstung, werden den SuS zwei weitere Antwortoptionen zur Wahl gestellt, der Vorgang des Verdampfens, sowie das aktive Ziehen der Sonne. Im Wasserkreislauf, der meist gegen Ende der Grundschule behandelt wird, wird der Sonne oft ein ziehender Charakter zugesprochen. SCHIEL fand heraus, dass ab der vierten Jahrgangsstufe, die Sonne explizit als Grund für das Aufsteigen des Wassers genannt wird. Vor der vierten Jahrgangsstufe hingegen finden sich kaum Vorstellungen dazu (vgl. SCHIEL 2015, 71 ff.). Die naheliegende Vermutung ist, dass durch den Unterricht in der vierten Klasse, diese Fehlvorstellung verstärkt oder sogar erzeugt wird. Zu der Frage wann Wasser in die Atmosphäre aufsteigt, wird neben der richtigen Antwort „es kann immer geschehen“ zusätzlich die Antwortmöglichkeiten „immer wenn es warm genug ist“ und „nur wenn die Sonne scheint“ angeboten. Zwar findet bei höheren Temperaturen mehr Verdunstung statt als bei niedrigeren, die Temperatur ist jedoch nicht ausschlaggebend, ob Wasser prinzipiell in die Atmosphäre gelangt. Auch das benötigte Scheinen der Sonne ist ein Trugschluss, denn auch nachts findet Verdunstung statt. Die letzte genannte Antwortoption soll vor allem den Befragten zur Verfügung stehen, die der Meinung sind, dass die Sonne das Wasser nach oben zieht.

Die dritte Fragengruppe in diesem Fragebogen soll sich den Wol-

ken widmen. In dieser Fragengruppe sollen

vorab grundlegende Fragen geklärt werden, bevor der letzten Abschnitt des Fragebogens sich ergänzend mit Wolken und den spezifische Vorstellungen beschäftigt.

3.1 Wolken entstehen ...		
☐ einfach so, es gibt keinen Grund dafür.	☐ weil Luft aufsteigt.	☐ nur wenn die Sonne scheint, da sie das benötigte Wasser nach oben zieht.

Abbildung 25 Frage 3.1 aus Fragengruppe 3

Es wird sowohl in diesem als auch im letzten Abschnitt darauf verzichtet auf den Vorgang der Kondensation einzugehen, da hierzu die Vorstellung der Existenz von Wassertröpfchen in der Luft bei allen SuS als gegeben angesehen werden müsste.

Die Wolkenentstehung wird daher innerhalb des Fragebogens nur oberflächlich mit einer Frage betrachtet, in der nachgefragt wird, wann Wolken entstehen. Der Grund warum es zur Kondensation in der Luft kommt, ist die Absenkung der Lufttemperatur meist durch Hebung der Luft. Die Antwort „weil Luft aufsteigt“ ist damit die richtige Vorstellung. Alternativ können die SuS angeben, dass Wolken einfach so entstehen, also kein genauer Grund existiert. Auch hier soll die Sonne mit einbezogen werden und als Antwortoption für die Wolkenentstehung genannt werden. Die Vermutung liegt nahe, dass gerade die SuS, die der Sonne bereits in den vorangegangenen Fragen eine Rolle zuschreiben, auch hier diese als ausschlaggebenden Grund sehen.

3.2 Wolken bestehen ...

- | | | |
|--|--|-------------------------------------|
| ☐ aus Wasserdampf. | ☐ aus gasförmigem Wasser. | ☐ aus Nebel. |
| ☐ nur aus Wassertröpfchen. | ☐ nur aus Eiskristallen. | ☐ aus Rauch. |
| ☐ aus Wassertröpfchen und/oder Eiskristallen. | ☐ aus Luft. | |

Wichtig ist auch herauszufinden, welche Vorstellungen SuS haben, woraus Wolken bestehen. Aufgrund der Er-

Abbildung 26 Frage 3.2 aus Fragengruppe 3

hebung von SCHIEL konnten bereits einige Vorstellungen dazu gesammelt werden. Die Antwortoptionen sind in der nebenstehenden Abbildung zu sehen. In der Untersuchung von SCHIEL äußerte eine Schülerin/ein Schüler das Wolken aus Watte bestünden. Da der Fragebogen für SuS der siebten und achten Jahrgangsstufe entwickelt werden soll, kann diese Antwortmöglichkeit vernachlässigt werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass jemand in diesem Alter diese Antwortmöglichkeit auswählt, wird als so gering eingeschätzt, dass sie nicht vergleichbar mit den anderen Optionen ist. Zu der Vielfalt der Antwortmöglichkeiten muss noch angemerkt werden, dass absichtlich sowohl Wasserdampf als auch gasförmiges Wasser aufgeführt werden. Es ist klar, dass es sich physikalisch gesehen dabei um ein und dasselbe handelt. Dennoch hat der Wasserdampf an sich in unserem alltäglichen Leben eine andere Bedeutung. Der Begriff Wasserdampf wird im alltäglichen Sprachgebrauch dafür genutzt, um beispielsweise den weißlichen Dampf beim Kochen zu beschreiben. Dieser weiße Dampf ist jedoch kein reiner Wasserdampf. Das, was wir als weißlichen Dampf sehen, ist das in der Luft kondensierte Wasser. Der Wasserdampf an sich ist, wie jedes andere Gas auch, durchsichtig. Da man jedoch bei der Konstruktion der Frage, den Sprachgebrauch und die Aspekte des alltäglichen Lebens mit einbeziehen muss, werden sowohl Wasserdampf als auch gasförmiges Was-

ser in den Fragebogen aufgenommen. Wählen die Befragten gasförmiges Wasser, so ist davon auszugehen, dass sie wirklich das Gas an sich meinen. Wird hingegen der Wasserdampf gewählt, so soll dies als das Gemisch aus kondensiertem Wasser und gasförmigen Wasser aufgefasst werden. Zudem sind noch die Möglichkeiten „nur aus Wassertröpfchen“, „nur aus Eiskristallen“ und „aus Wassertröpfchen und/oder Eiskristallen“ gegeben. Wenn SuS die Hebung von Luft als Ursache zur Entstehung der Wolken sehen und sie die Vorstellung haben, dass es dadurch zur Kondensation kommt, wären die Wassertröpfchen die naheliegende Antwort. Dass auch Eiskristalle in Wolken sein können, ist nicht unbedingt intuitiv so klar, wie die Existenz von Wassertröpfchen, weshalb es als interessant erachtet wird, ob diese Vorstellung unter den SuS vorhanden ist.

Wie die Untersuchung von SCHIEL gezeigt hat, stellen sich manche SuS eine Art Wolkenhülle vor, die beispielsweise beim Regnen aufplatzt.

3.3 Zum Aufbau der Wolke:

☐ Wolken bestehen gleichmäßig aus Wasserdampf, sowohl im Innern als auch am Rand.	☐ Wolken bestehen in der Mitte aus einem Kondensationskern, um den sich dann die Wolke bildet.	☐ Manche Wolken sind zwar scharf begrenzt, sie bestehen jedoch überall nur aus Wassertröpfchen, Eiskristallen oder beidem.
☐ Wolken haben eine Hülle, die sie begrenzt.		

Abbildung 27 Frage 3.3 aus Fragengruppe 3

Die Wolke ist also außen anders als innen und durch die Hülle scharf begrenzt. Als Gegensatz dazu dient die Vorstellung eines Kondensationskerns, also eines sich im Innern befindlichen Kerns, um den die Wolke entsteht. Zwar braucht es Kondensationskerne zum Entstehen einer Wolke, siehe Abschnitt 2.2, jedoch existiert in der Mitte kein einzelner Kern. Eine Wolke hat weder einen Kern noch eine Hülle, sie besteht überall nur aus Wassertröpfchen und/oder Eiskristallen. Die erste Antwortmöglichkeit gibt an, dass Wolken gleichmäßig aus Wasserdampf bestehen. Es ist nicht davon auszugehen, dass Wolken wirklich gleichmäßig aufgebaut sind. Sie dünnen manchmal zum Rand hin aus oder haben sich nach unten entwickelnde Schlieren (vgl. HÄCKEL 2010, 22). Es gibt keinen festen Abstand, der immer zwischen den einzelnen Wolkenbestandteilen herrscht, denn Wolken sind kein Objekte, sondern lediglich Prozesse, der sich ständig verändert.

3.4 Wolken befinden sich ...		
☐ alle in gleicher Höhe.	☐ in einer Höhe von maximal 1 km.	☐ in einer Höhe von mindestens 1 km.
☐ in einer Höhe von maximal 10 km.	☐ in einer Höhe von mindestens 10 km.	☐ in einer Höhe von maximal 100 km.

Frage 3.4, befasst sich mit der Höhe, in der sich Wolken befinden können und soll her-

Abbildung 28 Frage 3.4 aus Fragengruppe 3

ausfinden, ob SuS eine Vorstellung haben, bis zu welcher Höhe Wolken existieren können. Erste Ergebnisse von SCHIEL (2015) zeigen, dass es weder unter den Grundschulern, noch unter den Studierenden oder Lehrern eine konkrete Vorstellung gibt, in welcher Höhe sich Wolken befinden. Die Ergebnisse zeigen aufgrund der großen Streuung eine große Unsicherheit bei den Befragten. Aufgabe wird es sein, herauszufinden ob auch unter den SuS der Sekundarstufe I keine genauen Vorstellungen zur Höhe herrschen. Es wurde sich dazu entschieden, verschiedene Ober- und Untergrenzen als Antwortmöglichkeiten zu geben. Auch die Antwort, dass Wolken alle in gleicher Höhe schweben, ist möglich. Anders als bei SCHIEL werden die Höhenabschnitte größer gewählt. Wurden in der Untersuchung von SCHIEL auch 3 km und 7 km angegeben, wird hier bei der Formulierung der Antworten auf diese Höhen verzichtet (vgl. SCHIEL 2015, 88). Es ist zu vermuten, dass SuS, die die Vorstellung einer Untergrenze für die Existenz von Wolken haben, Nebel und Wolken als getrennte Phänomene betrachten.

Dieser Teil endet mit zwei Fragen zur Bewegung und Geschwindigkeit von Wolken. Zum einen soll erfragt werden, ob die SuS wissen, wieso Wolken sich bewegen und darüber hinaus, wie die horizontale Geschwindigkeit der Wolke beeinflusst wird. Der größte Einflussnehmer auf die Geschwindigkeit ist der Wind in der jeweiligen Höhenlage. Beobachtet man Wolken am Himmel, so erscheinen manchmal die tieferhängenden Wolken schneller als die hohen. Das Vorhandensein der Vorstellung, dass tiefere Wolken sich schneller bewegen als höhere, ist damit als wahrscheinlich zu erachten. Auch der gegenteilige Fall, dass höhere Wolken schneller sind als tiefe, ist manchmal beobachtbar und wird als Antwortmöglichkeit zur Verfügung gestellt.

Die nächste Fragengruppe beschäftigt sich mit der Farbe von Wolken. Wie in der Theorie bereits diskutiert, wird die Farbe einer Wolke mitunter durch ihr Reflexionsvermögen bestimmt. Die Antwortmöglichkeiten für Frage 4.1 wurden basierend auf den Ergebnissen

4.1 Welche Farbe haben Wolken?		
☐ Wolken sind weiß.	☐ Wolken sind blau.	☐ Wolken sind hellblau.
☐ Wolken sind hellblau mit ein bisschen weiß.	☐ Wolken sind weiß, manchmal aber auch grau bis schwarz.	☐ Wolken sind blau, weiß, grau und schwarz.
☐ Wolken sind durchsichtig.		
4.2 Warum gibt es weiße Wolken?		
☐ Weil Wasserdampf weiß ist.	☐ Weil gasförmiges Wasser weiß ist.	☐ Weil Nebel weiß ist.
☐ Weil das Tageslicht an den Wassertropfen gestreut wird.	☐ Weil die Eiskristalle weiß sind.	
4.3 Warum haben nicht alle Wolken die gleiche Farbe?		
☐ Wolken können ihre Farbe selbst bestimmen.	☐ Die Farbe einer Wolke hängt von vielem ab. Ein Grund ist wie die Wolke das Licht reflektiert.	☐ Je dunkler eine Wolke ist, desto schmutziger ist das Wasser in ihr.
☐ Die Farbe von Wolken hängt nur von der Menge der Wassertropfen in der Wolke ab.		

Abbildung 29 Fragengruppe 4

der von SCHIEL geführten Interviews entwickelt (vgl. SCHIEL 2015, 74 ff.). Frage 4.2 beschäftigt sich damit, warum es weiße Wolken gibt. Richtig ist, dass dies aus der Streuung des Tageslichts an den Wassertropfen resultiert. Denkbar wäre jedoch auch, dass die SuS die Vorstellung haben, dass die Farbe wegen des weißen Wasserdampfes zustande kommt. Dies ist insoweit richtig, da die Farbe des Wasserdampfes, wie die von Wolken, aufgrund der Streuung an den kondensierten Wassertröpfchen entsteht. Gleiches gilt für die Farbe des Nebels und der Eiskristalle. Definitiv falsch hingegen ist die Aussage, dass gasförmiges Wasser weiß ist.

Anschließend daran soll nachgefragt werden, warum nicht alle Wolken die gleiche Farbe haben. Klare Fehlvorstellung ist, dass Wolken ihre Farbe selbst bestimmen oder dass sie vom Grad der Verschmutzung des Wassers abhängig ist. Regenwolken, die bekanntlich grau bis dunkelgrau erscheinen, sind nicht die einzigen gräulichen Wolken. Da die Vorstellung, graue Wolken sind Regenwolken, bei den SuS vorhanden sein könnte, ist es sinnvoll als einzigen Grund für die unterschiedliche Farbe von Wolken, die Anzahl der Wassertröpfchen zu nennen. Damit soll untersucht werden, ob SuS nur die Menge an Wassertröpfchen als Grund für die Farbänderung sehen, oder ob sie denken, dass noch weitere Faktoren dafür verantwortlich sind.

5.1 Warum regnet es?

☐ Irgendwann ist die Wolke zu schwer und die Hülle der Wolke bricht auf.	☐ Die Tröpfchen in der Wolke wachsen, bis sie so schwer sind, dass sie runterfallen.	☐ Irgendwann sind so viele Tröpfchen in der Wolke, dass nicht mehr alle in der Schwebe gehalten werden können.
☐ Ich weiß nicht warum es regnet.		

Ein wichtiges Wetterphänomen ist der Regen. Die Vorstellungen wieso es regnet werden in Frage 5.1 erfasst

Abbildung 30 Frage 5.1 aus Fragengruppe 5

Die Antwortmöglichkeiten

werden wieder an den Ergebnissen der Untersuchung von SCHIEL angelehnt. Auch in dieser Frage gibt es eine Antwortmöglichkeit, die die Vorstellung, dass Wolken eine Art Hülle aufweisen, berücksichtigt. Sobald die Wolke zu schwer ist, also sich zu viel Wasser darin befindet, platzt die Hülle auf und das in ihr enthaltene Wasser fällt als Regen auf die Erdoberfläche. Gerade die Vorstellung einer Hülle wird durch Ausdrücke wie Platzregen und Wolkenbruch gestützt. Eine weitere Vorstellung ist, dass irgendwann so viele Tröpfchen in der Wolke vorhanden sind, dass nicht mehr alle Tröpfchen in der Schwebe gehalten werden können. Die richtige Vorstellung ist, dass die einzelnen Tropfen so schwer werden, dass die in der Wolke herrschenden Aufwinde nicht mehr ausreichen, um sie in der Schwebe zu halten und sie so herunterfallen. Wie es zur Entstehung von Regentropfen kommt, kann in Abschnitt 2.7 nachgelesen werden.

Da es möglich ist in Frage 3.2 anzugeben, dass Wolken aus Nebel bestehen, stellt sich automatisch die Frage, woraus Nebel eigentlich

5.2 Was ist Nebel?

☐ Nebel ist Wasserdampf.	☐ Nebel ist gasförmiges Wasser.	☐ Nebel besteht aus Rauch.
☐ Nebel besteht aus Dampf.	☐ Nebel besteht aus winzig kleinen Wassertröpfchen.	☐ Ich weiß nicht, was Nebel ist.

5.3 Unterschied zwischen Nebel und Wolken:

☐ Nebel und Wolken unterscheiden sich in der Höhe.	☐ Nebel hat keine Hülle, eine Wolke schon.	☐ Im Nebel regnet es nicht, in Wolken schon.
☐ Es gibt keinen Unterschied, denn Wolken bestehen aus Nebel.		

Abbildung 31 Fragen 5.2 und 5.3 aus Fragengruppe 5

besteht und was er eigentlich ist. Vereinfacht gesagt ist Nebel eine tiefhängende Wolke. Es gibt zwar Unterschiede, beispielsweise in der Entstehung, aber auch Nebel besteht aus Wassertröpfchen und je nach Temperatur und Region sogar aus Eiskristallen. Da es hier in unserer Region nur sehr selten zu Eisnebel kommt, wurde darauf verzichtet die Eiskristalle mit in die Antwortmöglichkeiten aufzunehmen. Ob SuS einen Unterschied sehen und wenn ja welchen, soll in der abschließenden Frage des Abschnittes herausgefunden werden. Als mögliche Unterschiede werden die Höhe, das Vorhandensein einer Hülle, sowie das Regnen innerhalb der Wolke beziehungsweise des Nebels gegeben. Auch dass kein Unterschied existiert, kann ausgewählt werden.

6.1 Kann man auf einer Wolke stehen?		
☐ Ja, immer.	☐ Nur bei bestimmten Wolken.	☐ Nein, nie.
6.2 Wenn man wie ein Vogel durch die Wolke fliegen könnte, wäre das ...		
☐ nass und kalt.	☐ kuschelig weich.	☐ wie außerhalb der Wolke auch.
6.3 Während des Fluges durch die Wolke ...		
☐ kann man nur den Himmel und andere Wolken sehen.	☐ kann man Häuser und Straßen sehen, aber nicht den Himmel.	☐ kann man beides sehen.
☐ kann man nichts sehen.		
6.4 Wenn man im Innern eine Wolke wäre, ...		
☐ würde man sehr nass werden, da viel flüssiges Wasser in der Wolke ist.	☐ würde man sehr nass werden, da es in Wolken regnet.	☐ würde man ertrinken.
☐ würde man genauso nass werden wie im Nebel.	☐ würde man gar nicht nass werden.	
6.5 Wolken haben für die Temperatur an der Erdoberfläche ...		
☐ einen kühlenden Effekt.	☐ einen wärmenden Effekt.	☐ sowohl einen kühlenden als auch einen wärmenden Effekt.
☐ weder einen wärmenden noch einen kühlenden Effekt.		

Abbildung 32 Fragengruppe 6

Der Fragebogen schließt mit der sechsten Fragen-
gruppe, einem ergänzen-
den Teil zu Wolken, der
sich mit spezifischen Vor-
stellungen und Eigenschaf-
ten der Wolken beschäf-
tigt. Waren es zuvor nur
Single-Choice-Fragen, so
lässt sich in diesem Teil
zudem eine *Multiple-
Choice*-Frage, drei Text-
feldfragen und eine Skalen-

frage finden. Eine Vorstellung, die vor allem bei jüngeren Kindern auftritt, ist die Vorstellung, dass man auf Wolken stehen kann. Daher wurde diese Frage in den Fragebogen mit aufgenom-
men, um herauszufinden, ob diese Vorstellung auch noch bei SuS der Sekundarstufe I auftritt. Die daran anschließenden drei Fragen beziehen sich auf die Anwesenheit in einer Wolke. Zum einen wird gefragt, ob es in einer Wolke nass und kalt, kuschlig weich oder wie außerhalb der Wolke auch wäre. In Wolken ist es weder nass und kalt, noch kuschlig weich, sondern wie außerhalb der Wolke auch. Zwar kann man in einer Wolke etwas nass werden, was in Frage 6.4 aufgegriffen wird, jedoch ist es innerhalb einer Wolke nicht kälter als außer-
halb. In Frage 6.3 soll genauer beschrieben werden, wie die Sicht beim Flug durch eine Wol-
ke ist. Dabei steht zur Auswahl, ob man nur den Himmel und andere Wolken sehen kann, ob man nur die Häuser jedoch nicht den Himmel sieht, ob beides sichtbar ist oder man gar nichts sieht. Es wird interessant sein herauszufinden, ob SuS die Wolken und Nebel als das gleiche, beziehungsweise Nebel als Bestandteil sehen, sowie diejenigen die schon einmal mit einem Flugzeug geflogen sind diesbezüglich noch Fehlvorstellungen haben. In der Untersuchung von SCHIEL sagen viele Befragte, dass man in einer Wolke sehr nass werden kann. Dabei stellte sich im Nachhinein die Frage, was man unter ‚sehr nass‘ verstehen kann (vgl. SCHIEL 2015, 89). Um dies zu untersuchen, werden in Frage 6.4 mögliche Gründe dafür angegeben, wieso man nass werden könnte und wenn ja, wie sehr. Frage 6.5 befasst sich mit dem Effekt der Wolken auf die Temperatur an der Erdoberfläche. Wolken haben sowohl einen wärmen-
den als auch einen kühlenden Effekt, wie in Abschnitt 2.8 beschrieben.

Den SuS stehen verschiedene Kombinationen zur Auswahl. Frage

6.6	Kreuze in dieser Frage alle Punkte an, die du hier für richtig hältst (Mehrfachantworten nur hier möglich): Die Wolken spielen in der unteren Atmosphäre eine wichtige Rolle bezüglich ...				
☐	des Wassers.	☐	des Windes.	☐	der Strahlung.
☐	der Temperatur.	☐	des Luftdrucks.		

6.6 ist die einzige *Multiple-Choice*-Frage in diesem Fragebogen, da die Formulierung als *Single-Choice*-Frage um-

ständlich gewesen wäre. Die Antwortmöglichkeiten wären sehr lang geworden und durch die vielen Kombinationen wäre womöglich die Übersichtlichkeit gefährdet gewesen. Diese Verkomplizierung ist jedoch nicht gewollt und kann durch die Wahl der *Multiple-Choice*-Frage vermieden werden. Abschließend sollen die Befragten einen Wassertropfen in einer Wolke zeichnen (6.7), sowie eine Wolke malen (6.8). Zudem steht es den Befragten frei in einem dafür vorgesehenen Textfeld alles was sie noch zu Wolken sagen wollen niederzuschreiben (6.9). Der Fragebogen wird mit einer *Skalafrage* zur Verständlichkeit der Fragen und Antwortmöglichkeiten geschlossen (6.10), da zwischen den unterschiedlichen Schulformen womöglich die Kompetenzen bezüglich des Text- und Leseverständnisses variieren. Der vollständige Fragebogen ist im Anhang der Arbeit zu finden.

5. Darstellung und Auswertung der Ergebnisse

Die Untersuchung von Schülervorstellungen zu Wolken in der Sekundarstufe I wurde im Rhein-Main-Gebiet durchgeführt. Es wurde darauf geachtet eine möglichst ausgeglichene Verteilung auf die siebte und achte Klasse, sowie auf die jeweiligen Schulformen zu haben. Zunächst soll kurz beschrieben werden, wie die Ergebnisse mit *EvaSys* ausgewertet werden können. Daran anschließend wird jede Fragengruppe gesondert ausgewertet. Dabei werden separat sowohl die *Multiple-Choice-Frage* als auch die *offenen Fragen* betrachtet.

5.1 Die Auswertung mit EvaSys

Nachdem die Fragebögen eingescannt sind, ermöglicht *EvaSys* die Verifikation unsicherer Kreuze. Nach Abschluss der Verifikation ist es möglich die verschiedenen Umfragen auszuwerten. Dafür kann für jede einzelne Umfrage ein PDF-Report erzeugt werden. Zudem bietet *EvaSys* die Ausgabe der Rohdaten, um die Auswertung in einer anderen Software durchzuführen. Die Rohdaten stehen zum einen im SPHINX-Format, zum anderen im SPSS-Format und im CSV-Format zur Verfügung. Mit *EvaSys* ist es möglich die einzelnen Umfragen zusammenzulegen. Dabei kann entschieden werden, ob nur einzelne Fragen oder der gesamte Fragebogen zusammengelegt werden soll. Auch die Auswertung einzelner Untergruppen ist möglich. Dabei kann man ein Kriterium oder mehrere Kriterien festlegen, nach denen die Untergruppe ausgewertet werden soll. Beispielsweise kann die Untergruppe weiblich; 7; ein- bis dreimal geflogen erzeugt werden. Auch hier stehen dann die Rohdaten zur Verfügung. *EvaSys* hat die Funktion Kiviatdiagramme zu erzeugen. Dies ist jedoch für die Arbeit nicht notwendig. Die nachfolgenden Diagramme wurden mit Excel erzeugt.

5.2 Auswertung der ersten Fragengruppe

Für die Untersuchung sind insgesamt 378 Schülerinnen und Schüler befragt worden. Davon geben 174 an weiblich und 202 männlich zu sein. Zwei machen hierzu keine oder eine ungültige Angabe. Von den insgesamt 378 SuS geben 159 an die siebte und 218 die achte Klasse zu besuchen. Eine Angabe ist ungültig. 159 der gesamten Gruppe lassen sich dem Gymnasialzweig, 219 dem Real- und Hauptschulzweig zuordnen. Die Befragten einer integrierten Gesamtschule (IGS) wurden anhand der Anzahl der E-Kurse differenziert. Dabei entspricht eine gewisse Anzahl an E-Kursen dem gymnasialen Niveau. Ist diese Anzahl nicht erreicht, so werden die SuS dem Re-

al- und Hauptschulzweig zu geordnet. Die oben angeführten Zahlen beinhalten dabei bereits die SuS der IGS.

Ziel der ersten Fragengruppe ist es, die SuS nach verschiedenen Voraussetzungen einteilen zu können. Dies wird deshalb gemacht, um herauszufinden, ob bestimmte Vorkenntnisse die Vorstellungen positiv, negativ oder gar nicht beeinflussen.

Über die Hälfte der SuS geben an, dass sie Wolken noch nicht im Unterricht behandelt haben. Ein Fünftel kann sich lediglich daran erinnern, dass Wolken bereits im Unterricht besprochen wurden, jedoch nicht mehr zu welchem Zeitpunkt. Dass mehr als die Hälfte der SuS Wolken bisher noch nicht behandelt hat, war nach obiger Diskussi-

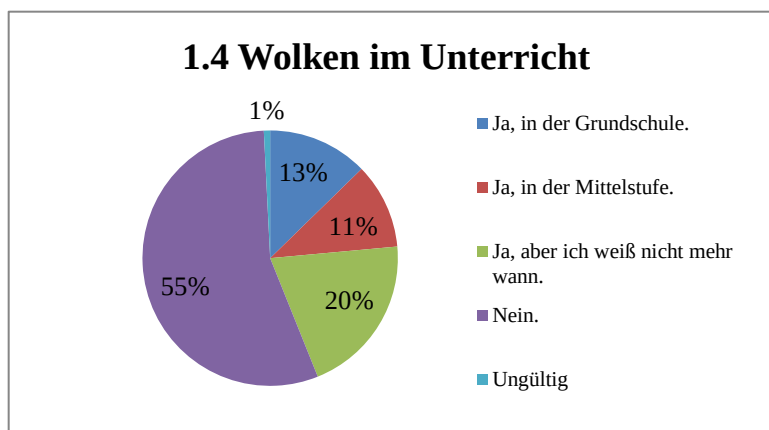


Abbildung 34 Ergebnis der Frage 1.4

on des Kerncurriculums zu erwarten. Dennoch zeigen die Ergebnisse, dass 44% der SuS Wolken behandelt haben. Davon haben mindestens 11% Wolken in der Mittelstufe behandelt, obwohl Wolken nicht explizit im Inhaltsfeld *Wetter und Klima* aufgeführt werden (vgl. HESSISCHES KULTUSMINISTERIUM). 13% erinnern sich, dass Wolken Thema in der Grundschule war. 20% können sich nicht mehr daran erinnern, wann sie Unterricht zu Wolken hatten. Welche Aspekte zu Wolken aber besprochen wurden, lässt sich mithilfe der Frage nicht beantworten.

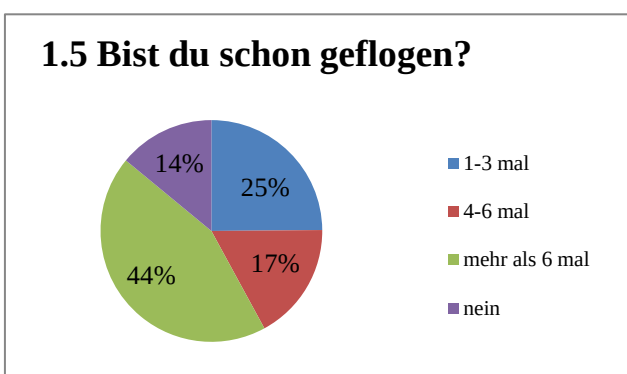


Abbildung 35 Ergebnis der Frage 1.5

Der Großteil der Befragten, nämlich 44%, gibt an schon mehr als sechsmal geflogen zu sein. Jeder vierte der Befragten gibt an, dass er ein- bis dreimal in seinem Leben geflogen ist. 17% der SuS sind bereits vier bis sechs Mal geflogen. Lediglich 14% geben an noch nie geflogen zu sein.

Die dadurch erwarteten 14% bei der Antwortmöglichkeit „Nein, da ich noch nicht geflogen bin“ der darauffolgenden Frage bleiben jedoch unterschritten. Es ist davon auszugehen, dass Befragte, die noch nie geflogen sind, eventuell auch nur „Nein“ angekreuzt haben. Insgesamt 15% verneinen, dass sie Wolken aus einem Flugzeug beobachtet haben, 34% bejahen dies und 51% geben an, dass sie sogar schon durch eine durchgeflogen sind.

1.6 Wolken aus einem Flugzeug heraus beobachtet.

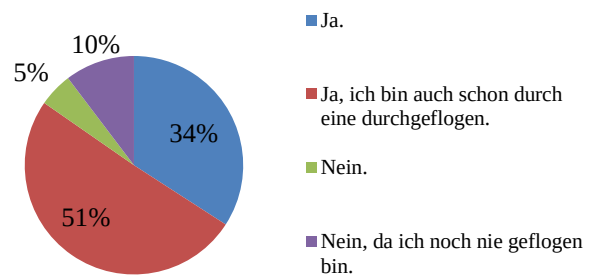


Abbildung 36 Ergebnis der Frage 1.6

5.3 Auswertung der zweiten Fragengruppe

2.1 Wie kommt das Wasser in die Atmosphäre?

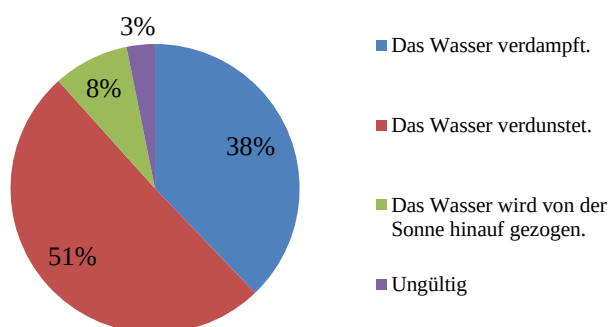


Abbildung 37 Ergebnis der Frage 2.1

Zu der Frage wie Wasser in die Atmosphäre kommt, vertreten knapp 38% die Meinung, dass das Wasser verdampft. Zwar kann Wasser durch Verdampfen in die Atmosphäre aufsteigen, beispielsweise bei Geysiren, in denen Wasser anfangen kann zu kochen (vgl. SZEGLAT 2015) oder beim Kochen auf dem Herd, jedoch ist der hauptsächliche Vorgang das Verdunsten und sollte auch als dieser explizit genannt werden.

Es ist davon auszugehen, dass die Schülerinnen und Schüler, die angeben, dass das Wasser verdampft, nicht den Extremfall des Geysirs vor Augen haben. Es kann natürlich sein, dass die SuS denken, dass Wasser nur gasförmig werden kann, wenn es eine Temperatur von 100°C erreicht hat. Sollte dies der Fall sein, so besteht bezüglich dieser Fehlvorstellung Handlungsbedarf. Eine weitere naheliegende Vermutung ist, dass die SuS nicht wissen ab wann man den Vorgang als Verdampfen bezeichnet. Sie gehen zwar davon aus, dass das Wasser auch unter 100°C als Gas in die Atmosphäre übergehen kann, kennzeichnen den Vorgang jedoch nicht als Verdunsten. Wie bereits in Abschnitt 2.1 angesprochen, können Sieden und Verdampfen synonym verwendet werden, obwohl physikalisch gesehen Verdampfen nur den Übergang vom Flüss-

sigen ins Gasförmige meint. Sollten die SuS lediglich diesen Übergang meinen, so beinhaltet dies auch das Sieden, was als falsch anzusehen ist. Eventuell ist ihnen der Begriff des Verdunstens nicht geläufig oder der Unterschied zwischen den beiden Prozessen hat sich in ihrer Vorstellung nicht verfestigt. 51%, also gerade mal etwas mehr als die Hälfte, haben die richtige Vorstellung des verdunstenden Wassers. Circa 8%, das entspricht 32 Befragten, haben noch immer die Fehlvorstellung, dass die Sonne das Wasser nach oben zieht. Man kann nun vermuten, dass die Fehlvorstellung der ziehenden Sonne aus der Behandlung des Wasserkreislaufs am Ende der vierten Klasse resultiert. Wie in dem unten stehenden Säulendiagramm zu sehen, überwiegt diese Fehlvorstellung. Vergleicht man jedoch den hier auftretenden Wert von 19% mit den SuS, die angeben dass sie Wolken in der Mittelstufe oder gar nicht behandelt haben, liegt dieser nur bei 7%. Es kommt somit fast zu einer Verdreifachung des Wertes, wenn SuS Wolken in der Grundschule hatten.

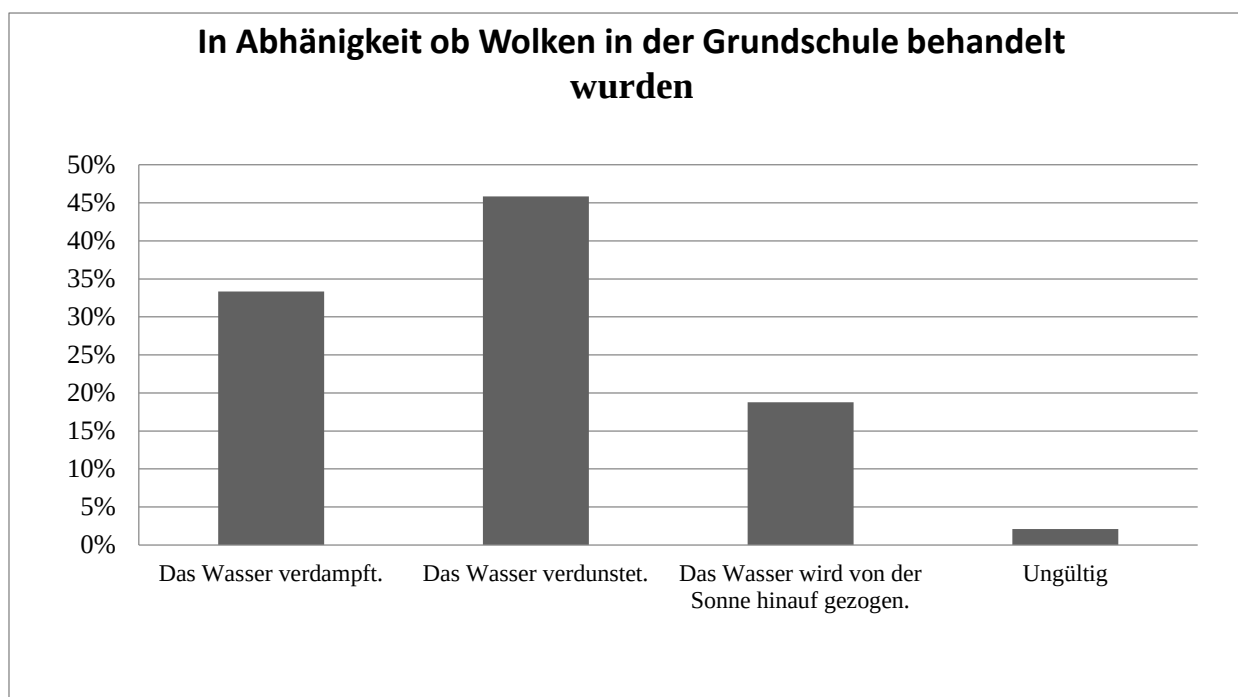


Abbildung 38 Auswertung der Frage 2.1 nach der Behandlung von Wolken in der Grundschule

Hat die knappe Mehrheit bei Frage 2.1 noch die richtige Vorstellung, so zeigt sich bei der daran anschließenden Frage ein anderes Bild. Hier haben knapp 24%, also weniger als ein Viertel, die richtige Vorstellung, dass Wasser als Gas immer aufsteigen kann. 15% der Befragten sehen das Vorhandensein der Sonne als ausschlaggebend. Wie anhand der ge-

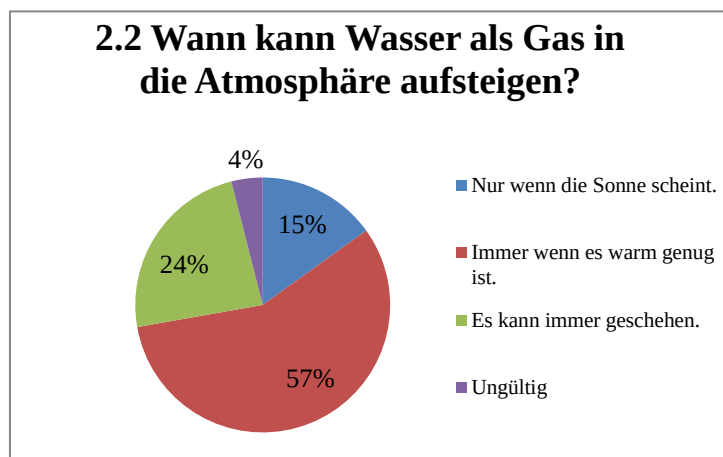


Abbildung 39 Ergebnis der Frage 2.2

stiegenen Prozentzahl zu bemerken ist, sehen im Vergleich zu Frage 2.1, 7% mehr die Sonne als Ursache. Womöglich haben SuS mit der Vorstellung des Verdampfens oder Verdunstens die Ansicht, dass diese Vorgänge nur bei Tag, also wenn die Sonne scheint, stattfinden. 57% sehen zwar die Sonne nicht als notwendig an, gehen aber davon aus, dass es warm genug sein muss. Sie sind also der Meinung, dass Verdunstung in der Nacht stattfinden kann, jedoch erst ab einer bestimmten Temperatur.

5.4 Auswertung der dritten Fragengruppe

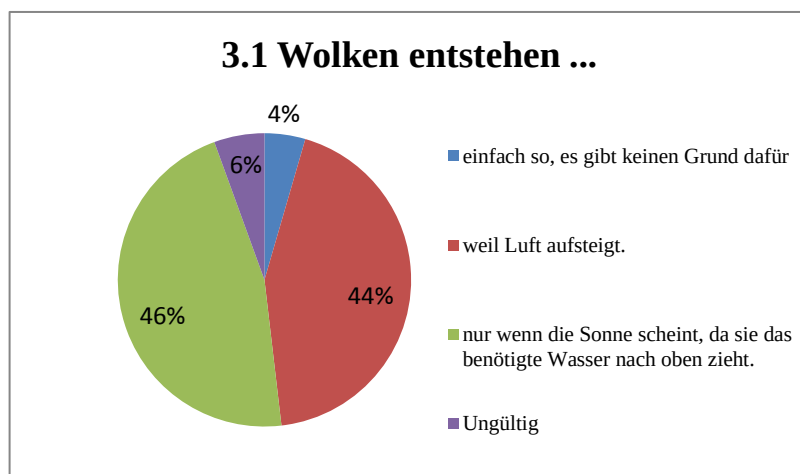


Abbildung 40 Ergebnis der Frage 3.1

4% der Schülerinnen und Schüler sehen keinen Grund für die Entstehung der Wolken. Wolken entstehen für sie somit einfach so. Ohne benötigte Rahmenbedingungen ist die Wolkenentstehung damit zufällig. 44% haben die wissenschaftlich korrekte Vorstellung, dass Wolken entstehen wenn Luft

aufsteigt. Wie in dem nebenstehenden Diagramm zu sehen ist, haben 46% der Befragten die Vorstellung, dass Wolken nur entstehen können, wenn die Sonne scheint, da sie das benötigte Wasser nach oben zieht. Das ist bemerkenswert, denn durch die Formulierung der Antwort wird der Sonne hier ein ‚ziehender‘ Charakter zugesprochen, ähnlich wie in Frage 2.1, in der nur 8% der SuS diese Aussage als richtig empfanden. Der Wert ist damit um das Fünffache gestiegen.

Es soll daher versucht werden eine Erklärung für diesen großen Antwortanteil zu finden. Ein denkbarer Grund wäre, dass sich die SuS durchaus bewusst sind, dass es einen Grund geben muss, warum Wolken entstehen. Sie erachten, im Gegensatz zu 4% der Befragten, die Wolkenentstehung nicht als zufällig. Wieso Wolken aufgrund von aufsteigender Luft entstehen sollten, ist ihnen womöglich nicht bewusst. Vielleicht haben sie keine Vorstellung darüber, was mit der Luft geschieht, wenn sie nach oben steigt.

Zudem geht es in den beiden vorangehenden Fragen immer nur um das Wasser und nie um die Luft. Die dritte Antwortmöglichkeit dieser Frage ist die einzige, in der das Wasser berücksichtigt wird. Nach dem Ausschlussverfahren, das möglicherweise bei den Befragten so stattgefunden hat, bleibt damit nur die dritte Antwort übrig. Ist dies der Fall, so wäre es sinnvoller gewesen, die zweite Antwortmöglichkeit mehr auszuformulieren. So könnte diese Antwort für einen neuen oder weiterentwickelten Fragebogen wie folgt heißen: weil Luft aufsteigt, sich abkühlt und das Wasser wieder kondensiert. Damit findet zwar das Wasser wieder eine Berücksichtigung innerhalb der Antwort, jedoch beschränkt sich diese Formulierung auf die Vorstellung, dass Wolken aus Wassertröpfchen bestehen. Das könnte im Umkehrschluss wieder den Effekt haben, dass SuS, die die Vorstellung haben Wolken bestehen aus Wasserdampf, zur dritten Antwortmöglichkeiten tendieren, da sie die Kondensation nicht als notwendig ansehen. Dies könnte von vornherein vermieden werden, indem noch eine vierte Antwortoption zur Auswahl gegeben wird. Sie könnte wie folgt lauten: weil Luft aufsteigt und den nötigen Wasserdampf so nach oben transportiert.

Eine weitere Vermutung warum die dritte Antwort am meisten gewählt wurde, könnte an ihrer Länge liegen. Sie ist mit 13 Worten mit Abstand die längste Antwort. Wie bereits in Abschnitt 4.2 thematisiert, soll bei der Formulierung der Antworten darauf geachtet werden, dass die Antwortoptionen möglichst eine gleiche Länge haben. Dadurch könnte vermieden werden, dass SuS eine Antwort nur wählen, da diese aufgrund ihrer Länge den Eindruck vermittelt, dass sie die Richtige ist. Gerade wenn Befragte sich nicht sicher sind, kann dies für die Wahl der Antwort ausschlaggebend sein. Natürlich kann es auch möglich sein, dass die SuS sich bewusst dafür entschieden haben. Wieso dann jedoch nur knapp 8% der Befragten der Meinung sind, dass das Wasser von der Sonne hinaufgezogen wird, muss dabei nicht im Widerspruch stehen. Es ist denkbar, dass SuS der Meinung sind, dass das Wasser zunächst verdunstet oder verdampft, dann jedoch von der Sonne hinauftransportiert werden muss. Die hier gemachten Vermutungen können anhand der Umfrageergebnisse nicht überprüft werden. Um dies eventuell im Rahmen dieser Umfrage doch noch näher zu untersuchen, können die Antworten nach den Schulformen, sowie unter dem Aspekt ob Wolken behandelt wurden oder nicht, aufgeteilt werden.

Die nachstehenden Grafiken vergleichen die Verteilung der Antworten in Abhängigkeit zum Zeitpunkt der Wissensvermittlung zu Wolken und zur Schulform.

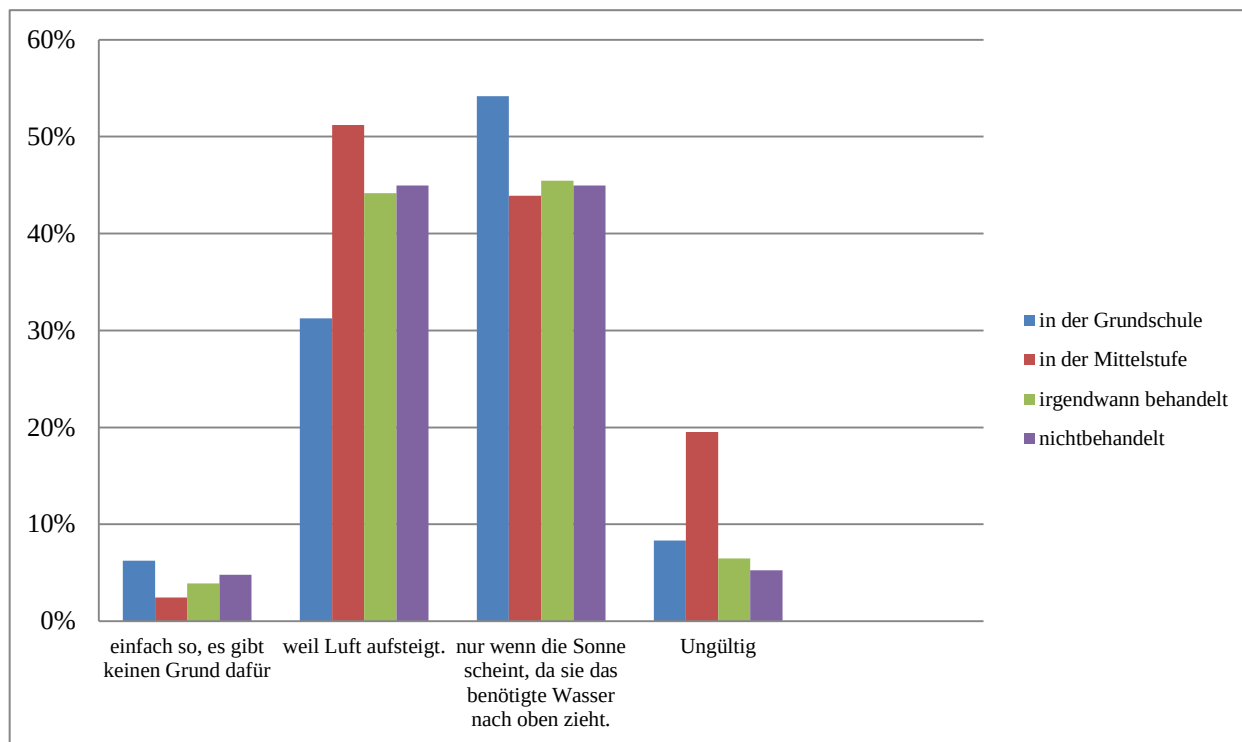


Abbildung 41 Auswertung der Frage 3.1 nach dem Zeitpunkt der Behandlung von Wolken

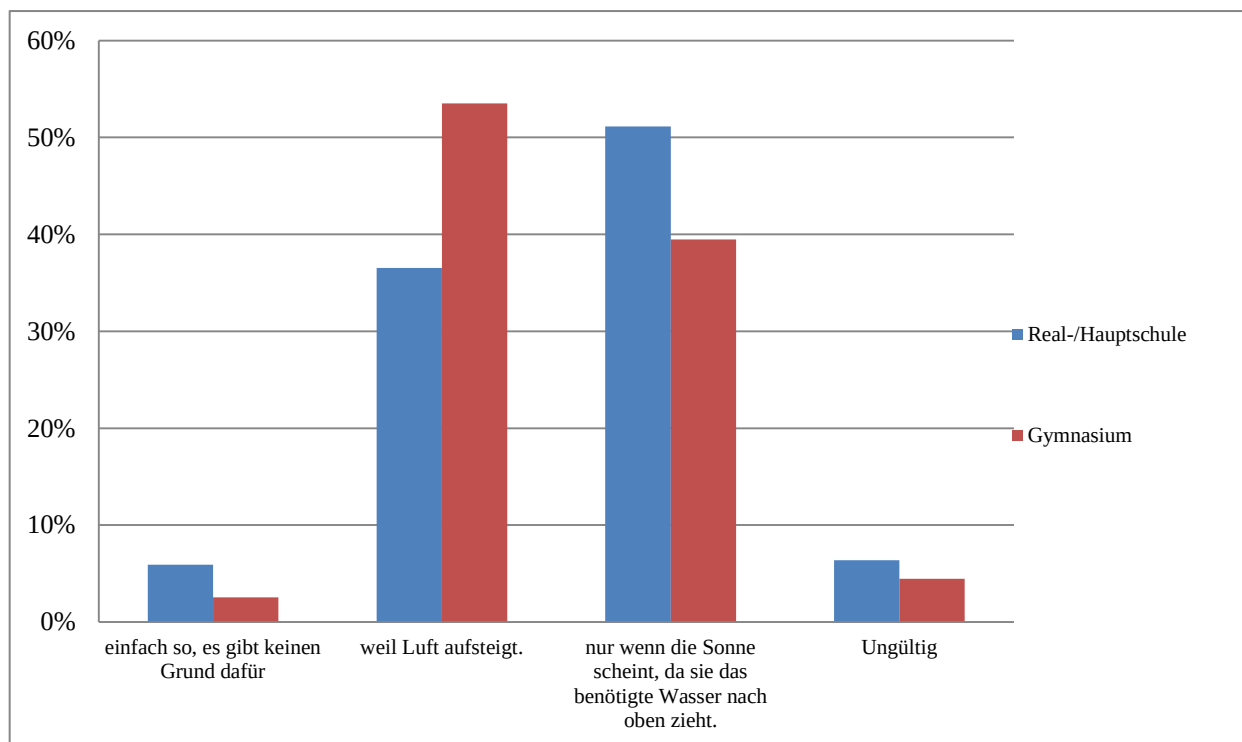


Abbildung 42 Auswertung der Frage 3.1 nach der Schulform

Wie zu erkennen ist, überwiegt die Vorstellung, dass Wolken nur entstehen können, wenn die Sonne scheint, am meisten bei den SuS, die angeben Wolken in der Grundschule bereits behandelt zu haben. Bei den SuS, die Wolken in der Mittelstufe behandelt haben, überwiegt hingegen die Vorstellung, dass Wolken aufgrund von aufsteigender Luft entstehen. Die anderen beiden Untergruppen weisen keine wirkliche Tendenz zu einer der beiden Vorstellungen auf. Betrachtet man sich die Schulformen, so haben die SuS des Gymnasiums mehrheitlich die richtige Vorstellung, wohingegen die SuS der Real- und Hauptschule mehrheitlich der Meinung sind, die Sonne wäre der Grund für die Entstehung.

Für weitere Studien wäre die genauere Untersuchung dieses Aspekts sicherlich noch interessant.

Frage 3.2 befasst sich mit den Bestandteilen der Wolken. Es ist positiv anzumerken, dass 22% der SuS, angeben, dass Wolken aus Wassertröpfchen und/oder Eiskristallen bestehen. Somit haben diesbezüglich 85 Befragte die richtige Vorstellung. Es wurde bereits festgehalten, dass mit Wasserdampf der weißliche Dampf, der beispielsweise beim Kochen aufsteigt, gemeint

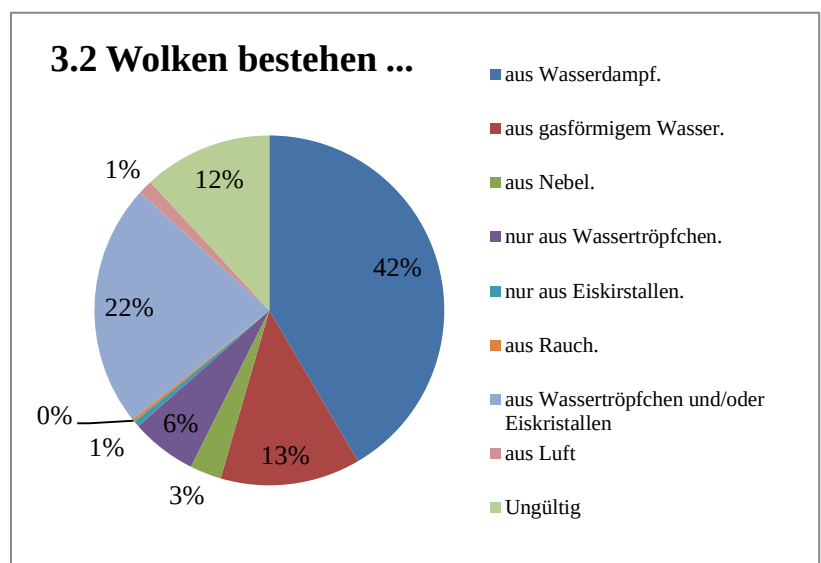


Abbildung 41 Ergebnis der Frage 3.2

ist. Damit könnte man das Ergebnis so interpretieren, dass die 42%, die diese Antwort wählten, von diesem ‚sichtbaren‘ Dampf sprechen und damit indirekt die Vorstellung haben, dass Wolken aus Wassertröpfchen bestehen. Zwar ist den SuS dies eventuell nicht bewusst, auch nicht, dass sie den Wasserdampf nur aufgrund der kondensierten Wassertröpfchen sehen, jedoch kann die Aussage „Wolken bestehen aus Wasserdampf“ nicht als komplette Fehlvorstellung gewertet werden. Nur einer der Befragten gibt an, dass Wolken aus Rauch bestehen, was aufgrund der Rundung im Diagramm mit 0% angegeben wird. Fünf der SuS haben die Fehlvorstellung Wolken bestehen aus Luft. 13% sind der Meinung, Wolken bestehen aus gasförmigem Wasser, was auch keine korrekte Vorstellung darstellt. Auch die Vorstellung, dass Wolken nur aus Eiskristallen oder nur aus Wassertröpfchen bestehen, ist vorhanden. 3% der SuS denken, dass Wolken aus Nebel bestehen. Auf diese kleine Gruppe von 11 SuS wird im Weiteren noch eingegangen, um herauszufinden woraus ihrer Meinung nach Nebel besteht. Insgesamt 12% der gegebenen Antworten sind bei dieser Frage ungül-

tig. Dies ist im Vergleich zu den anderen Fragen besonders hoch. Die meisten Stimmen werden durch mehrfaches Ankreuzen ungültig. Das spricht dafür, dass diese SuS eventuell der Meinung sind, Wolken seien ein Gemisch, beispielsweise aus Dampf, Rauch und Luft.

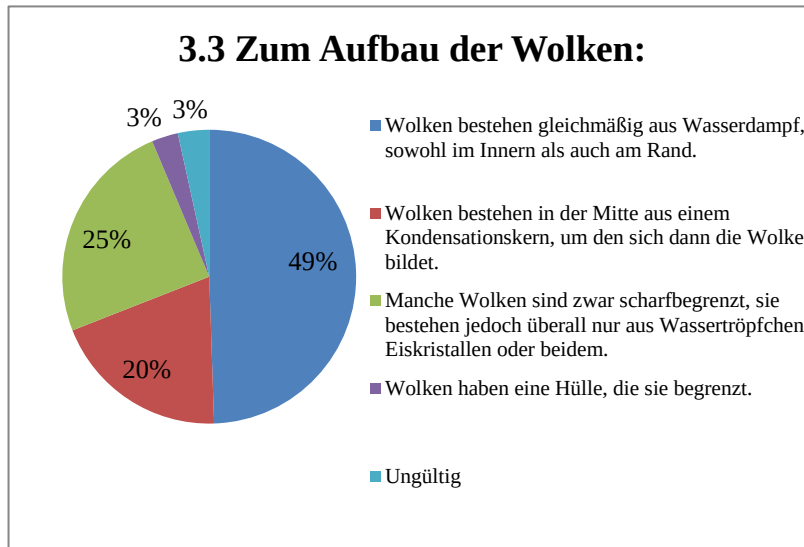


Abbildung 42 Ergebnis der Frage 3.3

Es ist nicht verwunderlich, dass knapp 50% der Befragten der Meinung sind Wolken bestehen gleichmäßig aus Wasserdampf, wenn bereits 42% in Frage 3.2 der Meinung sind, sie würden aus Wasserdampf bestehen. Auch hier ist die Vorstellung zum Teil richtig, denn Wolken bestehen sowohl im Innern wie auch am Rand aus dem Gleichen, nämlich Wassertröpfchen

und/oder Eiskristallen. Jedoch sind Wolken nicht gleichmäßig aufgebaut, worauf bereits in Abschnitt 4.5 eingegangen wurde. Auch bestehen sie eben nicht aus Wasserdampf, sondern aus Wassertröpfchen und/oder Eiskristallen. 25% der Befragten haben die wissenschaftlich haltbare Vorstellung, dass Wolken zwar manchmal scharf begrenzt sein können, jedoch sowohl innen als auch außen nur aus Wassertröpfchen und/oder Eiskristallen bestehen. Jeder Fünfte ist der Meinung, dass es einen Kondensationskern gibt, um den sich die Wolke dann bildet. Zwar gibt es, wie in Abschnitt 2.2 beschrieben, Kondensationskerne, an denen die einzelnen Wassertröpfchen dann entstehen, hier wird jedoch eher von einer Art Zentrum gesprochen. 11 der Befragten und damit 3% geben an, dass Wolken eine Hülle haben, die sie begrenzt. Dabei handelt es sich bei einer Hülle um etwas, dass die Wolke begrenzt und aus einem anderen Stoff besteht. Eventuell dient der Vergleich mit einem Luftballon als Grundlage für die Vorstellung. Dass Wolken eine Art ‚Kern‘ haben, wird sogar zusätzlich in Frage 6.9 von einem der Befragten angesprochen.

In Frage 3.4 tritt die größte Streuung der Ergebnisse auf. Hier sind die Vorstellungen breit gefächert auf die Antwortoptionen verteilt. Insgesamt vier Antwortmöglichkeiten haben nahezu gleiche Prozentzahlen. Auch die meist gewählte Antwort erreicht nur 24%. Nur die Antwort, dass Wolken sich in einer Höhe von maximal 1 km befinden können, findet wenig Zuspruch. Den SuS ist damit durchaus bewusst, dass Wolken

höher als 1 km schweben. Wieso 16% der SuS angeben, dass Wolken sich alle in gleicher Höhe befinden, ist verwunderlich, da dies den Beobachtungen aus dem Alltag widerspricht.

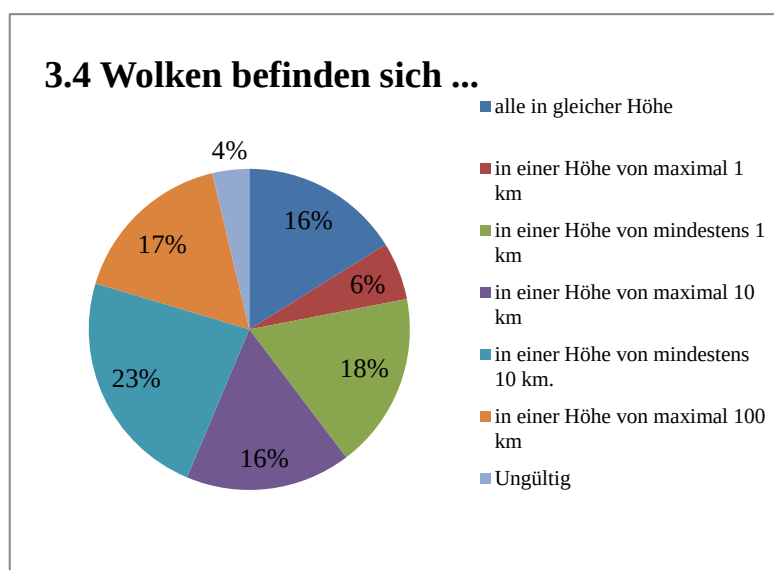


Abbildung 43 Ergebnis der Frage 3.4

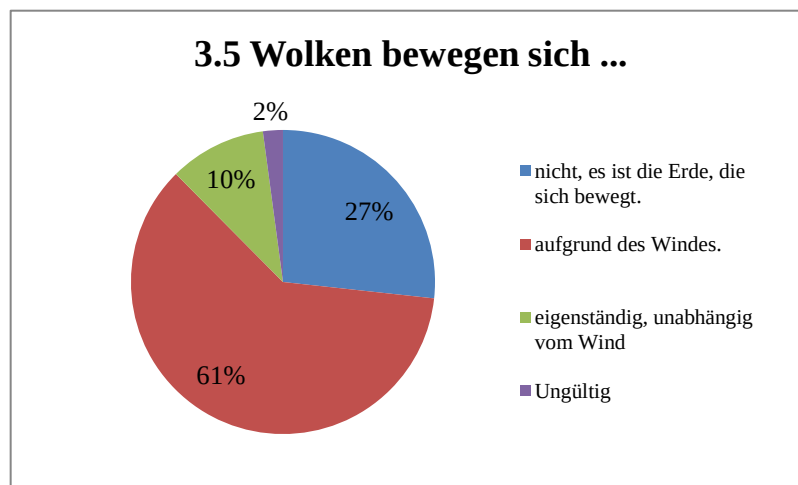


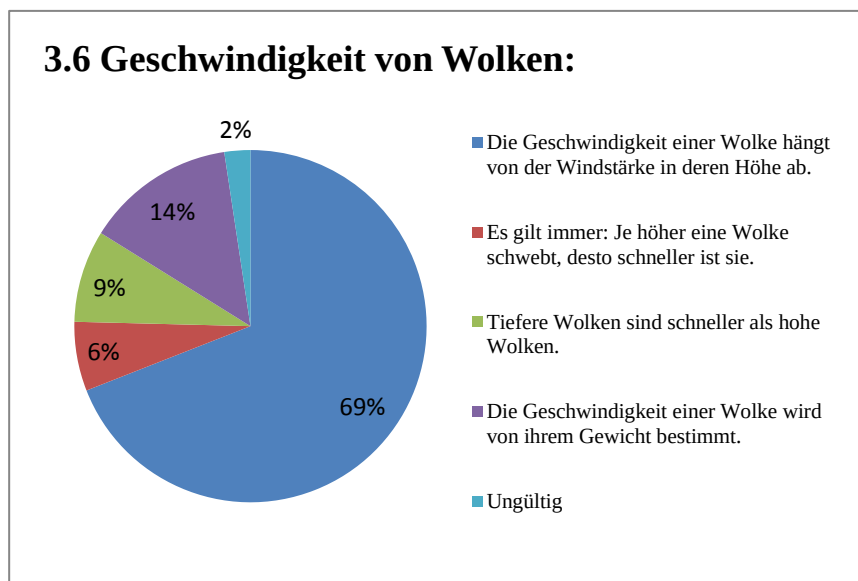
Abbildung 44 Ergebnis der Frage 3.5

61% der SuS haben die richtige Vorstellung, dass Wolken sich aufgrund des Windes bewegen. Hingegen vertreten 27% die Vorstellung, dass nicht die Wolke sich bewegt, sondern die Erde. Dass die Erde sich bewegt, ist natürlich richtig, aber dies hat nur bedingt mit der Bewegung der Wolken zu tun.

Es ist bekannt, dass durch die Erdrotation die Corioliskraft entsteht. „[D]ie Corioliskraft [lenkt] die Winde auf der Nordhalbkugel nach rechts ab“ (TIPLER et al. 2009, 167). Dies erklärt die Rotationsrichtung der Hoch- und Tiefdruckgebiete, jedoch ist sie nicht der Grund wieso Wind entsteht, denn dieser entsteht aufgrund von Druckgefällen in der Luft. Geht man davon aus, dass die Wolken sich nicht bewegen und die Erde sich darunter hinweg dreht, so könnte man nur beobachten, dass die Wolken sich in eine Richtung bewegen. Die Erde dreht sich bekanntlich von West nach Ost. In unseren Breitengraden kommt der Wind meist aus Westen (vgl. WALCH 2004, 29). Folglich ziehen die

Wolken meist von West nach Ost. Hat man die Vorstellung, dass sich Wolken scheinbar aufgrund der Drehung der Erde bewegen, so müssten alle Wolken von Ost nach West ziehen. Dies widerspricht jedoch der Zugrichtung, die man überwiegend am Himmel beobachten kann. Es liegt diesbezüglich also eine Fehlvorstellung bei 101 Befragten vor. 10% der Befragten sind der Meinung, dass Wolken sich eigenständig, unabhängig vom Wind bewegen können. Wie dies jedoch funktioniert, wird durch die Formulierung der Antwort nicht erfasst und auch handschriftlich gibt es in Frage 6.9 dazu keine Äußerung. Auch wenn mit 61% die Mehrheit der Befragten die richtige Vorstellung hat, so werden die Anteile der anderen Vorstellungen als zu hoch erachtet.

Auch bei der nächsten Frage vertritt die deutliche Mehrheit, nämlich 69% die richtige Vorstellung, dass die Geschwindigkeit einer Wolke von der Windstärke abhängig ist. Nur 14% der SuS gehen davon aus, dass die Geschwindigkeit von dem Gewicht der Wolke abhängt. 6% der Befragten



sind der Meinung, dass **Abbildung 45 Ergebnis der Frage 3.6**

Wolken an Geschwindigkeit zunehmen je höher sie sind, und 8% haben die Vorstellung, dass tiefere Wolken sich schneller bewegen. Gerade wenn es den Anschein hat, dass die unteren Wolken sich schneller bewegen, muss auf die Winkelgeschwindigkeit geachtet werden. So kann es sein, dass eine tiefere Wolke zwar schneller erscheint, jedoch in Wahrheit langsamer ist, als die darüber liegenden Wolken. Beide Vorstellungen, sowohl, dass hohe Wolken als auch tiefe Wolken schneller sind, können durch alltägliche Beobachtungen entstehen.

5.5 Auswertung der vierten Fragengruppe:

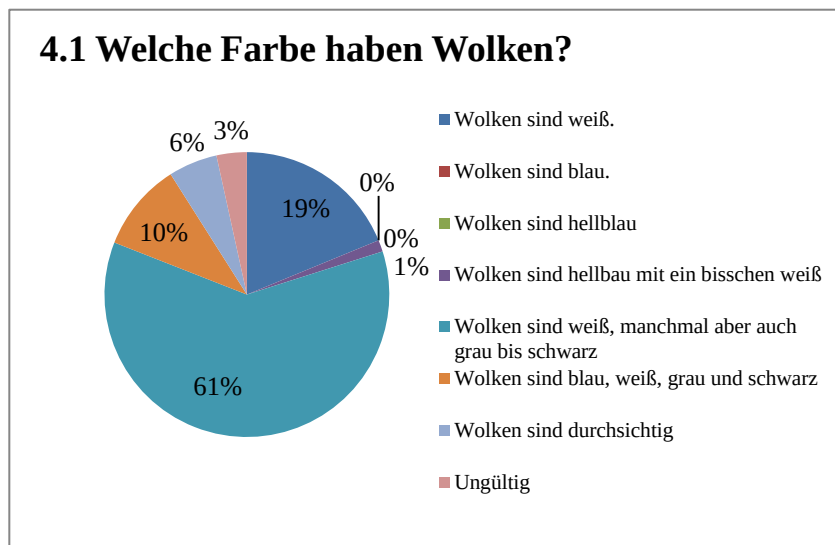


Abbildung 46 Ergebnis der Frage 4.1

Keiner der Schülerinnen und Schüler ist der Meinung, dass Wolken blau oder hellblau sind. Lediglich fünf der Befragten, das entspricht 1% der Befragten geben an, dass Wolken hellblau mit ein bisschen weiß sind. Dies ist erstaunlich, da noch in der Grundschule die Vorstellung vorhanden war, dass Wolken blau sind. Circa 6% der SuS

sind der Auffassung, dass Wolken durchsichtig seien. Diese Prozentzahl entspricht 21 Befragten. Es ist denkbar, dass sie damit meinen, dass einzelne Wassertröpfchen oder auch Wasser an sich durchsichtig ist. Es wäre interessant noch nachzufragen, wieso man dennoch Wolken sehen kann. Zwar wird sich in Frage 6.9 zur Farbe von Wolken noch vereinzelt geäußert, jedoch nicht von denen, die die Vorstellung haben Wolken seien durchsichtig. Etwas mehr als 10% sind der Ansicht, dass Wolken blau, weiß, grau und schwarz sein können. Da die Farbe einer Wolke, wie bereits in Abschnitt 2.9 besprochen, durch die Intensität des durchdringenden Lichtes bestimmt wird, das in unser Auge fällt, kann eine Wolke bei Tageslichteinstrahlung, nur weiß, grau bis hin zu dunkelgrau und schwarz erscheinen. Einen blauen Eindruck kann es aufgrund des Himmelslichtes geben. Fast 19% haben die Vorstellung Wolken seien nur weiß. Eventuell ist hier das Bild einer Cumuluswolke vorherrschend, die strahlend weiß aussieht. Auch könnte dies durch das Fliegen beeinflusst sein, da oberhalb der Wolkendecke die Wolken aufgrund ihrer Albedo strahlend weiß aussehen, obwohl sie von der Erde aus gesehen möglicherweise sehr grau erscheinen. Wertet man jedoch die einzelnen Gruppen der SuS nach der Anzahl, wie oft sie geflogen sind, so zeigt sich ein ähnliches Bild wie auch bei der gesamten Untersuchungsgruppe. Hier ist also kein Effekt auf die Vorstellung auszumachen.

Wissenschaftlich haltbar ist die Vorstellung, dass Wolken weiß, grau bis hin zu schwarz sein können. Diese Vorstellung haben knapp 61% der SuS.

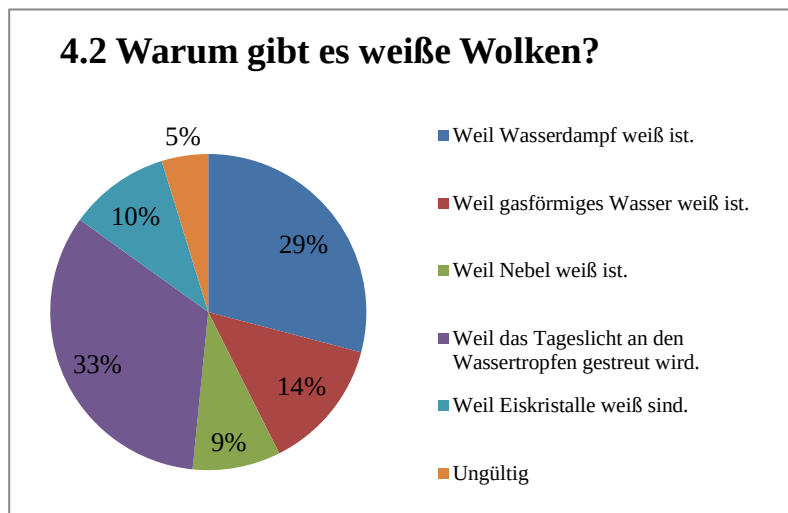


Abbildung 47 Ergebnis der Frage 4.2

Die weiße Farbe der Wolken wird von 9% der Befragten mit dem Nebel und von 10% der Befragten mit den Eiskristallen in der Wolke begründet. Kenntnis darüber, dass gasförmiges Wasser an sich durchsichtig ist, scheinen knapp 14%, also 51 der Befragten, nicht zu haben. 29% der Befragten begründen weiße Wolken damit, dass Wasserdampf weiß ist. dies entspricht somit 110 SuS. Insgesamt 33% haben die wissenschaftlich korrekte Vorstellung, dass Wolken weiß sind, da das Tageslicht an den Wassertöpfchen gestreut wird.

Wie erwartet haben nur wenige die Fehlvorstellung, dass Wolken ihre Farbe selbst bestimmen können. Warum nicht alle Wolken die gleiche Farbe haben, begründen 12% damit, dass Wolken dunkler sind, wenn das Wasser in ihnen schmutzig ist. Diese Fehlvorstellung kann dadurch entstanden sein, da Wasser bei Verunreinigung trüb und dunkel erscheint. Dies könnten sie dann auf die Wolken adaptiert haben. Dass sich die Mehrheit der Befragten zwischen der zweiten und vierten Antwortmöglichkeit entscheidet, war zu erwarten. 39% der SuS sehen die Farbe von mehreren Faktoren beeinflusst und haben somit die richtige Vorstellung. Die Vorstellung die Farbe einer Wolke hänge von der Menge der Wassertropfen ab, die insgesamt 45% der SuS haben, ist insoweit richtig, dass dies ein Grund ist, wieso eine Wolke dunkel erscheinen kann (siehe Abschnitt 2.9), jedoch nicht der einzige.

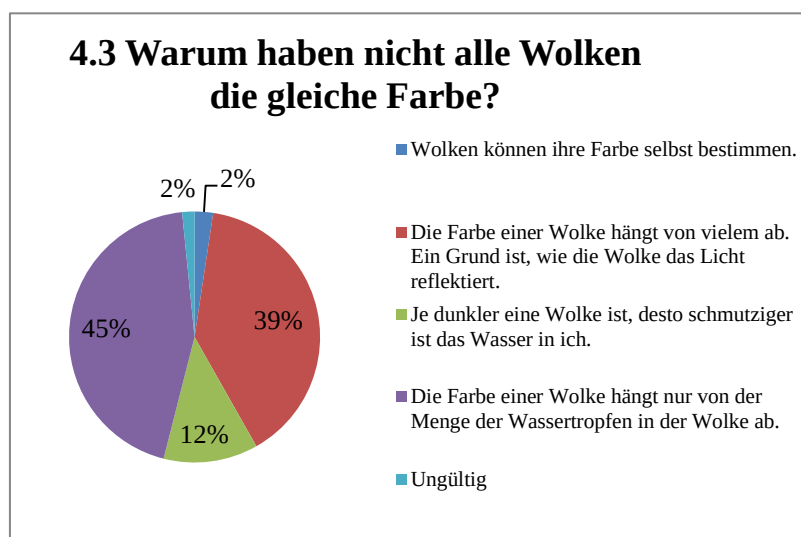


Abbildung 48 Ergebnis der Frage 4.3

Wie erwartet haben nur wenige die Fehlvorstellung, dass Wolken ihre Farbe selbst bestimmen können. Warum nicht alle Wolken die gleiche Farbe haben, begründen 12% damit, dass Wolken dunkler sind, wenn das Wasser in ihnen schmutzig ist. Diese Fehlvorstellung kann dadurch entstanden sein, da Wasser bei Verunreinigung trüb und dunkel erscheint. Dies könnten sie dann auf die Wolken adaptiert haben. Dass sich die Mehrheit der Befragten zwischen der zweiten und vierten Antwortmöglichkeit entscheidet, war zu erwarten. 39% der SuS sehen die Farbe von mehreren Faktoren beeinflusst und haben somit die richtige Vorstellung. Die Vorstellung die Farbe einer Wolke hänge von der Menge der Wassertropfen ab, die insgesamt 45% der SuS haben, ist insoweit richtig, dass dies ein Grund ist, wieso eine Wolke dunkel erscheinen kann (siehe Abschnitt 2.9), jedoch nicht der einzige.

5.6 Auswertung der fünften Fragengruppe:

Circa 6% der Befragten geben an, dass sie keine Vorstellung davon haben, beziehungsweise nicht wissen, warum es regnet. Dies entspricht 23 Schülerinnen und Schülern und somit ungefähr einer ganzen Klasse der insgesamt 16 befragten Klassen. Betrachtet man die einzelnen Schulfor-

men, so gibt es hier keine be-

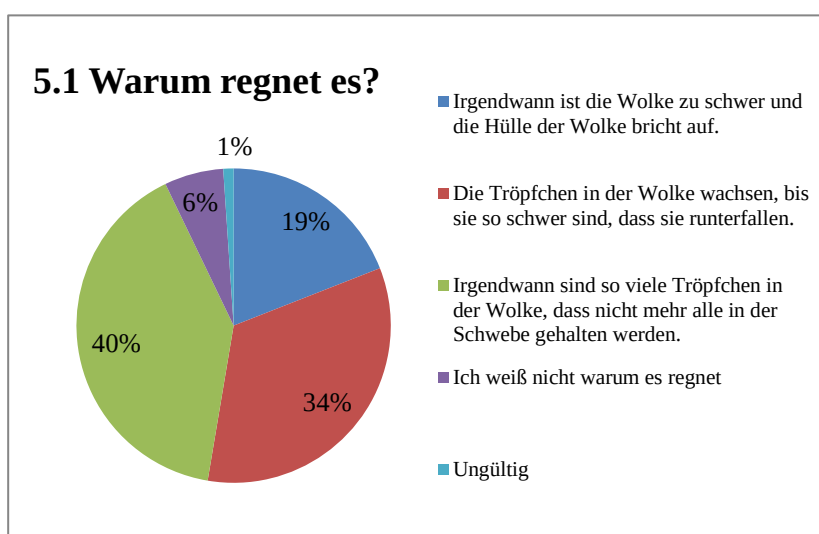


Abbildung 49 Ergebnis der Frage 5.1

sonderen Auffälligkeiten. Sowohl der Anteil der SuS des Gymnasiums, als auch der Anteil der Real- und Hauptschüler schwanken um die 6%. Ob Wolken behandelt wurden oder nicht, hat auch keinen ausschlaggebenden Effekt. Interessant ist, dass bei 19% der SuS die Vorstellung der aufbrechenden Hülle vorhanden ist. Hinter dieser Vorstellung steckt der Gedanke, dass sich irgendwann so viel flüssiges Wasser in der Wolke gesammelt hat und ihre Hülle so lange damit belastet wird, bis sie aufreißt oder aufbricht. Dies ähnelt einem Luftballon, der mit zu viel Wasser gefüllt wird und platzt. Betrachtet man die 11 SuS, die in Frage 3.3 angeben Wolken seien durch eine Hülle begrenzt, so wählen hier jeweils fünf die erste und dritte Antwortmöglichkeit aus. Es ist damit zu vermuten, dass auch in der dritten Antwortmöglichkeit die Hüllenvorstellung vorhanden sein kann und sich damit das Herunterfallen der Tröpfchen erklären lässt. Man könnte dies so interpretieren, dass wenn die Wolke voll ist, nichts mehr hineinpasst. Das von der Hülle begrenzte Volumen ist ausgefüllt und die neu dazukommenden Tröpfchen können nicht mehr aufgenommen werden und fallen hinunter. Eine der 11 befragten Personen hat jedoch bezüglich des Regens die richtige Vorstellung, dass die Tropfen an sich zu schwer werden. Dies könnte mit der Hüllenvorstellung insoweit vereinbar sein, dass die Tropfen aufgrund ihres Gewichtes eine höhere Fallgeschwindigkeit haben und so durch die Hülle durchschlagen, weil sie ihnen nicht standhält. Es wäre von Vorteil gewesen, diese Gruppe noch zu fragen, wie der Tropfen aus der Wolke fällt und wie dies mit der Hülle vereinbar ist. Nachdem die Untergruppe der SuS, die die Vorstellung der Wolkenhülle haben, genauer betrachtet wurde, soll noch einmal auf die gesamte Gruppe der Befragten eingegangen werden.

Lediglich etwas mehr als ein Drittel hat die korrekte Vorstellung, dass es nicht auf die Wolke sondern auf den einzelnen Tropfen ankommt. Die Mehrheit der SuS hat bezüglich der Frage, warum es regnet, eine Fehlvorstellung. Insgesamt 40% sehen nicht den einzelnen Tropfen als Grund für den Regen, sondern die Menge der sich in der Wolke befindlichen Tropfen. Auch hier, ähnlich wie bei der Hüllenvorstellung, wird die Wolke als ein Ganzes gesehen. Der Wolke an sich wird eine bestimmte Anzahl an Tropfen zugesprochen, die sie in der Schwebe halten kann. Dabei ist es möglich, dass unter den SuS, die diese Antwort wählten die Vorstellung existiert, dass zum einen die Wolke sich aufgrund ihres Eigengewichts selbst nicht halten kann und deshalb als Ganzes hinunter fällt, oder auch, dass sie einen Teil der Tröpfchen fallen lassen muss, damit sie nicht als Ganzes hinunterfällt. So könnte mit dieser Vorstellung sowohl der Platzregen als herunterfallende Wolke, als auch Regen und Nieselregen erklärt werden. Denkbar wäre auch, dass SuS, die diese Antwort ankreuzten, die Vorstellung haben, dass nicht die Wolke hinunter fällt, sondern sie einfach nicht mehr Tröpfchen halten kann, da sie die nötige ‚Kraft‘ nicht hat. Bildlich gesprochen, könnte man dies damit vergleichen, dass man versucht eine gewisse Zahl an Bällen mit seinen Armen und Händen festzuhalten. Wenn nun jemand immer weitere Bälle auflegt, können irgendwann nicht mehr alle festgehalten werden. Die Vorstellung, dass die Wolke ‚abregnen‘ muss, da sie nicht mehr alle Tröpfchen halten kann, erklärt wieso die Wolke beim Regnen nicht merklich kleiner wird oder sogar sofort verschwindet. Möglicherweise könnte auch die Vorstellung einer Art ‚Anziehungskraft‘ vorhanden sein, die in der Wolke herrscht und die Tröpfchen in der Wolke hält. Übersteigt die Anzahl der Tröpfchen einen gewissen Wert, so würde die ‚Kraft‘ nicht mehr ausreichen, um alle in der Schwebe zu halten. Gäbe es eine Art ‚Kern‘, um den sich die Wolke bildet, so könnten nicht alle Tröpfchen nahe genug am ‚Kern‘ sein. Stellt man sich diese ‚Anziehungskraft‘ nun so vor, dass sie schwächer ist, je weiter die Tröpfchen vom ‚Kern‘ entfernt sind, so könnte die Gravitationskraft auf die Tröpfchen am Wolkenrand größer als die ‚Anziehungskraft‘ sein. Folglich wäre die resultierende Kraft schräg nach unten gerichtet und das Tröpfchen würde fallen. Die Gruppe der SuS, die die Vorstellung hat, Wolken haben einen Kondensationskern, wählt zu 49% die dritte Antwortoption. Ob die eben formulierten und doch komplizierten Zusammenhänge jedoch so von den SuS gedacht werden, ist fraglich. Der Nachteil des Fragebogens wird auch bei dieser Frage deutlich, denn auch hier, hätte ein Nachfragen mehr Gewissheit gebracht. Es ist somit auch hier nicht auszumachen, ob die oben genannten Gründe, sich mit denen der SuS decken. Vorstellungen bei den SuS, die diese Antwort auswählten, auch so vorhanden sind. Es wurde lediglich versucht einen Überblick über mögliche Gründe zu schaffen, ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit.

Betrachtet man zum einen die Unterteilung der Gruppe nach dem Zeitpunkt der Behandlung im Unterricht und zum anderen die Untergruppen nach Schulformen, so ergeben sich die beiden folgenden Säulendiagramme.

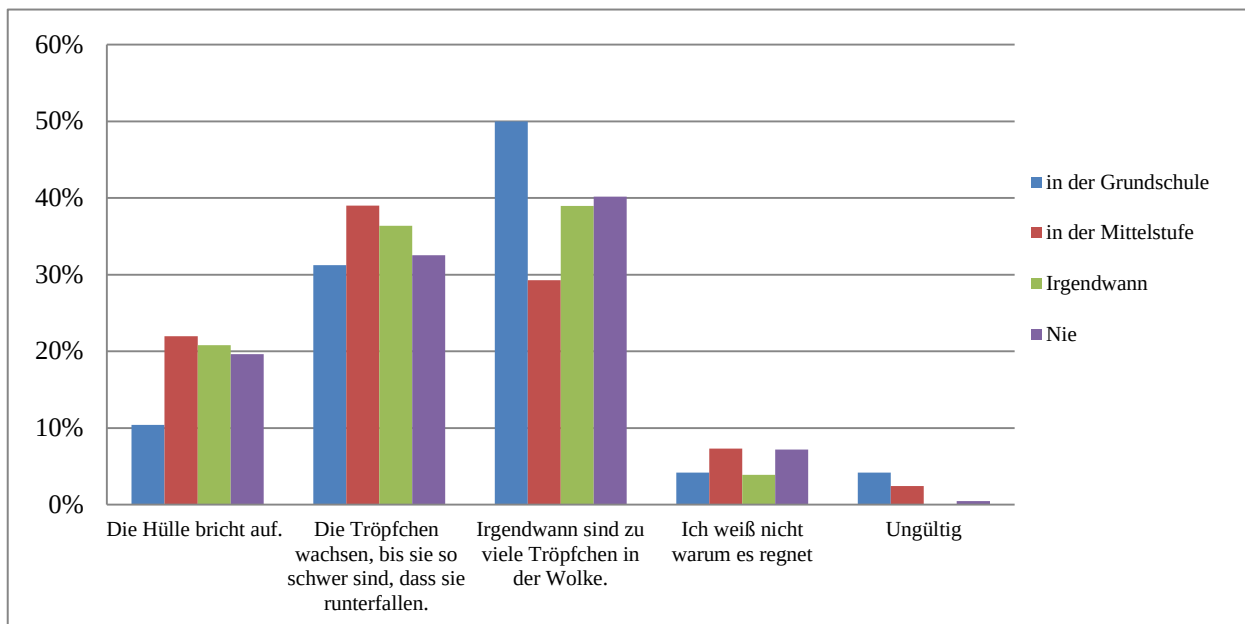


Abbildung 50 Auswertung der Frage 5.1 nach dem Zeitpunkt der Behandlung von Wolken

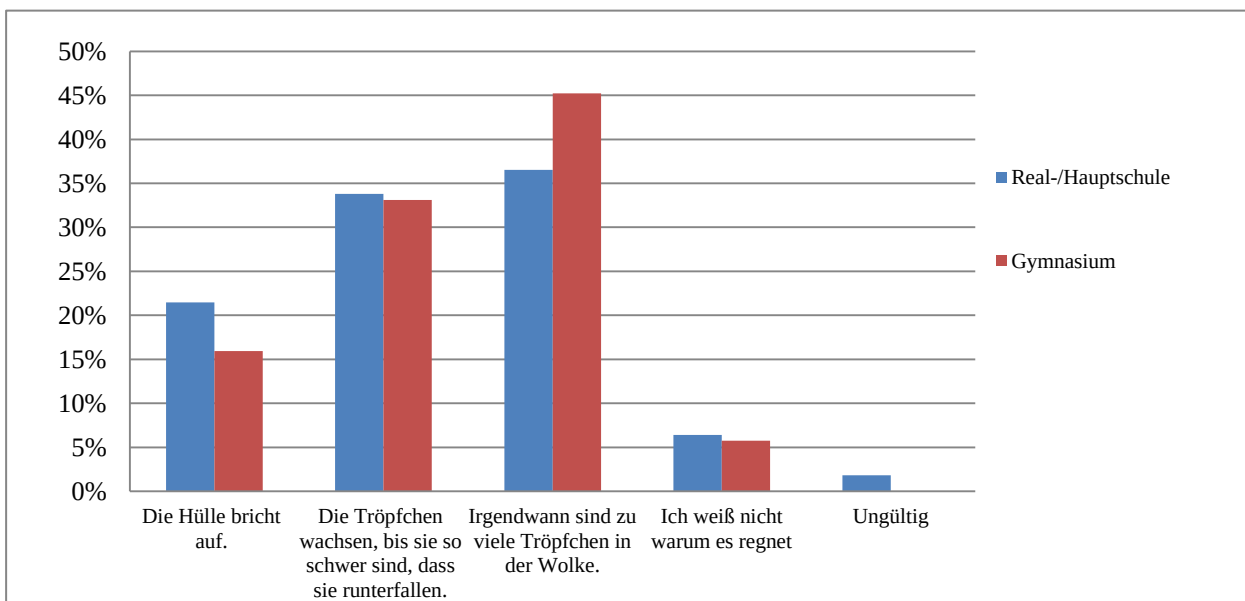


Abbildung 51 Auswertung der Frage 5.1 nach Schulform

Es fällt auf, dass überwiegend die dritte Antwortmöglichkeit gewählt wird. Nur bei den SuS, die Wolken bereits in der Mittelstufe behandelt haben, zeigt sich ein anderes Bild. Hier haben 39% die Vorstellung, dass der Tropfen zu schwer ist und deshalb hinunterfällt. Nur 29% halten die Menge der Tropfen für ausschlaggebend. Es kann also vermutet werden, dass Unterricht diese Fehlvorstellung leicht korrigieren kann. Es darf jedoch nicht ausgeklammert werden, dass 22%

der Meinung sind, dass die Hülle aufbricht. Gehen im Vergleich mit den Real- und Hauptschülern weniger SuS des Gymnasium davon aus, dass die Hülle aufbricht, so sind es im Gegensatz dazu mehr SuS, nämlich 45%, die davon ausgehen, es läge an der Menge der Tröpfchen. In der Real- und Hauptschule ist diese Überzeugung nur mit 37% vertreten. Festzuhalten bleibt, dass die Fehlvorstellung überwiegend ist. Es ist klar, dass hier Klärungsbedarf herrscht. Wolken dürfen nicht als ein Objekt sondern als ein Prozess gesehen werden.

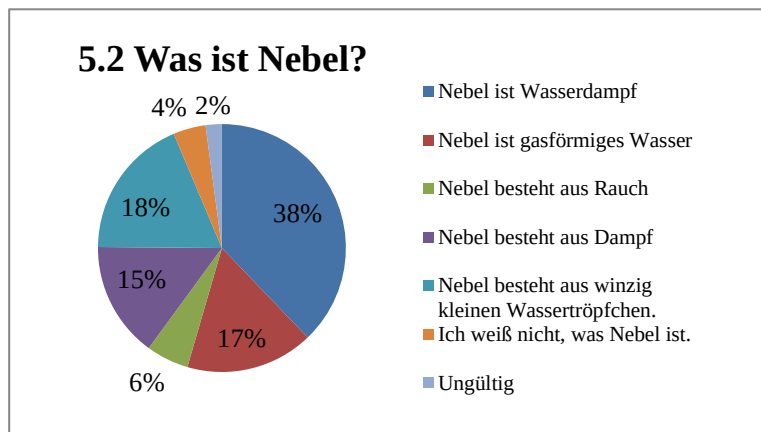


Abbildung 52 Ergebnis der Frage 5.2

4% geben an, dass sie nicht wissen, aus was Nebel besteht, 5% sind der Meinung, dass Nebel aus Rauch besteht. Vertrat nur ein Einziger der Befragten bei der Frage woraus Wolken bestehen, diese Fehlvorstellung, sind es hier immerhin 21. Die anderen drei Antwortoptionen, darunter auch die wissenschaftlich korrekte Vorstellung,

dass Nebel aus Wassertröpfchen besteht, liegen recht nahe beieinander. Es überrascht nicht, dass knapp 38% der Meinung sind, Nebel besteht aus Wasserdampf. Da diese Frage unter anderem wegen der Antwortmöglichkeit, dass Wolken aus Nebel bestehen, gestellt wurde, soll diese Untergruppe an Befragten noch einmal kurz gesondert betrachtet werden, um herauszufinden, welche Vorstellung sie von Nebel haben. Da nur 11 Befragte angeben, dass Wolken aus Nebel bestehen, ist die Gruppe recht klein. Es ist dennoch interessant, dass drei von ihnen nicht wissen woraus Nebel besteht. Eventuell sehen sie ihn einfach als Grundbaustein von Wolken an. Drei der Befragten sagen hingegen, dass Nebel aus Wasserdampf besteht, also im Umkehrschluss auch Wolken, da diese ihrer Vorstellung nach aus Nebel bestehen. Einer der 11 Befragten ist der Meinung Nebel bestünde aus Dampf. Die Antwortoption und auch keine der weiteren Fragen geht auf die Bestandteile des Dampfes ein, weshalb nicht ermittelt werden kann, woraus seiner Meinung nach Dampf besteht. Zwei haben die Fehlvorstellung Nebel sei Rauch und damit auch, dass Wolken aus Rauch bestünden. Wiederum zwei haben jedoch die richtige Vorstellung, dass Nebel aus Wassertröpfchen besteht. Damit lässt sich sagen, dass fünf der 11 Befragten eine ansatzweise richtige Vorstellung haben, woraus Wolken bestehen, wenn man ihnen mit der Vorstellung des Wasserdampfes unterstellt, dass sie das kondensierte Wasser in dem Gemisch meinen.

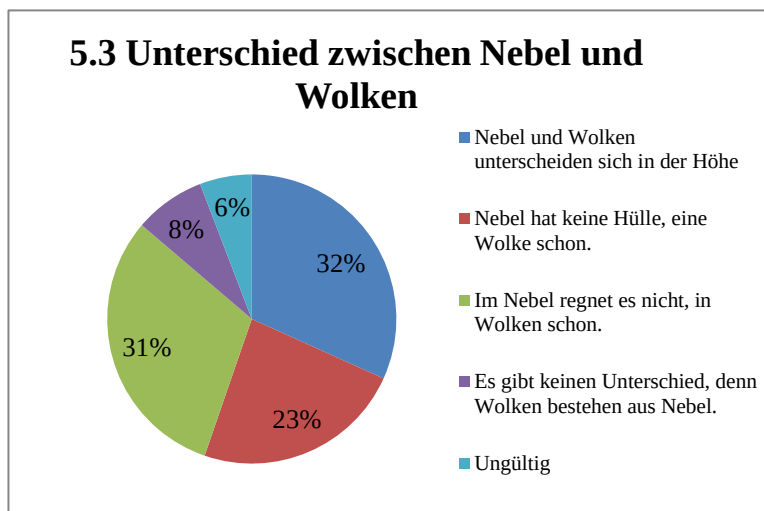


Abbildung 53 Ergebnis der Frage 5.3

jedoch nicht festzustellen. Das Regnen in einer Wolke wird jedoch in der nächsten Fragengruppe noch einmal aufgegriffen. Auch die Hüllenvorstellung ist hier wieder vertreten. 23% der Befragten geben an, dass Wolken eine Hülle haben, Nebel aber nicht. Dass Nebel keine Hülle hat, ist natürlich absolut richtig, dennoch bleibt die Antwort falsch, da Wolken keine Hülle haben. Die Erfahrung, dass Nebel keine Hülle hat, kann im Alltag erlebt werden, wohingegen Wolken sehr oft scharf begrenzt wirken. Es ist nicht verwunderlich, dass fünf der 11 Befragten, die angeben, dass Wolken eine Hülle haben, diese Antwort wählen.

8% der SuS sehen keinen Unterschied zwischen Wolken und Nebel, womöglich deshalb, weil sie denken, dass Wolken aus Nebel bestehen. Wertet man die Untergruppe aus, die angeben, dass Wolken aus Nebel bestehen, so geben tatsächlich fünf dieser 11 SuS an, dass es keinen Unterschied zwischen Nebel und Wolken gibt.

32% der SuS haben die richtige Vorstellung, dass Wolken und Nebel sich in der Höhe unterscheiden. Damit ist klar, dass diese 32% der Meinung sind, Wolken und Nebel bestehen aus dem Gleichen. 31% der SuS hingegen sind der Meinung, dass der Unterschied darin besteht, dass es in Wolken regnet und im Nebel nicht. Wieso es in Wolken regnen sollte, ist hier

5.7 Auswertung der sechsten Fragengruppe

Bei keiner der zuvor und auch danach gestellten Fragen hat eine so deutliche Mehrheit die richtige Vorstellung, wie bei der Frage, ob man auf Wolken stehen kann. 95% der Schülerinnen und Schüler sind sich sicher, dass es egal ist wie massiv und fest eine Wolke aussieht, man kann niemals darauf

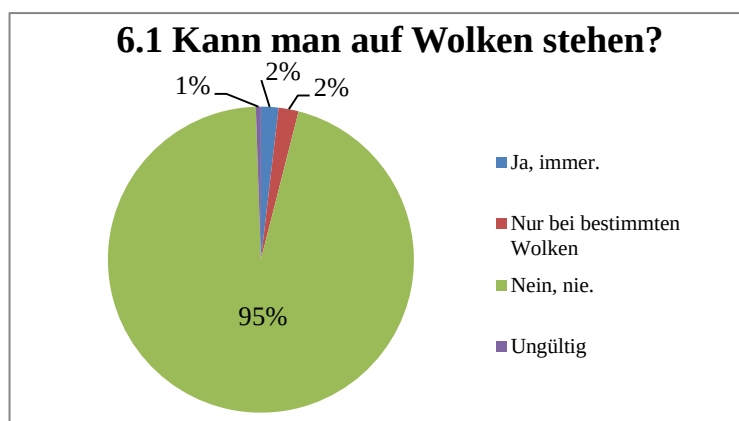


Abbildung 54 Frage 6.1

stehen. 4% und damit 15 der SuS haben jedoch die Vorstellung, man könne irgendwie auf einer Wolke stehen. Acht SuS sagen, dass dies nur bei bestimmten Wolken möglich ist, sieben SuS hingegen, haben nicht die Ansicht, dass es eine spezielle Wolke sein muss und gehen davon aus, man könne auf jeder Wolke stehen. Inwieweit die Beantwortung dieser Frage ernst zu nehmen ist, bleibt offen. Natürlich können sie auch wirklich davon überzeugt sein, denn schaut man in den Himmel, so können Wolken doch den Eindruck vermitteln so dicht zu sein, dass sie eine Person tragen können. Es darf natürlich auch nicht unterschlagen werden, dass im Internet, in der Werbung oder in anderen Medien, diese Vorstellung gestützt wird, indem Menschen, Engel oder Dinge sich beispielsweise auf einer Wolke befinden. Leider wurde sich in den *offenen* Fragen bezüglich des Stehens auf einer Wolke nicht mehr geäußert.

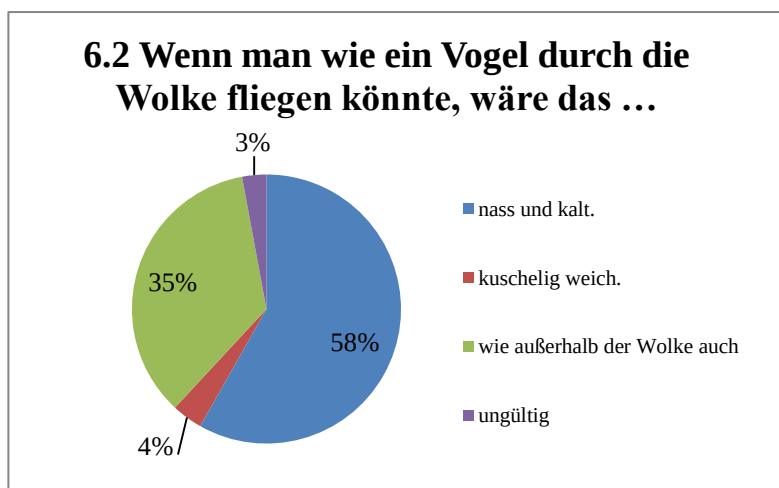


Abbildung 55 Ergebnis der Frage 6.2

58% und damit die Mehrheit der Befragten denken, dass es in einer Wolke nass und kalt sei. Bei der Vorstellung eine Wolke bestehe aus viel Wasser, ist der Gedanke man würde nass werden nachvollziehbar. Wieso es jedoch einen Temperaturunterschied geben sollte, ist komplizierter nachzuvollziehen. Vermutlich ist den SuS bekannt, dass die Tem-

peratur der Atmosphäre in großer Höhe sehr niedrig sein kann, unter -40°C . Ein Ansatz wäre zu sagen, dass die SuS davon ausgehen, dass, wäre man in einer Wolke man sich in großer Höhe befände, wo es eben sehr kalt ist. Sie differenzieren also nicht zwischen inner- und außerhalb der Wolke und geben einfach nur an, dass es prinzipiell in einer Wolke kalt sein muss. Eine weitere Vermutung wäre zu sagen, dass SuS, denen bewusst ist, dass Wolken auch aus Eiskristallen bestehen, davon ausgehen, dass es innerhalb der Wolke kälter sein muss, da sich außerhalb der Wolke keine Eiskristalle bilden. Denkbar wäre auch, dass sie annehmen, dass wenn sie nass werden, es auch automatisch kälter wird. Möglich wäre auch, dass sie eventuell gar nicht davon überzeugt sind, dass es innerhalb einer Wolke kälter ist. Da die beiden anderen Antwortmöglichkeiten sich aber nicht mit ihrer Vorstellung des Nasswerdens decken, bleibt ihnen nur diese Antwortoption. Die Vorstellung, dass es wie außerhalb der Wolke ist, haben insgesamt 35% der Befragten.

Fast die Hälfte der SuS hat die richtige Vorstellung, dass die Sicht in einer Wolke sehr eingeschränkt ist und man nichts sehen kann. 31% der Befragten sind der Meinung, dass die Sicht nur nach unten beschränkt ist und man andere Wolken und den Himmel sehen kann, wohingegen nur 5% die Vorstellung haben, dass man nach unten freie Sicht hat. Die restlichen 13% denken, dass man beides sehen könnte. 2% der Stimmen waren ungültig.

6.3 Während des Fluges durch die Wolke ...

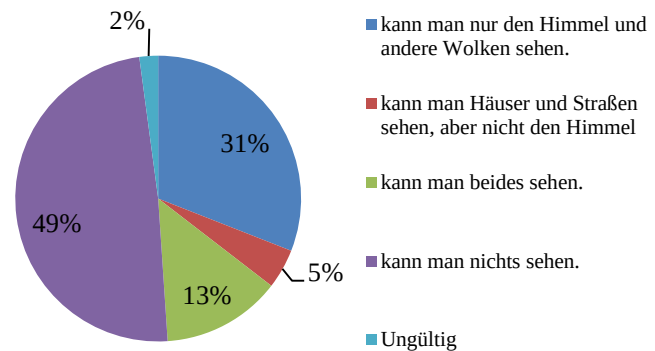


Abbildung 56 Ergebnis der Frage 6.3

6.4 Wenn man im Innern einer Wolke wäre,

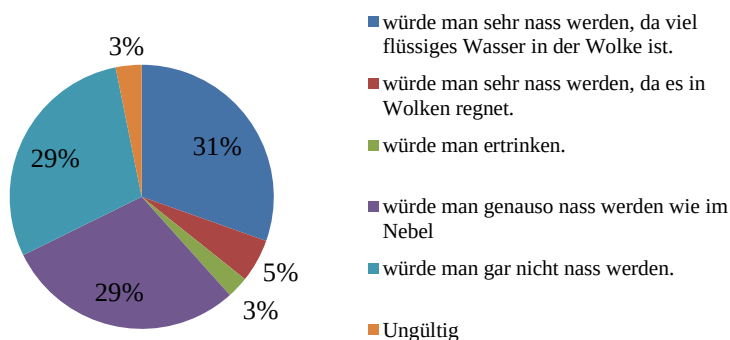


Abbildung 57 Ergebnis der Frage 6.4

Da wie bereits angesprochen bei SCHIEL die Vorstellung aufkam, dass man in einer Wolke nass werden kann und diese Vorstellung auch unter den Studierenden und Lehrkräften besteht, ist es interessant zu sehen, dass, gibt man den SuS unterschiedliche Gründe, warum man sehr nass werden könnte. 3% der

SuS gehen sogar davon aus, man würde in einer Wolke ertrinken. Sie stellen sich die Wolke mit sehr viel Wasser vor, ähnlich wie in einem Schwimmbecken oder im Meer. 5% haben die Vorstellung, man würde sehr nass werden, da es in Wolken regnet. Jeweils 29% haben die Vorstellung man würde so nass werden wie im Nebel beziehungsweise gar nicht nass werden. Wie das Diagramm zeigt, wird die Antwort, dass man wegen des vielen flüssigen Wassers nass werden würde, mit 31% am meisten gewählt. Auch hier herrscht also die Vorstellung der Wolke als ein Objekt mit viel flüssigem Wasser vor. Da Nebel eine tiefhängende Wolke ist, ist es richtig, dass man so nass wie im Nebel werden würde. Da es auch nicht nässenden Nebel gibt, ist auch der

Fall berücksichtigt, dass man gar nicht nass werden kann. Daher ist auch in der Antwortoption, dass man gar nicht nass werden würde, etwas Wahres enthalten.

Die Ergebnisse von Frage 6.5 zeigen, dass über die Hälfte der SuS Wolken einen kühlenden Effekt zuschreiben. Dies war zu erwarten und ist auch nachvollziehbar, denn dass Wolken sich kühlend auswirken, kann man im Alltag häufig erleben. Der kühlende Effekt ist somit in der Erlebniswelt verankert. Es ist daher davon auszugehen, dass es schwierig sein könnte, die Vorstellung der SuS dahingehend zu ändern, dass Wolken auch einen wärmenden Effekt haben können. Diese Vorstellung haben 18% der Befragten. 22% sind der Meinung, Wolken haben keine Auswirkung auf die Temperatur und 4% schreiben der Wolke nur einen wärmenden Effekt zu.

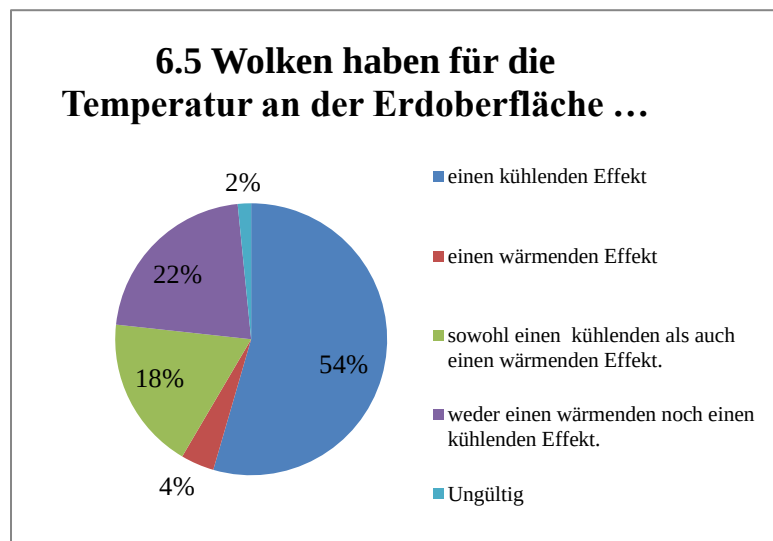


Abbildung 58 Frage 6.5

haben 18% der Befragten. 22% sind der Meinung, Wolken haben keine Auswirkung auf die Temperatur und 4% schreiben der Wolke nur einen wärmenden Effekt zu.

5.8 Auswertung der Multiple-Choice-Frage aus der sechsten Fragengruppe

Da die Auswertung einer *Multiple-Choice-Frage* komplizierter ist, soll dies gesondert von den *Single-Choice-Fragen* geschehen. Wie das nebenstehende Säulendiagramm zeigt, sind die beiden Antworten die am meisten gewählt wurden, Wasser und Temperatur. Dies ist nicht überraschend, da die beiden Antworten alltägliche Erfahrungen widerspiegeln.

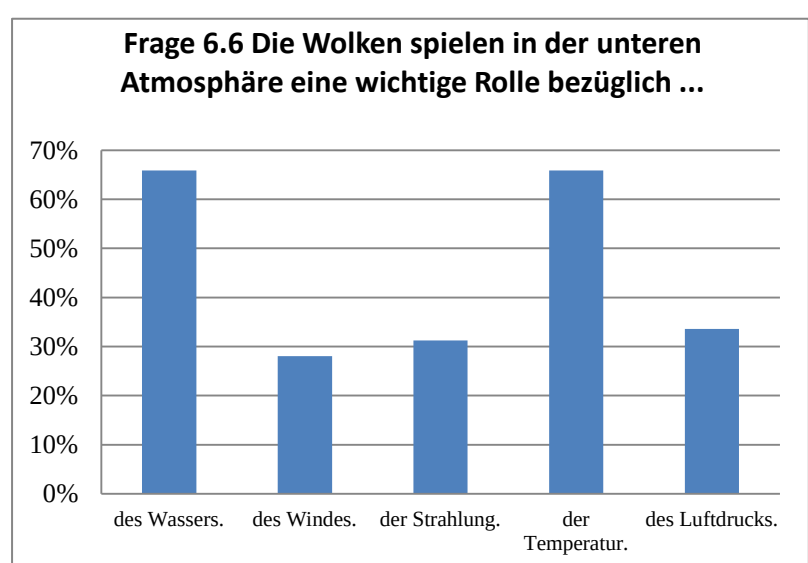


Abbildung 59 Ergebnis der Frage 6.6

Wegen Wolken regnet es, also spielen sie eine Rolle bezüglich des Wassers. Wenn eine Wolke vorbeizieht und den Himmel bedeckt, hat dies Auswirkungen auf die Temperatur. Überraschender hingegen ist der doch hohe Anteil der SuS, die meinen, dass Wolken sich auf den Luftdruck auswirken können. Beim Blick in den Himmel ist es durchaus nachvollziehbar, dass 28% der Schülerinnen und Schüler die Vorstellung haben, Wolken würden den Wind beeinflussen. Wolken und Wind werden oft miteinander in Verbindung gebracht, wie jedoch in Abschnitt 2.8 geschildert, sind Wolken nicht für den Wind verantwortlich. Dass die Wolken bezüglich der Strahlung einen Einfluss haben ist 31% der SuS bewusst. Das im Verhältnis zu den Antwortoptionen Wasser und Temperatur vergleichsweise geringe Ergebnis könnte daraus resultieren, dass Strahlung oft mit Wärme und damit auch mit der Temperatur gleichgesetzt wird. 35 Befragte und damit 9% haben die richtige Vorstellung, dass Wolken eine Rolle bezüglich des Wasser, der Strahlung und der Temperatur einnehmen. Zu genaueren Interpretation soll gesondert auf die Ergebnisse zur Temperatur und zum Luftdruck eingegangen werden.

Addiert man die Ergebnisse aus Frage 6.5 auf, so sind 76% der Meinung, dass Wolken einen kühlenden und/oder einen wärmenden Effekt haben, jedoch nur 66% sind bei Frage 6.6 der Meinung, dass die Wolken eine wichtige Rolle bezüglich der Temperatur einnehmen. Ein Grund könnte in der Verwendung des Wortes ‚wichtig‘ liegen.

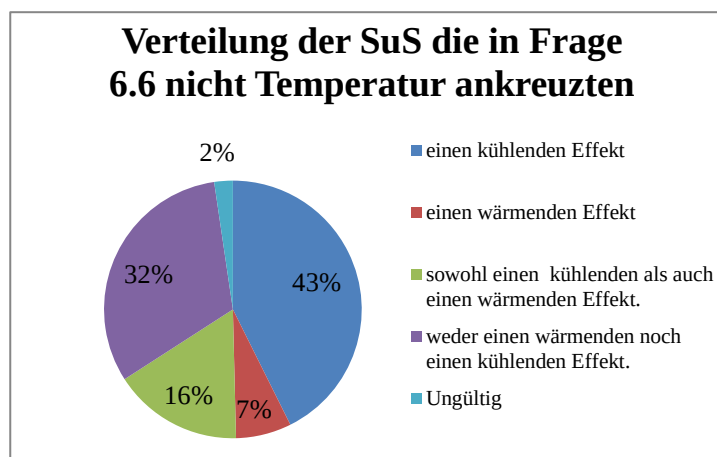


Abbildung 60 Verteilung der SuS, die in Frage 6.6 nicht Temperatur ankreuzten

Wie in Abschnitt 4.2 angesprochen soll vermieden werden, Worte mit einem großen Interpretationsrahmen zu verwenden. So können die SuS zwar wissen, dass Wolken einen Effekt auf die Temperatur haben, jedoch erachten sie ihn nicht als wichtig, denn wichtig für die Temperatur ist bekanntlich die Sonne. Dies wurde hier nicht bedacht und könnte die Abnahme von 10% erklären. Um genauer zu

untersuchen, ob dies zutrifft, muss sich mit der Gruppe der SuS beschäftigt werden, die angeben, Wolken haben keine wichtige Rolle bezüglich der Temperatur. 34% und damit 129 SuS, sind dieser Meinung. Wie das Kreisdiagramm zeigt, sind von diesen 129 SuS haben 66% die Vorstellung, Wolken haben einen Effekt auf die Temperatur.

Damit zeigt sich, dass diese 85 SuS zwar die Meinung haben, Wolken haben einen kühlend und/oder wärmenden Effekt, sie jedoch den Wolken keine wichtige Rolle zuschreiben. Ist das hier auftretende Ergebnis noch nachvollziehbar und zu erklären, so gibt es bezüglich des Luftdrucks mehr Klärungsbedarf. 34%, das entspricht 127 SuS haben die Vorstellung, dass Wolken eine wichtige Rolle bezüglich des Luftdrucks einnehmen. Eine

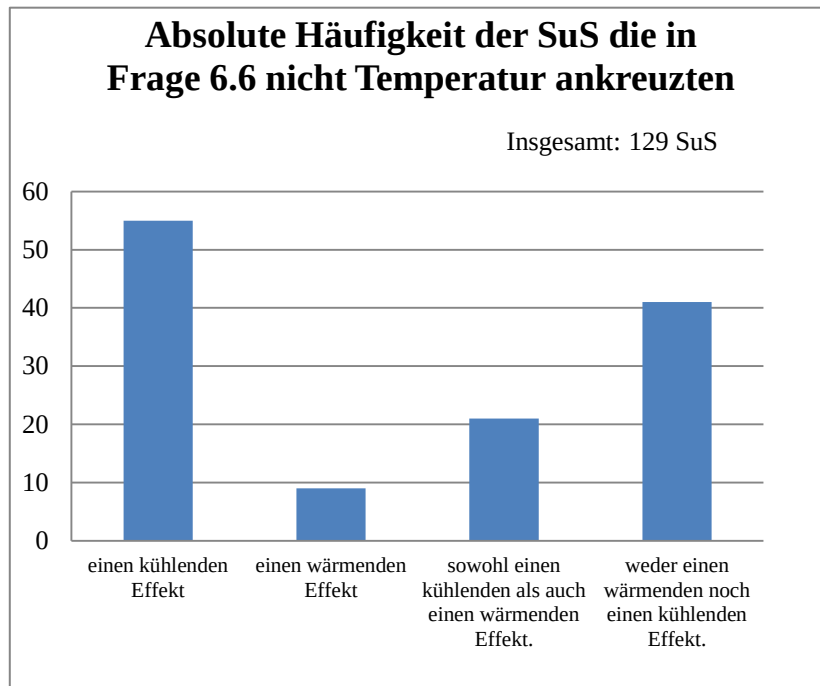


Abbildung 61 Absolute Häufigkeit der SuS die in Frage 6.6 nicht Temperatur ankreuzten

mögliche Erklärung für diese Fehlvorstellung wäre, dass Wolken als Objekte, durch ihr Gewicht die Luft nach unten drücken und damit den Luftdruck erhöhen würden. Je mehr Wasser in der Wolke enthalten ist, desto mehr würde die Wolke auf die Luft. Auch denkbar ist die Verbindung der Wolken mit einem Tiefdruckgebiet, denn in Tiefdruckgebieten gibt es ‚schwere‘ Regenwolken. Die SuS könnten also denken, dass die Wolken das Tiefdruckgebiet verursachen und der Luftdruck dadurch tiefer ist. Auch hier wäre es sinnvoll nachzufragen, wie genau sich Wolken auf den Luftdruck ausüben.

5.9 Auswertung der offenen Fragen aus der sechsten Fragengruppe

Die Schülerinnen und Schüler sollen in Frage 6.7 die Form eines Wassertropfens in einer Wolke zeichnen. Durch die Formulierung der Frage, zeichnen viele SuS eine Wolke und einen sich darin befindlichen Tropfen. Vernachlässigt man die Wolke um den Tropfen, so zeichnen insgesamt 136 SuS den Tropfen in der typischen Tropfenform. 96 SuS hingegen zeichnen das Wassertröpfchen eher rund-

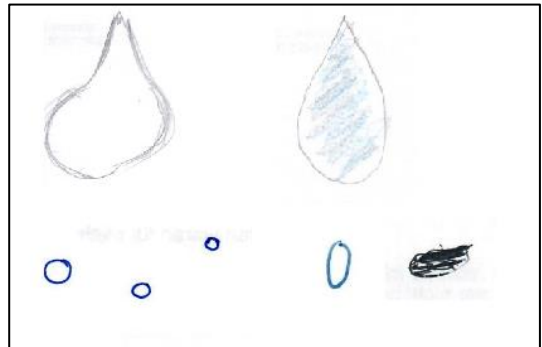


Abbildung 62 Zeichnungen von Wolkentröpfchen

lich bis oval. Neben diesen Varianten, die in Abbildung 62 exemplarisch für viele Zeichnungen dargestellt sind, gibt es auch Zeichnungen, auf denen es aus einer Wolke hinaus regnet. Insgesamt 21 SuS zeichnen dies. Sechs SuS geben an, dass man die Wassertröpfchen nicht sieht und 71 SuS sind der Meinung, es gäbe keine Wassertröpfchen in Wolken.



Abbildung 63 Drei Wolkenbilder

Zudem sollen die SuS, in Frage 6.8 eine Wolke malen. Insgesamt 131 der Befragten malen Wolken, die durchgehend der Form einer Cumuluswolke ähneln (siehe Abbildung 63 oben links). 37 SuS malen eine Wolke mit einer glatten Unterseite, wie sie auch am Himmel vor allem bei Cumuluswolken beobachtbar ist (siehe Abbildung 63 oben

rechts). Neben diesen zwei Kategorien, gibt es viele verschiedene Variationen in den Wolkenbildern. So malen manche die Wolken in leichten Wogen, andere eher zackig. Es gibt auch Bilder, in denen das Feld blau ausgemalt wird, um weiße Wolken malen zu können (siehe Abbildung 63 unten). Einer der Befragten gibt an, dass er keine Wolke malen könne, da sie immer unterschiedlich aussehen. Insgesamt 295 SuS zeichnen nur die Hülle der Wolken, 74 SuS hingegen malen ihre Wolke auch aus. Im Anhang sind ausgewählte Wolkenbilder zu finden, da aufgrund der vielen Wolkenbilder nicht alle aufgenommen werden konnten.

In der letzten offenen Frage, stand es den SuS frei, ob sie sich bezüglich Wolken noch äußern wollen. Insgesamt nutzen 162 SuS die Möglichkeit sich zu Wolken zu äußern. Darunter lassen sich viele positive Äußerungen zu Wolken finden. 21 der Befragten geben dabei explizit an, dass sie Wolken schön finden. Eine Befragte gibt sogar an, dass Wolken ein Meisterwerk der Natur wäre. Vereinzelt äußern sich SuS zu Wolken eher negativ, darunter, dass sie „hässlich“ sind oder sie „nerven“, da sie Regen bringen. Insgesamt lassen sich 10 eher negativ eingestellte Antworten finden. Die komplette Auflistung aller handschriftlichen Kommentare zu Wolken ist im Anhang zu finden. Hier soll auf einzelne Aussagen gesondert eingegangen werden. So äußert sich einer der SuS wie folgt: „Es gibt einen Kern und das Äußere dreht sich darum.“ Eventuell leitet er diese Äußerung aus Satellitenbildern ab, auf denen es den Anschein hat, dass sich Wolken innerhalb eines Tief- oder Hochdruckgebietes um einen inneren ‚Kern‘ drehen. Möglich wäre aber auch, dass sich diese Aussage auf beispielsweise einen Hurrikane, beziehungsweise auf einen Wirbelsturm bezieht. Auch werden Wolken von ein paar der SuS in Verbindung mit Blitz und Donner gebracht. So wird beispielsweise geschrieben: „Durch Wolken entstehen Blitze“ und auch: „Durch die Entladung von Energie in den Wolken entstehen Blitz und Donner“. Zudem wird festgehalten, dass sich beim Gewitter Teilchen in der Wolke gegenseitig aufladen. Es ist wahrscheinlich, dass diese SuS Wolken im Rahmen der *Elektrostatik* oder im Inhaltsfeld *Wetter und Klima*, behandelt haben. Viele der Befragten geben an, dass nicht alle Wolken gleich sind, da es verschiedene Arten, Größen und Formen von Wolken gibt. Insgesamt wird sich diesbezüglich 32 Mal geäußert. Einer der SuS gibt sogar an, dass es 11 Wolkenarten gibt und ein weiterer, dass sie die Wolkenarten in der Grundschule gelernt haben. Es wird zudem mehrmals angemerkt, dass es schwierig sei Wolken zu malen, weil es so viele verschiedene gibt. Man könnte sie wenn überhaupt nur fiktiv malen. So wird auch eine genaue Erklärung darüber abgegeben, wieso dies so schwierig ist:

Eine Wolke zu malen ist schwierig, da es ganz verschiedene gibt. Manche Wolken haben sehr definierte Enden, manche sehen aus wie eine einzige Schicht. Zusätzlich zu diesem Problem kommt noch die Frage, aus welcher Perspektive gezeichnet werden soll.

Der- oder diejenige hat sich scheinbar mit dem Malen einer Wolke intensiv auseinander gesetzt. Das Wolkenbild, welches zu diesem Kommentar gehört, befindet sich nebenstehend.

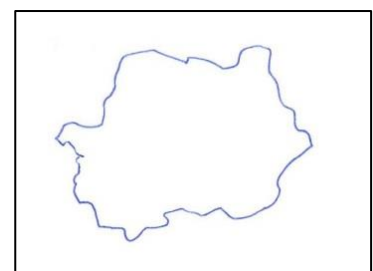


Abbildung 64 Wolkenbild

Die Möglichkeit von Frage 6.9 wurde auch genutzt um selbst Fragen zu stellen. So formuliert jemand folgende Frage: „Können sich Wolken färben, wenn das Grundwasser eine andere Farbe hat, also das von Wasser?“ Jemand anderes fragt, ob Gott auf den Wolken sitzt. Einem Befragten scheint nicht klar zu sein, warum Wolken entstehen und existieren, denn es wird gefragt: „Warum gibt es eigentlich Wolken? Für was sind sie gut?“ Es scheint so, als würde ihn das Thema an sich interessieren aber der Unterricht ihm bis jetzt seine Fragen nicht beantworten konnte. Zwei weitere halten noch einmal gesondert fest, dass sie nicht viel über Wolken wissen. Es wird zudem gesagt, dass die Fragen teilweise kompliziert waren, da das Thema noch nicht behandelt wurde.

6. Schlussbetrachtung

Zunächst sollen die Ergebnisse der Untersuchung zusammengefasst und anschließend mit den Ergebnissen von SCHIEL verglichen werden. Zum Abschluss dieses Kapitels und dieser Arbeit wird ein kurzes Fazit gezogen.

6.1 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass nur bei ein paar Fragen die Schülerinnen und Schüler mehrheitlich die richtigen Vorstellungen haben, jedoch dass bei den meisten Fehlvorstellungen überwiegen. Im Folgenden soll dies kurz erläutert werden. Dabei werden zunächst die Fragen genannt, bei deren Beantwortung die Mehrheit der Befragten die richtige Vorstellung hat. Daran anschließend sollen die Fragen betrachtet werden, bei denen die Fehlvorstellungen überwiegen um dann abschließend, die Fragen zu betrachten bei der eine einzelne Fehlvorstellung mehrheitlich überwiegt.

51% der SuS haben die richtige Vorstellung, dass das Wasser verdunstet, um in die Atmosphäre zu gelangen. 61% der Befragten geben an, dass Wolken sich aufgrund des Windes bewegen und wiederum 69% haben die richtige Vorstellung, dass die Geschwindigkeit von der Windstärke abhängt. Ob man auf einer Wolke stehen kann, verneinen 95% und haben somit diesbezüglich die richtige Vorstellung. Auch bezüglich der Farbe der Wolken haben die SuS mehrheitlich, mit 61%, die richtige Vorstellung, Wolken sind weiß und manchmal grau bis dunkelgrau. Darüber warum es weiße Wolken gibt, haben 33% die richtige Vorstellung. Dies ist zwar nicht die Mehrheit aber dafür die meistgewählte Antwort. 32% der SuS wissen, dass Wolken und Nebel sich in der Höhe unterscheiden, auch hier ist diese Antwort die meistgewählte. Bei der Frage nach der Sicht in einer Wolke, ist die meistgewählte Antwort mit 49% die richtige Vorstellung, dass man nichts sehen kann. Überwiegen hier zwar insgesamt die Fehlvorstellungen so entspricht die Antwortoption mit den meisten Stimmen der richtigen Vorstellung.

Anders sieht das bei den restlichen zehn Fragen aus. Die *Multiple-Choice*-Frage sowie die Frage nach der Höhe von Wolken werden dabei nicht berücksichtigt, da die Untersuchungsergebnisse verdeutlichen, dass hierzu keine klaren Vorstellungen herrschen.

46% und damit fast die Hälfte geben an, dass Wolken nur dann entstehen, wenn die Sonne scheint, da sie das nötige Wasser nach oben zieht und haben damit eine klare Fehlvorstellung. Hier wäre es wirklich von Nöten zu versuchen, die Sonne als Grund für die Wolkenentstehung

in der Vorstellung der SuS durch Unterricht zu mindern. Dass Wolken aus Wasserdampf bestehen, denken 42% der SuS, 22% hingegen haben die richtige Vorstellung, dass sie aus Wassertröpfchen und Eiskristallen bestehen. Ein ähnliches Bild zeigt sich beim Nebel. 38% der SuS haben die Vorstellung, dass Nebel aus Wasserdampf besteht und nur 18% denken, dass er aus winzigen kleinen Wassertröpfchen besteht. 49% der SuS denken, dass Wolken gleichmäßig aus Wasserdampf bestehen und 25% haben die richtige Vorstellung, dass sie zwar scharf begrenzt sein können, jedoch überall nur aus Wassertröpfchen oder Eiskristalle bestehen. Bei der Frage wie nass man in einer Wolke werden würde, verteilen sich die Stimmen relativ gleichmäßig darauf, dass man sehr nass werden würde, da viel flüssiges Wasser in der Wolke ist, dass man so nass wie im Nebel werden würde oder dass man gar nicht nass werden würde. Dabei ist die Vorstellung, man würde nass werden wegen dem vielen Wasser eine Fehlvorstellung. Etwas Wahres steckt hingegen in der Antwort, man würde gar nicht nass werden, da es auch nicht nässenden Nebel gibt. 29% haben die richtige Vorstellung, dass man so nass wie im Nebel werden würde. Warum es dunkle Wolken gibt, begründen 45% damit, dass in Wolken viel Wasser enthalten ist. Dabei handelt es sich um die meist gewählte Antwort. Diese ist nicht falsch, erfasst aber nicht den gesamten Umfang an Möglichkeiten, für dunkle Wolken. 40% haben die Fehlvorstellung, es würde zu regnen anfangen, weil zu viele Tröpfchen in der Wolke sind. Bezüglich der Frage wann Wasser in die Atmosphäre aufsteigen kann, haben 57% der SuS die Fehlvorstellung, es könne nur geschehen, wenn es warm genug ist. Eine weitere Frage, in der die Mehrheit die Fehlvorstellung vertritt, ist die Frage danach wie es sich in einer Wolke anfühlen würde. Hier geben 58% an, es sei nass und kalt. Dass es in einer Wolke durchaus leicht nässend sein kann wurde bereits in Abschnitt 5.7 erläutert, dennoch ist die Vorstellung, dass es im Inneren der Wolke kälter wäre, nicht richtig. Die SuS nehmen mehrheitlich an, dass Wolken nur einen kühlenden Effekt haben. Nur 18% hingegen sprechen der Wolke auch einen wärmenden Effekt zu. Festzuhalten bleibt, dass bei fünf der insgesamt 20 Fragen zum Thema Wolken die Mehrheit der Befragten die richtige Vorstellung hat. In den restlichen 15 Fragen überwiegt jedoch die richtige Vorstellung nicht. Wie oben dargestellt wurde, ist entweder die Summe der inkorrekten Antworten über 50% oder einzelne Fehlvorstellungen werden mehrheitlich vertreten.

62 der 378 befragten SuS beantworten alle Fragen in dieser Fragengruppe richtig. Davon geben 65% an, dass Wolken noch nie im Unterricht behandelt wurden.

Insgesamt haben nur fünf SuS bei allen sechs Fragen der dritten Fragengruppe, die richtige Vorstellung. In der vierten Fragengruppe sind es insgesamt 32 SuS, die alle Fragen richtig beantworten. Nur 12 SuS hingegen besitzen zu allen Fragen der fünften Fragengruppe die wissenschaftlich haltbaren Vorstellungen und bei nur vier SuS decken sich die Meinungen zu den Fra-

gen in der sechsten Fragengruppe mit den richtigen Aussagen. Keiner der 378 SuS beantwortet dabei alle Fragen richtig.

Wurde die Möglichkeit bedacht, dass die Vorstellungen zu Wolken durch das Fliegen beeinflusst werden, so kann abschließend gesagt werden, dass es zwischen den SuS, die noch nie geflogen sind und denen die bereits geflogen sind, Unterschiede gibt. Jedoch kann kein wirklicher Zusammenhang zwischen der Anzahl der Flüge und dem besseren Verständnis zu Wolken festgestellt werden, der eine Formulierung wie, je mehr man fliegt desto mehr richtige Vorstellungen sind vorhanden, zulässt. Anzumerken ist, dass SuS die noch nie geflogen sind, im Gegensatz zu den anderen mehrheitlich annehmen, dass das Wasser verdampft. Interessant ist jedoch auch, dass sie die einzige der vier Untergruppe ist, in der bezüglich des Regens die richtige Antwort am meisten gewählt wird. So geben 43% der SuS, die noch nie geflogen sind, an, dass der Tropfen zu schwer wird. SuS, die mehr als sechsmal geflogen sind, sind zu 36% dieser Meinung, wohingegen die anderen beiden Untergruppen sich bei dieser Antwort unter 30% befinden. Es ist nicht verwunderlich, dass die Hälfte der SuS, die noch nie geflogen sind, angeben man könne beim Flug durch die Wolken nur den Himmel und andere Wolken sehen. Da sie die Erfahrung des Fliegens noch nicht machen konnte, konnte ihre Fehlvorstellung diesbezüglich nicht korrigiert werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass dennoch ein Grundverständnis zu Wolken teilweise vorhanden ist auch wenn keiner der SuS alle Fragen richtig beantwortet hat. Wie gerade die *offene* Frage am Ende des Fragebogens zeigt, interessieren sich SuS für Wolken und haben selbstständig Fragen zu diesem Thema formuliert. In der am Ende befindlichen Skalafrage, mit einer Skala von eins bis fünf, wobei fünf volle Zustimmung bedeutet, stimmen die SuS mit einem Wert von 4,2 der Aussage zu, dass die Fragen und Antworten verständlich formuliert sind.

6.2 Vergleich der Ergebnisse mit der Untersuchung von Schiel

Abschließend sollen die gewonnen Ergebnisse den Ergebnissen der Untersuchung von SCHIEL verglichen werden.

In der Auswertung von Frage 6.2 wurde behauptete, dass die Schülerinnen und Schüler eventuell die Antwort „nass und kalt“ nur wählen, da sie davon überzeugt sind, dass es in einer Wolke kalt ist, aber nicht unbedingt kälter. Eine kleine Bestätigung dieser Vermutung kann bei SCHIEL gefunden werden, denn von den neun Kindern, die angaben es sei in einer Wolke unangenehm, gaben acht an, es wäre nass, aber nur dreimal wurde auch gesagt, dass es kalt sein würde (vgl. SCHIEL 2015, 151). Eventuell wäre noch eine weitere Antwortoption für die Frage 6.2, die nur

den Aspekt nass beinhaltet, dienlich gewesen, um herauszufinden wie viele der Befragten auch denken, dass es in eine Wolke kälter ist. Herrscht unter den Grundschülern noch ein Gleichgewicht bei der Vorstellung, ob es in einer Wolke angenehm oder unangenehm ist, so sind hier nur circa 4% der SuS noch der Meinung, es sei in einer Wolke kuschelig weich. Es gibt also eine klare Verschiebung hin zur Vorstellung, dass es in einer Wolke unangenehmer ist oder zu der Vorstellung, dass es innerhalb der Wolke genauso ist wie außerhalb, die als richtige Vorstellung anzusehen ist.

Nachdem ein Vergleich zwischen Grundschülern bzw. Kindergartenkindern und SuS der Sekundarstufe I gezogen wurde, sollen nun die SuS der Sekundarstufe I mit den Studierenden und Lehrkräften verglichen werden. Dabei sei vorab angemerkt, dass SCHIEL nur 38 Lehrkräfte befragte und damit die Werte nicht repräsentativ für alle Grundschullehrkräfte sind (vgl. SCHIEL 2015, 92). Dennoch wird auf die Ergebnisse eingegangen, da gewisse Tendenzen vorhanden sein können.

51% und damit die Mehrheit der SuS in der Sekundarstufe I haben die Fehlvorstellung, dass Wasser verdampft. Unter den Studierenden und Lehrkräften, die von SCHIEL befragt wurden, ist diese Fehlvorstellung kaum noch zu finden, was bedeutet, dass es im Laufe der Zeit, zu einer Korrektur bezüglich der Vorstellung kommen kann. Haben die SuS bezüglich der Frage, wann Wasser in die Atmosphäre aufsteigt, mit 57% die Vorstellung, es muss warm genug sein, lässt sich diese Vorstellung nur noch mit 11% bei den Studierenden und gar nicht mehr bei den Lehrkräften finden. Denken insgesamt 42% der Schülerinnen und Schüler aus der Sekundarstufe I, dass Wolken aus Wasserdampf bestehen, so zeigt sich in der Befragung von SCHIEL bei den Studierenden mit 35% ein leicht niedrigerer Wert. Das Ergebnis zeigt, dass diese Vorstellung, sich somit bis zum Studium hält und auch noch während des Studiums vorhanden ist. Bemerkenswert ist, dass die Hälfte der Lehrkräfte an Grundschulen die Vorstellung hat, dass Wolken aus Wasserdampf bestehen. Dies ist insoweit problematisch, da dies dadurch den SuS vermittelt wird. Es wäre interessant zu wissen, was diese Lehrkräfte denken, woraus Wasserdampf besteht. Auch wenn den Lehrkräften durchaus bewusst ist, dass der von ihnen gemeinte Wasserdampf aus Wassertröpfchen besteht, ist eine Korrektur der Vorstellung hin zu Wassertröpfchen und/oder Eiskristallen schwer realisierbar. Vergleicht man die Ergebnisse bezüglich des Aufbaus einer Wolke so ist festzustellen, dass bezüglich der Vorstellung eines ‚Wolkenkerns‘ vor allem die Lehrkräfte eine Fehlvorstellung haben. So denken 23% der Lehrkräfte Wolken haben eine Art ‚Kern‘, wohingegen 20% der SuS in der Sekundarstufe I noch dieser Meinung sind. Am wenigstens ist diese Fehlvorstellung mit 8% bei den Studierenden vertreten. Es kann nun

ähnlich wie bei der Frage, woraus Wolken bestehen geschlussfolgert werden, dass es nicht zu erwarten ist, dass der Anteil an SuS mit dieser Fehlvorstellung abnimmt, solange viele Lehrkräfte diese auch besitzen. Im Gegensatz zu den SuS der Sekundarstufe I, haben die Mehrheit der Studierenden (49%) und Lehrkräfte (62%) die richtige Vorstellung, dass der Tropfen zu schwer wird und es deshalb regnet. Der Anteil der in dieser Studie befragten SuS liegt hier bei 34%. Obwohl 62% der von SCHIEL befragten Grundschullehrkräfte die richtige Vorstellung besitzen, haben nur 31% der SuS die angeben, dass sie Wolken in der Grundschule behandelt haben, die richtige Vorstellung. Es wurde bereits angemerkt, dass keiner der Lehrkräfte und nur 1% der Studierenden bei SCHIEL angaben, dass die Sonne das Wasser nach oben zieht. Bemerkenswert ist somit, dass obwohl diese Vorstellung bei den Befragten von SCHIEL praktisch nicht existent ist, bei den SuS mit 8% vertreten ist. Wie herausgefunden wurde, haben sogar 19% der SuS, die Wolken in der Grundschule behandelt haben, diese Fehlvorstellung. Es ist damit nicht von der Hand zu weisen, dass obwohl die Lehrkräfte diese Vorstellung nicht besitzen, durch den Unterricht diese bei den SuS nicht korrigiert werden kann, oder eventuell sogar durch ihn geschult wird.

Frage 3.4 weist eine große Unsicherheit bei den Vorstellungen zur Höhe der Wolken auf. Auch bei SCHIEL lässt sich diese Streuung der Antworten feststellen. Deshalb wurde versucht die Antwortmöglichkeiten umzuformulieren, um diesen Effekt zu vermindern oder gar zu vermeiden. Entweder ist die Umformulierung nicht gelungen, da die Antwortvielfalt immer noch zu hoch ist und die Höhenunterschiede immer noch zu breitgefächert sind oder es herrscht eine allgemeine Unsicherheit unter den Befragten, in welcher Höhe sich nun Wolken befinden oder nicht. Die Vermutung liegt nahe, dass überhaupt keine Vorstellung zur Höhe besteht und die Befragten das ankreuzen, was sie in diesem Moment am wahrscheinlichsten halten. Würde man diejenige Person später noch einmal fragen, so könnte sich die Meinung diesbezüglich wieder geändert haben. Ein Grund dafür ist, dass Wolken in der Schule nicht behandelt werden und es nahezu unmöglich ist, die Höhe einer Wolke durch bloßen Blick in den Himmel zu schätzen. Höchstens Flugzeuge am Himmel können eine Orientierungshilfe geben, aber auch bei den SuS die bereits geflogen sind, herrscht diesbezüglich Unsicherheit.

36% der Studierenden und 58% der Lehrkräfte, geben an man würde sehr nass werden. Aufgrund der Umfrageergebnisse von SCHIEL wird bei den SuS der Sekundarstufe I genauer nachgefragt, wie nass man in einer Wolke werden kann und sie können daher differenzierter antworten: dass man sehr nass werden würde, weil viel flüssiges Wasser in der Wolke ist (31%); dass man sehr nass werden kann, da es in Wolken regnet (5%); dass man ertrinken würde (3%); dass man genauso nass werden kann wie im Nebel (29%); dass man gar nicht nass werden würde

(29%). Wie bereits besprochen können die letzten beiden Aussagen zusammengewertet werden, da es auch nicht nässenden Nebel gibt und man somit nicht nass werden würde. Damit haben 58% der SuS die richtige Vorstellung, wie sehr man nass werden würde. Ob eine ähnliche Aufteilung der Lehrkräfte und Studierende vorhanden ist, müsste in einer separaten Studie noch untersucht werden.

Man kann somit vermuten, dass einige Fehlvorstellungen im Laufe der Zeit korrigiert werden, andere hingegen sich zunächst reduzieren und dann wieder verstärkt auftauchen, wie beispielsweise bei der Frage nach dem Aufbau der Wolke.

6.3 Fazit

Zu Beginn dieser Arbeit wurde versucht einen Einblick in den theoretischen Hintergrund zu Wolken zu geben. Dafür wurde sich intensiv mit der Verdunstung und der Kondensation, der Wolkenentstehung, sowie der –klassifizierung auseinander gesetzt. Es konnte aufgezeigt werden, was unter Nebel und Dunst zu verstehen ist und wie Niederschläge entstehen können. Auch auf die Auswirkungen der Wolken und ihre farbliche Ausprägung wurde eingegangen. Ziel dieser Arbeit war es eine empirische Studie zu Schülervorstellungen zu Wolken in der Sekundarstufe I durchzuführen. Dafür war es notwendig, sich mit dem aktuellen Forschungsstand vertraut zu machen, um einen Fragebogen für die *quantitative* Erhebung zu erstellen. Im Rahmen dieser wissenschaftlichen Hausarbeit wurden deshalb Schülerinnen und Schüler der siebten und achten Klasse befragt. Dafür ist ein Stichprobenumfang von insgesamt 378 SuS erhoben worden. Durch die große Gruppe an Befragten konnten aussagekräftige Ergebnisse zu der Häufigkeit verschiedener Vorstellungen gesammelt werden.

Die Studie ermöglicht dabei einen differenzierten Blick auf die gewonnen Ergebnisse, da die Auswertung nach verschiedenen Untergruppen erfolgen kann. Auch wenn nicht jede untersuchte Untergruppe signifikante Unterschiede zu anderen aufweist, so konnten durch die differenzierte Auswertung Hinweise darauf erlangt werden, warum manche Fehlvorstellungen existieren könnten aber auch unter welchen Bedingungen sie nicht so häufig vertreten sind. Wie die Auswertung der Umfrageergebnisse zeigt, ist die Bedeutung der Sonne in den Vorstellungen der SuS nicht zu unterschätzen. Es wurde diskutiert, dass den Grundschullehrkräften, nach den Ergebnissen von SCHIEL zu urteilen, durchaus bewusst ist, dass die Sonne keinen ‚ziehenden‘ Einfluss hat. Dennoch haben 19% der SuS, die Wolken in der Grundschule behandelten und 8% der SuS insgesamt die Meinung, die Sonne ziehe das Wasser nach oben. Es konnte zudem herausgefunden werden, dass die Wolke von den SuS als ein Objekt aufgefasst wird, dem gewisse Eigen-

schaften zu gesprochen werden; unter anderem wie schnell eine Wolke sein kann, oder wieviel Wasser sie halten kann, bis es anfängt zu regnen. Die SuS sind sich zum Großteil bewusst, dass Wolken weder einen Kern noch eine Hülle besitzen. Wie sich bei der Auswertung der Ergebnisse zeigte, hat der erstellte Fragebogen durchaus noch Schwächen. So sind einzelne Fragen und Antworten des Fragebogens noch ausbaufähig und sollten umformuliert werden. Auch wurde bei der Auswertung die Nachteile eines solchen Fragebogens deutlich, da großer Interpretationsspielraum darin besteht, aus welchen Gesichtspunkten heraus die SuS eine Antwort wählen oder nicht. Anders als beim Interview, kann nicht noch einmal nachgefragt werden, wieso sie der Meinung sind, dass dieses oder jenes richtig ist. Dadurch bleiben noch weitere Fragen offen, die eventuell durch nachfolgende Studien beantwortet werden können. Dies bezieht sich vor allem auf die Frage, warum es regnet, da hier Schülerinnen und Schüler mit der Vorstellung einer Hülle nicht nur angeben, es würde anfangen zu regnen, wenn die Hülle aufplatzt. Die Diskrepanz zwischen den Umfrageergebnisse bezüglich dem Grund wie Wasser in die Atmosphäre kommt, den 8% der Befragten in der Sonne sahen und den 42% die angeben, dass Wolken nur entstehen, wenn die Sonne scheint, da sie das benötigte Wasser zieht, wirft Fragen auf und wäre sicherlich interessant weiter zu untersuchen.

Im Vergleich mit den Ergebnissen von Schiel zeigte sich, dass Fehlvorstellungen der SuS durchaus auch noch bei der Befragungsgruppe der Studierenden und Lehrkräfte vorhanden waren, teilweise auch häufiger als bei den SuS.

Abschließend lässt sich sagen, dass SuS ein Interesse an Wolken haben und auch Fragen zu ihnen stellen. Durch diese Studie konnte ein Einblick in die Schülervorstellungen zu Wolken in der Sekundarstufe I gegeben und festgestellt werden, welche Vorstellungen am häufigsten unter den SuS existieren.

7. Literaturverzeichnis

- BÜHNER, M. (2011): *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*. Pearson Studium, München.
- DUIT, R. (2011a): *Alltagsvorstellungen berücksichtigen!* In: MÜLLER, R., WODZINSKI, R. & HOPF, M. (Hrsg.): *Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner*. Aulis-Verl., Köln, 3–7.
- DUIT, R. (2011b): *Schülervorstellungen - von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen*. In: MÜLLER, R., WODZINSKI, R. & HOPF, M. (Hrsg.): *Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner*. Aulis-Verl., Köln, 8–14.
- FRIEGE, G., REINHOLD, P. & SUCKUT, J. (2007): *Was wollen wir über Wind und Wetter wissen? . Lernen in lebensnahen Kontexten*. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 18. Jahrgang (98), 30–35.
- GROPENGIEßER, H. (2007): *Didaktische Rekonstruktion des "Sehens". Wissenschaftliche Theorien und die Sicht der Schüler in der Perspektive der Vermittlung*. Univ., Diss.--Oldenburg, 1997. Carl-von-Ossietzky-Univ. Oldenburg Zentrum für Pädag. Berufspraxis, Oldenburg.
- HÄCKEL, H. (2005): *Meteorologie*. Ulmer, Stuttgart.
- HÄCKEL, H. (2010): *Wolken und andere Phänomene am Himmel*. Ulmer, Stuttgart.
- HAUSER, B., HUMPERT, W. & LOOSER, D. (2009): *Signifikant? Einführung in statistische Methoden für Lehrkräfte*. Klett und Balmer, Zug.
- HOPF, M. & WIESNER, H. (2011): *Die konstruktivistische Sicht vom Lernen im Physikunterricht*. In: WIESNER, H., SCHECKER, H., HOPF, M. (Hrsg.): *Physikdidaktik kompakt*. Aulis-Verl., Hallbergmoos, 29–33.
- JUNG, W. (2011): *Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie*. In: MÜLLER, R., WODZINSKI, R. & HOPF, M. (Hrsg.): *Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner*. Aulis-Verl., Köln, 15–19.
- KRAUS, H. (2004): *Die Atmosphäre der Erde. Eine Einführung in die Meteorologie*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- KRÜGER, D. & RIEMEIER, T. (2014): *Die qualitative Inhaltsanalyse - eine Methode zur Auswertung von Interviews*. In: KRÜGER, D., PARCHMANN, I. & SCHECKER, H. (Hrsg.): *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer Spektrum, Berlin.
- KUTTLER, W. (2013): *Klimatologie*. Schöningh, Paderborn.
- LILJEQUIST, G. H. & CEHAK, K. (1984): *Allgemeine Meteorologie. Mit 24 Tabellen*. Vieweg, Braunschweig.
- MALBERG, H. (2007): *Meteorologie und Klimatologie. Eine Einführung*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- MÜLLER, R. (2014): *Thermodynamik. Vom Tautropfen zum Solarkraftwerk*. de Gruyter, Berlin.
- MUMMENDEY, H. D. & GRAU, I. (2008): *Die Fragebogen-Methode*. Hogrefe, Göttingen.

- NIEBERT, K. & GROPENGEIER, H. (2014): *Leitfadengestützte Interviews*. In: KRÜGER, D., PARCHMANN, I. & SCHECKER, H. (Hrsg.): *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer Spektrum, Berlin.
- PONS Schülerwörterbuch Latein (2007). - Deutsch, Deutsch - Latein ; [mit extra CD-ROM: elektronisches Wörterbuch ; mit Drehscheibe "unregelmäßige Verben" ; Schule ab der 7. Klasse]. Klett Sprachen, Stuttgart.
- REINFRIED, S. (2013): *Schülervorstellungen*. In: BÖHN, D. & OBERMAIER, G. (Hrsg.): *Wörterbuch der Geographiedidaktik. Begriffe von A - Z*. Westermann, Braunschweig, 250–252.
- RHÖNECK VON, C. & NIEDDERER, H. (2010): *Schülervorstellungen und ihre Bedeutung beim Physiklernen*. In: MIKELSKIS, H. (Hrsg.): *Physik Didaktik, Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II*. Cornelsen Scriptor, Berlin, 52–73.
- SCHECKER, H., PACHMANN, I. & KRÜGER, D. (2014): *Formate und Methoden naturwissenschaftsdidaktischer Forschung*. In: KRÜGER, D., PARCHMANN, I. & SCHECKER, H. (Hrsg.): *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer Spektrum, Berlin.
- SCHECKER, H. & WIESNER, H. (2011): *Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten*. In: WIESNER, H., SCHECKER, H., HOPF, M. (Hrsg.): *Physikdidaktik kompakt*. Aulis-Verl., Hallbergmoos, 34–47.
- SCHULER, S. (2011): *Alltagstheorien zu den Ursachen und Folgen des globalen Klimawandels. Erhebung und Analyse von Schülervorstellungen aus geographiedidaktischer Perspektive*. Univ., Diss.-- Bochum, 2010. Europäischer Univ.-Verl., Bochum.
- SIMMER, C. (2000): *Beeinflussen Wolken das Klima?* In: Nordrhein-Westfälische Akademie der Wissenschaften, Natur-, Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften. Vorträge N 452, Nordrhein-Westfälische Akademie der Wissenschaften(Hrsg.). Westdeutscher Verlag, Wiesbaden.
- TIPLER, P. A., MOSCA, G. & BASLER, M. (2009): *Physik für Wissenschaftler und Ingenieure*. Springer Spektrum, Berlin.
- WALCH, D. (2004): *Wetter und Klima. Das Spiel der Elemente - atmosphärische Prozesse verstehen und deuten*. FRATER, H. (Hrsg.) Springer, Berlin u.a.
- WODZINSKI, R. (2011): *Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten*. In: MÜLLER, R., WODZINSKI, R. & HOPF, M. (Hrsg.): *Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner*. Aulis-Verl., Köln, 23–36.

Internetquellen

- ELECTRIC PAPER EVALUATIONSSYSTEME GMBH (2014a): *Handbuch für Handbuch für Aktive Nutzer V6.1*. In: https://evaluation.studiumdigitale.uni-frankfurt.de/evasys/doc/Active_User_de.pdf, letzter Zugriff: 12.05.2016
- ELECTRIC PAPER EVALUATIONSSYSTEME GMBH (2014b): *VividForms Editor Handbuch V6.1*. In: https://evaluation.studiumdigitale.uni-frankfurt.de/evasys/doc/User_Manual_VividForms_de.pdf, letzter Zugriff: 12.05.2016
- KASANG, D. (2015): *Wolken – Klimawandel*. In: <http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Wolken>, letzter Zugriff: 03.05.2016
- KASANG, D. (2016): *Der globale Wasserkreislauf*. In:

<http://bildungsserver.hamburg.de/wasserressourcen-nav/2182190/wasserkreislauf-global/>,
letzter Zugriff: 03.05.2016

HESSISCHES KULTUSMINISTERIUM: *Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen Sekundarstufe I – Hauptschule PHYSIK*. In:
https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kerncurriculum_physik_hauptschule.pdf
letzter Zugriff: 12.05.2016

HESSISCHES KULTUSMINISTERIUM: *Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen Sekundarstufe I – Realschule PHYSIK*. In:
https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kerncurriculum_physik_realschule.pdf
letzter Zugriff: 12.05.2016

HESSISCHES KULTUSMINISTERIUM: *Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen Sekundarstufe I – Gymnasium PHYSIK*. In:
https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kerncurriculum_physik_gymnasium.pdf
letzter Zugriff: 12.05.2016

SCHIEL, M. (2015): *Schülervorstellungen zu Wolken in der Grundschule*. In: <http://www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/Wolken.pdf>, letzter Zugriff: 12.05.2016

SZEGLAT, M. (2015): *Geysire*. In: <http://www.vulkane.net/vulkanismus/geysire/geysire.html>, letzter Zugriff: 25.04.2016

THEVES, M. (2008): *Warum sind Wolken grau oder weiß?* In: <http://www.ds.mpg.de/140227/17>, letzter Zugriff: 18.04.2016

ZEIT ONLINE GMBH, HAMBURG & GERMANY (2015): *Luftverschmutzung: Peking ruft zum zweiten Mal höchste Smog-Warnstufe aus*. In: <http://www.zeit.de/wissen/umwelt/2015-12/luftverschmutzung-peking-smog-warnstufe>, letzter Zugriff: 11.04.2016

8. Anhang

<u>Fragebogen für die Sekundarstufe I</u>	88
<u>Ausgewählte Wolkenbilder</u>	94
<u>Antworten der SuS auf Frage 6.9</u>	99

Fragebogen für die Sekundarstufe I

MUSTER

EvaSys	Schülervorstellungen zu Wolken in der Sekundarstufe I	
Goethe-Universität Frankfurt am Main Institut für Didaktik der Physik	Katharina Taets von Amerongen	

Bitte so markieren: ☐ ☒ ☐ ☐ Bitte verwende einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst.
Korrektur: ☐ ☒ ☐ ☐ Bitte beachte im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen.

Hallo,
vielen Dank, dass du bei der Befragung zum Thema "Wolken" mitmachen möchtest.
Dieser Fragebogen beschäftigt sich allein mit deinen Vorstellungen rund um das Thema "Wolken" und soll kein Wissen abfragen. Es geht also nicht um richtig oder falsch, sondern darum was du dir unter Wolken vorstellst.

Bitte lies den nachfolgenden Text sorgfältig durch, bevor du mit dem Fragebogen beginnst.

Bitte bearbeite den Fragebogen selbstständig. Schreibe deinen Namen bitte nicht auf das Blatt, da dies ein anonymer Fragebogen ist. Für die nachfolgenden Fragen sind dir mehrere Antwortmöglichkeiten gegeben. Bitte kreuze immer eine davon an. Eine Ausnahme ist Frage 6.6, wo du mehrere Antworten auswählen darfst.

1. Allgemeine Informationen

1.1 Geschlecht:

☐ männlich ☐ weiblich

1.2 Klasse:

☐ 5 ☐ 6 ☐ 7
☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

1.3 Schulzweig:

☐ Gymnasium ☐ Realschule ☐ Hauptschule

1.4 Ich kann mich daran erinnern, dass Wolken im Unterricht behandelt wurden:

☐ Ja, in der Grundschule. ☐ Ja, in der Mittelstufe. ☐ Ja, aber ich weiß nicht mehr wann.
☐ Nein.

1.5 Bist du schon geflogen?

☐ Ja, 1-3 mal. ☐ Ja, 4-6 mal. ☐ Ja, mehr als 6 mal.
☐ Nein.

1.6 Hast Du schon einmal Wolken aus dem Flugzeug heraus beobachtet?

☐ Ja. ☐ Ja, ich bin auch schon durch eine durchgeflogen. ☐ Nein.
☐ Nein, da ich noch nie geflogen bin.

MUSTER

EvaSys

Schülervorstellungen zu Wolken in der Sekundarstufe I

Electric Paper
Energieeffiziente Notizen

2. Wasser in der Atmosphäre

2.1 Wie kommt das Wasser in die Atmosphäre?

- ☐ Das Wasser verdampft. ☐ Das Wasser verdunstet. ☐ Das Wasser wird von der Sonne hinauf gezogen.

2.2 Wann kann Wasser als Gas in die Atmosphäre aufsteigen?

- ☐ Nur wenn die Sonne scheint. ☐ Immer wenn es warm genug ist. ☐ Es kann immer geschehen.

3. Wolken

3.1 Wolken entstehen ...

- ☐ einfach so, es gibt keinen Grund dafür. ☐ weil Luft aufsteigt. ☐ nur wenn die Sonne scheint, da sie das benötigte Wasser nach oben zieht.

3.2 Wolken bestehen ...

- ☐ aus Wasserdampf. ☐ aus gasförmigem Wasser. ☐ aus Nebel.
☐ nur aus Wassertröpfchen. ☐ nur aus Eiskristallen. ☐ aus Rauch.
☐ aus Wassertröpfchen und/oder Eiskristallen. ☐ aus Luft.

3.3 Zum Aufbau der Wolke:

- ☐ Wolken bestehen gleichmäßig aus Wasserdampf, sowohl im Innern als auch am Rand. ☐ Wolken bestehen in der Mitte aus einem Kondensationskern, um den sich dann die Wolke bildet. ☐ Manche Wolken sind zwar scharf begrenzt, sie bestehen jedoch überall nur aus Wassertröpfchen, Eiskristallen oder beidem.
☐ Wolken haben eine Hülle, die sie begrenzt.

3.4 Wolken befinden sich ...

- ☐ alle in gleicher Höhe. ☐ in einer Höhe von maximal 1 km. ☐ in einer Höhe von mindestens 1 km.
☐ in einer Höhe von maximal 10 km. ☐ in einer Höhe von mindestens 10 km. ☐ in einer Höhe von maximal 100 km.

3.5 Wolken bewegen sich ...

- ☐ nicht, es ist die Erde, die sich bewegt. ☐ aufgrund des Windes. ☐ eigenständig, unabhängig vom Wind.

F13701U0P2PL0V0

09.04.2016, Seite 2/6

MUSTER

MUSTER

EvaSys

Schülervorstellungen zu Wolken in der Sekundarstufe I

Electric Paper
Elektronisches Papier

3. Wolken [Fortsetzung]

3.6 Geschwindigkeiten von Wolken:

- ☐ Die Geschwindigkeit einer Wolke hängt von der Windstärke in deren Höhe ab.
- ☐ Die Geschwindigkeit wird von dem Gewicht der Wolke bestimmt.
- ☐ Es gilt immer: Je höher eine Wolke schwebt, desto schneller ist sie.
- ☐ Tiefere Wolken sind schneller als hohe Wolken.

4. Zur Farbe von Wolken

4.1 Welche Farbe haben Wolken?

- ☐ Wolken sind weiß.
- ☐ Wolken sind hellblau mit ein bisschen weiß.
- ☐ Wolken sind durchsichtig.
- ☐ Wolken sind blau.
- ☐ Wolken sind weiß, manchmal aber auch grau bis schwarz.
- ☐ Wolken sind hellblau.
- ☐ Wolken sind blau, weiß, grau und schwarz.

4.2 Warum gibt es weiße Wolken?

- ☐ Weil Wasserdampf weiß ist.
- ☐ Weil das Tageslicht an den Wassertropfen gestreut wird.
- ☐ Weil gasförmiges Wasser weiß ist.
- ☐ Weil die Eiskristalle weiß sind.
- ☐ Weil Nebel weiß ist.

4.3 Warum haben nicht alle Wolken die gleiche Farbe?

- ☐ Wolken können ihre Farbe selbst bestimmen.
- ☐ Die Farbe von Wolken hängt nur von der Menge der Wassertropfen in der Wolke ab.
- ☐ Die Farbe einer Wolke hängt von vielem ab. Ein Grund ist wie die Wolke das Licht reflektiert.
- ☐ Je dunkler eine Wolke ist, desto schmutziger ist das Wasser in ihr.

5. Nebel und Regen

5.1 Warum regnet es?

- ☐ Irgendwann ist die Wolke zu schwer und die Hülle der Wolke bricht auf.
- ☐ Ich weiß nicht warum es regnet.
- ☐ Die Tröpfchen in der Wolke wachsen, bis sie so schwer sind, dass sie runterfallen.
- ☐ Irgendwann sind so viele Tröpfchen in der Wolke, dass nicht mehr alle in der Schwebe gehalten werden können.

F13701U0P3PLOV0

09.04.2016, Seite 3/6

MUSTER

MUSTER

EvaSys

Schülervorstellungen zu Wolken in der Sekundarstufe I

Electric Paper
Elektronisches Papier

5. Nebel und Regen [Fortsetzung]

5.2 Was ist Nebel?

- | | | |
|---|--|---|
| ☐ Nebel ist Wasserdampf. | ☐ Nebel ist gasförmiges Wasser. | ☐ Nebel besteht aus Rauch. |
| ☐ Nebel besteht aus Dampf. | ☐ Nebel besteht aus winzig kleinen Wassertröpfchen. | ☐ Ich weiß nicht, was Nebel ist. |

5.3 Unterschied zwischen Nebel und Wolken:

- | | | |
|--|---|---|
| ☐ Nebel und Wolken unterscheiden sich in der Höhe. | ☐ Nebel hat keine Hülle, eine Wolke schon. | ☐ Im Nebel regnet es nicht, in Wolken schon. |
| ☐ Es gibt keinen Unterschied, denn Wolken bestehen aus Nebel. | | |

6. Weitere Fragen zu Wolken

6.1 Kann man auf einer Wolke stehen?

- | | | |
|-------------------------------------|---|-------------------------------------|
| ☐ Ja, immer. | ☐ Nur bei bestimmten Wolken. | ☐ Nein, nie. |
|-------------------------------------|---|-------------------------------------|

6.2 Wenn man wie ein Vogel durch die Wolke fliegen könnte, wäre das ...

- | | | |
|---|---|--|
| ☐ nass und kalt. | ☐ kuschelig weich. | ☐ wie außerhalb der Wolke auch. |
|---|---|--|

6.3 Während des Fluges durch die Wolke ...

- | | | |
|---|--|---|
| ☐ kann man nur den Himmel und andere Wolken sehen. | ☐ kann man Häuser und Straßen sehen, aber nicht den Himmel. | ☐ kann man beides sehen. |
| ☐ kann man nichts sehen. | | |

6.4 Wenn man im Innern eine Wolke wäre, ...

- | | | |
|---|--|---|
| ☐ würde man sehr nass werden, da viel flüssiges Wasser in der Wolke ist. | ☐ würde man sehr nass werden, da es in Wolken regnet. | ☐ würde man ertrinken. |
| ☐ würde man genauso nass werden wie im Nebel. | ☐ würde man gar nicht nass werden. | |

6.5 Wolken haben für die Temperatur an der Erdoberfläche ...

- | | | |
|---|--|--|
| ☐ einen kühlenden Effekt. | ☐ einen wärmenden Effekt. | ☐ sowohl einen kühlenden als auch einen wärmenden Effekt. |
| ☐ weder einen wärmenden noch einen kühlenden Effekt. | | |

MUSTER

EvaSys

Schülervorstellungen zu Wolken in der Sekundarstufe I

Electric Paper
elektronisches Papier

6. Weitere Fragen zu Wolken [Fortsetzung]

6.6 Kreuze in dieser Frage alle Punkte an, die du hier für richtig hältst (Mehrfachantworten **nur** hier möglich):
Die Wolken spielen in der unteren Atmosphäre eine wichtige Rolle bezüglich ...

☐ des Wassers.
☐ der Temperatur.

☐ des Windes.
☐ des Luftdrucks.

☐ der Strahlung.

6.7 Zeichne die Form eines Wassertropfens in einer Wolke. Wenn du der Meinung bist, es gibt keine Wassertropfen in Wolken, schreibe dies in das Feld.

6.8 Male bitte eine Wolke.

MUSTER

EvaSys

Schülervorstellungen zu Wolken in der Sekundarstufe I

Electric Paper
Kommunikation

6. Weitere Fragen zu Wolken [Fortsetzung]

6.9 Was ich noch zu Wolken sagen wollte:

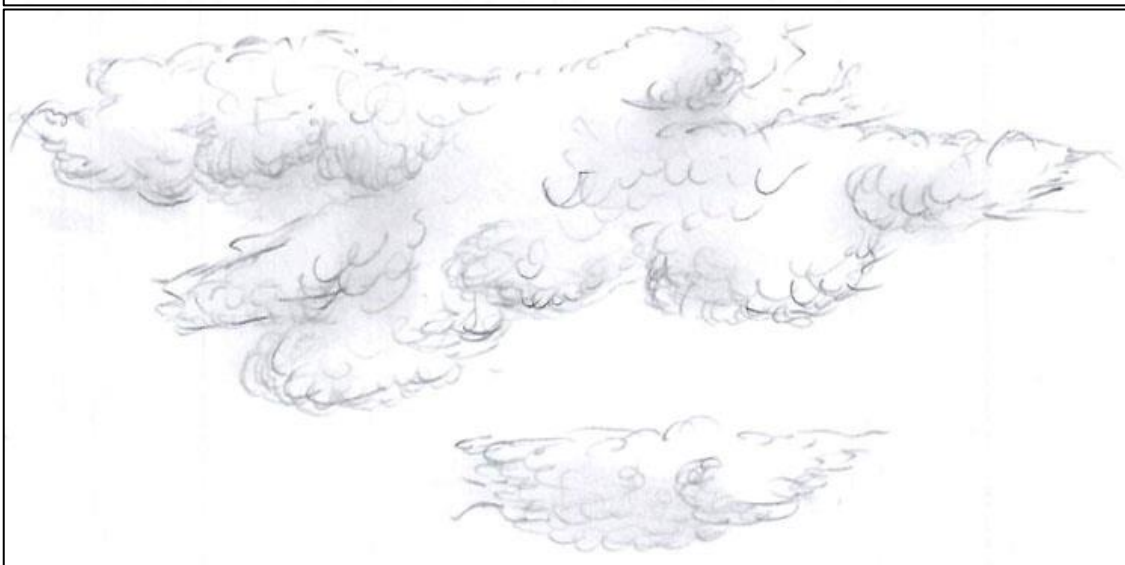
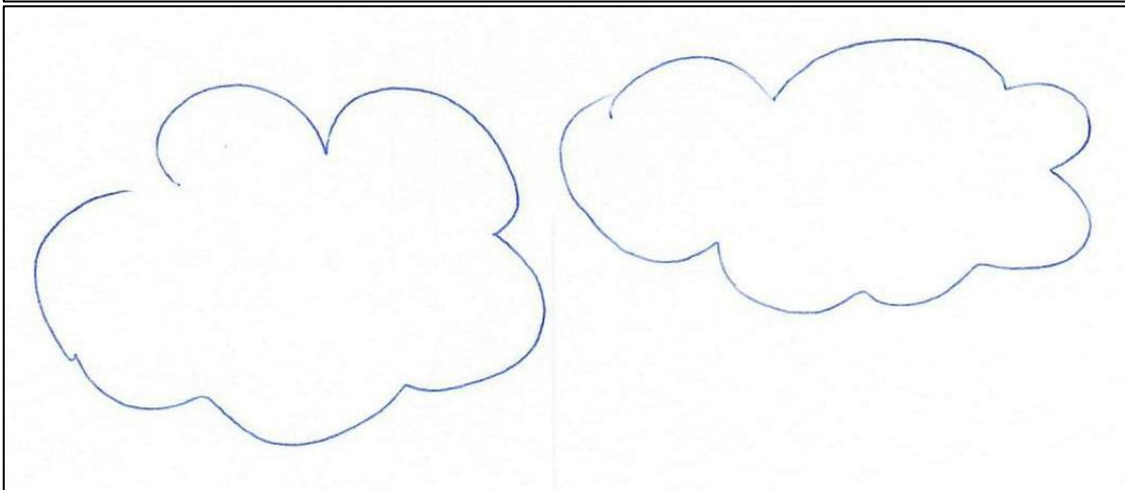
6.10 Die Fragen und Antworten waren für mich
verständlich formuliert.

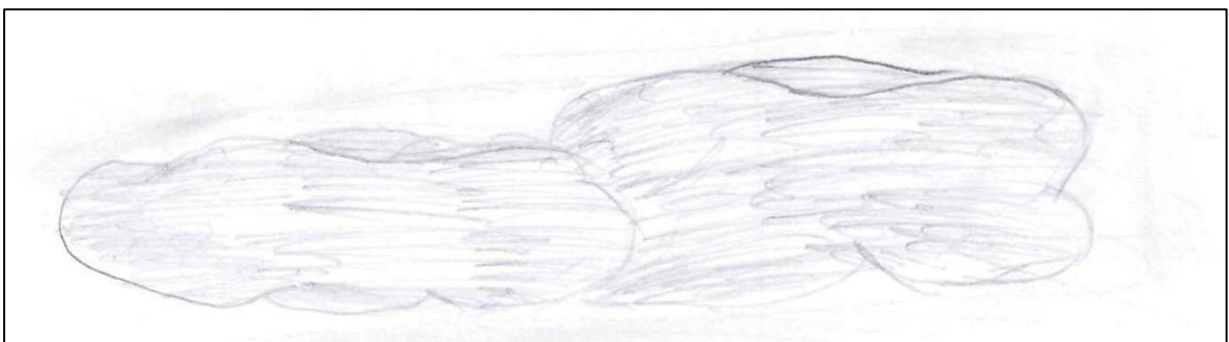
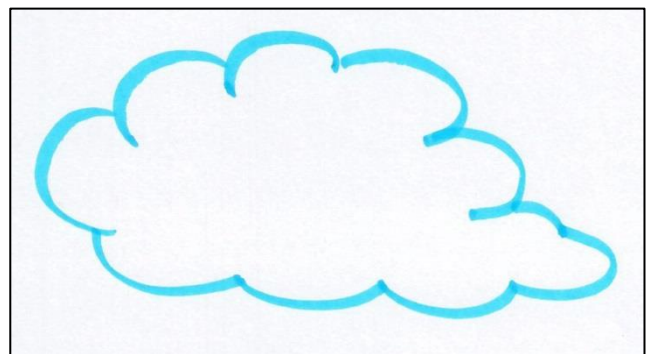
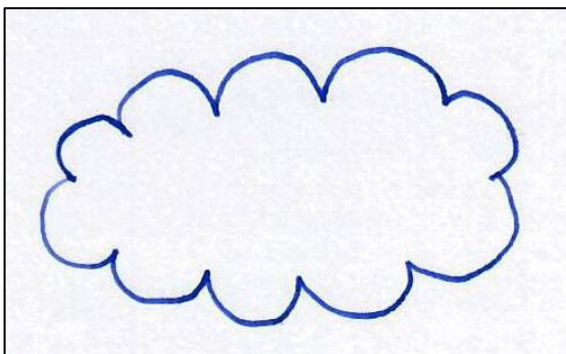
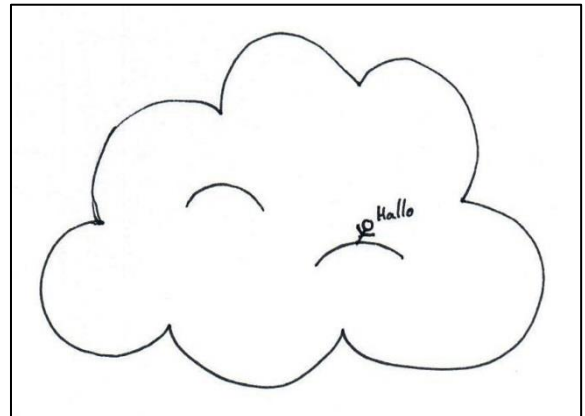
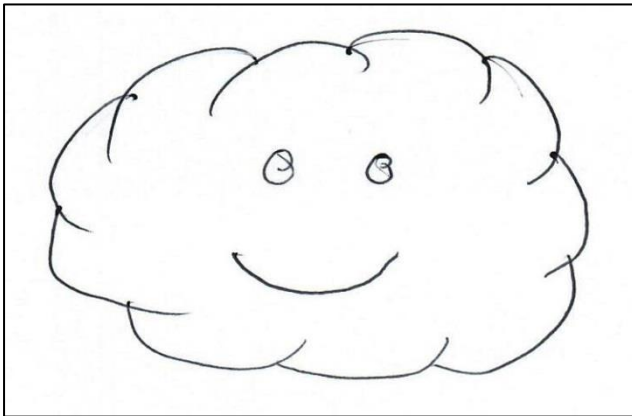
stimme ich
gar nicht zu

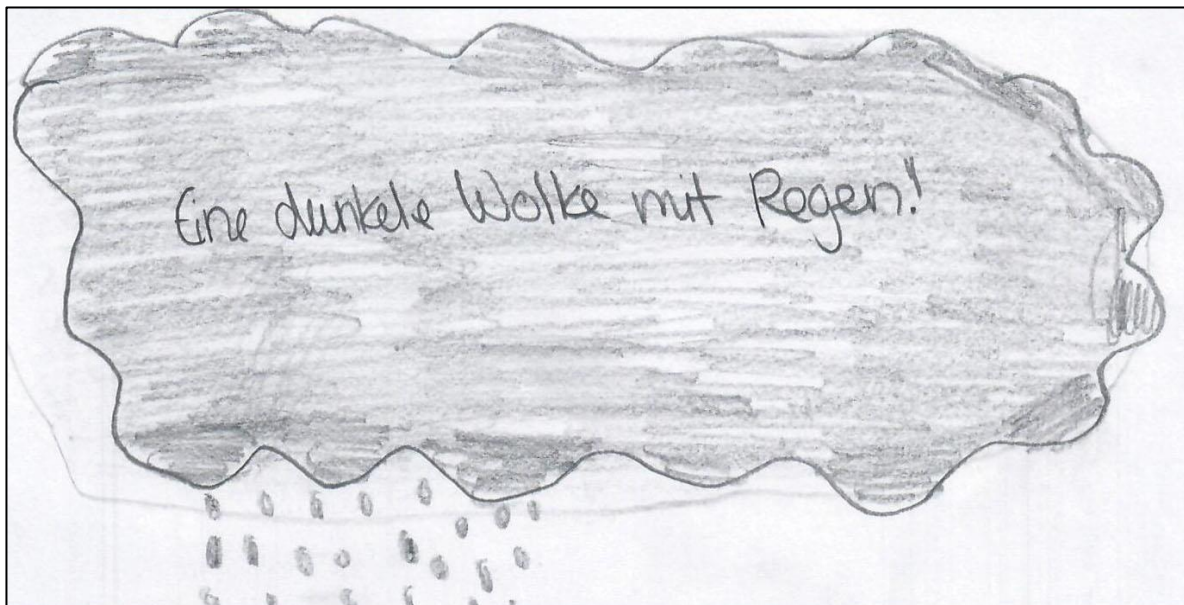
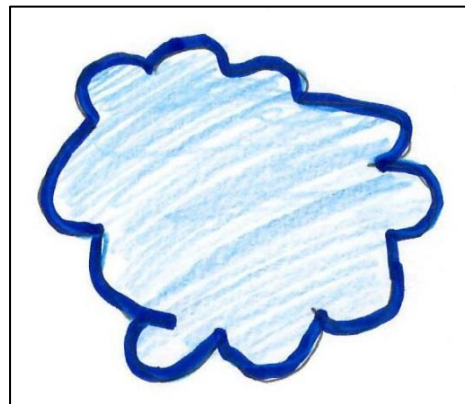
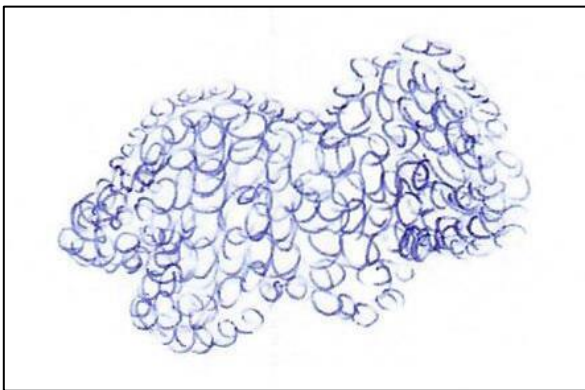
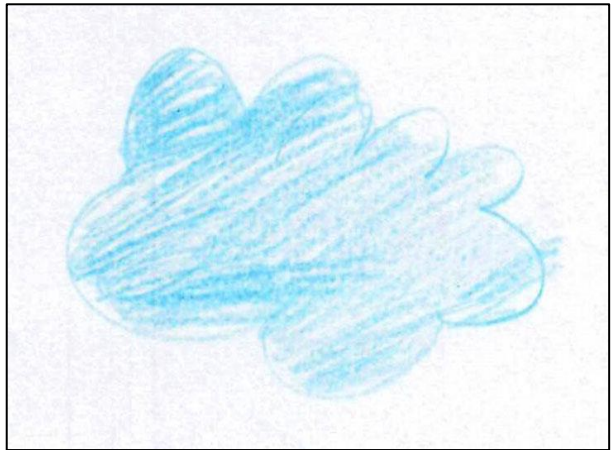
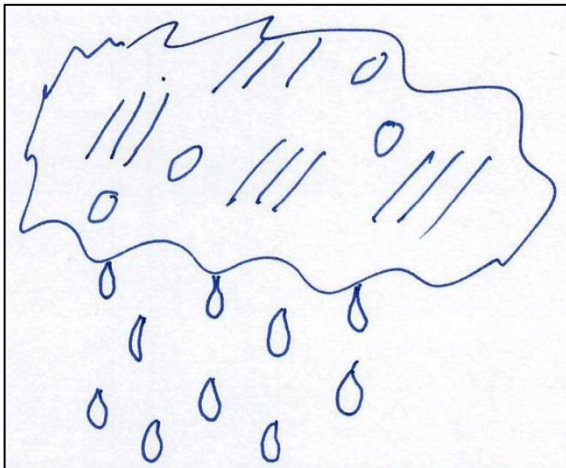
☐☐☐☐☐☐

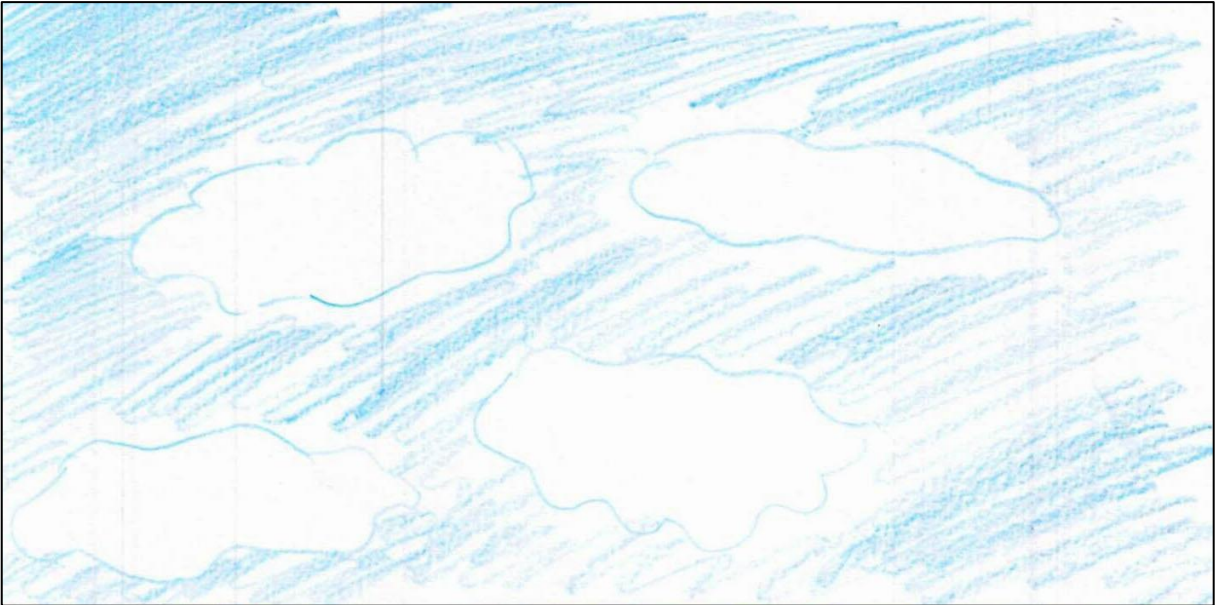
stimme ich
voll zu

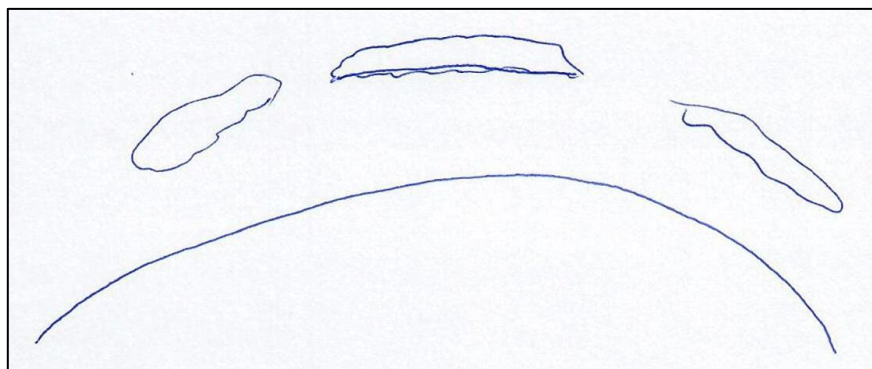
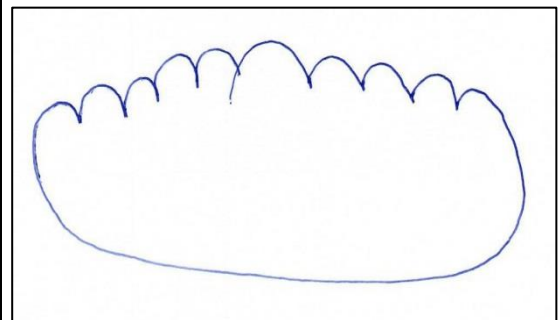
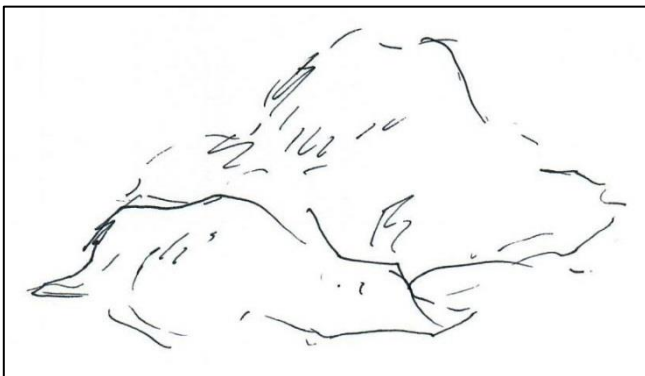
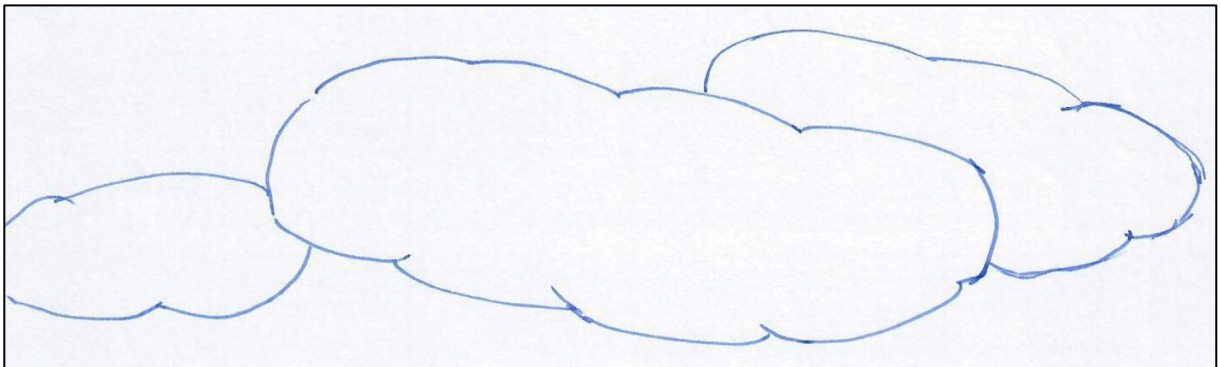
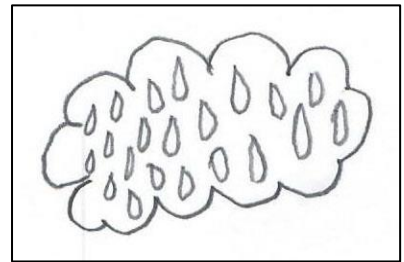
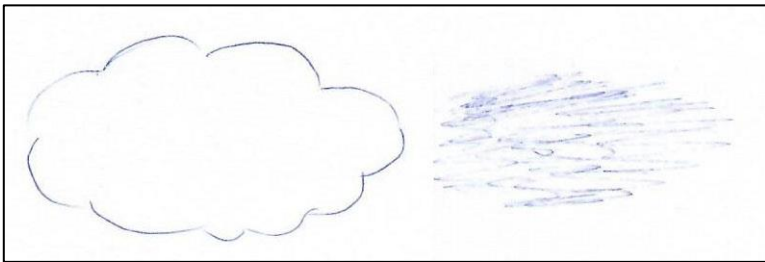
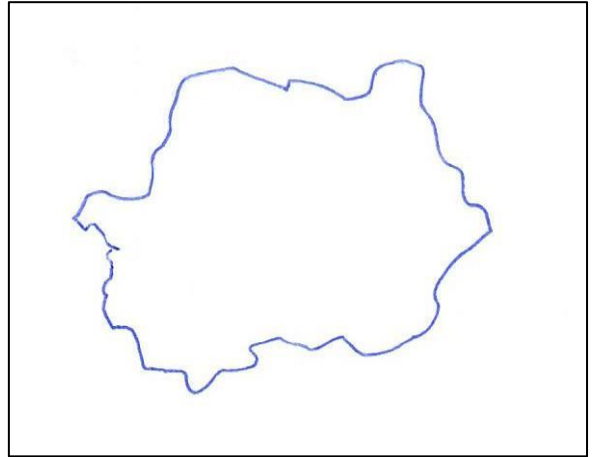
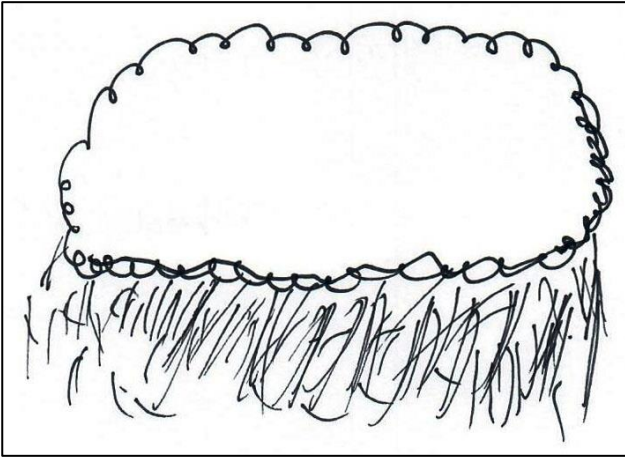
Ausgewählte Wolkenbilder











Antworten der SuS auf Frage 6.9

Sie sind schön
Wolken versorgen Pflanzen mit Wasser wenn es regnet.
Wolken sehen so wie Zuckerwatte aus. Wolken produzieren Regen. Wolken sind weiß und bisschen transparent.
Wenn man in einem Flugzeug sitzt und machen Wolken Turbulenzen
Es gibt einen Kern und das äußere dreht sich um den Kern.
Die sind schön
Wolken sind schön
Nicht alle Wolken sind gleich
Man kann keine richtige Wolke malen da sie alle andersförmig sind. Sie haben keine gleichen Größen, breite, Länge, und Höhe.
Sind schön, ähneln ja auch manchmal Tieren, Dingen etc.
Ich finde sie nicht interessant
Dass es sehr interessant ist, wenn ein Tornado oder ein Hurrikan kommt. Wie es sich alles verändert.
Dass sie einen Kreislauf durchleben
Die nerven, weil man den Himmel dann nicht sieht!
Wenn sie sich reiben dann entsteht ein Blitz
Ich mag sie
Wenn man sie mit der Hand anfässt, fühlt sich das an als wäre es ein Federkissen.
Die sind hässlich
Können sich Wolken färben wenn das Grundwasser eine andere Farbe hat, als das von Wasser?
Wolken spielen eine wichtige Rolle für Menschen.
Wolken sind wichtig
Wenn es viele Wolken auf dem Himmel ist heißt es das irgendwo in der Nähe regnen wird

Wenn sie dunkler sind, man meistens weiß, dass es regnen wird.
Wolken sehen sehr schön flauschig aus
Ich wäre gerne ein Vogel und würde dorthin fliegen den Wolken sind schön
Sie ist blau und weiß
Die sind geil
Es interessiert mich nicht!
Ich finde Wolken schön. Ich wollte immer schon als Kind auf einer Wolke stehen. Wolken sind für mich Zuckerwatte.
Ich dachte immer ihr wärt aus Zuckerwatte
Dass ich sie sehr schön und interessant finde. Und es mag auf der Wiese zu liegen und die Wolken zu beobachten
Sie sehen kuschelig und weich aus
Ich würde gerne mal ohne Flugzeug also ohne Wände hindurchfließen um zu merken wie es auf der Haut ist? Kann man nicht ein Museum erfinden mit simulierten Wolken
Sie sehen sehr schön aus. Wenn man fliegt sieht man eine Decke von Wolken
Ich mag Wolken
Wolken sind sehr schön. Sie sind sehr gut geformt
Wolken sind ganz normal
Wolken sind geil
Wolken sind ziemlich interessant, ich verstehe das sie was über sie lernen wollen.
Ich lebe Wolke sehen, malen und fotografieren
Wolken kann man in sonnigen Tagen öfters nicht sehen.
Es gibt verschiedene Arten von Wolken manche sind klar weiß, aber manche schwarz
Machen manchmal meinen Tag kaputt
Wolken sehen schön aus. Wolken sehen immer unterschiedlich aus.
Wolken können verschiedene Formen annehmen

Wolken können die Temperatur und die Einstrahlung der Sonne Schwächen. Sie sind manchmal grau weil in ihr große schwere Wassertropfen sind, das heißt das es bald regnen wird. Die Geschwindigkeit der Wolke wird durch die Windgeschwindigkeit bestimmt.
Ich bin sehr oft mit dem Flugzeug durch die Wolken geflogen. Wenn man durch sie fliegt sieht es aus wie Nebel.
Wolken sind nicht blau, der Himmel ist blau. Mehrere sagen das Wolken diese Form haben (malt ein Bild von einer Haufenwolke) aber das stimmt nicht. Sie haben immer eine andere Form je mehr Wasserdampf desto größer die Wolke
Wolken haben verschiedene Größen und Formen
Wolken sind immer anders in der Form. Es gibt verschiedene Wolkenarten
Wolken schweben in der Luft und nerven manchmal wenn sie vor der Sonne sind, aber manchmal ist das auch ganz gut.
Sie sind cool
Sitzt Gott auf den Wolken?
Die sind schön
Ich finde sie geil und schön
Sie machen mir manchmal schlechte Laune
Es gibt viele Wolkenformen
Kann man sie essen?
Das ich nur die Form sehen kann wenn ich „Hoch in den Himmel gucke“
Manchmal sind die Wolken böse dann sind sie schwarz
Ich mag Wolken
Wolken sind schön
Es gibt 11 Arten von Wolken
Kann man schön fotografieren
Sie haben tolle Muster
Man kann Muster daraus erkennen
Wolken sind wichtig für die Natur, weil sie Wasser in trockene Gebiete bringen.

Warum gibt es eigentlich Wolken? Für was sind Wolken gut?
Ich habe nicht so viel Ahnung von Wolken. Wolken sehen von der Erde meist schön aus wenn die Sonne scheint. Wenn es regnet sind sie dunkel und hässlich
Sie sind schön
Von Flugzeugen aus können Wolken auch mal aussehen wie die Arktis!
Sie sind wichtig für die Natur, weil sie Wasser in trockene Regionen bringen
Sie sind wunderbar
Wenn man genau in den Wolken guckt, entstehen manchmal verschiedene Figuren
Ich weiß nicht viel über Wolken. Ehrlich gesagt hat mich das Thema zuvor nicht wirklich interessiert.
Sie sehen bei Sonnenaufgang oder Sonnenuntergang sehr gut aus.
Finde ich cool
Die Aufgabe 6.7 war nicht genau formuliert.
Die Aufgabe 6.7 war nicht genau formuliert.
Wolken haben nicht immer dieselbe Größe, sie sind unterschiedlich groß.
Wolken haben unterschiedliche Größen
Wolken sind nervig, weil es deshalb regnet.
Die Wolken bestehen aus weit auseinandersetzenen Molekülen. Mit der Zeit werden die Moleküle immer näher aneinander gedrückt, bis sie so dicht aneinander stehen, das Wasser entsteht und dann regnet es.
Sie haben unterschiedliche Formen
Wolken sind krumm und nicht schlau. Wolken sind komisch
Es gibt auch einen Kreislauf der Wolken
Wenn mir langweilig im Auto ist, schaue ich in die Wolken und versuche mir vorzustellen, was sie darstellen wollen (Tiere)
Nicht alle Wolken sehen gleich aus
Durch die Entladung von Energie in den Wolken entstehen Blitz und Donner.

Manchmal ist der Himmel mit Wolken bedeckt und manchmal ist es heiter.
Als ich in einer Wolke in Südafrika/ Kapstadt auf dem Lionshead, fühlte sich das sehr nass und ölig an.
Ich mag Wolken da ich gerne beobachte wie sie sich bewegen.
Sie sind sehr schön
Wolken sind schön und interessant. Sie sind ein tolles Naturphänomen
Sie sind sehr schön. Sie sind interessant
Durch Wolken entsteht Reibung
Ich hätte gerne eine in meiner Hütte
Sie sind schön
In der Grundschule haben wir nur die unterschiedlichen Wolkenarten gelernt. Schäferwolken usw.
Wolken gibt es richtig oft
Wolken sind weich
Sie sehen am Himmel sehr hübsch aus. Sie sind wichtig, für die Atmosphäre, ich weiß nicht, was man durch eine Wolke sieht. Wolken sagen etwas übers Wetter aus. Es gibt verschiedene Wolkenarten.
Wolken haben immer eine unterschiedliche Form
Die Vorstellung man könne auf Wolken setzen etc. Verfälscht die eigentlichen Wolken.
Wolken sind cool!
Die Wolken wirken sich auf unser Wetter aus
Wolken sind mal groß, mal klein, mal zu zweit oder allein
Sie werden in Filmen häufig kuschelig und weich dargestellt dabei sind sie nass und kalt.
Sie sind unterschiedlich groß und es kann hageln
Wolken können verschiedene Formen haben.
Sie sehen sehr schön aus.

Sie sind faszinierend
Verzieht euch im Sommer
Man kann sie nicht malen. Sie sind flauschik
Wolken kann man nicht malen nur fiktiv
Dass ich nicht viel über sie weiß
Dass ich fast nichts über sie weiß
Sie sehen cool aus
Ich mag Wolken
Eine Wolke zu malen ist schwierig, da es ganz verschiedene gibt. Manche Wolken haben sehr definierte Enden manche sehen eher aus wie eine einzige Schicht. Zusätzlich zu diesem Problem kommt noch die Frage aus welcher Perspektive gezeichnet werden soll.
Jede Wolke ist unterschiedlich. Es gibt verschiedene Farben und Formen.
Es gibt sehr viele verschiedene Arten von Wolken (z. B. Gewitterwolken), deshalb ist es schwer sie zu malen.
Wolken können verschiedene Formen haben
Es sind immer unterschiedlich viele Wolken am Himmel. Bei schlechtem Wetter viele, bei gutem Wetter wenige bis fast keine.
Wolken können nicht weiß werden
Wenn die Wolken türmend aussehen dann ist das ein Anzeichen für Gewitter.
Wolken sind ein Meisterwerk der Mutter Natur.
Beim Gewitter laden sich Teilchen in der Wolken gegenseitig auf.
Das Wolken manchmal seltsame Formen haben.
Sie können viele verschiedene Formen haben die von der Wassermenge abhängig ist.
Es gibt verschiedene Wolkenarten
Es gibt glaub ich verschiedene Wolken
Haben verschiedene Formen

Es gibt verschiedene Arten von Wolken
Ich mag Wolken weil sie den Himmel verschönern
Es gibt viele verschiedene Arten von Wolken
Wolken sind nicht so mein Thema
Manchmal gibt es welche manchmal nicht
Wir haben dieses Thema bisher noch nicht bearbeitet, deswegen waren die Fragen teilweise kompliziert.
Ich glaube sie sorgen auch für Blitze
Ich mag Wolken da die Sonne dann nicht so krell ist
Ich finde Wolken zu beobachten ist schön, man kann auch mit ein bisschen Fantasie viele Figuren in ihnen erkennen.
Ich finde Wolken sehr interessant
Wolken können wen man genau hin sieht Bilder Tiere oder andere Sachen darstellt und mit viel Fantasie
Auf Wolken kann man nicht leben
Ich finde Wolken sind ein interessantes Thema
Ich mag Wolken da sie im Sommer am Himmel schön aussehen. Und uns im Sommer eine leichte Abkühlung verschaffen!
Wolken sind cool
Wolken sehen von unten anders aus und von oben wenn man durch die Wolken und dem Flugzeug geht auch anders.
Ich finde Wolken uninteressant. Ich hasse Regen über allen
Wolken entstehen in einem ewigen Wasserkreislauf
Sie sind toll
Wolken sind cool
Wenn sie genau sind dann regnet es oder wird es regnen
Wolken sind schön

Die Sonne strahlt z.B. In einen See so verdunstet es und dann steigen die kleinen Wassertröpfchen bis zum Himmel und so entstehen dann regen.

Ich mag sie

In Wolken sind kleine Wasserteilchen die sich immer schneller bewegen und so dann regen entsteht.

Wolken haben verschiedene Formen

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, Katharina Taets von Amerongen, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken (dazu zählen auch Internetquellen) entnommen sind, wurden unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Frankfurt am Main, den 13. Mai 2016