

Beziehungsgeflüster: Physik und Astronomie

Sonderdruck aus *MNU-Journal* 2019/2
(MNU – Verband zur Förderung des MINT-Unterrichts)

Als PDF verfügbar in: www.ProAstro-Sachsen.de , unten links.

Zwei ausgewählte Erkenntnisse dieser Analyse:

1. Während die Astronomie vor Newton gar nichts mit Physik zu tun hatte, ist sie heute eine interdisziplinäre Wissenschaft. Ein Teilgebiet der Physik war sie nie.
2. Drei Bundesländer gewährleisten mit dem eigenständigen Pflichtfach Astronomie in Klasse 9 oder 10, dass jeder Schüler von der astronomisch versiertesten (möglichst dafür ausgebildeten) Lehrperson seiner Schule unterrichtet wird.
 - Das führt bei den meisten Schülern zu einem deutlich größeren Lernerfolg pro Unterrichtszeit.
 - Es muss nicht jeder Physiklehrer, sondern nur ein Bruchteil von Lehrpersonen astronomisch qualifiziert werden.
 - Astronomisch weniger ambitionierte Physiklehrer werden entlastet.Damit ist das Fach Astronomie auch ein Beitrag für mehr Effizienz in der Bildung.

Beziehungsgeflüster: Physik und Astronomie



LUTZ CLAUSNITZER

Die Beziehung zwischen der Physik und der Astronomie wird oft intuitiv beurteilt. Je nachdem, welchen Bezug jemand zu diesen Wissenschaften hat, fallen die Ergebnisse unterschiedlich aus. Für eine wissenschaftliche Analyse ist es erforderlich, die historische Entwicklung beider Wissenschaften zu betrachten und den Begriff Astrophysik zu beleuchten. Was ergibt sich daraus für den Unterricht? Der Beitrag bezieht sich auf einen Vortrag, der 2018 beim MNU-Bundeskongress in München gehalten wurde.

1 Die Anfänge eines wissenschaftlichen Naturverständnisses

In den ersten Hochkulturen und im Altertum hatte man mythisch-religiös geprägte Vorstellungen von der Natur (HAMEL, 1998, 11). Experimente hatten nicht den Stellenwert wie in der

modernen Wissenschaft seit GALILEI (KULLMANN, 1998, 243–245). Wissen entstand vornehmlich durch direktes Beobachten von Naturerscheinungen und die Kraft des menschlichen Geistes. Aus heutiger Sicht war das für die Naturerkenntnis nicht immer optimal. Doch ein Gebiet kam allein mit Beobachten und Denken gut zurecht, die Astronomie. Die mit Keilschrift auf

Tontafeln dokumentierten Ergebnisse der mesopotamischen Himmelskunde sprechen für sich (Kasten 1). Es wurden die Bewegungen der Sonne, des Mondes und der Planeten am Himmel vermessen und die Grundlagen der Zeitbestimmung, Kalenderrechnung und Astronavigation geschaffen. Damit förderte die Astronomie die geistig-kulturelle und wirtschaftliche Entwicklung. Schon lange vor Beginn unserer Zeitrechnung wurde sie als methodischer Prozess der objektiven Erkenntnisgewinnung sichtbar, bediente sich mathematischer Methoden (SIMONYI, 1990, 88) und entwickelte sich zur ersten Naturwissenschaft (ZIMMERMANN & GÜRTLER, 2008, 20). In der Physik finden wir die Mathematik erst seit ARCHIMEDES (SIMONYI, 1990, 88).

Einführung der Tageslänge von 24 h (um 1700 v. u. Z.)¹

Entdeckung des Saroszyklus² der Sonnenfinsternisse¹

Zeit von Vollmond zu Vollmond:

29,530594 Tage, moderner Wert: 29,530589 Tage¹

Synodische Umlaufdauer der Venus:

583,91 Tage, moderner Wert: 583,92 Tage¹

Die Länge eines Jahres war auf 4,5 min genau bekannt.²

Kasten 1. Einige Ergebnisse der mesopotamischen Astronomie

Zum Erfolg der Astronomie trug allerdings auch eine aus heutiger Sicht »illegale« Aufgabe der Astronomen bei, die Sterndeutung, die Astrologie. Was die Menschen dazu bewog, erfahren wir bei PLATON. Er war überzeugt, dass die Planeten Götter oder zumindest Anzeiger göttlichen Willens sind (APELT, 1988, 50). Daher der Glaube, man könne an der Stellung und Bewegung der Planeten die Absichten der Götter ablesen und damit künftige irdische Ereignisse vorhersagen. Zum Schaden der Astronomie war das nicht. Denn auch dadurch entstanden umfassende Beobachtungsreihen, die oft über Jahrhunderte geführt wurden.

2 Wie NEWTON das naturwissenschaftliche Denken revolutionierte

An den Universitäten des europäischen Mittelalters waren Grammatik, Rhetorik, Dialektik, Musik, Arithmetik, Geometrie und Astronomie die Pflichtfächer des Grundstudiums (WINKLER, 2016, 60) (Abb. 1). Der darin Unterwiesene galt als freier, nämlich von körperlicher Arbeit befreiter, gebildeter Mann. Deshalb wurden sie als die Sieben Freien Künste bezeichnet. Nachdem man sich darin solides Wissen angeeignet hatte, durfte man sich dem Fachstudium, einer der »drei oberen Fakultäten [...] Theologie, Jurisprudenz und Medizin«, widmen (WINKLER, 2016, 60). Biologie, Chemie und Physik waren nicht darunter. Das lässt den Schluss zu, dass das damals vorhandene Wissen, das man heute diesen Wissenschaften zuordnen würde, als weniger

lebensbedeutsam angesehen wurde. Übrigens spielte die Physik auch innerhalb der Astronomie keine Rolle. Denn ARISTOTELES hatte die Unvereinbarkeit von Physik und Astronomie festgeschrieben und wie folgt begründet: Während auf der Erde alle Körper zur Ruhe kommen, bewegen sich die Himmelskörper ewig. Folglich müssen im Kosmos andere Gesetze gelten als auf der Erde (LESCH, 2010, 170). Es wurde nicht versucht, die astronomischen Beobachtungen mit Hilfe eines physikalischen Modells zu deuten (SIMONYI, 1990, 55). Selbst KOPERNIKUS sah dafür noch keinen Anlass. Denn er stellte sich die Planeten und Sterne an sich ewig drehenden kristallinen Sphären (durchsichtigen Kugelschalen) vor, was keiner physikalischen Erklärung bedurfte (SIMONYI, 1990, 98). Auch KEPLER gewann seine drei Gesetze noch rein empirisch aus astrometrischen Daten und ohne Mitwirkung physikalischer Gesetze.

Erst mit einer fundamentalen Entdeckung NEWTONS fanden die Physik und die Astronomie zueinander: Die Kraft, die einen Apfel zu Boden fallen lässt, ist zugleich auch jene, die die Planeten auf ihre Bahn um die Sonne zwingt. Genauer: um den Schwerpunkt des Sonnensystems. NEWTONS Gravitationsgesetz war das erste Naturgesetz, bei dem man erkannt hatte, dass es sowohl auf der Erde als auch im Kosmos gilt. Zusammen mit seinem Trägheitsgesetz, dem Grundgesetz der Dynamik ($F \sim a$) und dem Wechselwirkungsgesetz veröffentlichte er es 1687 in seinem Hauptwerk *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (NEWTON, 1687).

Als man in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts mit Hilfe der Spektralanalyse überall, wohin man die Fernrohre auch richtete, die gleichen chemischen Elemente fand wie auf der Erde, erhärtete sich die Vermutung, dass wohl alle Naturgesetze im gesamten Weltall gelten könnten. EINSTEIN hatte dafür eine Erklärung: »Alle Stellen des Universums sind gleichwertig« (EINSTEIN, 1931, 235). Bis heute gibt es keinerlei Beobachtungen, die diese Universalität der Naturgesetze in Zweifel ziehen könnten.

Das führte zu einer Wende im forschungsmethodischen Denken. Fortan konnten und können die auf der Erde geltenden Gesetze der Physik, Biologie, Chemie, Geographie usw. zur Erforschung des Universums herangezogen werden. Umgekehrt gelten die durch astronomische Beobachtungen gewonnenen Naturgesetze auch auf der Erde. Beispielsweise wurde das Helium zuerst im Spektrum der Sonne gefunden (SCHILLING, 2011, 74) und der Doppler-Effekt zuerst an Doppelsternen beschrieben (DOPPLER, 1842). Inzwischen bezieht die Astronomie alle Natur- und viele Ingenieurwissenschaften in die Erforschung des Universums ein, was sie zu einer hochkomplexen interdisziplinären Wissenschaft macht (CLAUSNITZER, 2014, 2).

Zusammengefasst: Während die Astronomie vor NEWTON gar nichts mit Physik zu tun hatte, ist sie heute eine interdisziplinäre Wissenschaft. Ein Teilgebiet der Physik war sie nie.

¹ HERRMANN, 1985, 11

² SIMONYI, 1990, 52

An den Universitäten des europäischen Mittelalters bildeten die Sieben Freien Künste das Grundstudium

- 1 Grammatik (lat.)
- 2 Rhetorik
- 3 Dialektik
- 4 Musik
- 5 Arithmetik
- 6 Geometrie
- 7 Astronomie

Herrad von Landsberg (Äbtissin des Klosters Hohenburg, Elsass), Hortus Deliciarum um 1180.

Bildquelle:
https://de.wikipedia.org/wiki/Sieben_Freie_Künste#/media/File:Hortus_Deliciarum,_Die_Philosophie_mit_den_sieben_freien_Künsten.JPG (27.12.2018)

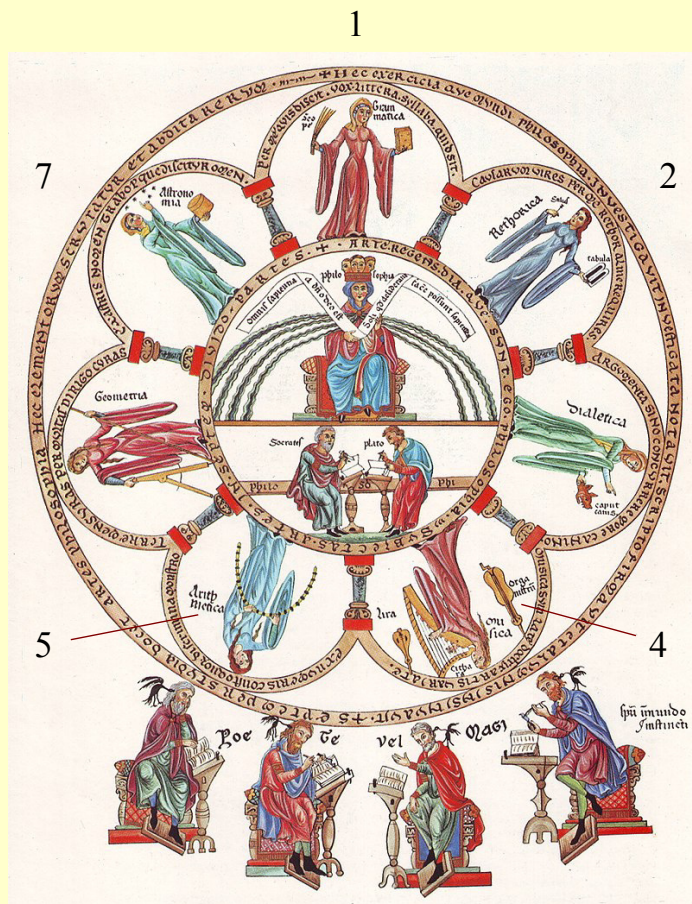


Abb. 1. Die Sieben Freien Künste, Vortragsfolie L. CLAUSNITZER

3 Was bedeutet das für den Astronomieunterricht?

Wegen ihrer Vielseitigkeit ist die Astronomie besonders geeignet, das Zusammenspiel der MINT-Fächer zu demonstrieren und die Natur- mit den Geisteswissenschaften zu verbinden. Die Astronomie ist wohl das einzige Fach, in dem sich die Entwicklung der Materie von der Entstehung der ersten chemischen Elemente über die Entwicklung des Sonnensystems und der Erde bis zum Menschen zusammenhängend darstellen lässt. Dabei werden Kenntnisse aus vielen Unterrichtsfächern aufgegriffen und in einem neuen Kontext miteinander verbunden.

Die Schulpraxis erzeugt allerdings bei den Lernenden vielerorts den Eindruck, die Astronomie sei ein Teilgebiet der Physik und physikalische Kenntnisse seien notwendig, um einen Einblick in die Astronomie gewinnen zu können. Doch mit dieser Botschaft erschweren wir den vielen physikalisch zurückhaltenden Schüler/innen nun auch noch den Zugang zur Astronomie.

Die Himmelskunde hat schon in ihrer langen vorphysikalischen Ära viel Wissen hervorgebracht. Insbesondere auch jenes, das geeignet ist, die am Tag- und Nachthimmel mit bloßem Auge beobachtbaren Himmelserscheinungen zu beschreiben und

geometrisch zu begründen, also das für die Schüler/innen Naheliegende und Grundlegende. Weil dieses Wissen ganz ohne Zutun der Physik entstand, kann es auch ohne physikalische Vorkenntnisse verstanden werden. Das bedeutet einerseits, dass man schon in frühen Schuljahren mit astronomischer Bildung beginnen kann. Andererseits spricht diese Herangehensweise meiner Erfahrung nach auch viele ältere Schüler/innen an.

Warum behandeln wir die Astronomie nicht so, wie sie historisch gewachsen ist (Abb. 2)? Ausgehend von der Orientierung am Sternhimmel erarbeitet man einfache geometrische Zusammenhänge und lernt, wie diese schon von den alten Kulturvölkern und in der Antike genutzt wurden, um das Leben zu verbessern (Zeit, Kalender, Navigation). Über die Belege für die Kugelgestalt der Erde (CLAUSNITZER, 2016, Erdumfang nach ERATOSTHENES) geht es dann zum geo- und heliozentrischen Weltbild. Nach der Behandlung der Kepler'schen Gesetze kommt die Physik ins Spiel (Gravitation, Himmelsmechanik). Dann erschließen die Schüler/innen unter Einbeziehung von Vorleistungen aus dem Geographieunterricht die Beschaffenheit der Planeten und den Nutzen der Raumfahrt für die Erde und für die Erforschung des Weltalls. Nachdem sie ausgewählte Ele-

mente der Astrophysik (Gewinnung und Auswertung von Spektren) erarbeitet haben, bekommen sie bei der Behandlung der Sternentwicklung einen Einblick in die chemische Evolution des Universums als Voraussetzung für die Entstehung des Sonnensystems, der Erde und ihrer Bewohner. Über extrasolare Planeten gelangt man zur Astrobiologie, die zu klären hat, unter welchen Bedingungen Leben möglich ist und wie die Entstehung des Lebens in die Entwicklung des Weltalls eingebunden ist. So wird das Universum als Voraussetzung und Rahmen für die Existenz der Menschheit sichtbar und das Umweltverständnis über das Irdische hinaus erweitert.

Auf diese Weise können viele allgemein bildende Zusammenhänge bei allmählich steigendem Anforderungsniveau erschlossen werden. Denn das antike Wissen über den jahreszeitabhängigen Tagbogen der Sonne und den Auf- und Untergang der Gestirne ist leichter zu verstehen als der Entwicklungsweg eines sonnenähnlichen Sterns. Dieses Vorgehen erleichtert den Aneignungsprozess und hat einen weiteren Vorteil: Die Schüler/innen lernen nicht nur, was wir heute über das Universum wissen, sondern auch, wie dieses Wissen entstand und wie es die Vorstellungen der Menschen vom Kosmos veränderte. Mit der Lern-App »AudioHimmelsführungen« für iOS und Android kann

man die für die Allgemeinbildung wichtigsten Zusammenhänge der Astronomie genau in dieser Weise erleben und erarbeiten, bei guten Sichtverhältnissen sogar direkt am Sternhimmel. Dafür wurde sie 2017 auf der internationalen Erfindermesse iENA in Nürnberg mit einer Medaille ausgezeichnet. Arbeitsblätter erleichtern das Einbinden dieser App in den Unterricht (CLAUSNITZER, 2015).

4 Ausblick und Schluss

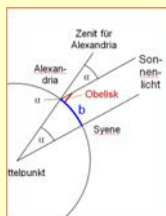
In den Schulen lässt sich diese Interdisziplinarität besonders dann überzeugend darstellen, wenn die Astronomie nicht in der Systematik eines anderen Unterrichtsfaches gefangen ist, sondern sich frei entfalten und als Fächer verbindender Unterricht gestaltet werden kann. Diese Möglichkeit ergibt sich genau dann, wenn die Astronomie eigenständig unterrichtet wird, wie es in einigen Bundesländern seit langem Usus ist (CLAUSNITZER, 2012) (Kasten 2) (Kasten 3). Zudem ist es eine ausgezeichnete Gelegenheit, gegen Ende der Mittelstufe in anderen Fächern (Abb. 2) Gelerntes in einem neuen Kontext anzuwenden, zu vertiefen und zu systematisieren. Das unterstützt viele Fächer und fördert interdisziplinäres Denken.

Diese Fächer unterstützen die Astronomie bei der Erforschung und Interpretation des Weltalls:

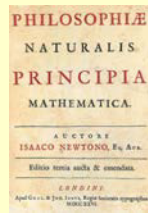
Mathematik
seit mindestens
3. Jt. v.u.Z.



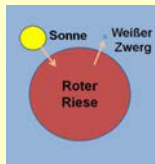
Geographie
seit
3. Jh. v.u.Z.



Physik
Himmels-
mechanik
seit 17. Jh.



Chemie
seit 19. Jh.



Physik
Astrophysik
seit 19. Jh.

Technik
Winkelmess. v.u.Z.
Fernrohr 17. Jh.
Spektroskopie 19. Jh.
Raumfahrt 20. Jh.
usw.

Informatik
seit 20. Jh.

Biologie
seit 20. Jh.

Aber auch:
Geschichte, Philosophie,
Archäologie, Ethik, Religion,
Kunst, Literatur, Musik

Bildquellen (v.l.n.r.):
https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Gregor_Reisch_Margarita_Philosophica_Astronomia.jpg
<http://www.lutz-clausnitzer.de/as/asunte/asunte.html> → Erdumfang nach Eratosthenes
<https://www.pinterest.de/pin/123004633547947821/>
<http://www.wissenschaft-schulen.de/alias/material/gulliver-und-die-weissen-zwerge/1285880>

Abb. 2. Die historisch gewachsene Interdisziplinarität der Astronomie, Vortragsfolie L. CLAUSNITZER

- Die Astronomie erscheint nicht nur unter dem Blickwinkel eines (anderen) Faches, sondern kann als Fächer verbindender Unterricht gestaltet werden.
- Es können große Teile der Kulturgeschichte der Naturwissenschaften authentisch vermittelt werden.
- Es wird organisatorisch möglich, dass alle Schüler/innen einer Schule von der astronomisch versiertesten Lehrperson in Astronomie unterrichtet werden. Dadurch wird in der Regel eine höhere Unterrichtsqualität erzielt, was zu einem größeren Lernerfolg pro Unterrichtszeit führt. Zugleich werden die astronomisch weniger ambitionierten Physiklehrer/innen entlastet. Beides trägt zu mehr Effizienz in der Bildung bei.
- In Bundesländern, in denen auch astronomisch interessierte Mathematik- und Geographielehrer/innen zu Astronomielehrer/innen qualifiziert werden (s. o.), werden Physiklehrer/innen eingespart.
- In Bundesländern, in denen die Astronomie ein reguläres Pflichtfach ist, schenken ihr die Kultusbehörden mehr Aufmerksamkeit, z. B. durch die Aus- und Weiterbildung von Astronomielehrer/innen und die Unterstützung von Schulsternwarten.
- Wenn in der Klassenstufe 9 oder 10 alle Schüler/innen Astronomieunterricht haben und diesen in gleich hoher Qualität erfahren, können Astronomie-Oberstufenkurse darauf aufbauen und anspruchsvollere Ziele erreichen.

Kasten 2. Vorteile des organisatorisch eigenständigen Schulfaches Astronomie

Bundesland	Sekundarstufe	Wochenstunden (WSt)/Klasse	Schulart	AUS	FB
Thüringen	I	1 WSt in Klasse 9 oder 10 (Pflicht seit 1959)	Regelschulen	ja	5
	I	1 WSt in Klasse 10 (Pflicht seit 1959)	Gymnasien		
	I	je 3 WSt Astrophysik in Klasse 9 und 10 (im Wahlpflichtzweig Naturwissenschaften möglich)	Gymnasien		
	II	je 2 WSt Grundkurs in Klasse 11 und 12 (fakultativ)	Gymnasien		
Sachsen-Anhalt	I	1 WSt in Klasse 10 (Pflicht seit 1959)	Sekundarschulen	ja	0
	I	1 WSt in Klasse 9 (Pflicht seit 1959)	Gymnasien		
	I	je 2 WSt Wahlpflichtkurs in Klassen 9 und 10 möglich	Gymnasien		
	II	je 2 WSt Wahlpflichtfach in Klasse 11 und 12 (fakultativ)	Gymnasien		
Mecklenburg-Vorpommern	I	1 WSt in Klasse 9 oder 10 (Pflicht seit 1959)	Regionale Schulen, Gesamtschulen, Gymnasien	ja	0
Sachsen	II	je 2 WSt Grundkurs in Klasse 11 und 12 (fakultativ)	Gymnasien	nein	0
Baden-Württemberg	II	2 WSt in Klasse 11 oder 12 (fakultativ seit 1972)	Gymnasien	nein	0
Brandenburg	I	je 2 WSt in Klasse 9 und 10 (Wahlpflicht)	Oberschulen, Gymnasien	nein	0
	I	1 bis 2 WSt in Klasse 9 oder 10 auf Beschluss der Schulkonferenz als Pflichtfach möglich.	Oberschulen, Gymnasien		
	II	je 2 WSt Seminarkurs Astrophysik in Klasse 11 und 12 (fakultativ)	Gesamtschulen, Gymnasien		

Kasten 3. Die Verbreitung des Unterrichtsfaches Astronomie in Deutschland (Stand: Schuljahr 2018/19); AUS = Ausbildung von Astronomielehrer/innen/n; FB = Fachberater/innen Astronomie

Wie effizient das Schulfach Astronomie ist, wurde in Sachsen deutlich, als die Schulen 2007 durch seine Auflösung schlagartig alle im Kasten 2 genannten Vorteile verloren (CLAUSNITZER, 2013) – auch wenn die ersten beiden Punkte vorher mit nur

einer Wochenstunde in Klassenstufe 10 noch nicht komfortabel umgesetzt werden konnten. Wissenschaftler und Schulpraktiker fordern für alle Schüler/innen zwei Wochenstunden Astronomie in Klassenstufe 9 oder 10 (Autorenteam, 2009).

Ein guter Astronomieunterricht kann von einer Lehrperson allerdings nicht nur mal so nebenbei realisiert werden. Weil die Astronomie im Vergleich zu den anderen Naturwissenschaften nicht weniger umfassend und didaktisch anspruchsvoll ist, müssen Astronomielehrer/innen ausgebildet werden. Ein Studium der Astrophysik ist nicht immer optimal, weil es die Studierenden auf den Einsatz in der astrophysikalischen Forschung, also für ein ganz anderes Aufgabenfeld, vorbereitet. Einzelheiten zum Fach Astronomie erfährt man z. B. in Sachsen-Anhalts Fachlehrplänen Astronomie (Kultusministerium Sachsen-Anhalt, 2012) (Kultusministerium Sachsen-Anhalt, 2017, Gym). Für die Ausbildung der Lehrer/innen gibt es dort ein Ergänzungsstudium Astronomie mit 20 Semesterwochenstunden für Lehramtsstudierende der Fächer Physik, Geographie und Mathematik (Kultusministerium Sachsen-Anhalt, 2018). Aktive Lehrpersonen können die Unterrichtserlaubnis für Astronomie nachträglich auch in speziellen Weiterbildungskursen erwerben. So sorgt das Fach Astronomie nicht nur für eine in der Regel hochwertige Vermittlung astronomischer Inhalte, sondern ist auch aus wirtschaftlichen Gründen im Vorteil. Denn dadurch muss nicht jede(r) Physiklehrer/in, sondern nur ein Bruchteil von Lehrpersonen entsprechend qualifiziert werden.

Das Fach Astronomie bedeutet übrigens nicht, dass in anderen Fächern keine astronomischen Inhalte vermittelt werden sollen. Wo es sich anbietet, sollten Querverbindungen zur Astronomie sehr wohl genutzt werden. Wie folgendes Beispiel zeigt, gibt es dabei allerdings Grenzen: Die Kritikfähigkeit der Schüler gegenüber Astrologie-Medien wie Horoskopen, AstroTV & Co. zu entwickeln, könnte auf dem ersten Blick vielleicht dem Fach Ethik zugeordnet werden. Die dafür notwendigen Einsichten in die Geschichte der Astronomie (nicht Physik) kann man Ethiklehrer/inne/n wohl aber ebenso wenig abverlangen wie Physiklehrer/inne/n.

Wir Menschen sind Teil des Universums. Im Laufe der Schulzeit werden die Schüler/innen Schritt für Schritt mit ihrem Wohnort, dem Bundesland, Deutschland, Europa und der Welt vertraut gemacht. Dann ist es nicht einleuchtend, warum sie gegen Ende der Mittelstufe, nicht auch systematisch an die ganz großen Zusammenhänge unserer Existenz herangeführt werden sollten. Zwei Wochenstunden in einem einzigen Schuljahr sollten dafür nicht zu viel sein. Zumal dabei interdisziplinäres Lernen praktiziert wird.

2004 beschloss die Kultusministerkonferenz bundesweit geltende Bildungsstandards für die Naturwissenschaften. Demnach ist es das Ziel naturwissenschaftlicher Grundbildung, »Phänomene erfahrbar zu machen, die Sprache und Historie der Naturwissenschaften zu verstehen, ihre Ergebnisse zu kommunizieren sowie sich mit ihren spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinander zu setzen« (KMK, 2004). Doch es fehlt jegliche Erwähnung der Astronomie, deren Phänomene, Historie und spezifische Methoden der Erkenntnisgewinnung sich gerade von denen der anderen Naturwissenschaften deutlich unterscheiden. Ohne grundlegende Einblicke in die Astronomie dürfte es jungen Menschen aber kaum möglich sein, sich eine naturwissenschaftlich hinterlegte Weltan-

schauung zu erarbeiten. Aus all diesen Gründen sehe ich die KMK in der Pflicht, sich auch der Astronomie zuzuwenden und sie als Naturwissenschaft und MINT-Fach zur Geltung zu bringen.

Wie wäre es, wenn wir im MNU unter Mitwirkung erfahrener Astronomielehrer/innen diskutieren würden, welche Inhalte der Astronomie in allgemein bildenden Schulen verpflichtend vermittelt werden sollten? Daraus könnte ein Vorschlag für das Fachwissen künftiger »Bildungsstandards im Fach Astronomie für den Mittleren Schulabschluss« entwickelt werden.

Zusammengefasst: Analysiert man die Beziehung zwischen der Physik und der Astronomie, wird sichtbar, dass viele für die Allgemeinbildung wichtige Inhalte der Astronomie weit über die Physik hinausgehen und deshalb innerhalb des Faches Physik nicht authentisch dargestellt werden können. Um den ausgeprägt interdisziplinären Charakter der Astronomie zur Geltung zu bringen und astronomische Inhalte in allen Schulen mit hoher Unterrichtsqualität vermitteln zu können, wird die Astronomie in etlichen Bundesländern als eigenständiges Schulfach gepflegt. Als Schlusssatz möge gelten, was der Lehrer für Geographie, Astronomie und Russisch WOLFGANG GERBER sagte, als er 2016 auf dem Bundeskongress des MNU neben JAN GENSCHER mit dem Johannes-Kepler-Preis ausgezeichnet wurde: »Die Astronomie ist viel zu schade, um nur Teil eines anderen Faches zu sein.«

Literatur

APELT, O. (Hg.). (1988). *PLATON, Sämtliche Dialoge*. Hamburg: Felix Meiner, Bd. VI.

Autorenteam (2009). http://www.lutz-clausnitzer.de/as/ProAstro-Sachsen/Offener_Brief_an_Bund_und_Laender.pdf (27.12.2018).

CLAUSNITZER, L. (2012). Astronomie für alle Schüler! *interstellarum* (84), 12–17. http://lutz-clausnitzer.de/as/ProAstro-Sachsen/Astronomie_fuer_alle_Schueler.pdf (27.12.2018).

CLAUSNITZER, L. (2013). *ProAstro-Sachsen.de*. (27.12.2018).

CLAUSNITZER, L. (2014). Astronomieunterricht und sein Beitrag für eine vernetzte Allgemeinbildung. In: H. LANGE & S. SINNING (Hrsg.): *Natur und Welt, Band 8 der Schriftenreihe Forschungs- und Lehrzusammenhang*. Baltmannsweiler: Schneider, 99–119. <http://www.lutz-clausnitzer.de/as/ProAstro-Sachsen/Astronomie-vernetzteAllgemeinbildung.pdf> (27.12.2018).

CLAUSNITZER, L. (2015). *Über die App AudioHimmelsführungen*. <http://www.lutz-clausnitzer.de/sky/de/de.html> (27.12.2018).

CLAUSNITZER, L. (2016). *Materialien für den Astronomieunterricht*. <http://www.lutz-clausnitzer.de/as/asunte/asunte.html> (27.12.2018)

- DOPPLER, C. (1842). *Über das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels*. Prag. Aus den Abhandlungen der k. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften. V. Folge, Bd. 2.
- EINSTEIN, A. (1931). *Sitzungsbericht der Preußischen Akademie der Wissenschaften*.
- HAMEL, J. (1998). *Geschichte der Astronomie von den Anfängen bis zur Gegenwart*. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser.
- HERRMANN, J. (1985). *DTV-Atlas zur Astronomie*. München: DTV.
- KMK (2004). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf (27.12.2018).
- KULLMANN, W. (1998). *ARISTOTELES und die moderne Wissenschaft*. Gerlingen: Franz Steiner Verlag.
- Kultusministerium Sachsen-Anhalt (2012). *LP Sekundarschule Astronomie*. https://www.bildung-lsa.de/pool/RRL_Lehrplaene/Endfassungen/lp_sks_astro.pdf (27.12.2018).
- Kultusministerium Sachsen-Anhalt (2017). *Lehrplan Gymnasium Astronomie*. https://www.bildung-lsa.de/pool/RRL_Lehrplaene/Erprobung/Gymnasium/FLP_Gym_Astronomie_LT.pdf (27.12.2018).
- Kultusministerium Sachsen-Anhalt (2018). <https://studienangebot.uni-halle.de/astronomie-lehramt-25> (27.12.2018).
- LESCH, H. (Hg.) (2010). *Astronomie: Die kosmische Perspektive*. München: Pearson Studium.
- NEWTON, I. (1687). *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. London: Josephi Streater.
- SCHILLING, G. (2011). *Atlas of Astronomical Discoveries*. New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer.
- SIMONYI, K. (1990). *Kulturgeschichte der Physik*. Leipzig, Jena, Berlin: Urania-Verlag.
- WINKLER, H. A. (2016). *Geschichte des Westens: Von den Anfängen in der Antike bis zum 20. Jahrhundert*. München: Verlag C.H.BECK.
- ZIMMERMANN, H. & GÜRTLER, J. (2008). *ABC Astronomie*, 9. Auflage. Heidelberg: Spektrum.
- LUTZ CLAUSNITZER, An der Siedlung 20, 02708 Obercunnersdorf, lutz.clausnitzer@t-online.de, ist Dipl.-Lehrer für Mathematik, Physik und Astronomie. Diese Fächer unterrichtete er mehr als 35 Jahre, seit 1990 am Geschwister-Scholl-Gymnasium Löbau. Im Ruhestand arbeitet er weiterhin im Heidelberger Projekt »Wissenschaft in die Schulen!« mit und stellt auf den Seiten <http://www.lutz-clausnitzer.de/as/as.html> Anregungen und Materialien für den Astronomieunterricht zur Verfügung. ■□