

Farbenfrohe Wolken und seltsamer Regen: Atmosphären anderer Planeten erkunden

In Bezug auf „Bizarre Wolken auf Exoplaneten“ in der Zeitschrift »Sterne und Weltraum« 11/2020, Zielgruppe: Grundschule – Unterstufe der Oberschule, WIS-ID: 1421043

Inga Gryl (Universität Duisburg-Essen)

Riesenplaneten faszinieren mit bunten Wolken und heftigen Stürmen. In diesem Beitrag werden auf sehr grundlegendem Niveau, ausgehend von Schüler*innenvorstellungen, atmosphärische Phänomene von Planeten mit Gashölle im Sonnensystem und außerhalb, wie Wolken, Stürme und Regen, angesprochen und mit einfachen Experimenten, aber auch mit ästhetischen Zugängen erschlossen.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag (Primarstufe)		
Astronomie	Planeten	Riesenplaneten (im Sonnensystem und Exoplaneten)
Fächer- verknüpfung	Astro - Mathematik	Distanzen/Größen (deskriptiv)
Lehre Allgemein	Kompetenzen Querschnittskompetenzen Unterrichtsmittel Lehr- und Sozialformen Lernpsychologie Kategorien des didaktischen Materials	Fachwissen , Methodenkompetenz (Versuch), Modellkompetenz Versuch, Gestaltung, Modelle , Versuchsaufbauten , Materialien zur Gestaltung Versuch zur Windentstehung , Versuch zur Wolkenentstehung , Wolkenmodell Jupiter , Darstellung Riesenplaneten mit künstlerischen Zugängen Einzelarbeit , Partner- und Kleingruppenarbeit , Plenum Ästhetisches Lernen , Modell-Objekt-Relation Lernen mit Modellen , Lernen durch Gestalten



Abbildung 1: Wolken auf Jupiter, aufgenommen durch Juno. Quelle: <https://www.nasa.gov/image-feature/jpl/pia21386/dark-spot-and-jovian-galaxy>, NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS/Roman Tkachenko, vgl. Copyright-Erklärung der NASA auf <https://gpm.nasa.gov/image-use-policy>

[zurück zum Anfang](#)

Legitimation des Themas als Unterrichtsgegenstand

Die Beschäftigung mit Riesenplaneten und ihren Atmosphären liegt für die Grundschule nicht unbedingt auf der Hand – zu speziell, könnte man meinen. Allerdings sprechen vor dem Hintergrund der Exemplarität durchaus Punkte dafür:

- Mediales Lernen: Fotografische und künstlerische Darstellungen von Riesenplaneten wie Jupiter sind im Rahmen der Wissenschaftskommunikation Gegenstand der alltäglichen Berichterstattung, derzeit etwa im Zuge der Mission Juno, aber auch im Zusammenhang mit Exoplaneten (siehe zu Grund liegender Spektrum-Beitrag). Zu lernen, was sich hinter den eindrucksvollen Darstellungen verbirgt, trägt zum umfassenden Verständnis der Welt bei.
- Ästhetisches Lernen: Aufbauend auf der bildhaften medialen Kommunikation und insbesondere durch einen künstlerischen Zugang bekräftigt wird mit der vorliegenden Unterrichtsidee das ästhetische Lernen angesprochen. Nicht-menschgemachte Formen und Muster inspirieren auch zur eigenen gestaltenden Betätigung. Gleichzeitig können die Möglichkeiten und Grenzen von künstlerischen Darstellungen erschlossen werden.
- Alltagsbezug und Transfer: Selbstverständlich kann die Thematik von Wolken und Wind auch an Hand irdischer Beobachtungen und Phänomene realisiert werden, allerdings bietet die Faszination des Nicht-Irdischen einen möglichen Zugang jenseits der eher als selbstverständlich hingenommenen und daher eventuell weniger Neugier hervorrufenden Alltagsgegenstände. Eine Übertragung des Gelernten (physikalische Prozesse) auf irdische Zusammenhänge ist leicht möglich – gleichzeitig wird durch das Lernen jenseits des Spezialfalls der irdischen Atmosphäre ein breiteres, im Primärbereich natürlich sehr grundlegendes Verständnis physikalischer Prozesse angeregt.

[zurück zum Anfang](#)

„Wolkenplaneten“ – ein Einstieg in die Welt der Riesenplaneten

Der Einstieg kann beispielsweise mit folgender Frage erfolgen: „Habt ihr schon einmal die größten Planeten, die es im Sonnensystem und außerhalb gibt, angesehen? Was unterscheidet sie von der Erde?“ Dazu können (Satelliten-)Bilder von Jupiter und der Erde sowie eine Abbildung zum Größenvergleich gezeigt werden (**Material_Einstieg Jupiter-Erde**). Gemeinsam sollen, ausgehend vom explizit zu erfragendem Vorwissen der Schüler*innen und dieses einbeziehend, aufgreifend, anreichernd und ggf. revidierend, folgende Punkte herausgearbeitet werden:

- Farbe: Wolken auf der Erde erscheinen – zumindest vom Satellitenbild aus betrachtet – oftmals weiß; Wolken auf Riesenplaneten haben verschiedene Farben (Erklärung: auf Grund der Zusammensetzung der Wolken und Atmosphäre von Riesenplaneten aus weiteren Stoffen neben Wasser).
- Oberfläche: Bei der Erde ist die Oberfläche des Planeten sichtbar, im Falle Jupiters und der anderen Riesenplaneten nicht (Erklärung: Riesenplaneten haben in dem Sinne keine Oberfläche, sondern tief unterhalb umfangreicher Schichten aus Atmosphäre und Fluiden einen möglicherweise festen Kern).
- Größe: Jupiter und Erde sind sehr unterschiedlich groß, eben da Jupiter ein Riesenplanet ist mit einer dichten Atmosphäre und die Erde ein Gesteinsplanet ist (Erklärung: auf Grund der Lage weiter entfernt von der Sonne konnten die Riesenplaneten zumindest im Sonnensystem mehr Materie sammeln und halten, da sie nicht vom Sonnenwind weggeweht wurde, und so eine enorme Größe aufbauen. Im Falle von Exoplaneten allerdings gibt es auch Riesenplaneten, die enger am Zentralstern stehen. Eine zunehmende Größe eines Planeten begünstigte in der Entstehungszeit des Sternsystems das Einfangen weiterer Materie. Im Innern bestehen diese Planeten wahrscheinlich aus einem Kern aus Eis und Gestein, ähnlich wie die Gesteinsplaneten, allerdings unter der außergewöhnlichen Bedingung enormen Drucks.)

[zurück zum Anfang](#)

Anmerkung

So praktisch es auch für den Fokus dieses Unterrichtsvorschlags wäre, die Bezeichnung ‚Wolkenplanet‘ gibt es leider (zumindest in der Astronomie) nicht. Die Bezeichnung Riesenplanet (Lissauer & Stevenson 2006) hingegen ist pragmatisch und korrekt, wobei die Erde natürlich trotz der Größendifferenz nicht als Zwergplanet (siehe z.B. Pluto) missverstanden werden darf. Planetologisch wird bei Riesenplaneten auch von Gasriesen und Eisriesen gesprochen, wobei damit allerdings nicht die tatsächlichen Aggregatzustände gemeint sind, die auf Grund der breiten Variation von Druck und Temperatur stark variieren, und mit zunehmender Tiefe in der Atmosphäre bei hohen Drücken und Temperaturen in ein Fluid übergehen, sondern die chemische Zusammensetzung (Lissauer & Stevenson 2006): Jupiter und Saturn als Gasriesen bestehen hauptsächlich aus Wasserstoff und Helium, was in dieser Lesart mit ‚Gasen‘ umschrieben wird, Neptun und Uranus als Eisriesen neben Wasserstoff aus Wasser, Methan und Ammoniak, die mit dem Begriff ‚Eise‘ umschrieben werden. Da mit der Einführung der Aggregatzustände in der Grundschule diese Bezeichnungen aber irreführend wären, ist ‚Riesenplanet‘ angemessener.

[zurück zum Anfang](#)

Wolken ansehen und gestalten – künstlerische Techniken

In diesem Abschnitt geht es darum, das Aussehen der Riesenplaneten mittels künstlerischer Techniken nachzuempfinden. Die Zufallskomponente der Techniken erlaubt es, auch neue Formationen darzustellen, was dann auf Exoplaneten jenseits der weithin bekannten Fotografien aus dem Sonnensystem verweisen kann.

Zur Inspiration der künstlerischen Intervention können Bildkarten mit Riesenplaneten und Wolkenformationen analog oder digital gezeigt werden (**Material_Riesenplaneten**).

Impuls: Wolkenformen

Eingeleitete von der Frage „Habt ihr schon einmal versucht, in den Wolken auf der Erde Fabelwesen zu entdecken?“ können gemeinsam Figuren in einer Wolkenformation gesucht und ggf. auch eingezeichnet werden (**Material_und_Arbeitsblatt Wolkenfiguren**, Arbeitsblatt druckerfreundlich in hellen Graustufen). Es wird gefragt, warum diese Figuren nicht von langer Dauer sind und gemeinsam werden Antworten zusammengetragen (Zusammensetzung der Wolken aus frei gegeneinander beweglichen Wassertröpfchen, Wind, Auflösung durch Verdunstung). Davon ausgehend wird verwiesen, dass auch die Wolkenformationen von Riesenplaneten sich ändern, also die sichtbaren ‚Oberflächen‘ nicht statisch sind, auch wenn manche recht stabil sind (Beispiel Großer Roter Fleck, bei dem verhältnismäßig kleinere Änderungen beobachtet wurden) und angesichts der Größe/Ausmaße eines Riesenplaneten Veränderungen größerer Strukturen langsam erscheinen.

Modell: Wolkenformen auf Riesenplaneten

Die Schüler*innen können frei zwischen verschiedenen Techniken auswählen, um einen eigenen Riesenplaneten darzustellen. Die Farben sind (der Vereinfachung halber) frei wählbar, und um von der eventuell vorhandenen Erwartung der Reproduktion eines Riesenplaneten im Sonnensystem wegzukommen, kann dem Planeten ein eigener Name gegeben werden. Als Rahmen können sie bei den meisten Techniken eine der Druckvorlagen nutzen (**Arbeitsblatt_Vorlage Gestaltung**, am besten per Laserdrucker auf dickeres Papier drucken). Grundlegend sind dabei folgende Fragen zu beantworten:

„Welche Formen möchtest du in deiner Zeichnung wiederfinden, damit man erkennen kann, dass es sich um einen Riesenplaneten handelt?“ (Bänderung entlang der Drehung um sich selbst, ggf. Wirbelstürme).

[zurück zum Anfang](#)

Die Vorstellung von Wirbelstürmen kann über einen **Wirbelsturm in der Flasche** unterstützt werden. Dazu werden die Deckel von zwei Flaschen aufeinander geklebt (z.B. mit Sekundenkleber), so dass die Flaschen von beiden Seiten auf den Doppeldeckel geschraubt werden können, und in der Mitte durchbohrt. Eine Flasche wird zu zwei Dritteln mit Wasser gefüllt und beide mit dem Doppeldeckel miteinander verbunden. Beim Umdrehen des Konstrukts, während das Wasser der oberen in die untere Flasche fließt, müsste nun ein Strudel zu sehen sein. Die Differenzen zwischen Modell und Riesenplanet müssen deutlich gemacht werden: Wolkenteilchen fließen anders als das Wasser im Versuch nicht allein schwerkraftgetrieben; Wirbelstürme sind, auch wenn sie über Luftdruckausgleich und die Rotation angetrieben bzw. orientiert sind, keine reinen Abflussphänomene.

„Was unterscheidet deine Maltechnik von der Wolkenentstehung auf deinem Gasriesen?“

- Aquarell – funktioniert am besten auf Aquarellpapier mit Aquarellfarben, aber auch mit Wasserfarben und auf dickerem Papier. Wird das Papier vor dem Malen angefeuchtet, fließen die Farben ein wenig wie Wolkenformationen und lassen sich gut ineinander vermahlen. Die Verteilung der Farbe erfolgt fließend auf dem Trägermaterial Wasser, und innerhalb des Wassers durch brownische Bewegung, so dass ein grundlegender Unterschied zwischen der Bewegung von strömenden Wolken und Farbe besteht.
- Pustetechnik – funktioniert mit sehr flüssiger Wasserfarbe und einem Strohhalm. Entlang der (Wolken-)Bänder des Planeten wird die Farbe mit einem Strohhalm entlang gepustet. Die Bereiche außerhalb des Planeten können vor oder nach dem Malen mit anderem Papier abgedeckt werden. Vorteil dieser Methode ist, dass ‚Wind‘ beim Verteilen der Farbe hilft, die aber natürlich im Gegensatz zu Wolken persistente Spuren auf dem Papier hinterlässt.
- Pastellkreide – eignet sich sehr gut, um durch Verreiben auf dem Papier (Finger, Taschentuch) Übergänge zwischen Farben (Wolken) herzustellen, und unscharfe Wolkenränder zu erzeugen. Das Verteilen erfolgt ausschließlich durch Verreiben auf dem Papier und nicht durch Luftbewegung.
- Milch und Lebensmittelfarbe (Wennekers 2018) – stellt eine eher zufallsorientierte Darstellung dar, die das Fließen der Farbe noch einmal verstärkt. Auf einen Teller wird Milch gegeben und dazu einige Tropfen Lebensmittelfarbe. Mit einem in Spülmittel getränktem Wattestäbchen wird die Farbe berührt, die daraufhin zu fließen beginnt und Formen bildet. Die Bewegung kommt dadurch zu Stande, dass das Spülmittel Wasserteilchen der Milch und der darauf schwimmenden Farbe verdrängt. Wenn die gesamte Oberfläche von Farbe bedeckt ist, kann ein Foto gemacht werden oder das Ergebnis abgezeichnet werden. Bänderungen sind hier wie beim Aquarell eher schwierig herzustellen.



Abbildung 2: Gestalten mit Milch, Lebensmittelfarbe und Spülmittel (Abb. erstellt durch Janina Wennekers, CC BY SA 3.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/>, Ausschnitt).

[zurück zum Anfang](#)

Wolken verstehen und selbst herstellen – Versuch

Eine klassische Kinderfrage, basierend auf Vorstellungen und Vorwissen, ist die, warum Wolken massiv ausschauen, aber dennoch nicht herunterfallen, und sogar von Flugzeugen durchquert werden können. Neben Analogien aus der Alltagserfahrung wie Nebel, in den man sich problemlos begeben kann, können auch Wolken im Versuch (Schulbiologiezentrum Hannover o.J.) hergestellt werden:



Benötigt werden:

hohes, großes Einmachglas – kleine Plastiktüte – warmes, aber nicht kochendes Wasser – Eiswürfel – Strichhölzer

Abbildung 3: Versuchsaufbau Wolken herstellen (Abb. durch Autorin erstellt, CC0 1.0, <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/deed.de>)

Versuchsanleitung:

Ein hohes, großes Einmachglas wird etwa zu einem Fünftel mit warmem Wasser gefüllt (im Schülerversuch: gewünschten Füllstand anzeichnen). In eine Plastiktüte werden Eiswürfel gefüllt, diese in die Luft im Glas gehängt. Ein Streichholz wird entzündet und in das Glas gehalten, dann ausgeblasen und entnommen. Der Deckel des Glases wird geschlossen und die Tüte festgeklemmt.

Beobachtung:

Das warme Wasser verdunstet. In der Nähe der Tüte ist die Luft kalt, der Wasserdampf kondensiert zu feinsten Tröpfchen, die als feiner Nebel erscheinen und herabsinken. An der Tüte bilden sich dickere Tropfen, die herabregnen.

Erklärung:

Warmes Wasser verdunstet. Am Eisbeutel und in dessen Nähe ist die Luft kalt und das Wasser kondensiert, unterstützt durch die Kondensationskeime des Streichholzes in der Luft. Ballen sich genügend Tropfen zusammen, sinken sie als Regen zurück ins Wasserbecken.

Analogie:

Wasser wird durch Sonneneinstrahlung erwärmt und verdunstet. In höheren, kälteren Luftschichten und unterstützt durch Kondensationskeime in der Luft kondensiert das Wasser. Tröpfchen ballen sich zusammen. Sie werden sichtbar, weil sie das Sonnenlicht reflektieren/streuen. Bei genügender Masse werden die Tröpfchen nicht mehr in der Schwebelage gehalten; sie fallen als Regen zur Erde.

Transfer zu Riesenplaneten:

Selbstverständlich bestehen die Wolken auf Riesenplaneten nur zu gewissen Teilen aus Wasser, und auch nur zu Teilen aus Tröpfchen. Neben gasförmig vorliegenden Stoffen sind Dunstschichten aus Kohlenwasserstoffen (ähnlich dem irdischen Smog) und anderen Schwebeteilchen, Kristalle aus Eis und anderen Stoffen wie Ammoniak sowie tatsächliche Tröpfchen – aus Wasser, oder im Falle besonders heißer Exoplaneten, die nah um ihren Stern kreisen, aus geschmolzenen Silikaten – zu finden (siehe Spektrum-Beitrag). Je nach Ausgangslage des Planeten (insbesondere Abstand zum Zentralstern) und Höhenlage in der Atmosphäre variieren Zusammensetzung und Zustand der Atmosphäre und der Wolken. Dies wirkt sich auch auf die Farbe aus: Neptun und Uranus erscheinen beispielsweise wegen gasförmigem Methan bläulich (Althaus 2018).

[zurück zum Anfang](#)

Wind verstehen und machen – Versuch

Vergleicht man Satellitenbilder irdischer Wirbelstürme mit dem Großen Roten Fleck auf Jupiter oder der Information, dass auf Neptun Winde mit Geschwindigkeiten von bis zu 2000 Kilometern pro Stunde wehen, so wird deutlich, welche große Rolle Winde für die Wolken der Riesenplaneten spielen. Ein grundlegendes Verständnis von Wind kann daher in zwei Versuchen gelegt werden:

Benötigt werden:

Luftballons – Flasche – Gummiringe, Panzertape oder Knetmasse – Waschbecken oder Schüssel – heißes Wasser – Eiswürfel

Wind als Ausgleich von Luftdruck

Versuchsanleitung und Beobachtung:

Ein Ballon wird aufgeblasen, zugehalten und vom Mund wegeführt. Wird nun die Öffnung wieder freigegeben, strömt spürbar Luft aus dem Ballon – dazu die Ballonöffnung über eine Hand halten.

Erklärung:

Durch das Hineinblasen von Luft in den Ballon wird der Luftdruck darin erhöht. Er drückt gegen die Außenwände des Ballons und bläht ihn auf. Wird eine Verbindung zwischen der Region hohen Luftdrucks und der niedrigen Luftdrucks hergestellt, so findet ein Ausgleich statt, der als Wind wahrnehmbar ist.

Wind auf Grund von Temperaturunterschieden

Versuchsanleitung und Beobachtung:

Ein Ballon wird über die Öffnung einer Flasche gestülpt und das Ganze mit Gummiringen, Tape, Knete o.Ä. abgedichtet. Die Flasche (nicht der Ballon) wird mit einem Bad in heißem Wasser oder einem Föhn erwärmt (Achtung bzgl. der Hitzebeständigkeit des Materials der Flasche). Der Luftballon bläht sich auf. Die Flasche (nicht der Ballon) wird in Eiswasser gebadet. Der Luftballon zieht sich zusammen und kann mitunter in den Flaschenhals hineingezogen werden.

Erklärung:

Heiße Luft dehnt sich aus, der Luftdruck steigt. Kalte Luft zieht sich zusammen, der Luftdruck sinkt. Druckunterschiede, wie im ersten Versuch gezeigt, führen wiederum zu Wind. (Hinzu kommt, dass erwärmte Luft nach oben steigt und unten einen niedrigen Druck hinterlässt, und kalte Luft absinkt und den Druck weiter unten erhöht.)

Transfer:

Für die Winde auf Riesenplaneten braucht es eine Energiequelle, die in der Regel der zentrale Stern ist; aber auch weitere Quellen aus dem Inneren der Planeten werden diskutiert. Beeinflusst werden die Winde selbstverständlich auch von der Drehung des Planeten um sich selbst.

[zurück zum Anfang](#)

Eintauchen in die Atmosphäre – Video und Modell

Video

Zum Abschluss der Galileo-Mission verglühte die Sonde in der Atmosphäre des Jupiters (2003). Einen solchen (bzw. dank hypothetischer Technik deutlich längeren) Abstieg durch die Schichten des Jupiters verdeutlicht der frei verfügbare Kurzfilm <https://youtu.be/bjMqJ--aUJ8>, der das schwer Vorstellbare versucht zu illustrieren und der hier <https://www.spektrum.de/video/flug-durch-die-schichten-von-jupiter/1594216> (Grüter 2018) bzgl. seiner Plausibilität besprochen wird.

Weniger tief dringt der Film <https://www.youtube.com/watch?v=uj3Lq7Gu94Y> der NASA in den Jupiter ein, der auf Daten der Juno-Sonde (2011 gestartet, seit 2016 bei Jupiter) verweist, zeigt aber einen Eindruck der oberen Atmosphärenschichten. Hiermit gelingt auch eine vertikale Vorstellung, die die oft zweidimensionale Darstellung der Wolken ergänzt.

[zurück zum Anfang](#)

Am Wolkenoberrand herrschen Temperaturen von etwa -160°C . Bis in 100 Kilometer Tiefe sind zunächst Ammoniakkristalle, darunter Ammoniumhydrogensulfidwolken und darunter Wolken aus Eiskristallen und Wassertröpfchen zu erwarten (Grüter 2018). Durch den schnellen Druckanstieg ist bei 1000 Kilometer unter dem Wolkenoberrand Wasserstoff zunehmend flüssig, und schwerere Heliumtropfen sinken in diesem Ozean ab (Grüter 2018). Es wird demnach deutlich, dass die Atmosphären von Riesenplaneten nur bedingt vergleichbar mit der irdischen Atmosphäre sind.

Modell

Benötigt werden:

Ausdruck – Schaschlik-Spieße (30 Zentimeter lang) – kleine Styropor-Platte – Faden – Klebeband – Schere

Ein Wolkenmodell, das die ersten 1000 Kilometer der Atmosphäre des Jupiters vereinfacht darstellt, also den Bereich, bis zu dem ein Übergang in Wasserstofffluid stattfindet, verdeutlicht, welche enorme Mengen an gasförmigem Wasserstoff sich unterhalb der Wolkendecke verstecken. Des Weiteren wird dargestellt, wie verschiedene Wolkenschichten verschiedene Farben des Jupiters bewirken und wie Lücken zwischen den Wolken Blicke auf verschiedene Schichten freigeben. Zudem werden die starken vertikalen Winde in Form von Konvektionswolken dargestellt. Auch wenn Riesenplaneten in

ihrer Größe und den Bedingungen enorm variieren, können zumindest die Dimensionen grundlegend erfasst werden. Eine Schnur verdeutlicht zudem die weiteren Ausmaße des Planeten bis zum Kern und zeigt, wie schmal die als Wolken wahrnehmbare Atmosphäre wiederum ist. Eine Skala kann, aber muss nicht eine erste numerische Orientierung bis 1000 ermöglichen.

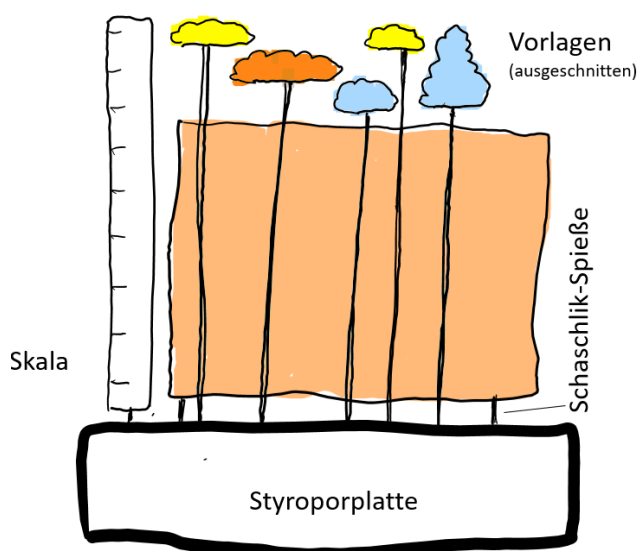


Abbildung 4: Modell der obersten Atmosphärenschichten des Jupiter (Abb. durch Autorin erstellt, CC0 1.0, <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/deed.de>).

Im Modell befindet sich die Wolkenoberkante am Ende von 30 Zentimeter langen Schaschlik-Spießen, die 3 Zentimeter tief in eine Styroporplatte gesteckt werden, also bei 27 Zentimetern; die Wasserwolken liegen bei 23 Zentimetern. Im Bereich dazwischen werden die verschiedenen zusammengesetzten Wolken auf unterschiedlichen Höhen dargestellt, wobei auch Lücken zwischen ihnen gelassen werden. Unter der Platte hängt ein 18,5 Meter langer Faden – das ist der weitere Weg bis zum Mittelpunkt des Jupiters. Im Vergleich können auch die Ausmaße der Erde verdeutlicht werden – ein Faden über den Radius der Erde wäre 1,6 Meter lang, einer über ihren Durchmesser (Achtung, in diesem Falle sollte auch der Jupiterdurchmesser genutzt oder thematisiert werden) 3,2 Meter. Die Platte markiert den Beginn der fluiden Phase des Wasserstoffs, wobei der Übergang in Wirklichkeit weniger abrupt ausfallen dürfte.

Die Wolken werden ausgeschnitten und mit Klebeband an den Schaschlik-Spießen befestigt. Diese müssen entsprechend gekürzt werden und an ihnen kann markiert werden, bis zu welchem Punkt sie in die Platte geschoben werden sollen. Die Angaben in der folgenden Tabelle messen den Bereich, der aus der Platte herausragt.

	Tiefe in der Atmosphäre (ungefähre Angabe)	Modell – Länge über Styroporplatte (gerundet)
Ammoniak (Eiskristalle)	0-45 Kilometer	27-26 Zentimeter
Ammoniumhydrogensulfid (Eiskristalle)	45 bis 100 Kilometer	26-24,5 Zentimeter
Wasser (Eis und Tröpfchen)	100-155 Kilometer, Gewitterwolken 45-155 Kilometer	24,5-23 Zentimeter; 26-23 Zentimeter
Wasserstoff (sowie Helium, Ammoniak, Methan, Wasser usw.) (gasförmig)	155-1000 Kilometer	23-0 Zentimeter

Eine weitere gelungene Abbildung, die einen gewissen Eindruck der Dreidimensionalität der Wolken-
decke vermittelt, findet sich in diesem Aufsatz: <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/new-research-describes-jupiters-wild-weather-180975525/>.

[zurück zum Anfang](#)

Fazit

Mit dieser Unterrichtsidee wurde auf basalem Level die Vielfalt des Aussehens der Atmosphären von Riesenplaneten vermittelt und grundlegend die Ursachen dahinter besprochen. Eine dreidimensionale Darstellung vermittelt eine Idee vom Aufbau von Atmosphären und erleichtert eine Vorstellungsbildung bei der Betrachtung von Bildern von Atmosphären von Riesenplaneten. Im Zuge der Arbeit wurden die auf irdische Verhältnisse übertragbaren Aspekte der Wolkenentstehung und der Windentstehung vertieft.

[zurück zum Anfang](#)

Literatur

Althaus, T. (2018): Warum erscheinen Uranus und Neptun blau? In. Spektrum.de, <https://www.spektrum.de/frage/warum-sind-uranus-und-neptun-blau/1526237>

Grüter, T. (2018): Flug durch die Schichten von Jupiter. In. Spektrum.de, <https://www.spektrum.de/video/flug-durch-die-schichten-von-jupiter/1594216>

Lissauer, J.J. & Stevenson, D.J. (2006): Formation of Giant Planets. In. NASA Ames Research Center, <https://www.lpi.usra.edu/books/PPV/8056.pdf>

Schulbiologiezentrum Hannover (o.J.): Wolken im Marmeladenglas. <http://www.schulbiologiezentrum.info/Wetter%20Materialien/Wolken%20im%20Marmeladenglas.pdf>

Wennekers, J., unter Bearbeitung von Gryl, I. (2018): Reise durch das Sonnensystem. Lehrerhandbuch zu einer Materialkiste zur astronomischen Bildung in der Grundschule. Universität Duisburg-Essen. Essen.