

Kommunikationskompetenz im Fach Physik

Bildungsstandards im Fach Physik für die allgemeine Hochschulreife

Erläuterungen verfasst von: Prof. Dr. Andreas Borowski, Prof. Dr. Alexander Kauertz
und Prof. Dr. Gesche Pospiech

1 Allgemeine Einführung

In der Gemeinschaft naturwissenschaftlich Forschender hat sich wie in jeder sozialen Gruppe eine eigene Form der Kommunikation entwickelt. Dies äußert sich zum einen in der Fachsprache, zum anderen darin wie welche Informationen erschlossen, aufbereitet, ausgetauscht oder eingeschätzt werden. Die Fachsprache wiederum besteht neben dem Fachvokabular auch aus bestimmten sprachlichen Wendungen, üblichen sprachlichen Bildern und Metaphern und bevorzugten grammatikalischen Konstruktionen (Rincke, 2010). Das Erschließen, Aufbereiten, Austauschen und Einschätzen von Information beinhaltet den Umgang mit Fachsprache (Vokabeln und Wendungen), Darstellungsformen (z.B. Diagrammen, Grafiken, Abbildungen, Texten, Formeln etc.) und Argumentationsmustern (Nitz, 2016). Fachsprache, fachübliche Darstellungsformen und fachtypische Argumentationsmuster lassen sich als *kommunikationsbezogenes Fachwissen* ansehen.

Kommunikationskompetenz zeigt sich darin, dass dieses Fachwissen – also Fachsprache, Darstellungsformen und Argumentationsmuster - bewusst und reflektiert eingesetzt werden können. Kommunikation hat dabei ein Ziel (z.B. darstellen oder überzeugen), findet in einer bestimmten Situation statt (z.B. im Labor, in einer wissenschaftlichen Veröffentlichung), bezieht sich auf eine Sache (z.B. den naturwissenschaftlichen Inhalt) und adressiert eine bestimmte Person oder Personengruppe (z.B. Experten, Laien etc.). Bewusste und reflektierte Kommunikation ist also immer ziel- bzw. situationsgerecht, sachgerecht und adressatengerecht zu gestalten (vgl. Kulgemeyer & Schecker, 2009). Damit ist auch klar, dass nicht jede sprachliche Äußerung im naturwissenschaftlichen Unterricht eine Förderung von Kommunikationskompetenz darstellt. Erwerb und Förderung von Kommunikationskompetenz fokussiert vielmehr darauf das kommunikationsbezogene Fachwissen (Fachsprache, Darstellungsformen und Argumentationsmuster) der Naturwissenschaften ausdrücklich darzustellen, zu reflektieren und anzuwenden. Anlässe dazu sind das Erschließen, Aufbereiten, Austauschen und Einschätzen von naturwissenschaftlichen Informationen.

Informationen in den Naturwissenschaften sind sprachlich, bildlich, symbolisch und mathematisch kodiert. Diagramme, Gleichungen, Funktionen, andere mathematische Symbole sowie eigene Symbolsysteme sind abstrakte Darstellungsformen, die für die Naturwissenschaften insgesamt große Bedeutung haben. Absolventen der allgemeinen Hochschulreife können mit diesen Darstellungsformen nicht nur umgehen, sondern können auch erklären, welche Bedeutung sie für das Fach haben, welche Vorteile sie für naturwissenschaftliche Arbeitsweisen

bieten und wie sie mit (fach-)sprachlichen Beschreibungen verknüpft sind bzw. sich von diesen abgrenzen.

Gleichungen und Funktionen stellen in der Physik Modelle in mathematisierter Form dar (Pospiech, 2019). Mathematik wird daher oft auch als „Sprache der Physik“ bezeichnet. Entsprechend muss kompetentes Kommunizieren Bezug auf diese Sprache nehmen. Dabei geht es aber nicht allein darum, diese Sprache bewusst und gezielt zu nutzen. Vielmehr soll ihre Verwendung reflektiert und ihre Angemessenheit für den Kommunikationspartner (Adressaten), den Inhalt (die Sache) sowie das Kommunikationsziel und die Kommunikationssituation eingeschätzt werden.

Mathematisch dargestellte physikalische Modelle werden durch das Festlegen von Parametern auf die jeweiligen Phänomene angepasst (Rand- und Anfangsbedingungen). Durch das Einsetzen von Messgrößen können so Vorhersagen oder Prognosen gemacht werden. Durch das Einsetzen von gemessenen Größen können Hypothesen überprüft werden. Mathematische Darstellungen stellen in physikbezogener Kommunikation also Abkürzungen für Modelle dar, die von den Beteiligten eindeutig verstanden werden (können) aber von ihnen auch übersetzt (dekodiert) werden müssen (vgl. Krüger, Kauertz, Upmeyer zu Belzen, 2018).

In einer bewusst geführten physikbezogenen Kommunikation muss also entschieden werden, ob bei den Adressaten a) eine entsprechende Modellkenntnis vorliegt, b) die hinreichende mathematische Kenntnis und c) ein ausreichendes Verständnis der Funktion physikalischer Modelle im physikalischen Denkprozess für das Übersetzen vorhanden ist. Diese Entscheidung ist der Adressatenbezug. Der Sachbezug ist durch eine hinreichend erkennbare Nutzung des zugrundeliegenden physikalischen Modells gewährleistet, z.B. durch die Nutzung gängiger Bezeichnungen für Größen oder Bezeichnungen für das Modell (z.B. quantenmechanisches Atommodell, Induktionsgesetz o.Ä.). Das Modell muss zudem zum Inhalt der Kommunikation passen, bzw. an das fragliche Phänomen plausibel angepasst sein.

Ziel- und Situationsbezug sind von der Kommunikationsabsicht abhängig, die sich ggf. aus der Aufgabenstellung ergibt. In den Naturwissenschaften sind meist Erläuterung bzw. Erklärung eines Sachverhalts oder eine Überzeugungsabsicht das Ziel der Kommunikation. Erklärungen etc. sollten vor allem in ihrem sachlogischen Aufbau kleinschrittig sein und die innere Logik bzw. die inneren Zusammenhänge müssen transparent und kohärent sein (Kulgemeyer & Schecker, 2013). Dabei sind die Zusammenhänge durch physikalische Modelle gegeben und die Glaubwürdigkeit und Anschaulichkeit resultiert aus den damit verbundenen Daten und Beobachtungen. In der Überzeugungsabsicht - beispielsweise im Rahmen einer kontroversen Argumentation - kommt es vor allem auf die Bezugnahme zu den Gegenargumenten, den Einschränkungen oder Gegen-Thesen an (Erduran, Simon & Osborne, 2004). Auch bei dieser Bezugnahme stehen aus physikalischer Sicht Logik im Sinne des Bezugs auf Modelle und datengestützte Belege im Vordergrund.

Der Situationsbezug greift die Frage auf, in welcher Situation kommuniziert werden muss. Es lassen sich prinzipiell mündliche und schriftliche Kommunikation unterscheiden. Auch kommunizieren naturwissenschaftlich Forschende bei Diskussionen im Labor anders als in wissenschaftlichen Veröffentlichungen und wieder anders als bei Vorträgen (Kozma et al., 2000). Umfang, Genauigkeit und Rolle von Fachsprache und Darstellungsformen variieren je nach Kommunikationssituation. Ein exakt gestaltetes Diagramm auf einem Schmierzettel bei einer mündlichen Diskussion im Labor wird sicherlich als unnötig präzise erachtet, während ein handskizziert geschludertes Diagramm zur Darstellung der Messdaten in einem Vortrag als inakzeptabel gelten würde.

2 Konkretisierung der Kompetenzteilbereiche durch Standards

Das Erschließen, Aufbereiten, Austauschen und Einschätzen von Information sind verschiedene Anlässe, bei denen sich Kommunikationskompetenz zeigt. Entsprechend dieser Anlässe sind die Standards im Bereich Kommunikationskompetenz gegliedert in die drei Bereiche *Informationen erschließen*, *Informationen aufbereiten* und *Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren*. In den Standards ist jeweils das *kommunikationsbezogene Fachwissen* berücksichtigt, also dass Fachsprache – also sowohl das Fachvokabular als auch die fachkulturelle Art sich auszudrücken – sowie fachtypische Darstellungsformen und Argumentationsmuster beherrscht werden müssen, reflektiert werden und bewusst angewandt werden müssen. Die bewusste Anwendung des *kommunikationsbezogenen Fachwissens* erfolgt dabei ziel-, situations-, sach- und adressatengerecht.

Teilbereich 1: „Informationen erschließen“

Im Kompetenzteilbereich *Informationen erschließen* beschreiben die Standards wie mit Hilfe des *kommunikationsbezogenen Fachwissens* Informationen gesucht, ausgewählt, geprüft und zusammengefasst werden.

Die Lernenden ...

- K 1 recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus;
- K 2 prüfen verwendete Quellen hinsichtlich der Kriterien Korrektheit, Fachsprache und Relevanz für den untersuchten Sachverhalt;
- K 3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.

Eine besondere Berücksichtigung finden dabei die unterschiedlichen Medientypen, in denen Informationen zur Verfügung stehen. Neben klassischen Medien wie Büchern, Arbeitsheften oder Veröffentlichungen (Journals) sind Videos, Internetseiten, Apps, Applets, Simulationen etc., die vorrangig an digitale Medien gebunden sind, aber auch eigene Beobachtungen Quellen für Informationen. In der Physik mit dem starken Fokus auf der Beschreibung von Prozessen und deren Einflussgrößen kommt den digitalen Medienformaten mit ihren dynamischen Möglichkeiten große Bedeutung zu.

In **K1** kommt insbesondere zum Tragen, dass nicht alle verfügbaren Informationen gleich vertrauenswürdig oder für das Ziel oder die Situation der Kommunikation geeignet sind. So kommt insbesondere bei der Recherche nach experimentellen Aufbauten und deren Umsetzungen besondere Bedeutung zu. **K2** stellt die Anforderung die verfügbaren Informationen kritisch zu betrachten und mit dem eigenen *kommunikationsbezogenen Fachwissen* abzugleichen. Pseudowissenschaftliche Aussagen oder sogar falsche Darstellungen sollen anhand der falschen Nutzung von Fachsprache, Darstellungsfehlern oder mangelhaften Argumentationsmustern identifiziert werden. Dazu ist das notwendige Fachwissen erforderlich. Der zusammenfassende Charakter der Informationsentnahme wird deutlich, wenn aus verschiedenen gegebenen Quellen Erkenntnisse gebündelt und auf Glaubwürdigkeit und Relevanz geprüft werden sollen. Das Zusammenstellen von Argumenten verschiedener Quellen, um zu einer konsistenten Darstellung eines Sachverhalts zu kommen, wird in **K3** widergespiegelt.

Teilbereich 2 : „Informationen aufbereiten“

Im Kompetenzteilbereich *Informationen aufbereiten* werden Standards zu den Kompetenzen formuliert, die erforderlich sind, um mit Hilfe des *kommunikationsbezogenen Fachwissens* selbst physikbezogen zu kommunizieren. Der Aufbau orientiert sich dabei an dem Vorgehen, wie eine Information für einen Kommunikationsanlass aufbereitet wird.

Die Lernenden ...

- K 4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert;
- K 5 wählen ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von Präsentationen, Diskussionen oder anderen Kommunikationsformen aus;
- K 6 veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge;
- K 7 präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien.

Standard **K4** greift die erforderliche Logik physikalischer Beschreibungen auf, z.B. wenn ein physikalisches Experiment und dessen Ablauf dargestellt oder der zeitliche Verlauf einer Messgröße beschrieben werden soll. **K5** nimmt dagegen stärker das Kommunikationsziel und die Kommunikationssituation in den Blick. Das kann beispielsweise nötig werden, wenn ein Erklärvideo zu einem Sachverhalt angefertigt werden soll und für bestimmte Aspekte entsprechende Darstellungsformen und Fokussierungen durch die Lernenden festgelegt werden müssen. Die Planung und die Auseinandersetzung mit dem Medium, in dem etwas dargestellt wird – etwa die Erstellung eines Erklärvideos, wird in **K6** beschrieben. Bei **K7** steht in Abgrenzung zu K6 nicht die Darstellung einer einzelnen Information im Vordergrund; sondern die Argumentationsmuster und physikübliche Logik einer glaubwürdigen physikalischen Aussage. Die ausdrückliche Auseinandersetzung mit einer physikalischen Argumentation, das Ordnen und Bewerten einzelner Argumentationsschritte und deren Einordnung kann dabei das Veranschaulichen der Logik in Flussdiagrammen etc. bedeuten.

Teilbereich 3: „Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren“

Der Kompetenzteilbereich *Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren* orientiert sich daran, dass zunächst eine vorgegebene Meinung kritisch reflektiert oder eine eigene Meinung sinnvoll entwickelt werden muss, bevor im Austausch mit anderen diese Meinung diskutiert und weiterentwickelt wird. Dazu gehört auch, dass eigene und fremde Gedanken korrekt gekennzeichnet und belegt werden müssen. In diesem Teilbereich steht insbesondere die Betrachtung von Kommunikation unter dem Gesichtspunkt fachtypischer Logik- und Argumentationsmuster im Vordergrund.

Die Lernenden ...

- K 8 nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen;
- K 9 tauschen sich mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt;
- K 10 prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate.

Standard **K8** fokussiert auf den Aspekt der Gültigkeit von Aussagen aus dem Blickwinkel der Physik. Dazu gehört vor allem die Beziehung zwischen theoretischen Aussagen und experimentellen Ergebnissen innerhalb einer Aussage aber auch Aspekte wie Sachlogik und

theoriekonforme Schlussfolgerungen. Diese Anforderungen können sowohl implizit eingefordert werden, wenn etwa in einem Erklärvideo der Sachverhalt ggf. auch als Kontroverse thematisiert wird oder explizit indem eigene Argumentationen offengelegt werden müssen. **K9** beschreibt Kompetenzerwartungen in Bezug auf den direkten Austausch zwischen Personen, die jeweils physikalische ggf. sogar konträre Aussagen vertreten. Hierbei kommt das Idealbild von Diskursen in der physikalischen Forschung zum Tragen, wonach der Austausch über physikalische Inhalte von Logik und Daten geprägt sein soll mit dem Ziel eine möglichst objektive und mit den Beobachtungen kongruente Beschreibung zu erhalten. Das kann etwa in Form von fiktiver E-Mail-Kommunikation in Bezug auf eine komplexe Entscheidungssituation erarbeitet werden. Der Standard **K10** bezieht sich auf gute wissenschaftliche Praxis, wonach Erkenntnisse anknüpfend an vorherige Wissensbestände dargestellt werden. Diese Wissensbestände müssen benannt und korrekt belegt werden. Fragen der Urheberschaft sind in der Wissenschaft allgemein wichtig und werden auch zunehmend in anderen gesellschaftlichen Zusammenhängen relevant.

3 Konkretisierung der Standards in Lernaufgaben

Lernaufgaben zur Kommunikation fokussieren in ihren Arbeitsaufträgen an die Lernenden auf Fragen des Umgangs mit physikalischer Information und der Reflexion über fachliche Kommunikation, entweder bei der Entnahme der Information aus verschiedenen Quellen oder bei der Präsentation dieser Informationen in verschiedenen Situationen und für unterschiedliche Zielgruppen. Eine Aufgabe, die lediglich die Aufforderung enthält, etwas darzustellen oder aus einer Quelle eine Information zu entnehmen, ohne zu spezifizieren für welchen Zweck oder die Darstellung und Entnahme in Bezug zu einer Kommunikationssituation zu setzen, ist keine geeignete Lernaufgabe für diesen Kompetenzbereich. Lernaufgaben in diesem Bereich fordern die Lernenden heraus, sich mit den physiktypischen Merkmalen der Kommunikation zu beschäftigen und diese Merkmale auch in ihr eigenes Kommunikationsverhalten integrieren zu können. Dennoch bietet es sich gerade in diesem Kompetenzbereich an, entsprechende Kommunikationsaufgaben mit Aufgaben aus anderen Kompetenzbereichen zu kombinieren und – insbesondere für das Lernen – verschiedene Kompetenzen zu verknüpfen, so dass die Kompetenzbereiche nicht isoliert voneinander sind. Wer sich im Hinblick auf andere Kompetenzbereiche mit einem Inhalt befasst hat, kann auch kompetenter darüber kommunizieren und diesen Inhalt für die Kommunikationssituation aufbereiten, darauf bezogene Quellen fachlich einschätzen und für Argumentationen nutzen.

Im ersten Teilkompetenzbereich geht es darum Informationen zu erschließen.

Wie die Lernenden den Standard **K1** erlernen können, ist exemplarisch in der Lernaufgabe *Ein Elektrobus für die Altstadt* in Teilaufgabe 1 zu finden. Der Rahmen der Aufgabe und damit die oben adressierte Zielgruppe sind Entscheidungsträger einer fiktiven Stadt, die diese Informationen benötigen. In der Teilaufgaben sollen die Lernenden mithilfe einer Recherche herausfinden, wie die Akkumulatoren eines Elektrobusses aufgeladen werden, ohne dass eine direkte Verbindung verwendet wird. Die Lernenden sollen also eine gezielte Recherche zu einem physikalischen Sachverhalt durchführen. Wichtig dabei ist auch die Verbindung zum Standard S1, so dass dieses Wissen, welches die Lernenden gewonnen haben, auch nutzen um das Phänomen dann zu erklären. Ähnlich müssen die Lernenden bei der Lernaufgabe *Luftfeuchtigkeitssensor* vorgehen. In dieser Aufgabe geht es darum, herauszufinden wie ein Haarhygrometer funktioniert. Dazu müssen gezielt in analogen und/oder digitalen Medien Informationen gesucht und erschlossen werden.

Wie es aussehen kann, dass die Lernenden Quellen prüfen, (**K2**) wird in der Lernaufgabe

Hochspannungsleitungen – „Monstertrassen“? in Teilaufgabe 5 exemplarisch gezeigt. Hier sollen die Lernenden die vorgegebenen Quellen hinsichtlich verschiedener Kriterien prüfen. Um die Lernaufgabe etwas leichter zu gestalten und den Lernenden einen Hinweis zu geben, welche Aspekte für eine Prüfung wichtig sind, werden verschiedene Zusatzmaterialien zu der Aufgabe angegeben. Die Aufgabe der Lernenden ist es also, die vorgegebenen Aspekte auf verschiedene Quellen anzuwenden und sich so eine Meinung zur Glaubwürdigkeit der Quelle zu bilden.

In der Lernaufgabe *Hochspannungsleitungen – „Monstertrassen“?* wird auch gezeigt (Teilaufgabe 4), was der Standard **K3** bedeutet. Hier sollen die Lernenden aus einer vorgegebenen Quelle (also anders als bei K1) relevante Fachinformationen entnehmen und in eine Tabelle einordnen. Eine ähnliche Aufgabenstellung findet sich auch in der ersten Teilaufgabe der Lernaufgabe *Makula-Degeneration durch LED-Lampen*. Hier sollen die Lernenden die Fachinformationen aus zwei Quellen prüfen (**K2**) und diese Informationen dann tabellarisch geordnet (**K3**) darstellen.

Im zweiten Teilkompetenzbereich geht es um die Aufbereitung von Informationen.

Im Standard **K4** sollen die Lernenden unter Verwendung der Fachsprache Sachverhalte chronologisch und kausal korrekt und strukturiert formulieren. Wie dies gelernt werden kann, zeigt exemplarisch die Lernaufgabe *Luftfeuchtigkeitssensor* in Teilaufgabe 2. Hier soll der zeitliche Verlauf einer vorgegebenen Messkurve beschrieben werden. Dabei sollen die oben genannten fachsprachlichen Kriterien berücksichtigt werden.

Ein Beispiel zum Erlernen des Standards **K5** ist in der Lernaufgabe *Resonanz – neu erklärt* in Teilaufgabe 2 beschrieben. In dieser Aufgabe wird als Medium der Präsentation nicht der klassische Vortrag genommen, sondern die Lernenden sollen ein Video zu dem Thema des Einsturzes der Tacoma Narrows Bridge und dem Phänomen der Resonanzkatastrophe erstellen. Dafür gibt es verschiedene mögliche Adressaten: Grundschüler, Eltern/Großeltern, Fachkonferenz oder Schüler der eigenen Altersstufe. In Abhängigkeit von der Adressatengruppe ist es, wie in **K5** gefordert, wichtig, geeignete Schwerpunkte für das Video auszuwählen.

In Lernaufgabe *Resonanz – neu erklärt* geht es nicht nur um das Auswählen geeigneter Schwerpunkte, sondern auch darum (**K6**), diese Informationen ziel-, sach- und adressatengerechte, auch mithilfe digitaler Werkzeuge, darzustellen, also aufzubereiten. Dies muss bei der Planung des Videos, aber auch bei der Erstellung des zugehörigen Drehbuchs beachtet werden. Hieran ist zu sehen, wie die einzelnen zu erwerbenden Kompetenzen ineinander greifen und sich unterstützen. Für den Lernprozess ist es aber wichtig, dass beide Standards explizit angesprochen werden.

In Lernaufgaben *Aufstellen von Argumentationsketten am Beispiel von Induktionsvorgängen* werden sehr viele verschiedene Kommunikationskompetenzen an dem Thema aus der Elektrizitätslehre erlernt. Im Speziellen wird die Lenz'sche Regel am Beispiel der Annäherung eines Stabmagneten an einen Aluminiumring betrachtet. Die Struktur der Aufgaben kann auf viele andere physikalische Sachverhalte angewendet werden. In Teilaufgabe d) der Lernaufgabe sollen die Lernenden die vorherigen Beobachtungen und Ergebnisse vor einem „Fachpublikum“ präsentieren (**K7**). In dieser Präsentation werden sicherlich auch Kompetenzen der Standards **K4**, **K5** und **K6** gefordert. Zu einer guten Präsentation gehören zudem auch noch eine schlüssige und fachlogische Argumentation und die Art der Vorstellung selber.

Der dritte Teilkompetenzbereich beinhaltet den Austausch von Informationen und den wissenschaftlichen Diskurs darüber.

Nachdem im vorherigen Text ein Beispiel dafür gegeben wurde, wie die Lernenden selbstständig eine Präsentation auf unterschiedlichen Ebenen und mit unterschiedlichen Medien erarbeiten, geht es bei dem Standard **K8** u. a. darum, Präsentationen aus physikalischer Sicht im

Hinblick auf gültige Argumentationsketten zu beurteilen. Wie dies gelernt werden könnte, zeigt exemplarisch die Lernaufgabe *Resonanz – neu erklärt* in Teilaufgabe 3. Hier sollen die Lernenden anhand von Beobachtungsbögen das Bewerten erlernen. Damit Lernen erfolgreich ist, reicht es nicht aus, die Beobachtungsbögen nur anzuwenden. Wichtig ist, dass aufbauend im Nachgang zu der Lernaufgabe der Beobachtungsbogen mit den Lernenden zusammen reflektiert wird. Hier kann es sich auch anbieten, bei einer aufbauenden Aufgabe, den Beobachtungsbogen mit den Lernenden zusammen zu erweitern bzw. situationsbedingt zu konkretisieren. Speziell mit der Reflexion über Argumentationsstrukturen beschäftigt sich die Lernaufgabe *Aufstellen von Argumentationsketten am Beispiel von Induktionsvorgängen* in der Teilaufgabe e). Hier sollen die Lernenden die Lernprodukte (Argumentationsketten), die sie in den vorherigen Teilaufgaben erstellt haben, gezielt miteinander vergleichen, um zu der Synthese zu gelangen wie Gedankengänge bei Erklärungen physikalischen Sachverhalte besser geordnet werden können.

In der Lernaufgabe *Röntgendiagnostik und MRT im Vergleich* geht es darum einen rationalen Bewertungsprozess an dem möglichen Alltagsbeispiel Röntgendiagnostik vs. MRT selbstständig zu vollziehen. Hierbei werden, im Sinne des Bewertungsprozesses auch nicht-physikalische Argumente und Faktoren in dem Bewertungsprozess mit einbezogen. In der Teilaufgabe 8 geht es aber auch darum, den eigenen fachlichen Standpunkt konstruktiv zu vertreten, zu reflektieren und gegebenenfalls zu korrigieren (**K 9**).

Der Standard **K 10** (prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate) wird in den hier vorliegenden Lernaufgaben nicht illustriert.

4 Literatur zum Weiterlesen

- ◆ Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science education*, 88(6), S. 915-933.
- ◆ Kozma, R., Chin, E., Russell, J., & Marx, N. (2000). The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 9(2), S. 105-143.
- ◆ Krüger, D., Kauertz, A., & Upmeyer zu Belzen, A. (2018). Modelle und das Modellieren in den Naturwissenschaften. In *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer, Berlin, Heidelberg. S. 141-157.
- ◆ Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2009). Kommunikationskompetenz in der Physik: Zur Entwicklung eines domänenspezifischen Kommunikationsbegriffs. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, S. 131-153.
- ◆ Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2013). *Schülerinnen und Schüler erklären Physik–Modellierung, Diagnostik und Förderung von Kommunikationskompetenz im Physikunterricht*. Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen, S. 225-240.
- ◆ Nitz, S. (2016). „More than words“ – Fachliche Kommunikation im Biologieunterricht. In Sandmann, A. & Schmiemann, P. (Eds.), *Biologie Lehren und Lernen (Bd. 1)*. Berlin: Logos.
- ◆ Pospiech, G. (2019). Framework of Mathematization in Physics from a Teaching Perspective. In *Mathematics in Physics Education*. Springer, Cham. S. 1-33.
- ◆ Rincke, K. (2010). Alltagssprache, Fachsprache und ihre besonderen Bedeutungen für das Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, S. 235-260.