AUSGABE 1 • FEBRUAR 2021

Best. Nr. 536181 · 58. Jahrgang

ASTRONOMIE +RAUMFAHRT im Unterricht

181

Fächerübergreifende Perspektiven

- Astronomieunterricht attraktiv gestalten
- Astronomie und Biologie
- Fred Hoyle – Astronom und Romanautor
- Planetare und andere Nebel
- Massereiche Sterne

FRIEDRICH

5 361810 000006

Fächerübergreifende Perspektiven

Heft 1/2021, 58. Jahrgang

EDITORIAL

INA STRICKER und SIMON F. KRAUS
4 Fächerübergreifende Perspektiven

WISSENSCHAFT

SASCHA HOHMANN
5 Warum gibt es so wenig massereiche Sterne? Eine Berechnung mit MS Excel

MICHAEL SCHESSEL und VOLKER HECK
10 Astronomie als Grundlage für die Biologie
Wie Sonne und Mond chronobiologische Vorgänge in Lebewesen steuern

DIETER BREITSCHWERDT
21 Energetisches Verhalten des Interstellaren Mediums (ISM)
Heinzung, Kühlung und Modelle der Strukturentstehung

SIMON F. KRAUS
29 Fred Hoyle – Ein Astronom als Romanautor
Der Roman „Die schwarze Wolke“ aus den Perspektiven Astronomie, Soziologie und Geschichte

UNTERRICHT

DANIEL AHRENS
15 „Die Erde unter den Sternen“
Elementare Himmelskunde in der universitären Lehrer(innen)bildung für Studierende aller(!) Fächer an der Philipps-Universität Marburg, 2. Teil

LENKA MÜLLER und SASCHA HOHMANN
33 Planetare und andere Nebel im Weltraum – eine Möglichkeit für fächerübergreifenden Unterricht

LUTZ CLAUSNITZER
37 Astronomieunterricht attraktiv gestalten und effizient organisieren
Wissenschaftliche Erkenntnisse, schulpraktische Erfahrungen, bildungspolitische Strategien

SASCHA HOHMANN und LENKA MÜLLER
47 Infrarotastronomie – eine Möglichkeit für fächerübergreifenden Unterricht

BEOBACHTUNGEN

KLAUS LINDNER
44 Himmelsvorschau März, April und Mai 2021

MAGAZIN

KLAUS LINDNER
14 Zu den Folien in diesem Heft

ISABELLA MILCH
24 JET bereitet energieerzeugende Fusionstests vor. Europäische Gemeinschaftsanlage plant 2021 wieder Experimente mit Deuterium-Tritium-Plasmen

PETER KRIESEL
25 Jahresinhaltsverzeichnis 2020

Zum Titelbild

Das Sternbild Andromeda, Zeichnung Henrike Maximiliane Klassen. Lesen Sie dazu unseren Beitrag auf S. 15.

Zu den Bildern auf der 2. Umschlagseite

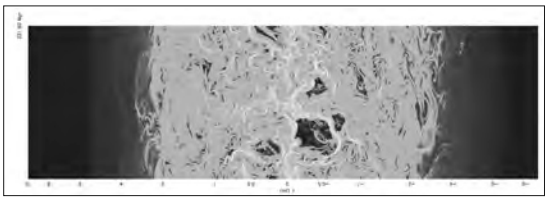

Bild 1, 3 und 4 unseres Beitrages auf S. 21.

Zu den Bilderm auf der 3. Umschlagseite

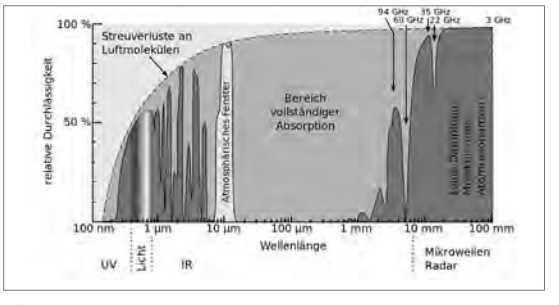

Bild 1 und 2 unseres Beitrages auf S. 47.

Zum Bild auf der 4. Umschlagseite

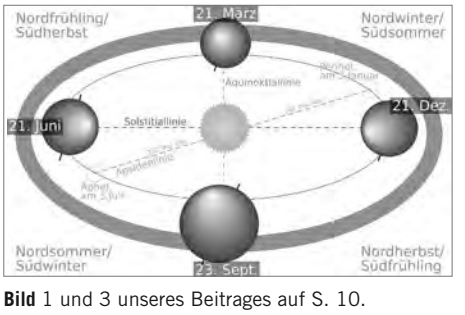

Bild 1 und 3 unseres Beitrages auf S. 10.

Die Datei für die Folien kann abgerufen werden unter
www.astronomie-und-raumfahrt.de
Auf dieser Seite unter „Aktuelles Heft“ den Punkt „Downloads“ auswählen.

Herausgeber dieses Heftes: Dr. *Ina Stricker* und Dr. *Simon F. Kraus*

Fächerübergreifende Perspektiven

Liebe Leserinnen und Leser,

die astronomische Forschung entwickelt sich rasant und bedarf zunehmend interdisziplinärer Ansätze, um zu Erkenntnissen zu gelangen. So beispielsweise sind Kenntnisse chemischer, astronomischer sowie physikalischer Vorgänge notwendig, um Entstehung, Zusammensetzung und Entwicklung interstellarer Molekülwolken, als der Geburtsstätte der Sterne, zu verstehen. Solche Themenbereiche faszinieren erfahrungsgemäß auch Schülerinnen und Schüler und sollten ihnen nicht vorenthalten werden. Doch welche Unterrichtskonzepte eignen sich sowohl für Lernende als auch für Lehrende, um Unterricht aus der Perspektive mehrerer Disziplinen zu gestalten? Einige Ansätze für solches fächerübergreifendes Lernen präsentieren wir Ihnen in diesem Heft.

Sascha Hohmann widmet sich in seinem Artikel der spannenden Frage, warum es so wenig massereiche Sterne in der Umgebung der Sonne gibt. Die Antwort darauf sowie interessante Ideen für ein fächerverbindendes Projekt zwischen Informatik und Astronomie finden Sie in diesem Artikel. Die Vorteile eines solchen Vorhabens liegen dabei auf der Hand: Lernende können nicht nur einen erweiterten Umgang mit Tabellenkalkulationen bzw. mit Excel allgemein üben, sondern tun dies in einem spannenden Kontext und finden dabei selbstständig Antworten auf eine astronomische Forschungsfrage, für deren Lösung andernfalls komplexe mathematische Gleichungen notwendig wären.

Astronomie und Biologie sind auf den ersten Blick die Naturwissenschaften, die die wenigsten Überschneidungen aufweisen. Mit der Entstehung der Astrobiologie Mitte bis Ende des 20. Jahrhunderts, eines interdisziplinären Forschungsbereichs, der sich mit Leben im Universum beschäftigt, wird jedoch die Existenz zahlreicher gemeinsamer Forschungsinteressen der beiden Naturwissenschaften bestätigt. Doch nicht nur die mögliche Entstehung des Lebens auf Exoplaneten, sondern auch die Lebensrhythmen auf der Erde sind eng mit astronomisch bedingten Zyklen verknüpft. *Volker Heck* und *Michael Schessl* beleuchten in ihrem Artikel detailliert, auf welche Art und Weise Astronomie die biologischen Prozesse auf der Erde steuert, ein Beispiel hierfür sind die Tageslängen und die Gezeiten.

Wie sich Astronomie und Deutschunterricht miteinander verbinden lassen, erfahren Sie im Beitrag von *Simon Kraus*. Sein Vorschlag Science-Fiction-Literatur hierfür zu benutzen, führt er am Beispiel des Romans „Die schwarze Wolke" von *Fred Hoyle* aus. Der gegenseitige Nutzen eines solchen Projektes zeigt sich auf der Seite der Astronomie darin, dass man auch eine umfangreiche Lektüre mit vielen interessanten Details zum Unterrichtsgegenstand machen könnte (für die im naturwissenschaftlichen Lehrplan in der Regel keine Unterrichtszeit vorgesehen ist). Für den Deutschunterricht entsteht hierdurch die Chance, eine vollständige Textinterpretation auch in Bezug auf die Beurteilung der naturwissenschaftlichen Sachverhalte durchzuführen. Der Autor betont zahlreiche Anknüpfungspunkte zu Physik, Technik, Geschichte sowie Soziologie.

Lutz Clausnitzer greift in seinem Artikel die Problematik auf, dass es in den wenigsten Bundesländern Deutschlands ein Unterrichtsfach Astronomie gibt. Die Gründe, die für die Einführung eines solches Fachs sprechen, sind vielfältig. Der Autor verweist hierbei unter anderem auf das große motivationale Potenzial der Astronomie innerhalb der Naturwissenschaften. Der Versuch, astronomische Inhalte im Physikunterricht unterzubringen, zeigt dagegen kaum Wirkung und ist aus der Sicht des allgemeinbildenden Auftrages der Schule nur wenig sinnvoll. *Clausnitzer* plädiert daher für die Einführung des eigenständigen Astronomieunterrichts in allen Bundesländern. Die Herausgeber des Heftes teilen die Meinung des Autors und hoffen sehr, dass dieser Missstand des Schulwesens schnellstmöglich behoben wird. Man sollte nicht versäumen, die aktuelle Entwicklung der Astronomie als interdisziplinäre Wissenschaft als „Plattform für Fächer verbindendes Lernen" zu nutzen. Nicht zuletzt aus diesem Grund hoffen wir, mit dem vorliegenden Heft authentische Möglichkeiten des fächerverbindenden Lernens im Zusammenhang mit der Astronomie aufzeigen zu können.

Einen tiefen Einblick in die aktuelle Forschung im Bereich des interstellaren Mediums beschert uns *Dieter Breitschwerdt*. In seinem Artikel gelingt es dem Autor, nicht nur die Strukturbildung und die vorherrschenden Prozesse wie Heizung und Kühlung des interstellaren Mediums zu beleuchten, sondern auch einen Überblick über die Methoden der Erforschung dieser astronomischen Objekte zu geben. Dabei spielen neben der grundlegenden astronomischen Methode, der Beobachtung, auch Modellbildung und Simulationen eine wichtige Rolle.

Ebenfalls um Strukturbildung sowie Modelle im Bereich planetarischer und anderer Nebel im Weltraum geht es im Beitrag von *Lenka Müller*. Die Autorin schildert in ihrem Artikel Möglichkeiten zur Verknüpfung von Astronomie- und Physikunterricht im Rahmen eines Projektes. Nicht nur die didaktischen Vorüberlegungen, sondern vollständig ausgearbeitete und im Rahmen eines Schülerlabors erprobte Unterrichtsmaterialien (in Form eines Themenheftes zum kostenlosen Herunterladen!) zeichnen diesen Beitrag aus. Im selben Themenheft sind außerdem Versuchsanleitungen und Erklärungen zum Themenbereich Infrarotastronomie zu finden, die im Beitrag von *Sascha Hohmann* und *Lenka Müller* ausführlich erläutert werden. Die Autoren erklären in diesem Artikel, wie chemische, physikalische und astronomische Inhalte in der Infrarotastronomie miteinander verwoben sind und stellen Schulexperimente vor, die beim Lehren und Lernen eingesetzt werden können.

Die Initiative für fächerverbindende Projekte, die astronomische Inhalte einschließen, kann von allen Lehrkräften ausgehen, wie das Marburger Modell zur Vermittlung des grundlegenden himmelskundlichen Wissens nahelegt. Ausgangspunkt ist hier das persönliche Interesse der Lehrkräfte, die zwar kein astronomisches oder physikalisches Studium durchlaufen haben, jedoch mit den grundlegenden Phänomenen des nächtlichen Himmels vertraut sind. Wie es gelingen kann, auf der Ebene der universitären Ausbildung zu einer Gymnasiallehrkraft möglichst viele Studierende vom Sternenhimmel zu begeistern, erläutert *Daniel Ahrens* in seinem Beitrag. Der Autor zeigt in seinem Artikel eindrucksvoll, dass dies mit vergleichsweise wenig Aufwand vonseiten der Universitäten gelingen kann und dass Lernende von dieser Zusatzqualifikation in vielfältiger Weise profitieren. *Daniel Ahrens* und die Herausgeber dieses Heftes würden sich freuen, wenn möglichst viele Universitäten sowie pädagogische Hochschulen diesem Beispiel folgen und es dabei auch zum Erfahrungsaustausch auf der Hochschulebene kommen würde.

Ilka Petermann und *Klaus Lindner* runden wie gewohnt mit der ausführlichen Himmelsvorschau sowie wertvollen Beobachtungstipps für die Monate März, April und Mai dieses Heft ab.

Viel Freude beim Lesen dieses Heftes wünschen
Simon Kraus und *Ina Stricker*

Astronomieunterricht attraktiv gestalten und effizient organisieren

Wissenschaftliche Erkenntnisse, schulpraktische Erfahrungen, bildungspolitische Strategien

von Lutz Clausnitzer

Die einen wollen sie im Physikunterricht abhandeln, andere auf mehrere Fächer verteilen. Weitere schwören auf die Astronomie als separates Schulfach. Nordrhein-Westfalen überrascht mit dem Inhaltsfeld „Sterne und Weltall". Wie entsteht mit dem geringsten Aufwand auf der Lehrer-Seite der maximale Nutzen für die Schüler?

Aristoteles: Physik und Astronomie sind unvereinbar

Wissenschaftshistoriker sind sich zwar nicht einig, ab wann genau ein Wissensgebiet den Status einer Wissenschaft erlangt hat. Doch die Ergebnisse mesopotamischer Hochkulturen sind ohne Zweifel beeindruckend. Durch die mathematische Auswertung von jahrhundertelangen Beobachtungsreihen ermittelten sie die Länge eines Jahres auf 4,5 Minuten und die Zeit von Vollmond zu Vollmond auf wenige Sekunden genau. Aus den am Sternhimmel gewonnenen Erkenntnissen entwickelten sie Methoden der Zeitbestimmung, Kalenderrechnung und Astronavigation. Das förderte die geistig-kulturelle, technologische und wirtschaftliche Entwicklung. Die Physik war an der Erforschung des Kosmos noch nicht beteiligt. Aristoteles schrieb: „Während auf der Erde alle Körper zur Ruhe kommen, bewegen sich die Himmelskörper ewig. Folglich müssen im Kosmos andere Gesetze herrschen als auf der Erde" [1]. Physikalische Gesetze, die die Astronomie hätten voranbringen können, waren weder bekannt noch vorstellbar. So galten die Physik und die Astronomie trotz erster Versuche einer „Physikalisierung" der Astronomie durch Johannes Kepler bis 1687 als unvereinbar.

Die Astronomie wird zur interdisziplinären Wissenschaft

Erst die Neuzeit brachte den Durchbruch. 1687 legte Isaac Newton erstmals ein physikalisches Gesetz vor, das auf der Erde und im Kosmos gleichermaßen gilt, das nach ihm benannte Gravitationsgesetz. Interessanterweise zeigte sich nun, dass schon die mühsam empirisch gewonnenen Kepler'schen Gesetze vorrauseilend der Physik genügten, denn sie ließen sich deduktiv daraus herleiten. So entstand das erste gemeinsame Arbeitsfeld der Astronomen und Physiker, die Himmelsmechanik. Die weitere Entwicklung zeigte, dass sogar alle Naturgesetze im gesamten beobachtbaren Universum gelten. Seither beteiligen sich alle Naturwissenschaften, Teile der Geographie und zahlreiche technische Disziplinen an der Erforschung des Universums. Auch Geisteswissenschaften, die Literatur und Kunst fanden einen Zugang zur Astronomie, die sich nun zu einer vielseitig interdisziplinären Wissenschaft entwickelte. Daraus ergibt sich ein für die moderne Bildung besonders wertvolles Potenzial: Die Astronomie zeigt das Zusammenspiel vieler Fächer und wirkt der durch den (notwendigen) Fachunterricht bedingten Fragmentierung des Wissens entgegen. Im Gegensatz zu anderen fächerverbindenden Projekten steht dafür bereits eine ausgearbeitete Didaktik zur Verfügung, die sich in Büchern, Artikeln und in dieser Zeitschrift widerspiegelt. Von einem fächerverbindenden Astronomieunterricht profitieren auch die einbezogenen Fächer, indem nun ihre universelle Gültigkeit zutage tritt und durch den Perspektivwechsel die Erde in einem neuen Licht erscheint.

> Die Astronomie hatte in der weitaus längsten Zeit ihrer Geschichte nichts mit Physik zu tun und ist heute eine interdisziplinäre Wissenschaft. Ein Teilgebiet der Physik war sie nie.

Was ist astronomische Bildung?

Im Physikunterricht kann und sollte gezeigt werden, wie die Gesetze der Physik auch außerhalb der Erde, im Weltall, wirken. Warum müssen wir uns in allgemeinbildenden Schulen der Astronomie viel eingehender zuwenden?

Erstens: Das Grundlegende der astronomischen Bildung ist, dass die Schülerinnen und Schüler das am Tag- und Nachthimmel mit bloßem Auge Sichtbare bewusst wahrnehmen, beschreiben und geometrisch verstehen. Dieser elementare Teil der Astronomie **(Bild 1)** ist unerlässlich, weil er die Erfahrungswelt der Lernenden mit dem Universum außerhalb der Erde verbindet. Daniel Ahrens nennt es treffend „elementare Himmelskunde" und erläutert: „Wir bejahen alle Versuche, astrophysikalische Inhalte in die Schule zu bringen. Aber wir glauben, dass diese Inhalte einen soliden Unterbau benötigen. Andernfalls besteht die Gefahr, dass sie nicht tragen, dass sie am Ende nur freischwebendes Gerede sind, sozusagen eine Anhäufung von ‚Wissensschotter'" (ASTRONOMIE+RAUMFAHRT im Unterricht 57 (2020) 3–4, S. 15).

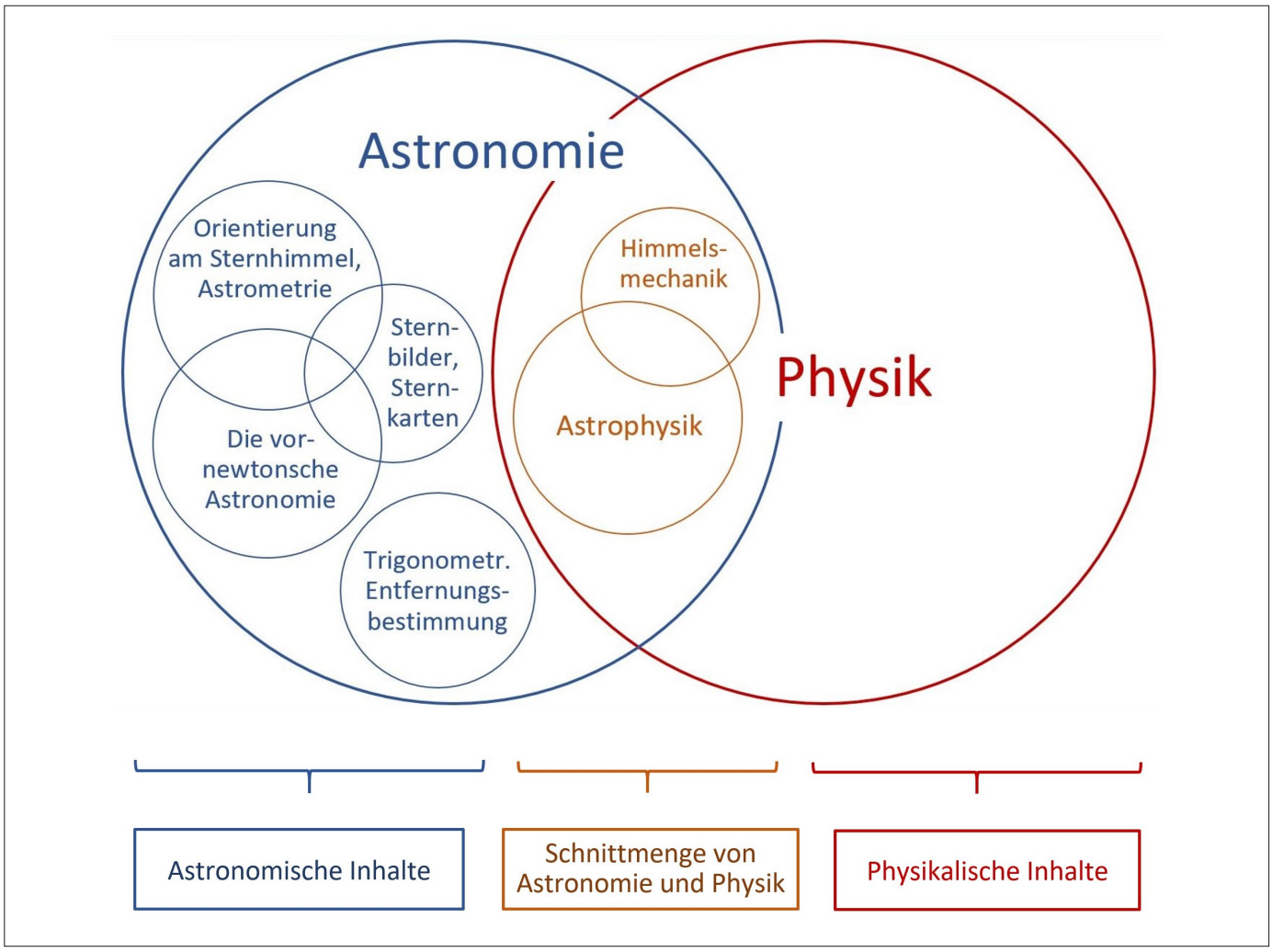

Bild 1: Die Astronomie besteht aus rein astronomischen Inhalten und solchen, die sich mit anderen Fächern überschneiden. Das Venn-Diagramm veranschaulicht ihre Beziehungen zur Physik. Grafik: *Clausnitzer*

Zweitens: Die bewohnte Erde ist Teil des Universums. Sie ist das Ergebnis von Entwicklungsvorgängen im Weltall und unterliegt auch weiterhin kosmischen Einflüssen. Erst vor der erdgeschichtlich kurzen Zeit von 65 Millionen Jahren starben durch den Yukatan-Impakt und dessen weltweite Folgen vier Fünftel der auf der Erde lebenden Arten aus, was eine tiefgreifende Änderung der irdischen Evolution bedeutete. Ohne diesen Bruch und ohne den die Erdachse stabilisierenden Mond gäbe es die Menschheit wahrscheinlich nicht. Deshalb müssen wir die Schüler(innen) befähigen, in größeren zeitlichen und räumlichen Maßstäben zu denken und sich ein tragfähiges Bild von unserer dynamischen Welt zu erarbeiten. Seit man extrasolare Planeten kennt und erforscht, sehen wir im Universum noch deutlicher als je zuvor lebensfeindliche Bedingungen und die Erde als Ausnahme-Planet. Uns Menschen bot sie solange einen optimalen Lebensraum, wie wir uns bescheiden in die Natur eingefügt und sie nicht in großem Stil verändert haben. Die Fähigkeit, die Erde und uns selbst in kosmischen Zusammenhängen zu sehen, erweitert das Umweltverständnis, lehrt die Achtung und den Respekt vor der Natur. Es genügt nicht, ein paar physikalische Gesichtspunkte der Astronomie zu beleuchten. Die Schüler müssen die großen interdisziplinären Zusammenhänge unserer Existenz kennen. Dazu gehören auch die ethischen Werte der Astronomie, das Erlebnis Sternhimmel sowie die besondere Rolle der Astronomie in der Kulturgeschichte und als Vorreiterin der Naturwissenschaften.

„Sterne und Weltall“ in Nordrhein-Westfalen

In diesem Zusammenhang ist ein Vorstoß des Ministeriums für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen interessant. Im neuen Kernlehrplan Physik für die Sekundarstufe I Gymnasium findet man das Inhaltsfeld 6 „Sterne und Weltall“:

„Himmelserscheinungen wie Planeten, Sterne, Sternschnuppen oder Finsternisse haben zu allen Zeiten eine große Faszination auf Menschen ausgeübt und zum Nachdenken über den Aufbau und die Entwicklung des Sonnensystems und des Universums angeregt. Himmelsobjekte lassen sich nach ihren Eigenschaften klassifizieren. Aus Beobachtungen können Schlussfolgerungen über die Entstehung der Mondphasen, der Jahreszeiten, der Sterne oder des Universums gezogen werden. Beim Vergleich von helio- und geozentrischem Weltbild werden Rahmenbedingungen, Grenzen und Veränderungen naturwissenschaftlicher Vorstellungen und die Rolle der Physik besonders deutlich. Von

besonderer Relevanz sind hier unterschiedliche Phänomene, die am Himmel beobachtet werden können, aber auch Möglichkeiten zur Informationsgewinnung über Objekte, die einer unmittelbaren Untersuchung nicht zugänglich sind.“ [2]

Dieses Ziel kommt dem oben skizzierten Anspruch nahe. Der phänomenologische Ansatz ist schülerorientiert und beginnt mit Grundlegendem. Indem das Vorhaben keine physikalischen Kenntnisse voraussetzt, sondern eher motivierend zur Physik hinführt, lässt es sich mit einem guten didaktischen Konzept und entsprechend qualifizierten Lehrern in der Sekundarstufe I mit allen Schülern realisieren. Übrigens nicht nur in Gymnasien, für die das Inhaltsfeld in NRW zunächst vorgesehen ist.

Der Philologenverband Nordrhein-Westfalen stellte sich jedoch gegen die Aufnahme dieses Inhaltsfeldes in den Physikunterricht. Nachdem ihm der Entwurf des Kernlehrplans zur Verfügung gestellt worden war, schrieb er am 25.02.2019 an das Kultusministerium: „Die Aufnahme des Inhaltsfeldes Sterne und Weltall in den Kernlehrplanentwurf ist nicht nachvollziehbar. Es gibt keine entsprechenden Vorgaben in den KMK-Bildungsstandards, auch finden sich die Inhalte nicht spiralcurricular in der Oberstufe wieder. Zudem bietet das Inhaltsfeld keine Zugänge auf der Basis typisch physikalischen, d. h. insbesondere experimentellen Arbeitens. Ein physikalisches Inhaltsfeld, das nahezu ausnahmslos theoretisch erarbeitet werden muss, lehnt der Philologen-Verband ab“ [3]. Damit stellt er fest, dass diese Inhalte nicht vorwiegend die Physik betreffen, deren Arbeitsweisen wenig entsprechen und daher von den Physiklehrer(inne)n nur theoretisch erarbeitet werden können. Steht doch in der Astronomie nicht die den Physiklehrern geläufige experimentelle Methode, sondern die Beobachtung im Vordergrund.

NRW ist keine Ausnahme

Die Reaktion des Philologenverbandes Nordrhein-Westfalen ist kein Einzelfall. Auch Bayerns Realschullehrer sprachen sich gegen einen Lernbereich Astronomie im Physiklehrplan aus. Das Kultusministerium berichtete am 13.05.2013: „Laut der zuletzt durchgeführten Lehrplanumfrage wünschen sich viele Lehrerinnen und Lehrer, dass der Bereich ‚Astronomie‘ im neuen Lehrplan nicht mehr berücksichtigt wird. Oftmals ist es aus Zeitgründen nicht möglich, diesen Themenkomplex zu unterrichten. Für die Abschlussprüfung ist der Themenbereich nicht relevant.“ [4]

In dem Glauben, sich der Mehrheit der Bundesländer anschließen zu müssen, wandelte Sachsen das in allen 10. Klassen mit einer Wochenstunde unterrichtete Fach Astronomie 2007 in ein Teilgebiet der Physik um [5]. Ähnlich wie 2019 in Nordrhein-Westfalen wurden die Lehrplanentwürfe 2004 auch hier begutachtet. Am 28.02.2004 äußerten sich Physiklehrer des Sächsischen Lehrerverbandes und des Philologenverbandes Sachsen zum Lehrplanentwurf Physik Gymnasien (ProPhil 2/2004): „Der vorliegende Lehrplan für die Klassenstufe 10 ist in dieser Form nicht akzeptabel!! Die Streichung der Stundenzahl für die physikalischen Inhalte zugunsten des Teilbereiches Astronomie ist nicht in Einklang zu bringen mit dem notwendigerweise zu vermittelnden Stoff. Wir fordern die Beibehaltung des eigenständigen Faches Astronomie. Die freiwerdenden Stunden sind im Physikunterricht für die Vermittlung des physikalischen Wissens nötig. Astronomie ist ein wunderbares Beispiel für die Realisierung eines fächerübergreifenden Unterrichts (siehe Ziele und Aufgaben des Gymnasiums).“

Der offizielle Gutachter des Entwurfs des Physik-Lehrplans Mittelschulen, Prof. Dr. *Klaus-Günter Steinert*, TU Dresden, schrieb Anfang Februar 2004: „Eine Begründung dafür, warum das selbstständige Fach Astronomie in Klasse 10 gestrichen worden ist, fehlt in allen Dokumenten des Lehrplanwerkes vollständig. […] Die Astronomie fasst gegen Ende der Mittelschule die erworbenen Kenntnisse in den naturwissenschaftlichen Fächern […] unter starker Beteiligung von Mathematik und Informatik, aber auch in den geisteswissenschaftlichen Fächern […] zusammen und leistet somit zur Entwicklung eines komplexen wissenschaftlichen Weltbildes bei den Schülern einen wesentlichen Beitrag. […] Der Gutachter empfiehlt dringend, von der Streichung des selbstständigen Faches Astronomie in der Mittelschule abzusehen.“

Die Erklärung

Warum die Mehrheit der Physiklehrer, abgesehen von einzelnen physikalischen Inhalten, nicht Astronomie unterrichten möchte, ist aus folgenden Gründen gut nachvollziehbar:

- Die gesamte Entwicklung der Astronomie von der Entstehung naturwissenschaftlichen Denkens in frühen Hochkulturen bis zu *Copernicus*, Kepler und Galilei fand außerhalb der Physik statt (siehe erster Absatz). Das in dieser Zeit entstandene Wissen ist aber gerade das Fundament einer astronomischen Grundbildung (**Bild 1**, linker Teil).
- Planeten, Monde, Asteroiden, Kometen, Galaxien, kosmische Entfernungen und den vielfältigen Nutzen der Raumfahrt zu beschreiben, ist nicht vordergründig Physik, sondern eine in Zusammenarbeit mit der Geographie und anderen Fächern zu lösende interdisziplinäre Aufgabe der Astronomie. Physiklehrer haben andere Schwerpunkte. Sie sind Physiklehrer geworden, um Physik zu unterrichten.
- Aber auch die Astrophysik und die moderne Kosmologie gehören in der Regel nicht zum Repertoire der Physiklehrerinnen und -lehrer.

So ist es verständlich, dass die große Mehrheit der Physiklehrer wenig Veranlassung sieht, einen Teil der knapp bemessenen Physikstunden für die Astronomie abzuzweigen und sich dafür aufwändig zu qualifizieren. Was eine Lehrperson an Wissen und Können braucht, um einen guten Astronomieunterricht gestalten zu können, wird vielerorts stark unterschätzt. Wer Astronomie lehrt, muss ihre Vielfalt und Komplexität (**Bild 2**) kennen, um das für die Allgemeinbildung Wichtigste erfassen und didaktisch aufbereiten zu können. Lehrende anderer Fächer können das nicht nur mal so nebenbei leisten. Die Astronomie war die erste Naturwissenschaft der Menschheit und ist noch heute eine der innovativsten. Sie muss den Schülern genauso professionell vermittelt werden, wie jede andere Naturwissenschaft auch.

Zurück nach Nordrhein-Westfalen

Das im Inhaltsfeld „Sterne und Weltall“ formulierte Ziel soll bis zum Ende

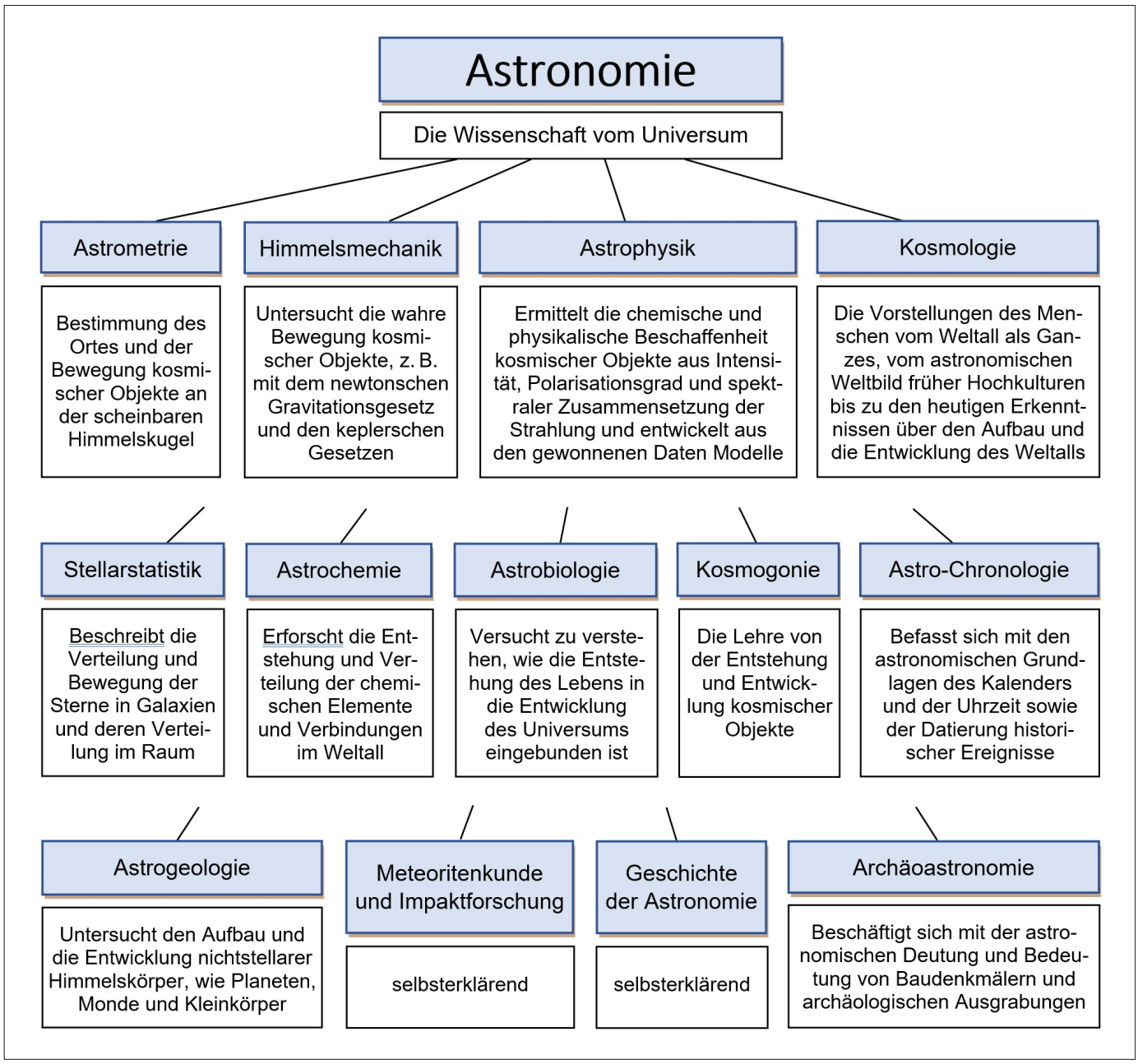

Bild 2: Die wichtigsten Teilgebiete der Astronomie. Sie zeigen sowohl den Umfang und die Vielfalt, als auch die interdisziplinäre Ausrichtung dieser Naturwissenschaft auf.

der Klassenstufe 10 erreicht werden. Man nennt es Kompetenzerwartung. Die Schulen, genauer deren Fachkonferenzen Physik, müssen in einem schulinternen Lehrplan genauer darstellen, wie sie dieses Inhaltsfeld umsetzen wollen. Dabei legen sie auch den zeitlichen Umfang und die Verteilung der Inhalte auf die Klassenstufen 7 bis 10 fest. [13]

Am 31.01.2020 erschien ein Beispiel eines solchen schulinternen Lehrplans nebst Materialien und Hinweisen [2]. Es kann von den einzelnen Gymnasien teilweise oder gänzlich übernommen, aber auch durch ein anderes Konzept ersetzt werden. In der veröffentlichten Version werden für die Umsetzung des astronomischen Inhaltsfeldes 15 Unterrichtsstunden veranschlagt, die auf zwei Unterrichtsvorhaben verteilt wurden, das erste in der Klassenstufe 7, das zweite in Klasse 9.

Klassenstufe 7: Licht und Schatten im Sonnensystem (5 Ustd)

Mondphasen, Mond- und Sonnenfinsternisse, Jahreszeiten; konnte 2020/21 erstmals unterrichtet werden. Dieser Teil ist schlüssig in die Optik eingebunden. Das wird in vielen Bundesländern ähnlich gehandhabt, hat sich bewährt und kann von den Physiklehrern gut umgesetzt werden, wobei die Entstehung der Jahreszeiten gern auch dem Fach Geographie zugeordnet wird, deren Fachlehrer sich oft noch eher damit identifizieren können. Wie viele Physiklehrer(innen) ausreichend astronomieaffin sind, dass sie die Entstehung der Mondphasen wirklich (für die Lernenden nachvollziehbar) behandeln werden, sei dahingestellt.

Klassenstufe 9: Objekte am Himmel (10 Ustd)

Planeten, Himmelsobjekte, Sternentwicklung; könnte 2022/23 erstmals unterrichtet werden. Da in Klasse 7 für die

Mondphasen, Finsternisse und Jahreszeiten bereits ein Drittel der für das Inhaltsfeld 6 vorgeschlagenen 15 Stunden verbraucht wurde, erwartet man nun eine zügige Hinwendung zum formulierten Ziel. Doch wieder beschränkt man sich fast nur auf physikalische Inhalte. Die Tatsache, dass Himmelserscheinungen „zu allen Zeiten eine große Faszination auf Menschen ausgeübt und zum Nachdenken über den Aufbau und die Entwicklung des Sonnensystems und des Universums angeregt" haben, spiegelt sich kaum wieder:

- Die Kulturgeschichte der ältesten Naturwissenschaft beginnt hier nicht mit den Vorstellungen und erstaunlichen Ergebnissen früher Kulturvölker, sondern erst im Altertum.
- Die Beobachtung tritt nur als Forschungsmethode der Wissenschaftler, aber nicht als didaktischer Schwerpunkt in Erscheinung.
- Das Wort Sternbild und einen Abschnitt zur Orientierung am Sternhimmel sucht man vergebens.

Indem die Astronomie auf einige physikalische Inhalte reduziert wird, werden den Lernenden die grundlegenden, wertvollsten und eingängigsten Komponenten ihres Bildungspotenzials vorenthalten, ganz besonders auch die emotionalen. Hier sei auch das gern bemühte Argument, in Städten könne man keine Himmelsbeobachtung durchführen, ein Stück weit entkräftet. Eine der unaufwändigsten Formen der Himmelsbeobachtung ist, im Dezember oder Januar die morgens eintreffenden Schüler mit einem aufgebauten Fernrohr zu überraschen. Saturns Ring, ein anderes Mal Jupiters Monde oder die Oberfläche des Mondes live mit dem Fernrohr zu sehen, ist für die Schüler äußerst beeindruckend, selbst erlebtes Wissen und eine starke Lernmotivation. Das funktioniert auch in Großstädten und in der Morgendämmerung. Es bedarf nur eines kleinen Fernrohres und einer einzigen astronomiebegeisterten Lehrperson pro Schule. Wichtig ist allerdings auch, dass die Schüler den Nachthimmel mit bloßem Auge erkunden und einige Sternbilder identifizieren können. Wo man keine Möglichkeit sieht, die Lernenden zu einer geführten Himmelsbeobachtung oder wenigstens in ein Planetarium einzuladen, kann man sie beauftragen, sich den Sternhimmel an einem selbstgewählten Ort von der eigens dafür entwickelten App „AudioHimmelsführungen" erlebnisorientiert erklären zu lassen, zumal es dazu auch Arbeitsblätter gibt [6]. Wenn das alles fehlt, wird eine vielseitig bildungswerte, emotionale Wissenschaft zu trockenem Stoff. Ein Astronomieunterricht ohne Beobachtung ist wie ein Physikunterricht ohne Experimente. Das vielgerühmte Potenzial der Astronomie, Zugpferd und Motivator der Naturwissenschaften zu sein, kann sich so nicht entfalten.

Ein weiteres Manko des Konzepts ist die der Astronomie zugebilligte Zeit. Das beschriebene Vorhaben, den Astronomieunterricht bis zur Sternentwicklung, einschließlich der Supernovae, voranzutreiben, ist gut und erstrebenswert. Nur so lässt sich die chemische Evolution des Universums erklären, ohne die die Entstehung der Planeten und des Lebens nicht möglich gewesen wäre. Das mit den Schülern so zu erarbeiten, dass sie diese Zusammenhänge wirklich verstehen, anwenden und mit ihrer eigenen Lebenswelt in Verbindung bringen können, ist allerdings weder in 10 noch in 15 Stunden möglich, nicht nur, weil vorher die Sonne, die Zustandsgrößen der Sterne, die Funktionsweise der Sterne und das Hertzsprung-Russell-Diagramm behandelt werden müssen, sondern auch deshalb, weil den Lernenden das Fundament der astronomischen Bildung (linker Teil des Bildes 1) und somit das Bindeglied Mensch-Universum fehlt. So könnte ihnen die Sternentwicklung tatsächlich als „freischwebendes Gerede" (*Ahrens*) erscheinen. Wie sonst ist die Überzeugung einer Bonner Mathematik-Physik-Lehrerin zu erklären: „Astronomie ist weit weg, hat mit dem Leben der Menschen nichts zu tun und gehört deshalb nicht in die Schulen." Nach dem Willen des Kultusministeriums NRW müssen künftig auch solche Lehrkräfte Astronomie unterrichten.

In Nordrhein-Westfahlen zeigt sich nun folgendes Problem: Im Inhaltsfeld 6 „Sterne und Weltall" wurde ein überaus bildungswertes Ziel formuliert. Erreicht man es, haben die Schüler(innen) nicht nur grundlegende astronomische Kenntnisse und Kompetenzen erworben, sondern auch den in der Biologie, Chemie, Geographie, Physik und weiteren Fächern gewonnenen (irdischen) Blick über die Erde hinaus erweitert und die Kulturgeschichte der Naturwissenschaften auf ihren gemeinsamen Ursprung zurückgeführt. Das wäre ein sehr wertvoller Beitrag für eine vielseitig vernetzte Allgemeinbildung. Der Philologenverband hatte jedoch unmissverständlich darauf hingewiesen, dass Physiklehrer(innen) das in der Regel nicht leisten können. Wie hätte das Kultusministerium nun darauf reagieren können?

- Das Inhaltsfeld 6 streichen. Das hat man nicht getan.
- Einen zum Ziel passenden schulinternen Lehrplan entwerfen. Dieser hätte nur von einem sehr kleinen Teil der Physiklehrer(innen) realisiert werden können.
- So entschied man sich für den soeben beschriebenen dritten Weg, der die Astronomie einseitig physikalisch betrachtet und nicht zum gesteckten Ziel führen kann.

Deshalb soll hier ein vierter Weg ins Spiel gebracht werden. Der Engpass der astronomischen Bildung ist in allen Bundesländern die geringe Zahl der astronomiekundigen Lehrer. Deshalb ist nur eine Organisationsform des Astronomieunterrichts praktikabel, bei der eine möglichst kleine Zahl astronomisch interessierter und bewanderter Lehrer genügt, um alle Schüler(innen) eines Landes angemessen in Astronomie zu unterrichten. In Nordrhein-Westfalens 625 Gymnasien arbeiten 3400 Physiklehrer. Aufgrund der wenigen Astronomiestunden reicht eine einzige astronomisch und astronomiedidaktisch qualifizierte Lehrperson pro Schule, um allen Schülerinnen und Schülern des Landes einen ansprechenden Astronomieunterricht angedeihen zu lassen. Wie wäre es, wenn man in Vorbereitung der nächsten Reform über die Schulleitungen 680 – ein Fünftel von 3400 – astronomisch interessierte Lehrer(innen) ausfindig machte und diese für ein Zusatzstudium der Astronomie und deren Didaktik gewänne? Dabei sollte unbedingt der Geschichtslehrer, der an seiner Schule als Amateurastronom bekannt ist, das Chemie unterrichtende Mitglied eines Sternwarten- oder Planetariumsvereins und die astronomisch interessierte Geographie- oder Sportlehrerin einbezogen werden. Diese Strategie bedarf nur einer einzigen Voraussetzung: Der Astronomieunterricht muss organisatorisch eigenständig sein. Dann und nur dann wird jeder Lernende nicht mehr von seinem jeweiligen Physiklehrer, sondern von der astronomisch versiertesten Lehrperson seiner Schule in Astronomie unterrichtet.

Ein Blick in andere Bundesländer

Die Astronomie ist ja nicht ganz automatisch attraktiv und bildungswert. Im Grunde wird sie es erst, wie jedes andere Fachgebiet auch, durch einen guten Unterricht. Ein solcher wird in drei Bundesländern seit Jahrzehnten praktiziert und geschätzt:

> In Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und Thüringen pflegt man das obligatorische Fach Astronomie als eine überaus wertvolle Errungenschaft. Alle profitieren von seinen Vorteilen:
> - die Schüler, weil sie stets von der astronomisch versiertesten Lehrperson ihrer Schule unterrichtet werden, auch wenn diese eine Geographielehrerin oder ein Geschichtslehrer ist;
> - die Lehrer, weil sie durch die Arbeitsteilung zwischen Physik- und Astronomielehrern entlastet werden;
> - die Kultusverwaltungen, weil sie nur einen Bruchteil von Lehrern astronomisch zu qualifizieren brauchen;
> - alle Beteiligten, weil sie die Astronomie als Plattform für fächerverbindendes Lernen nutzen können.

Auch das persönliche Zeitlimit der Lehrer spielt eine Rolle. Eine Lehrperson, die in jedem Schuljahr in mehreren Parallelklassen das Fach Astronomie unterrichtet, kann in die Vorbereitung und ständige Aktualisierung ihres Unterrichts mehr Zeit investieren und eher eine Astronomie-Zeitschrift lesen, als eine, die nur ab und zu in einer Klassenstufe eingesetzt ist, in der ein astronomischer Lernbereich vorkommt. Vom Pflichtfach Astronomie in der Sekundarstufe I profitieren auch die Oberstufenkurse Astronomie, weil alle Teilnehmer auf Grundlagen aufbauen können. Solche Kurse gibt es derzeit in Sachsen-Anhalt, Thüringen, Sachsen, Brandenburg und Baden-Württemberg [9]. Auch Bayerns Lehrplanalternative Astrophysik in der Klassenstufe 12 ist ungeachtet der missverständlichen Bezeichnung ein systematisch aufgebauter Astronomie-Kurs, der mit der Orientierung am Sternhimmel beginnt und erst nach der Behandlung des Planetensystems astrophysikalische Inhalte einbezieht. An den Universitäten Halle-Wittenberg, Jena und Tübingen gibt es eine separate Ausbildung von Astronomielehrern als Drittfach. Diese Angebote sind nicht auf Physiklehrer beschränkt.

Der Fall Sachsen: Auch hier wurde das Fach Astronomie bis 2007 in allen 10. Klassen erfolgreich unterrichtet. In Vorbereitung einer Lehrplanreform beauftragte das Sächsische Kultusministerium das ihm unterstellte Comenius-Institut (CI) – heute Sächsisches Bildungsinstitut (SBI) – trotzdem, die Rolle und Bedeutung des seit 1959 bestehenden Faches zu untersuchen. In dem 2001 erstellten Gutachten schreibt das Institut: „geht es doch im Fach Astronomie nicht vorrangig um die Vermittlung physikalischer Inhalte. […] Die Astronomie besitzt ein hohes Maß an Eigenständigkeit und kann nicht unbeschadet in die Systematik anderer Fächer übertragen werden." Und: „Das CI empfiehlt die Beibehaltung und weitere Qualifizierung eines eigenständigen Unterrichtsfaches Astronomie im zehnten Schuljahr." [7]

Unvermittelt beschloss das Ministerium 2002 das genaue Gegenteil und schaffte das Fach ab. Als Ersatz wurde neben fakultativen Möglichkeiten im naturwissenschaftlichen Profil und im Wahlpflichtbereich der verbindliche Lernbereich „Kosmos, Erde und Mensch" mit 18 Stunden (in Gymnasien Klasse 10) bzw. 14 Stunden (in Mittelschulen, heute Oberschulen, Klasse 9) in den Physiklehrplan aufgenommen. Dadurch werden die meisten Schüler(innen) der 170 Gymnasien und 363 Oberschulen des Landes seit 2007 nicht mehr von den 600 (Quelle: Kultusministerium, zitiert in Sächsische Zeitung von 06.11.2003) eingehend astronomisch qualifizierten Lehrpersonen unterrichtet. Denn dafür sind jetzt praktisch alle 2000 Physiklehrkräfte dieser Schulen zuständig.

Die Folge: Der Lernbereich „Kosmos, Erde und Mensch" wird in den meisten Klassen wenig ansprechend umgesetzt, gekürzt oder weggelassen. Das Interesse der Schüler(innen) an der Astronomie ging im Landesdurchschnitt deutlich zurück. Vielen Schulabsolventen fehlen die einfachsten astronomischen Kenntnisse. Das seit den 1960er Jahren an der TU Dresden etablierte Zusatzstudium Astronomie wurde eingestellt. Die TU muss nun die Physik für das Lehramt Studierenden in Astronomie ausbilden, obwohl sich nur 10 % bis 15 % von ihnen dafür interessieren. Andererseits würden Studierende anderer Fächer gern die Astronomie hinzunehmen, wenn das Fach wieder eingeführt würde.

Bundesweit agierende wissenschaftliche Gesellschaften hatten versucht, das Kultusministerium umzustimmen. Das zählte jedoch ebenso wenig wie die Vetos des Sächsischen Lehrerverbandes und des Landesschülerrates [5]. Wie leidenschaftlich das Fach Astronomie auch von der Bevölkerung verteidigt wurde (34.580 Petitionen und Unterschriften), spricht für die Beliebtheit und Wertschätzung eines professionellen Astronomieunterrichts.

Vielleicht kann gerade diese Tatsache andere Bundesländer inspirieren, ihren Schüler(inne)n einen solchen zu bieten – nicht nur den Gymnasiasten – und gern auch mit zwei Jahreswochenstunden [8]. Das „Konzept 60" [9] beinhaltet einen erprobten Vorschlag für einen 50- bis 60-stündigen praxisorientierten Astronomieunterricht, der mit grundlegenden Dingen beginnt und systematisch bis zu den Supernovae und der modernen Kosmologie vordringt. Der Schritt von der Astronomie als Teilgebiet der Physik zum eigenständigen Fach Astronomie bringt eine erhebliche Steigerung der Unterrichtsqualität mit sich und ermöglicht einen deutlich effizienteren Lehrereinsatz.

Ein Venn-Diagramm der Art des Bildes 1 lässt sich in ganz ähnlicher Weise auch für das Verhältnis der Physik zur Biologie und der Physik zur Chemie erstellen. Denn auch diese Fächer bilden mit der Physik eine erhebliche Schnittmenge. Daraus kann man aber nicht ableiten, dass diese Fächer nicht gebraucht werden. Genauso verhält es sich mit der Astronomie. Sie wie ein Teilgebiet der Physik zu behandeln, ist wissenschaftlich nicht zu rechtfertigen, erzeugt didaktische Verwerfungen und ist organisatorisch ineffizient. Wenn die Physiklehrer(innen) innerhalb ihres Faches auch Chemie oder Biologie unterrichten müssten, entstünden die gleichen Probleme, wie sie die Einordnung der Astronomie in den Physikunterricht hervorruft.

Russland holt das Fach Astronomie zurück

Auch Russland ist sich der Vorzüge des Faches Astronomie wieder bewusst geworden. In der Sowjetunion war es 1932 für alle Schüler mit einer Jahreswochenstunde in Klasse 10 beziehungsweise 11 eingeführt, 1993 jedoch wieder abgeschafft worden. Obwohl anschließend in den Physiklehrplänen verstärkt as-

tronomische Inhalte verankert waren, verschlechterten sich die Astronomiekenntnisse zusehends. Laut einer Umfrage von ВЦИОМ glaubten 2007 28 Prozent der erwachsenen Russen, dass sich die Sonne um die Erde drehe. 2011 waren es bereits 32 Prozent. 2007 dachten 14 Prozent, dass die Erde für einen vollständigen Umlauf um die Sonne nur einem Monat brauche. 2011 waren es 20 Prozent. 2016 stellte man knapp 4000 freiwilligen Personen 35 Fragen aus Astronomie und Raumfahrt. Die Auswertung der Antworten bestätigte eine geringe Verbreitung solcher Kenntnisse. Das kratzte an der Ehre einer Nation, die den ersten künstlichen Satelliten und den ersten Menschen in den Weltraum gebracht hatte. So kam es, dass das Fach Astronomie im September 2018 wieder eingeführt und für die Lehrer ein Aufbaustudiengang „Methoden des Astronomieunterrichts" eingerichtet wurde. Das hielt die International Astronomical Union für so fortschrittlich, dass sie die Ministerin für Bildung und Wissenschaft Russlands, *Olga Vasilyeva*, zu ihrem Ehrenmitglied ernannte. [10]

Die in Russland festgestellten Probleme zeigen sich in Deutschland ähnlich. In vielen Bundesländern wird nur ein sehr kleiner Teil der jungen Menschen ansprechend an die Astronomie herangeführt. Ein astronomisch sehr engagierter Lehrer aus Nordrhein-Westfalen, der diesen Beitrag vorab gelesen hat, schreibt: „Das astronomische Grundwissen in (West)Deutschland zeigt nicht nur Defizite, sondern eine völlige Unkenntnis ganz elementarer kosmischer Ursachen für alltägliche Phänomene. Und ich stimme Ihnen auch voll und ganz zu: Daran ändern kann NUR die Einführung eines eigenständigen Pflichtfaches Astronomie, und zwar von ausgebildeten oder zumindest ausreichend fortgebildeten Astronomielehrern. Das steht für mich außer Zweifel." In der Zeitschrift „interstellarum" äußerte sich der Baden-Württemberger Chemiker und Amateurastronom *Erwin Raupp*, der auch in Schulen astronomisch unterwegs ist, 2013 in einem Leserbrief so: „In der alten Bundesrepublik wird seit der bemannten Mondlandung unentwegt versucht, die Astronomie über den Physikunterricht in die Schulen zu tragen. Bei dem äußerst mageren Erfolg dieser Strategie muss man sie nach vier Jahrzehnten wohl als gescheitert ansehen. Selbst die Teilerfolge, die mit den Oberstufenkursen in Bayern und Baden-Württemberg erzielt werden konnten, betreffen nur einen sehr kleinen Teil der Schüler und haben keine Breitenwirkung." [11]

Aus all den hier dargelegten Gründen wandten sich die Gesellschaft Deutschsprachiger Planetarien (GDP), die Astronomische Gesellschaft (AG) und weitere 17 Unterzeichner am 15. September 2020 an die 16 Ministerpräsidenten, um die Einführung des Faches Astronomie in Klasse 9 oder 10 zu fordern. [12]

Zusammenfassung

Das für die Allgemeinbildung Grundlegende und Wichtigste der Astronomie liegt vorwiegend im Bereich der vornewtonschen Astronomie (die nichts mit Physik zu tun hat) und in der heute erreichten Interdisziplinarität dieser Naturwissenschaft. Weil sich weder das eine noch das andere innerhalb der Physik authentisch darstellen lässt, bedarf es des Faches Astronomie. Zudem wird für einen vom Fach Physik abgekoppelten Astronomieunterricht nur ein Bruchteil astronomisch qualifizierter Lehrpersonen gebraucht. Astronomie Unterrichtende müssen weit über die Physik hinaus mit der Vielfalt der Astronomie und ihrer besonderen Didaktik vertraut sein. Nur dann können sie die der Astronomie innewohnenden besonderen Bildungswerte umsetzen:

- ihre bis zu den Ursprüngen wissenschaftlichen Arbeitens zurückreichende Kulturgeschichte
- die Entwicklung der Kosmologie von den frühen Kulturvölkern bis heute
- die Faszination des Sternhimmels als emotionaler Zugang zu den Naturwissenschaften
- die Erkenntnis, dass die primären, unseren Alltag bestimmenden Lebensbedingungen Vorgaben des Universums sind
- die Erweiterung des Umweltverständnisses über die Erde hinaus
- die vielseitigen Möglichkeiten fächerverbindenden Lernens
- die von den anderen Naturwissenschaften abweichenden Methoden der Erkenntnisgewinnung
- eine wissenschaftlich saubere Widerspiegelung von Wissenschaftsstruktur (nicht suggerieren, dass die Astronomie ein Teilgebiet der Physik sei)

Forschungsbedarf

Es existiert nur ein sehr grober und lückenhafter Überblick, inwieweit die deutschen Bundesländer ihre Schülerinnen und Schüler mit der Astronomie vertraut machen. Denn, um einen solchen zu gewinnen, genügt es nicht, die Lehrpläne zu sichten. Entscheidend ist, was bei den Schülern erreicht wird. Deshalb sind Forschungsprojekte wünschenswert, die in den Bundesländern das für die Allgemeinbildung wichtigste astronomische Wissen und Können erheben, analysieren und vergleichen. Befragungen in der Bevölkerung lassen sich bei Einbeziehung eines Umfrageinstituts sicherlich leicht organisieren. Aussagekräftiger wären allerdings Befragungen der Lernenden. Diese sollten gegen Ende der Klassenstufe 10 erfolgen, damit statistisch die Mehrheit der Schüler(inne)n erfasst werden kann.

Literatur:

[1] vgl. Aristoteles: Über die Welt. In: Aristoteles, Werke. Band 12. Berlin 1979, S. 239–260

[2] https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-i/gymnasium-aufsteigend-ab-2019-20/index.html

[3] https://www.phv-nw.de/system/files/pdf/klp_2019_phv_physik.pdf

[4] Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus: Antwort zur Schriftlichen Anfrage des Abgeordneten Thomas Mütze, Drs. 16/16824. https://www.bayern.landtag.de/www/ElanTextAblage_WP16/Drucksachen/Schriftliche%20Anfragen/16_0016824.pdf

[5] Internetseite des Landesverbandes ProAstro-Sachsen: www.ProAstro-Sachsen.de

[6] Clausnitzer, L.: Bewährte Astronomiedidaktik auf neuen Wegen. ASTRONOMIE + RAUM-FAHRT im Unterricht, 51 (2014) 6, S. 5–8

[7] Comenius-Institut Radebeul: Rolle und Bedeutung des Faches Astronomie an den allgemein bildenden Schulen, 2001: http://www.lutz-clausnitzer.de/as/ProAstro-Sachsen/Gutachten_Astro_2001.pdf

[8] Autorenteam: Offener Brief an Bund und Länder vom 12.11.2009. http://www.lutz-clausnitzer.de/as/ProAstro-Sachsen/Offener_Brief_an_Bund_und_Laender.pdf

[9] Clausnitzer, L.: Wie viel Astronomie braucht der Mensch? In: Sterne und Weltraum 9/2019, S. 26–33. http://www.lutz-clausnitzer.de/as/ProAstro-Sachsen/Wie-viel-Astronomie-braucht-der-Mensch.pdf

[10] Астрономия снова в школе: https://scientificrussia.ru/articles/astronomiya-snova-v-shkole

[11] Clausnitzer, L. (2012/1). Astronomie für alle Schüler! interstellarum (84),12–17. http://lutz-clausnitzer.de/as/ProAstro-Sachsen/Astronomie_fuer_alle_Schueler.pdf

[12] http://www.lutz-clausnitzer.de/as/ProAstro-Sachsen/Brief-Ministerprasidenten_2020.pdf

[13] Clausnitzer, L.: Astronomie für die Mehrheit der Schüler [Interview]. In: Sterne und Weltraum 1/2021. S. 26f.

[14] Dennis Wittig, Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen: Mitteilungen an den Autor vom 20.03., 12.06. und 14.08.2020

Lutz Clausnitzer
An der Siedlung 20
02708 Obercunnersdorf
E-Mail: Lutz.Clausnitzer@t-online.de