



Einfache DIY-Experimente zur Sternentstehung für den Physikunterricht und zu Hause

Sebastian Spicker & Alexander Küpper

Institut für Physikdidaktik, Universität zu Köln

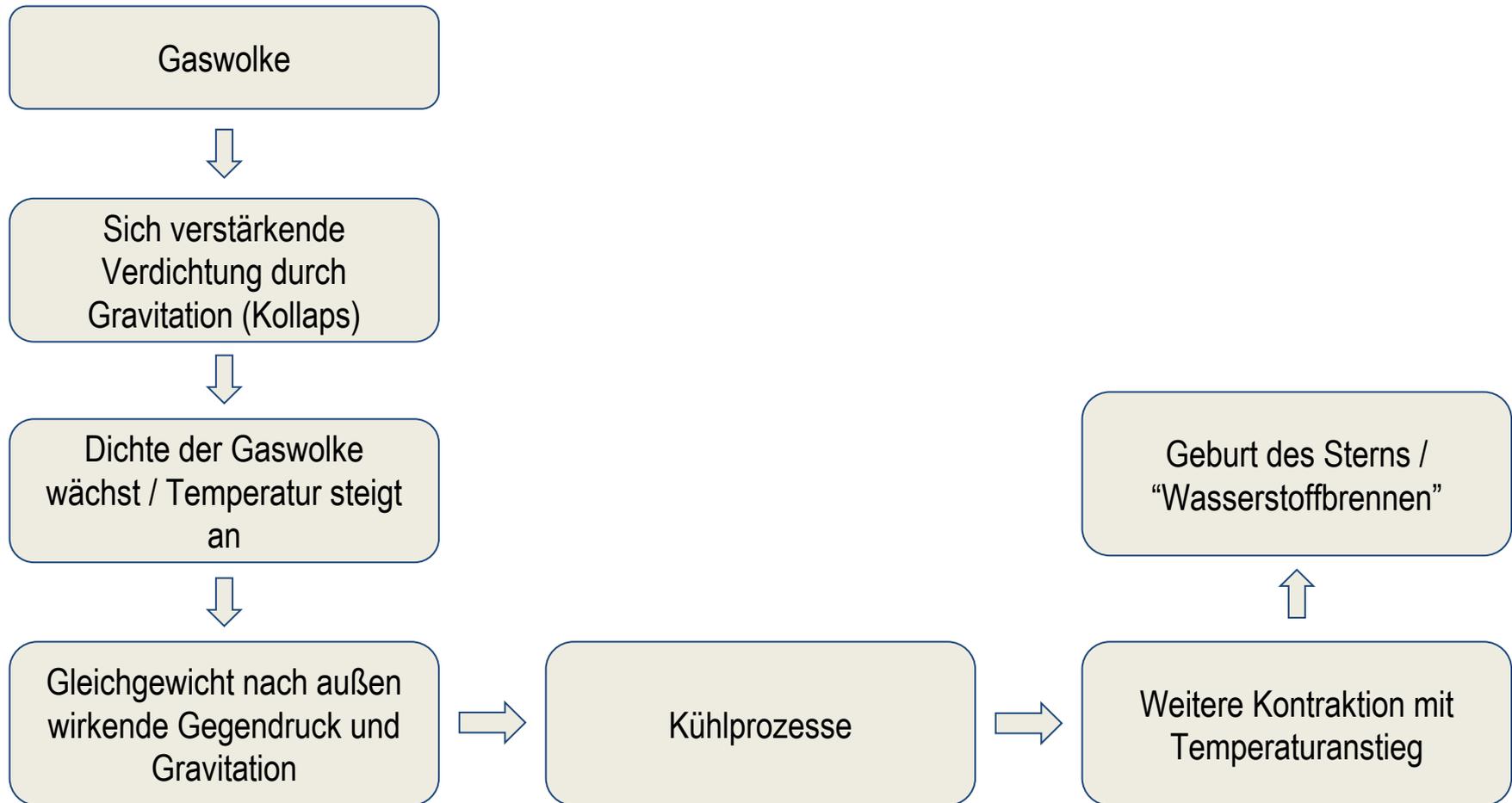
Vortrag im Rahmen der (Online) Lehrerfortbildung Physik / Astronomie: „Sternentwicklung verstehen und im Unterricht thematisieren“

24.09.2020

Warum (DIY-)Experimente zur Sternentstehung?

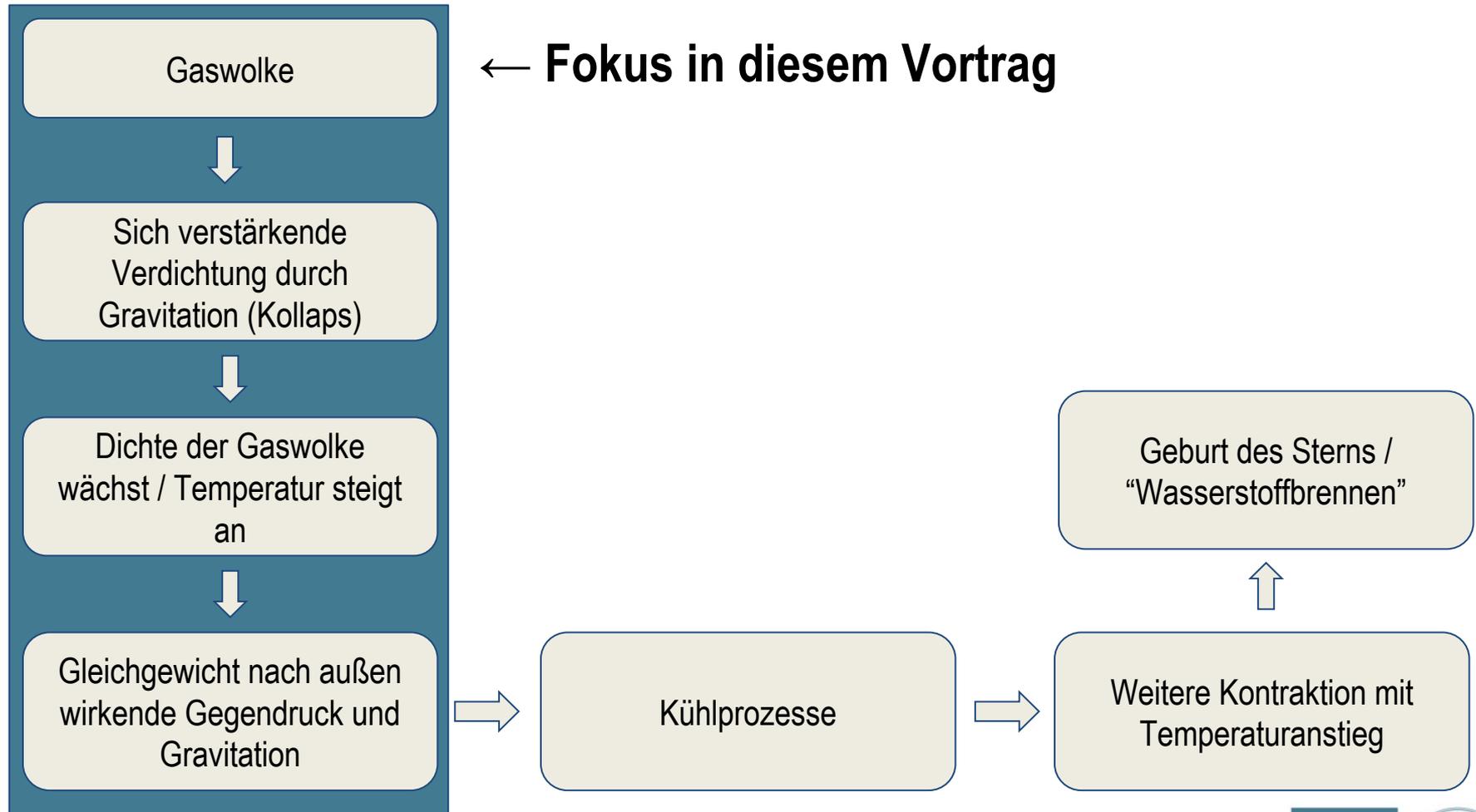
- Schüler*innen haben an astronomischen Themen (schwarzen Löchern, Supernova, warum Sterne leuchten) ein großes Interesse
- Fand Einzug in die Kernlehrpläne (Gymnasium und Gesamtschule)
- Sternentstehung bzw. -entwicklung ist ein sehr komplexes Thema
- Lehrkräfte werden das Thema im Rahmen ihres eigenen Studiums möglicherweise nicht kennengelernt haben
- Ein Blick in die Schulbücher zeigt, dass der Inhalt fast ausschließlich theoretisch erarbeitet wird

Zur Erinnerung: Sternentstehung (stark zusammengefasst)



(nach Weigert et al., 2012)

Zur Erinnerung: Sternentstehung (stark zusammengefasst)



Einfluss von Präkonzepten auf den Unterricht

- **Schüler*innen kommen mit individuellen Vorkenntnissen, Fähigkeiten, Überzeugungen und Konzepten in den Unterricht**
- Diese beeinflussen nicht nur ob und wie sie jeweils die Umwelt wahrnehmen, sondern auch die Interpretation des Wahrgenommenen
- Dies führt schließlich zu individuell unterschiedlichen Fähigkeiten in Hinblick auf Problemlösen und Wissenserwerb
(Bransford, Brown & Cooking, 1999)
- **Werden die Präkonzepte und Überzeugungen der Schüler*innen ignoriert, kann das Verständnis, z.B. eines physikalischen Zusammenhangs, das sie entwickeln, stark von dem abweichen, was die Lehrkraft beabsichtigt!**

Auszug aus den Kernlehrplänen Gym+Ge

- Schülerinnen und Schüler können...
 - „...die Entstehung von Sternen beschreiben“ (MSB, 2015)
 - „...Gravitation als Fernwirkungskraft zwischen Massen beschreiben und das Gravitationsfeld im Raum deuten, in dem Gravitationskräfte wirken“ (MSB, 2013)
 - „...typische Stadien der Sternentwicklung in Grundzügen darstellen“ (MSB, 2019)

Schüler*innenaussagen zu Sonne und Sternen

- „**Es gibt 12 Sternzeichen.**“
- „wir schauen auf die Sterne, wie sie jetzt sind.“
- „**Sterne erschaffen Materie aus dem Nichts.**“
- „alle Sterne sind kleiner als die Sonne.“
- „**Sterne laufen mit Treibstoff: Benzin oder Erdgas.**“
- „Metalle gab es schon immer im Universum.“
- „Die Sonne ist eine besondere Art astronomischer Körper mit eigenen Eigenschaften. Sie ist kein Stern.“

- „die Sonne wird explodieren, zu einem schwarzen Loch werden und die Erde verschlucken.“
- **„die Sonne ist aus Feuer gemacht.“**
- „die Sonne ist ein Hitze-Planet.“
- **„die Sonne ist ein Haufen zusammengeklumpter Sterne.“**
- „die Sonne ist auf ihrer Oberfläche am heißesten.“
- „die gesamte Sonne ist geschmolzene Lava.“
- **„die Sonne ist die einzige Lichtquelle in der Galaxie - Sonnenlicht wird von Planeten und Sternen reflektiert, so dass wir sie sehen können.“**

(Frei übersetzter Auszug aus dem Fehlvorstellungen-Inventar von Favia et al., 2013)

Mögliche Ursachen/Implikationen der Schüler*innen- aussagen (Auswahl)

- Es gibt 12 Sternzeichen.“ → **Astronomie vs. Astrologie**
- „Metalle gab es schon immer im Universum.“ und „Sterne erschaffen Materie aus dem Nichts.“ → **Elementverteilung und -Entstehung unklar**
- „die Sonne ist aus Feuer gemacht.“, „Sterne laufen mit Treibstoff: Benzin oder Erdgas“. → **Chemisches Brennen statt Fusion**
- „Die Sonne ist (...) ist kein Stern.“, „alle Sterne sind kleiner als die Sonne.“, „die Sonne ist ein Haufen zusammengeklumpter Sterne.“ → **Was sind Sterne und wie entstehen diese?!**

Präkonzepte: Gravitation

- Schüler*innen wissen nicht, dass zwischen Massen eine Kraft wirkt
- Schwerkraft wirkt nur, wenn sich die Körper bewegen. Schwerkraft wirkt nicht bei stationären Körpern (Palmer, 2001)
- Kraft impliziert immer eine Bewegung. (Gunstone & Watts, 1985)
Ein Kräftegleichgewicht wird nicht bedacht
- Schwerkraft wirkt nur auf der Erde, da im Weltall Dinge keine Masse haben. (Bar, Brosh & Sneider, 2016). Bei Schwerelosigkeit keine „Masse“!
- **Halten sich hartnäckig bis in das Erwachsenenalter:** lediglich ein Fünftel wusste, dass Gravitation eine Anziehungskraft ist und konnte dies korrekt mit den Begriffen „Anziehung“, „Masse“ und „Kraft“ beschreiben (Ashgar & Libarkin, 2010)

Präkonzepte: Was ist ein Stern?

- Gas/Staub 79%
 - „Gasball“ 43%
- Ein Stern brennt 44%
- Heiß / Temperaturanstieg 7.9%
- Kernfusion 3.6%

Insgesamt nur 2.3% der Antworten richtig.

(richtig = Sterne bestehen/entstehen aus Gas/Staub und es finden Fusionsreaktionen statt)

Präkonzepte: Wie entsteht ein Stern?

■ Gas/Staub	61%
■ „Gasball“	6.3%
■ Material kommt irgendwie zusammen	47.5%
■ Aufgrund von Gravitation	15.7%
■ Durch „Brennen“	31.9%
■ Temperaturerhöhung	6.4%
■ Kernfusion	5.2%

Nur 0.3 % der Antworten richtig.

(richtig = der Stern wird aus Gas oder aus Gas und Staub bestehen; dieses Material wird durch die Schwerkraft zusammengezogen; die Temperatur wird während dieses Prozesses steigen; und schließlich beginnt die Fusion.)

Präkonzepte: Wie entsteht das Licht, das wir von den Sternen sehen?

- Gas/Staub 36.7%
- Durch "Brennen" 32.3%
- Chemische Reaktionen 27.6%
- Kernfusion 7.3 %

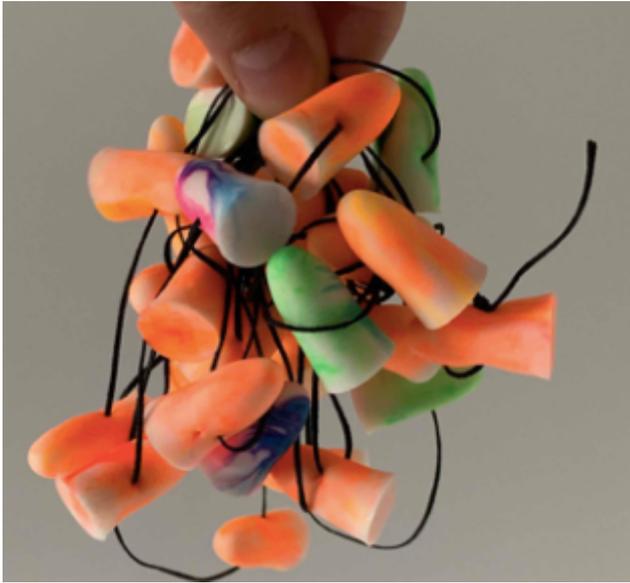
Insgesamt konnten nur 3% Fusionsprozesse nennen und Lichtentstehung korrekt beschreiben.

(Frei übersetzter Auszug der Ergebnisse der Studie von Bailey et al., 2009)

Zusammenfassung der Schüler*innenvorstellungen

- Elementverteilung nicht klar
- **Gravitation an sich und gegenseitige Anziehung unklar**
- Die Sonne ist kein Stern, sondern hat eine Sonderrolle (Schecker et al., 2018)
- Sterne sind brennende Gasbälle
- **Sternentstehung wird auf unbestimmten Mechanismus zurückgeführt:**
 - **Rolle der Gravitation,**
 - **Dichte** (Schatz & Lawson 1976)
 - **Temperaturerhöhung unklar,**
 - **Fusion weitestgehend unbekannt!**

Zwei didaktische Schwerpunkte für diesen Vortrag



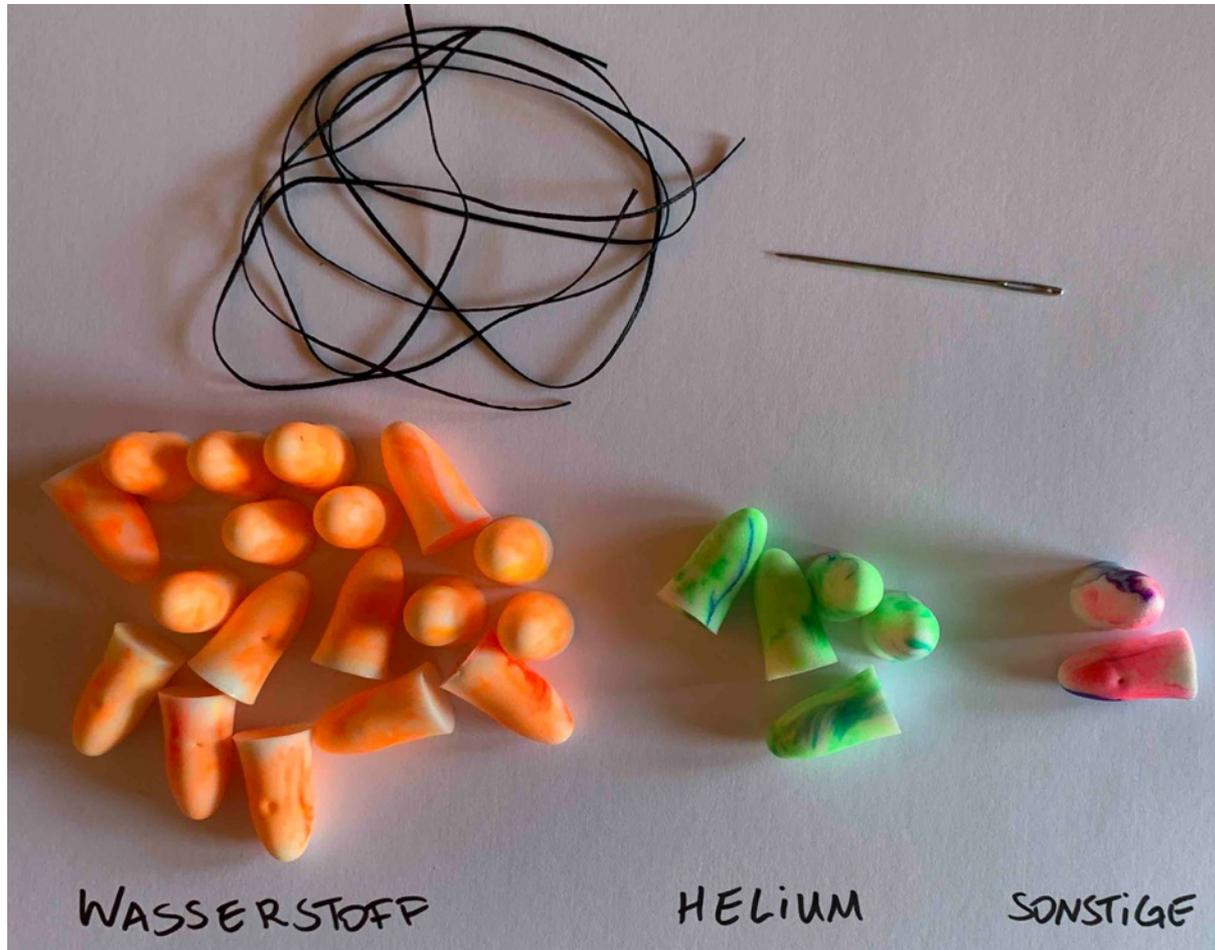
Sternentstehung durch
Gravitation



Temperaturerhöhung durch
Kompression

(vgl. Spicker & Küpper, 2020)

Materialien für das Netz-Experiment



Beispielaufgabe

„Wirkt im Weltall zwischen den Teilchen die Schwerkraft?

Falls ja: Stelle die zwischen den Teilchen wirkende Gravitation (Schwerkraft) mit den dir zur Verfügung stehenden Materialien dar.

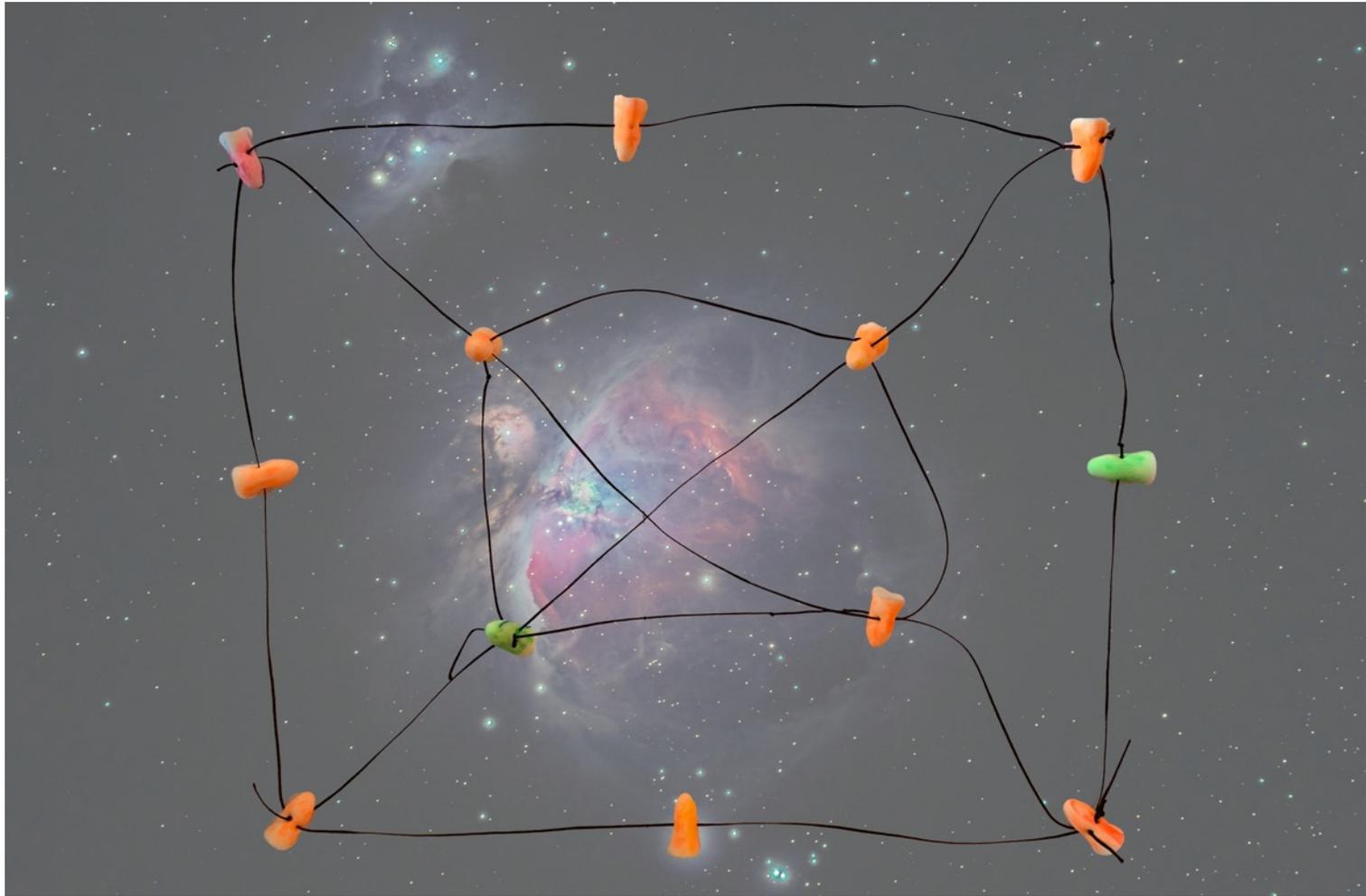
Falls nein: warum nicht?“

Mögliche Schüler*innenlösung I



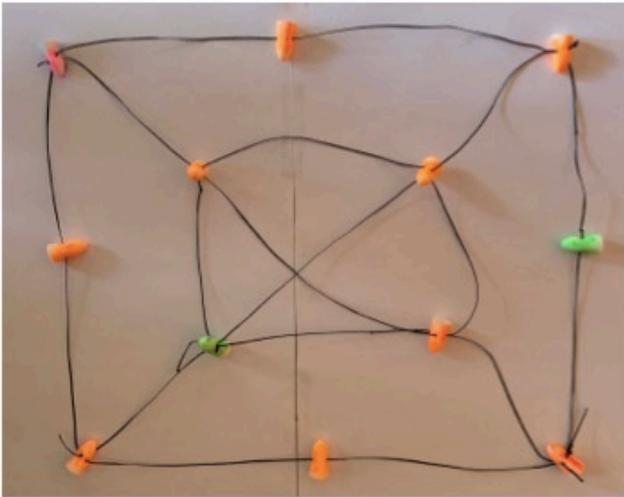
Begründung: Im Weltall sind die Teilchen schwerelos, deswegen gibt es auch keine Schwerkraft!

Mögliche Schüler*innenlösung II

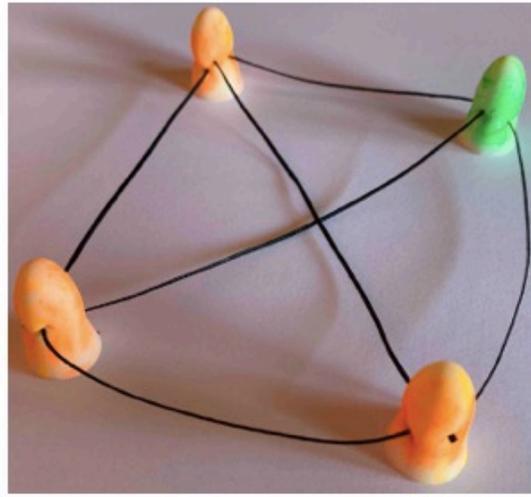


Gravitation wird mitgedacht, allerdings unvollständig.

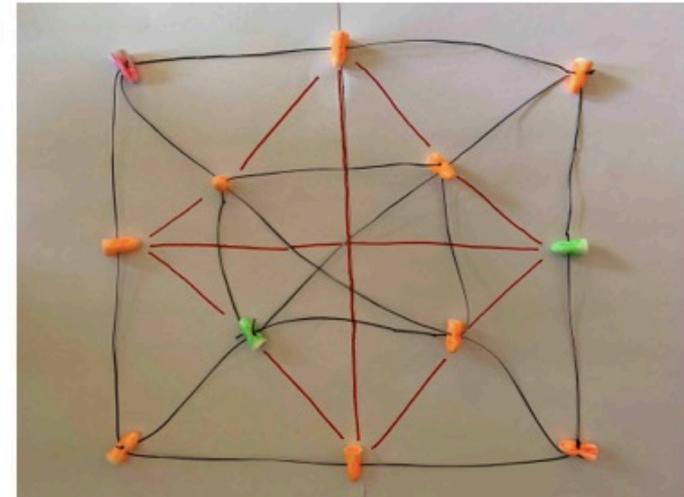
Reflexion der Netzprototypen



Prototyp eines Netzes. Es
Fehlen einige Verbindungen
zwischen den Teilchen

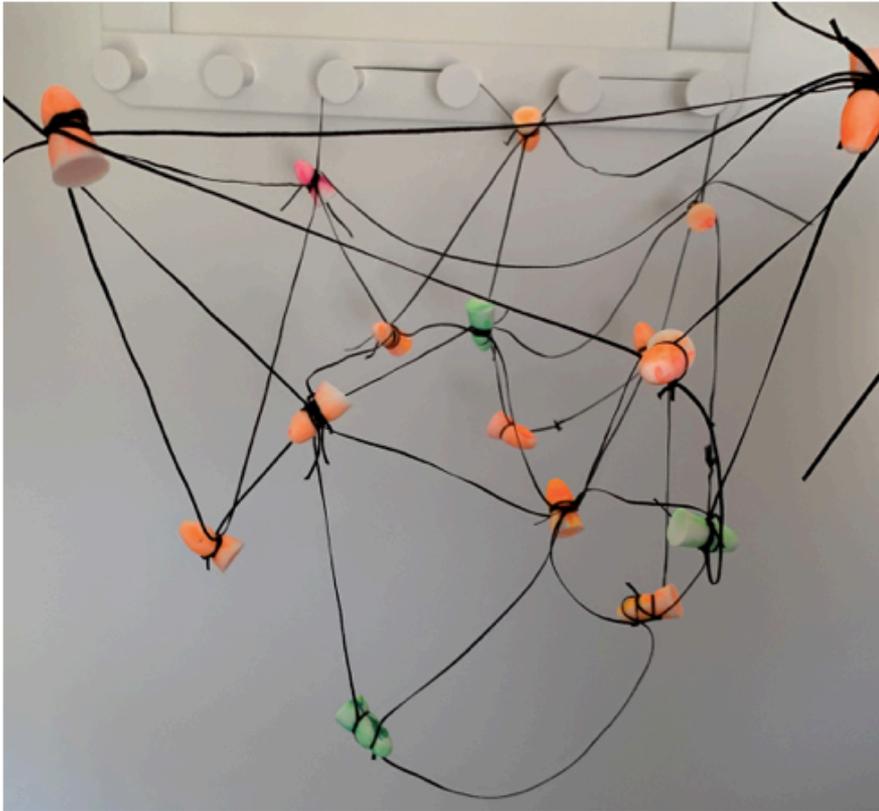


Kleines Netz zur
Veranschaulichung der
Gravitation zwischen allen
Teilchen

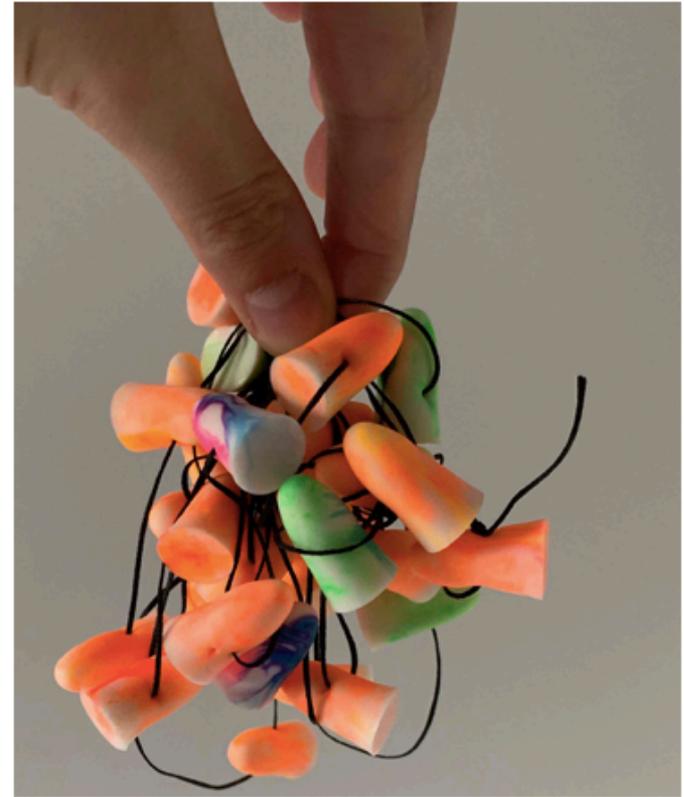


Einzeichnen einiger fehlender
Kräfte (rot) in einem Netz zur
Veranschaulichung
(nicht vollständig)

Kontraktion der Gaswolke im Netz-Experiment



Bewegung eines Netzes im Raum



„Sternkern“ und erhöhte Dichte

Vor- und Nachteile des Netz-Experiments

Vorteile:

- Häufigkeitsverteilung der Elemente im Universum wird berücksichtigt
- Wirkende Gravitation wird grundsätzlich sichtbar gemacht
- (Begriff Dichte kann erarbeitet werden)
- Fähigkeit zur kritischen Reflexion wird gestärkt

Nachteile:

- Es lassen sich jedoch nicht die Gravitationskräfte zwischen allen Teilchen sichtbar machen. Dies muss explizit thematisiert werden!
- Die Abstandsabhängigkeit der Gravitation kann nur indirekt beachtet werden. Die Massenabhängigkeit der Gravitation wird nur indirekt beachtet

Experimente zur Temperaturerhöhung bei der Sternentstehung in der Literatur

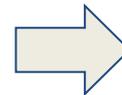
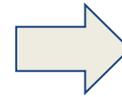
- Bei Kleinhans et al. (2020) findet man z.B. ein Experiment zum Verständnis der „Sternentstehung“:
- Zusammenhang Kompression eines Gases → Temperaturerhöhung



- Problem: Effekte der Körperwärme, Reibung?! Begriff „Druck“ ist Lernenden aus dem Unterricht noch nicht bekannt und sollte explizit eingeführt werden
- **Zusammenhang zwischen Druckerhöhung und Temperaturerhöhung wird im Experiment nicht sichtbar**

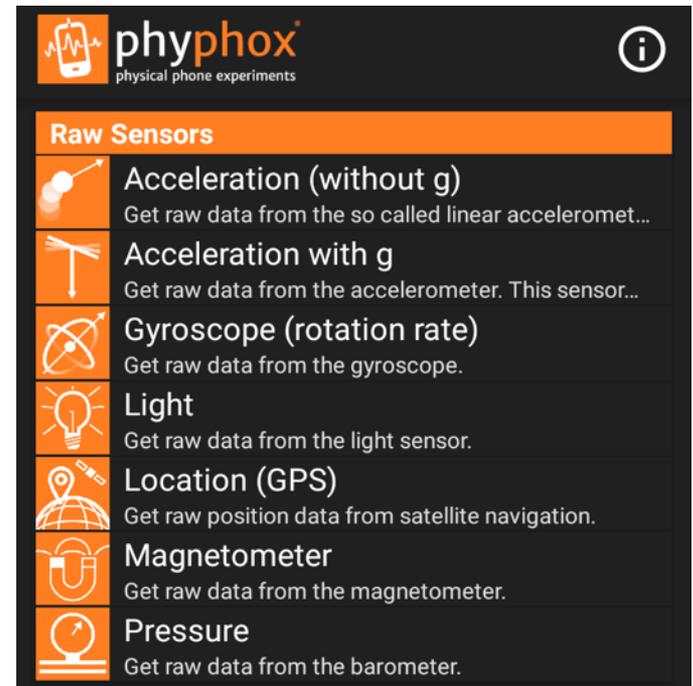
Ein Blick in den Medienkompetenzrahmen

1. BEDIENEN UND ANWENDEN		2. INFORMIERE UND RECHERCHIERE
1.1 Medianausstattung (Hardware)	2.1 Information	
Medianausstattung (Hardware) kennen, auswählen und reflektiert anwenden; mit dieser verantwortungsvoll umgehen	Informationsregerichtet durch Suchstrategien	
1.2 Digitale Werkzeuge	2.2 Information	
Verschiedene digitale Werkzeuge und deren Funktionsumfang kennen, auswählen sowie diese kreativ, reflektiert und zielgerichtet einsetzen	Themenrelevanter Daten ausfiltern, strukturieren und aufbereiten	

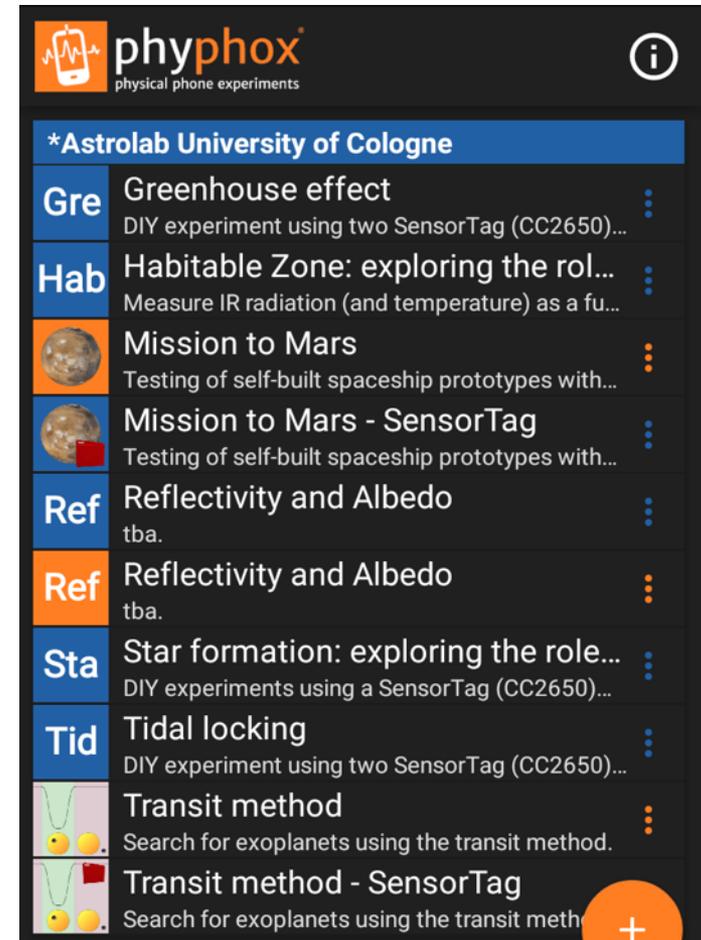


Digitale Werkzeuge: Die Phyphox-App

- Entwickelt von Staacks, Stampfer und Heinke an der RWTH Aachen University (Staacks et al., 2018)
- phyphox Akronym für: **physical phone experiments**
- Gratis, OpenSource und für iOS und Android verfügbar
- Verwendung von in Smartphones verbauter Sensoren für Messungen...



- ...oder externe Bluetooth Low Energy Geräte (TI SensorTag, Arduino, ...)
- Möglichkeit eigene Experimente zu erstellen...
- die in Echtzeit ausgewertet werden, z.B.:
 - Direktes Zeichnen von Graphen
 - Weiterverarbeitung von Messwerten in Berechnungen
 - Und vieles mehr!
(vgl. Stampfer, Heinke & Staacks, 2020)



Medienausstattung: SensorTag CC2650

- Bluetooth Low Energy (BLE) Sensor
 - Wird von phyphox direkt unterstützt
- Eingebaute Sensoren:
 - Beschleunigungsmesser
 - Druck-Temperatursensor
 - Feuchtigkeitssensor
 - Gyroskop
 - IR-Temperatursensor
 - Lichtsensor
 - Magnetometer



Vorteile SensorTag (externe BLE-Sensoren)

- Kompakte Bauweise
- Sensorvielfalt; nicht jedes Smartphone hat die gleichen Sensoren
- Einheitliche Sensoren mit guter Dokumentation (Reliabilität und Vergleichbarkeit der Ergebnisse)
- Eigenes Smartphone wird nur zur Steuerung und Aufzeichnung der Messdaten genutzt und kann daher nicht beschädigt werden
- Kann in Kombination mit schuleigenen Tablets verwendet werden, mit denen die Lehrkraft vertraut ist
- (Mit Arduino Bau von eigenen Messinstrumenten möglich)

Unser Temperatur-Druck-Experiment

Variation 1 - Materialien

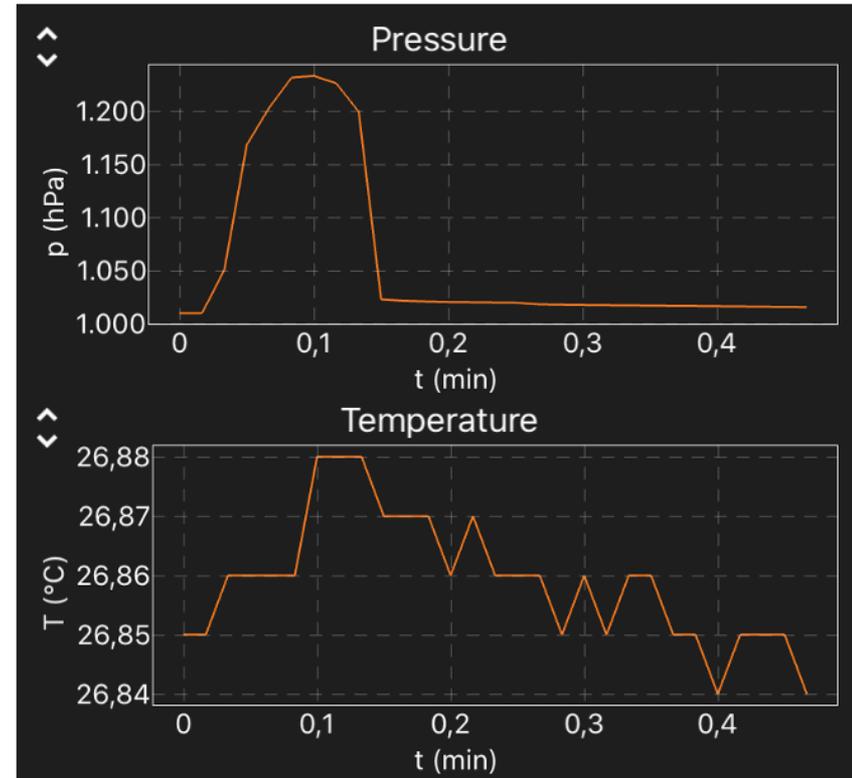


Durchführung Variation 1 (YouTube-Video)



<https://youtu.be/nAOwDx41mSs?t=30>

Unser Temperatur-Druck-Experiment Variation 1 - Zusammenfassung



Unser Temperatur-Druck-Experiment

Variation 2 - Materialien

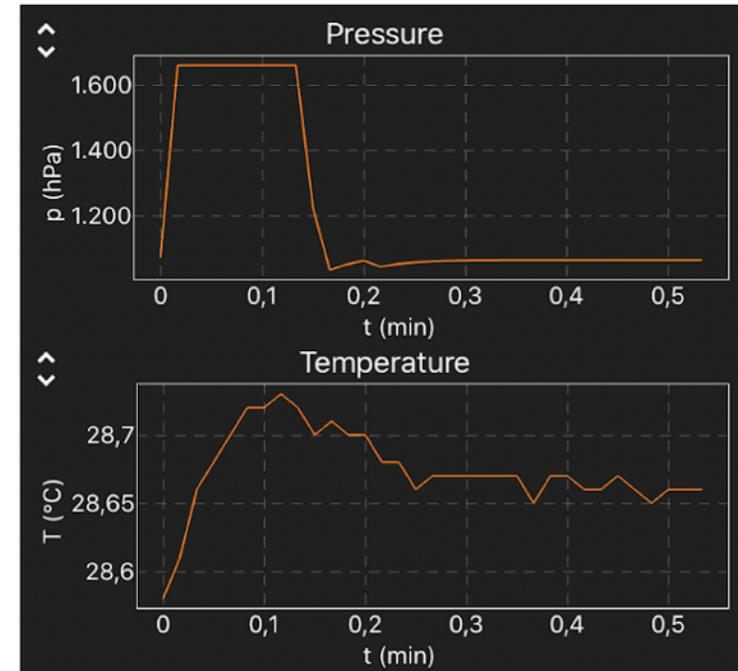


Durchführung Variation 2 (YouTube-Video)



<https://youtu.be/nAOwDx41mSs?t=3>

Unser Temperatur-Druck-Experiment Variation 2 - Zusammenfassung



Vorteile der beiden Variationen

- Pressstempelkanne in vielen Haushalten vorhanden; auch Spritze kann leicht besorgt werden → kann entsprechend (leicht) zuhause durchgeführt werden
- Begriff „Druck“ und „Druckerhöhung“ lassen sich am Experiment thematisieren und visualisieren
- Zusammenhang zwischen Druck- und Temperaturerhöhung wird eindeutiger als beim Standardexperiment.
- Direkte Visualisierung im Graph. → Interpretation von Messergebnissen
- Export der Messdaten für weitere Bearbeitung möglich
- Mögliche Förderung der Medienkompetenz

Nachteile der beiden Variationen

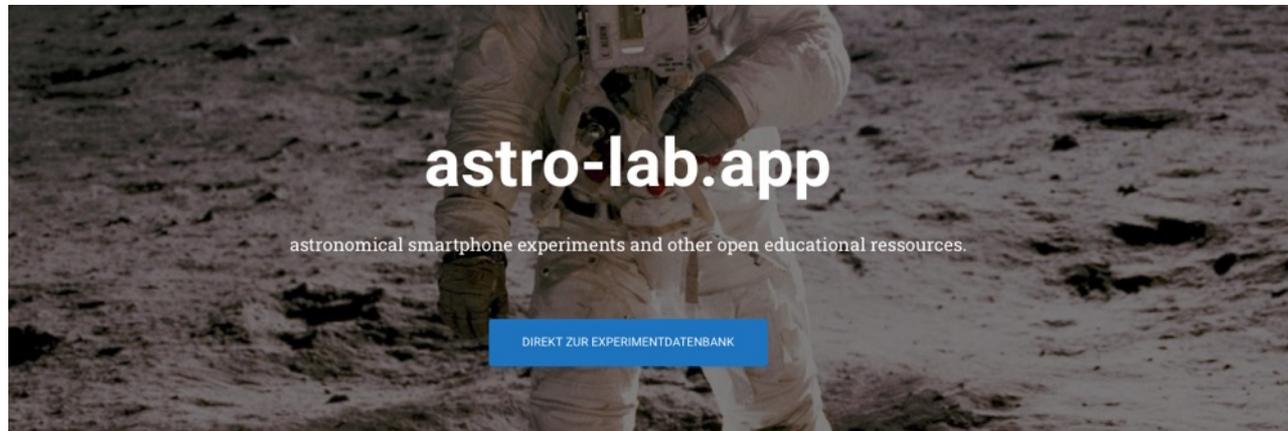
- Eine ausreichende Menge an SensorTags (oder anderer BLE-Sensoren) muss vorhanden sein
- Mögliche Gefahren bei Verwendung einer Pressstempelkanne aus Glas → auf bruchsaicheres Glas achten oder Becherglas aus Kunststoff verwenden
- Temperaturerhöhung im Bereich von 0.05-0.2 °C
 - Einflüsse der Körpertemperatur minimieren (Verwendung Spritze/ Pressstempelkanne) → Auflösung des Sensors (BMP 280) ausreichend genau
- Thermische Trägheit
- Gewisse Einarbeitung in phyphox notwendig

Rückblick auf Präkonzepte

- Gravitationskraft wird „sichtbar“ gemacht und Gravitation (Alle Teilchen wirken aufeinander Gravitationskräfte aus) wirkt unabhängig von der Bewegungsrichtung der Teilchen
- Zusammensetzung und Elementverteilung des Universums wird thematisiert
- Dichtebegriff wird erarbeitet/kann erarbeitet werden
- Zusammenhang Kompression → Temperaturerhöhung wird direkt sichtbar und verdeutlicht
- **„Unbestimmter“ Mechanismus zu Beginn der Sternentstehung wird (sehr stark didaktisch reduziert) „bestimmt“!**

Ausblick: astro-lab@home, www.astro-lab.app

- Weitere Smartphone-Experimente, Lehr-Lern-Materialien und Videos:
 - Albedo und Rückstrahlvermögen,
 - gebundene Rotation von (Exo-)Planeten,
 - Habitable Zone,
 - Luftdruck und Raumschiffprototypen,
 - Transitmethode und
 - Treibhauseffekt



(im Aufbau, Stand 18.09.20).

Literatur und Quellen

Asghar, A.A., Libarkin, J.C. (2010). Gravity, magnetism, and “down:” Non-physics college students’ conceptions of gravity. *The Science Educator*, 19(1), 42-55.

Bailey, J. M., Prather, E. E., Johnson, B., & Slater, T. F. (2009). College Students’ Preinstructional Ideas About Stars and Star Formation. *Astronomy Education Review*, 8(1).

Bar, V., Brosh, Y. & Sneider, C. (2016). Weight, mass, and gravity: threshold concepts in learning science. *Science Educator*, 25(1), 22–34.

Bransford, J. D., Brown, A. L., and Cocking, R. R. (Hrsg.) (1999). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*, Washington: National Academy of Sciences.

Favia, A., Comins, N. F., & Thorpe, G. L. (2013). The Elements of Item Response Theory and its Framework in Analyzing Introductory Astronomy College Student Misconceptions. I. Galaxies.

Gunstone, R., & Watts, M. (1985). Force and motion. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children’s ideas in science*. (pp. 85-104). Milton Keynes, UK: Open University Press.

Kleinhans, S., Küpper, A. & Theis, S. (2020). *Natur und Technik Astronomie*. Berlin: Cornelsen-Verlag.

Küpper, A. & Schulz, A. (2017). Schülerinnen und Schüler auf der Suche nach der Erde 2.0 im Schülerlabor der Universität zu Köln, *Astronomie + Raumfahrt im Unterricht* 54(1), S. 40-45.

Medienberatung NRW (2020). Medienkompetenzrahmen NRW, Verfügbar unter https://medienkompetenzrahmen.nrw/fileadmin/pdf/LVR_ZMB_MKR_Broschuere.pdf

MSB (2013). Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen, Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/130/KLP_GE_NW.pdf

MSB (2015). Kernlehrplan für die Gesamtschule/Sekundarschule WP in Nordrhein-Westfalen, Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SI/GE/wp-nw/KLP_GE_WP_Naturwissenschaften_Endfassung.pdf

MSB (2019). Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen, Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/208/3411_Physik.pdf

Palmer, D. (2001). Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity. *International Journal of Science Education*, 23(7), 691-706.

Schatz, D. & Lawson, A. (1976). Effective Astronomy Teaching: Intellectual Development and its Implications. *Mercury*, 5(6).

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., & Duit, R. (Hrsg.). (2018). Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Springer Berlin Heidelberg.

Spicker, S. J. & Küpper A. (2020). astro-lab.app – astronomical smartphone experiments and other open educational resources. www.astro-lab.app

Spicker, S. J. & Küpper A. (im Druck). Einfache DIY-Experimente zur Sternentstehung für den Physik- und Astronomieunterricht sowie zu Hause – Physikalische Grundlagen, Schülervorstellungen und ergänzende Messungen mit Smartphones. *Astronomie + Raumfahrt im Unterricht*.

Spicker, S. J. & Küpper A. (2020). Videos zur Durchführung des astro-lab 2.0: astro-lab@home – Entdecken und Erforschen von Exoplaneten mit einfachen Smartphoneexperimenten. <https://www.youtube.com/playlist?list=PLjyQt2L5VTZDhZ5T3OPDeR2HPBD4CjVbc>

Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H. & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox, *Physics Education*, 53 (4)

Stampfer, C., Heinke, H. & Staacks, S. (2020). A lab in the pocket. *Nature Reviews Materials*, 5 (3), 169-170.

Weigert, A., Wendker, H.J. & Wisotzki, L. (2012). *Astronomie und Astrophysik – ein Grundkurs*. Weinheim: VILEY-VCH.

Bildquelle: Bryan Goff @ Unsplash: <https://unsplash.com/photos/f7YQo-eYHdM>