

Die Bedeutung naturwissenschaftlichen schulischen Lernens für das wissenschaftliche Studium

Einleitung

In den Plenarvorträgen des letzten Jahres von Knut Neumann (2018) und Maik Walpuski (2018) ging es darum, wie naturwissenschaftlicher Unterricht lernwirksam und motivierend gestaltet werden kann. In diesem Beitrag, dessen Grundlage mein Plenarvortrag bei der GDCP Tagung in Kiel war, ist das Thema das Handwerkzeug, welches Schülerinnen und Schüler aus der Schule mitbringen um erfolgreich ein wissenschaftliches Studium zu beginnen.

Bleibt man auf der Ebene der Unterrichtsgestaltung, so zeigt eine Studie von Sadler und Tai (2001), dass College-Studierende in den USA besser abgeschnitten haben, wenn der vorherige Unterricht sich auf wenige/weniger Konzepte beschränkt hatte und diese dafür vertieft behandelt wurden, als im Vergleich zu College-Studierenden, bei denen im Unterricht dies vorher nicht der Fall war. Die Studie zeigte auch, dass favorisierte Strategien wie Projektarbeit, Diskussionsrunden, Konzentration auf qualitative Probleme und häufige (offene) Laborexperimente keinen erhöhten Erfolg in Physik prognostizierten. Dies deckt sich mit den Aussagen der vorherigen Plenarvorträge (Neumann, 2018; Walpuski, 2018), die feststellen, dass es auf die Art und Weise der Durchführung der verschiedenen Methoden ankommt. Die Frage, die sich jetzt aber stellt ist, was fangen die Studierenden mit ihrem in der Schule erworbenen Wissen an?

Der Beitrag gliedert sich in drei große Bereiche. Zu Beginn wird diskutiert, was wir bisher über die Studieneingangsphase in einem naturwissenschaftlichen Studium wissen. Darauf aufbauend wird betrachtet, was die Oberstufe laut Vorgaben der Kultusministerkonferenz der Länder leisten soll. Der dritte Teil beschäftigt sich mit dem, was Verbände und Dozierende von Studierenden zu Beginn ihres Studiums erwarten. Abschließend werden die drei großen Sichtweisen auf das Studium zusammengeführt und diskutiert. Bei der Betrachtung wird sich vermehrt auf Studien aus Deutschland zur Studieneingangsphase und zur Oberstufe fokussiert, da die Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Deutschland und den USA (Lenzen, 2016) oder anderen Ländern in Bezug auf ein wissenschaftliches Studium in Deutschland begrenzt sind.

Was wissen wir?

Ein Blick in die Untersuchungen zum Studienabbruch von Heublein et al. (2017) zeigen, dass über alle Fächer hinweg die Abbruchquote bei ca. 1/3 liegt. Zur Berechnung der Quoten wurden Absolventen der Jahrgänge 2010, 2012 und 2014 mit den Anfängerjahrgängen 2006/2007, 2008/2009 und 2010/2011 verglichen. Über diese drei Erhebungszeiträume hinweg liegt die Quote im Bereich Mathematik/Naturwissenschaften bei 39 %. Ein Grund für die hohe Studienabbruchquote sind nach einer Untersuchung von Albrecht (2011) hohe inhaltliche Anforderungen. Ein weiterer Grund könnten auch immer mehr Parkstudierende sein. Die Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) erhebt seit über 25 Jahren jährlich eine Studierendenstatistik in Physik. Es zeigt sich, dass es einen großen Unterschied zwischen den Studierenden gibt, die in das Fach Physik eingeschrieben sind und denen, die das Studium wirklich beginnen (Matzdorf & Düchs, 2013). Aber auch wenn man nur die Studierenden berücksichtigt, die wirklich das Studium begonnen haben, ist die Studienabbruchquote noch relativ hoch. Es konnte auch gezeigt werden, dass früher nicht

immer alles besser war. Krause und Reiners-Logothetidou (1981) untersuchten Erstsemesterstudierende aufgrund befürchteter Schwierigkeiten mit den inhaltlichen Anforderungen im Physikstudium. Die Ergebnisse offenbarten Mängel in den Fähigkeiten und Fertigkeiten der Studierenden sowohl bei mathematischen als auch bei physikalischen Fähigkeiten und Fertigkeiten (ebd.). Ähnliches konnten Buschhüter et al. (2016) auch zeigen. Bei dieser Untersuchung wurde der Test von Krause und Reiners-Logothetidou (1981) verwendet, so dass zusätzlich gezeigt werden konnte, dass heutige Studierende nicht pauschal in allen Aufgaben/Kategorien schlechter abgeschnitten haben als damalige Studierende, sondern dass die Wissensunterschiede differenziert betrachtet werden müssen (Buschhüter et al., 2016).

Die DFG-Forschergruppe ALSTER (Akademisches Lernen und Studierenerfolg in der Eingangsphase von naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen) untersucht die Bedingung des Studierenerfolgs mit dem Schwerpunkt der Fachausbildung in naturwissenschaftlich-technischen Fachstudiengängen (Sumfleth & Leutner, 2016). Die einzelnen Projekte verwenden dabei ein Modell, bei dem aufgrund von stabilen und variablen Personenmerkmalen Studierenerfolg unter Berücksichtigung von u. a. Lernstrategien und sozialer Eingebundenheit prognostiziert werden soll. Eine erste Veröffentlichung aus dieser Forschung zeigt, dass in Chemie und Physik das mathematische Wissen substantiell inkrement gegenüber der Abiturnote, aber auch gegenüber der Mathematik Note ist (Müller, Stender, Fleischer, Borowski, Dammann, Lang & Fischer, 2018). Hierzu wurden $N = 275$ Chemiestudierende und 106 Physikstudierende befragt (ebd.). Als Studierenerfolg wurde die Klausurleistung am Ende des ersten Semesters verwendet (ebd.). Betrachtet man die inhaltlichen Anforderungen in dem verwendeten Mathematiktest, so stellt man fest, dass diese überwiegend im Bereich der Sekundarstufe I liegen. So soll zum Beispiel die Summe aus zwei nicht gleichnamigen Brüchen gebildet werden oder in einer quadratischen Gleichung die Unbekannte bestimmt werden (ebd.). Die Studie zeigt also, dass für die untersuchten Studiengänge basale mathematische Fähigkeiten sich positiv auf den Studierenerfolg auswirken.

Aufbauend auf einem Modell zur Studierfähigkeit und zum Studierenerfolg (Heldmann, 1994; Konegen-Grenier 2002a, Thiel et al. 2008) untersuchten Sorge et al. (Sorge, Peterson & Neumann, 2016) den Einfluss des physikalischen Vorwissens und der kognitiven Fähigkeit auf den Studierenerfolg. Hierzu befragten sie $N = 158$ Studierende im ersten Semester. Als Studierenerfolg werteten sie das Bestehen bzw. die Note der Abschlussklausur. Das physikalische Vorwissen wurde in Bezug auf die physikalischen Inhalte relativ breit erfasst. Die Aufgaben ähnelten dem Format von TIMSS/III-Aufgaben. Sorge et al. konnten zeigen, dass das physikalische Vorwissen der einzige Prädiktor für die Vorhersage der Abschlussnote ist und dass die kognitiven Fähigkeiten der Studienanfänger*innen Defizite im Vorwissen der Studienanfänger*innen im Laufe des ersten Semesters ausgleichen können. In dieser Studie wurden mathematische Fähigkeiten nicht mithilfe eines Tests erhoben.

Sowohl mathematisches als auch physikalisches Wissen (Krause & Reiners-Logothetidou, 1981) sowie physikalische Kompetenz (Schoppmeier, 2013) wurden in einer Studie von Buschhüter und Kollegen (Buschhüter, Spoden & Borowski, 2017) in Bezug zur gewichteten Durchschnittsnote gesetzt. In einer Gesamtstichprobe von $N = 168$ Studierenden konnte gezeigt werden, dass Studierende mit niedrigen mathematischen Kenntnissen und Fähigkeiten zu Studienbeginn eine erhöhte Wahrscheinlichkeit besitzen das Studium abzubrechen. Hierbei spielten die physikalische Kompetenz und das physikalische Wissen keine große Bedeutung. Die physikalische Kompetenz konnte aber substantiell zusätzliche

Varianz bei der gewichteten Note auflösen. Das physikalische Fachwissen konnte auch signifikant zur Varianzauflösung beitragen. Dieser Unterschied war aber nicht substantiell. Auch hier zeigt sich, wie in der Studie von Müller et al. (2018), dass das mathematische Wissen einen deutlichen Einfluss auf das Studium besitzt. In dieser Studie zeigt sich zudem, dass die physikalische Kompetenz, also der Umgang mit bzw. das Anwenden von physikalischem Wissen zur Lösung von fachlichen Aufgaben, einen deutlich höheren Einfluss besitzt als das reine physikalische Fachwissen.

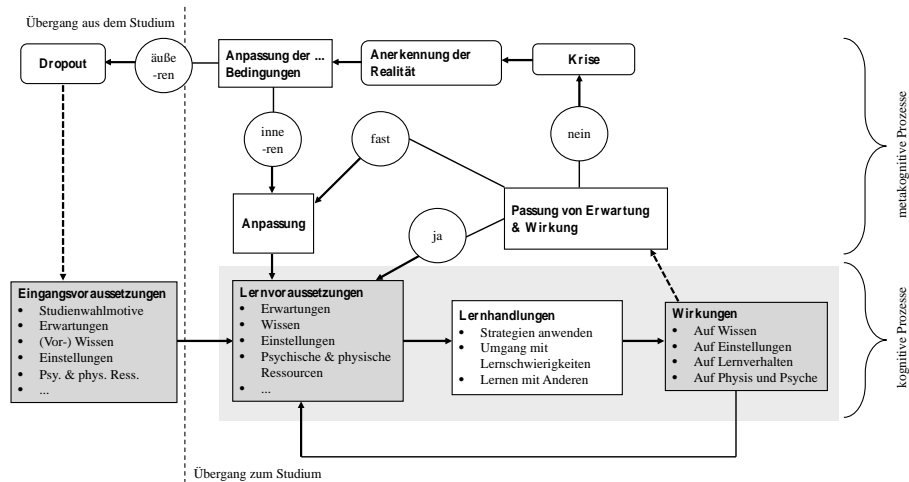
Lennart Kimpel (2017) untersuchte die fachlichen Voraussetzungen von Chemiestudierenden in der Vorlesung Allgemeine Chemie im ersten Semester (N = 173). Hierbei betrachtete er im Besonderen die mathematischen Rechenfähigkeiten der Studierenden. Für die Untersuchung entwickelte Kimpel den S.Che.Ma-Test (Schwierigkeiten in der Chemie durch die Mathematisierung), bei dem die Schwierigkeiten durch die Mathematisierung systematisch untersucht werden. Er konnte zeigen, dass das qualitative Verständnis in der Chemie der stärkste Prädiktor für das Bestehen einer Probeklausur war und nicht die mathematischen Fähigkeiten. Zusätzlich konnte er zeigen, dass die Studierenden grundsätzlich die mathematischen Rechenfähigkeiten der Allgemeinen Chemie im ersten Semester beherrschten. Die Studierenden zeigten aber Schwierigkeiten diese mathematischen Fähigkeiten in einem chemischen Zusammenhang anzuwenden. Dass diese Ergebnisse wahrscheinlich nicht für alle Veranstaltungen im Chemiestudium verallgemeinerbar sind, zeigt eine qualitative Studie von Schwedler (2017). Schwedler stellt hier fest, dass „das geforderte Niveau im abstrakt-mathematischen Bereich viele Erstsemester fachlich überfordert. Dies trifft (neben der Mathematik) als einziges chemisches Kernfach die Physikalische Chemie.“ (Schwedler, 2017, S. 178).

In der Studie von Freyer und Kollegen (Freyer, Epple, Brand, Schiebener & Sumfleth, 2014) wurden die mathematischen Fähigkeiten nicht miteingefasst. Dafür wurde zusätzlich zu dem Einfluss der Abiturnote und des Vorwissens der Einfluss des Fachinteresses und der Studienwahl sowie der Fähigkeit des schlussfolgernden Denkens auf die Punktzahl einer Chemieklausur am Ende des ersten Semesters untersucht. In der Stichprobe von insgesamt 165 Studierenden verschiedener Studienprogramme zeigte sich wie erwartet, dass die Abiturnote und das Vorwissen den größten Einfluss auf die Punktzahl in der Chemieklausur besitzen. Das schlussfolgernde Denken und das Fachinteresse liefern einen kleineren Beitrag zur Varianzaufklärung.

Fasst man die exemplarisch vorgestellten Studien zusammen, so zeigt sich die kognitive Dimension von größter Bedeutung für den Studienerfolg (Konegen-Grenier, 2002). Hier sind für ein naturwissenschaftliches Studium besonders die Rechenfähigkeit sowohl allgemein als auch im Fach hervorzuheben. Daneben spielt das fachliche Vorwissen bzw. die Fachkompetenz eine bedeutende Rolle, vor allem für die Leistungen (Noten) zu Beginn des Studiums.

Diese Art der Betrachtung spiegelt aber nur einen kleinen Teil der Studien zur Beschreibung von Studienerfolg wider. Bei der obigen Betrachtung von Studienerfolg wird kritisiert, dass sie häufig mit einer Sicht auf Studierendendefizite verbunden sind (Ulriksen, Madsen & Holmegaard, 2010). Auch wird kritisiert, dass sie eine vereinfachte Input-Output-Perspektive einnehmen, die Prozesse während des Studiums und die Identität/Integration der Studierenden vergessen (Tinto, 1993; Ulriksen, Madsen & Holmegaard, 2010). Haak (2017) bringt in ihrem Modell (siehe Abb. 1) beide Forschungsrichtungen zusammen. Sie berücksichtigt sowohl die kognitiven Voraussetzungen der Studierenden zu Beginn des

Studiums als auch die Prozesse während des Studiums. Bei dieser Forschungsrichtung liegen bisher wenige Ergebnisse vor, die bei der Frage weiterhelfen, welche Bedeutung naturwissenschaftliches Lernen, also das Erlernen von Wissen und Kompetenzen, für ein wissenschaftliches Studium hat.



Modell nach Haak (2017, S. 281) welches u. a. aufzeigt, wie es vom Passungsproblem zum Studienabbruch kommt.

Was soll die Oberstufe leisten?

Nun stellt sich die Frage, ob der Unterricht der Oberstufe bei einer Reduzierung auf die Vermittlung von mathematischen und physikalischen Fähigkeiten und Fertigkeiten, wie sie in den oben beschriebenen Studien erhoben werden, noch den Anforderungen der gymnasialen Oberstufe entsprechen. In der Vereinbarung zur gymnasialen Oberstufe der KMK (KMK 2018) steht die Vermittlung vertiefter Allgemeinbildung, allgemeine Studierfähigkeit sowie wissenschaftspropädeutische Bildung als Ziel der Oberstufe. Zudem spielen Fähigkeiten und Fertigkeiten in den basalen Fächern Deutsch, Fremdsprache und Mathematik eine besondere Rolle. Hinzu kommen das exemplarische Einführen in wissenschaftliche Fragestellungen, Kategorien und Methoden. Es soll die Persönlichkeitsentwicklung und -stärkung gefördert werden, so dass ein selbstbestimmtes Leben in sozialer Verantwortung und in der Mitwirkung in der demokratischen Gesellschaft möglich ist. Fachliches Grundlagenwissen als Voraussetzung für das Erschließen von Zusammenhängen zwischen Wissensbereichen soll beherrscht und die Team- und Kommunikationsfähigkeit sollen unterstützt werden (KMK, 2018).

Vergleicht man nun diese Vielzahl an Kompetenzen, die gefördert werden sollen, so ist bei den obigen Studien eine Einengung auf wenige spezielle Facetten zu erkennen. Für eine weitere Betrachtung und abschließende Diskussion sollte vorher aber noch geklärt werden,

was unter dem Trias vertiefter Allgemeinbildung, allgemeine Studierfähigkeit sowie wissenschaftspropädeutische Bildung verstanden werden kann.

Bildung

Um die Frage zu beantworten, welche Bedeutung naturwissenschaftliches schulisches Lernen und damit ein Teil schulischer Bildung für das wissenschaftliche Studium besitzt, ist es notwendig den Begriff der Bildung kurz zu diskutieren. In diesem Beitrag kann ich mich aber nur sehr oberflächlich mit dem sehr breiten Thema Bildung beschäftigen und lehne mich hierbei an einen Artikel von Huber (1994) an.

Nach Blankertz ist Bildung „zureichend nur definierbar als die vermittelnde Kategorie zwischen den Ansprüchen der objektiven Welt und dem Recht auf Selbstsein des Subjekts“ zu dem die „Freiheit zu Urteil und Kritik“ gegenüber allen Lebensbereichen gehört (zitiert nach Huber 1994, Blankertz, 1969, 1974). Von Blankertz wird somit der prozedurale Aspekt der Bildung in den Vordergrund gestellt und dass es auf die Selbstbildung ankommt. Nach Hentig (1980, S. 109) ist „Bildung [...] eine Geistesverfassung, Ergebnis eines nachdenklichen Umgangs mit den Prinzipien und Phänomenen der eigenen Kultur.“ Hier wird ausgedrückt, dass Bildung auch den Aspekt der Reflexion aufweist. Den demokratischen Aspekt von Bildung betont Klafki indem er schreibt: „Bildung muß [...] zentral als Selbstbestimmungs- und Mitbestimmungsfähigkeit des einzelnen und als Solidaritätsfähigkeit verstanden werden“ (Klafki 1985, S.17). Das Interesse an Aufklärung, Selbst-werden und Frei-werden des individuellen Subjektes liegt dabei sowohl den drei aufgeführten Autoren als auch vielen anderen Autoren, die sich mit Bildung befassen, am Herzen (Huber, 1994).

Nun stellt sich aber folgende Frage: Wie hängen diese eher abstrakten Bildungsideale mit der Spezialisierung der fachlichen Inhalte der Oberstufe zusammen? Folgt man hier der Argumentation von Huber (1994), so soll exemplarischen herausarbeitet werden, was bedeutsam für die Allgemeinheit ist und darüber sollte reflektiert werden.

Durch fachliche Spezialisierung kann vertiefte allgemeine Bildung erreicht werden, wenn fachliches Lernen eng mit dem Lernen über das Fach verbunden wird, also wenn die Besonderheiten der eigenen Fachperspektive selbst zum Gegenstand der Erkenntnis werden (Schecker et al. 2004). Bedeutsam für die Allgemeinheit ist nach den Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) in Chemie „die Verknüpfung grundlegender Erkenntnisse und Arbeitsweisen aus Chemie, Biologie und Physik unter Anwendung von Methoden der Mathematik“, damit die Lernenden „ein rationales, naturwissenschaftlich begründetes Weltbild“ erlangen (EPA Chemie, 2004, S. 3). Das bedeutsame ist somit nicht das einzelne Faktenwissen, sondern der Blick, mit dem Naturwissenschaftler die Welt betrachten. Ohne Zweifel braucht es dazu chemisches oder allgemeiner naturwissenschaftliches Faktenwissen und Kompetenz. Dies ist aber kein Selbstzweck. Schecker, Fischer und Wiesner (2004) gehen sogar noch weiter. Nicht nur die physikalische bzw. naturwissenschaftliche Sichtweise soll erlernt werden, sondern es soll auch eine „wissenschaftstheoretische Reflexion über *Rechte und Grenzen*“ (Schecker et al., 2004) in der Wissenschaft erfolgen. Denn „vertiefte Allgemeinbildung entwickelt sich [...] aus der Verstärkung von Kontrasten zwischen unterschiedlichen Zugangsweisen zur Welt — etwa der naturwissenschaftlichen und der künstlerisch-ästhetischen“ (Schecker et al. 2004). Die obigen Überlegungen zur Bildung möchte ich mit einem Zitat von Rosa & Endres zusammenfassen, welches meiner Meinung nach sehr gut das Ziel der Oberstufe in Bezug

auf Bildung wiedergibt. „Bildung bedeutet nicht, die Welt zu beherrschen, sondern die Beziehung zur Welt zu verändern“ (Rosa & Endres, 2016, S.44).

Wissenschaftspropädeutik

Der Begriff Wissenschaftspropädeutik ist, so wie der Begriff der Bildung, ein sehr schillernder Begriff, der von verschiedenen Protagonisten (Universitäten, Medien, Politik, ...) je nach Zweck unterschiedlich aufgefasst wird. Hier möchte ich mich auf Werner Habel (1994) beziehen, der die Wissenschaftspropädeutik allgemeiner und nicht nur auf die Vorbereitung für ein Studium beschränkt sieht. Für Habel ist Wissenschaftspropädeutik ein allgemeiner Prozess, der zum Umgang mit Wissenschaft im Allgemeinen vorbereiten soll. Hierzu ist eine Meta-Reflexion über a) die eigene Wissenschaftsdisziplin, b) andere Wissenschaftsdisziplinen und c) den Bezug zu Praxisfeldern notwendig (ebd.). Das bedeutet für den naturwissenschaftlichen Unterricht der Oberstufe, dass er kein vereinfachtes Abbild der wissenschaftlichen Disziplin sein soll (Schecker et al. 2004). Vielmehr sollte über die Disziplin (z. B. Physik) sowie über den Bezug zu anderen Disziplinen (z. B. Geschichte) und zum Alltag reflektiert werden. Hierzu kann der Beitrag des einzelnen Faches nur exemplarisch sein (ebd.). Um diese Reflexion zu ermöglichen, sollen die Lernenden an Ziele, Methoden und Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens herangeführt werden und diese „Werkzeuge“ sollen dann in pädagogischen Kontexten zur Anwendung kommen (ebd.). „Wissenschaftspropädeutik meint [somit] Bildung zur Wissenschaft und zielt auf eine Haltung, die dem Einzelnen Wissenschaft öffnet und erschließt und den Blick dafür schärf“ (Schmidt, 1991, S. 200). Auch bei der Wissenschaftspropädeutik ist auffällig, dass die einzelnen fachlichen Kompetenzen keine Erwähnung finden. Vielmehr sind diese Kompetenzen notwendig, um die geforderte Meta-Reflexion bewältigen zu können.

Allgemeine Studierfähigkeit

Hier geht es nun um die Kompetenzen, die nicht fachspezifisch sind, sondern für alle Studienfächer gleichermaßen gelten. Hierzu befragte Heldmann (1984) Dozierende verschiedener Hochschulen und Fachrichtungen. Als Ergebnis erhielt er drei große Bereiche. Die Studierenden sollten in ihrer Muttersprache, also Deutsch, ausreichend sprachliche Fähigkeiten zum Lesen und zum Erstellen von Texten besitzen. Hierbei wurden literatur- und sprachwissenschaftliche Kenntnisse nur noch von einigen Fächern für wichtig gehalten. In englischer Sprache sollten die Studierenden in der Lage sein Texte zu lesen. Zudem sollten die Studierenden mathematische Rechentechniken, elementare Funktionen, Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik beherrschen. Aber diese Forderung wurde nicht eindeutig von der Gruppe der Sprach- und Kulturwissenschaften geteilt. Die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer forderten auch noch die Beherrschung der Differentiation und Integration. Schecker et al. (2004) sehen die geforderten Kompetenzen der allgemeinen Studierfähigkeit ähnlich. Sie ergänzen diese aber noch um Schlüsselqualifikationen wie Entscheidungsfähigkeit, Ausdauer, Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit und sehen die experimentelle Methode als besonders geeignet an, um diese Schlüsselqualifikationen zu erlernen. Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass die allgemeine Studierfähigkeit insgesamt basale Kompetenzen umfasst, die auf den ersten Blick eher nicht primär in den naturwissenschaftlichen Fächern erworben werden. Aber das allgemeine Einüben der Kommunikation in Deutsch, Englisch und Mathematik muss fächerübergreifend geschehen, damit die Lernenden sowohl in der Schule als auch in einem wissenschaftlichen Studium den Transfer auf verschiedene Situationen meistern können. Insofern müssen die geforderten Fähigkeiten auch im naturwissenschaftlichen Unterricht eingeübt werden.

Was wird gefordert?

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) nimmt zu den Zielen des Schulunterrichts (also auch des Oberstufenunterrichts) in ihrer Studie „Physik in der Schule“ (DPG, 2016) Stellung. Im Gegensatz zur Meinung einiger Lehrkräfte (Shumba & Glass, 1994) fordern sie, dass die Berufs- oder Studienvorbereitung gegenüber dem Hauptziel von Unterricht, einer vertieften allgemeinen Bildung für möglichst viele Lernenden, in den Hintergrund treten muss. Von Seiten der DPG wird laut dieser Studie auch keine umfassende und fachlich strukturierte Physikausbildung in der Schule erwartet. Vielmehr sollen zentrale physikalische Konzepte vertieft behandelt werden und wenige, sorgfältig ausgewählte Grundbegriffe verstanden werden (ebd.). Diese Aussagen werden zum Teil durch Ergebnisse einer Befragung von Hochschuldozierenden gestützt (Buschhüter & Borowski, 2014). Die Ergebnisse zeigen hier, dass für die Physik nur wenige zentrale Konzepte und diese noch nicht einmal von allen Dozierenden zu Beginn des Studiums erwartet werden. Für die Mathematik werden von allen Befragten basale Rechenoperationen wie z. B. Bruchrechnung, elementare Funktionen, Integralrechnung, ... erwartet (ebd.). Diese soliden mathematischen Grundkenntnisse und Fähigkeiten erwartet auch die DPG (2016). Zudem sollten die Studierenden Begeisterung für das Fach, Entschlossenheit und Ausdauer, Kommunikationsfähigkeit sowie die Fähigkeit interdisziplinäre Zusammenhänge zu erkennen, mitbringen. Also alles Eigenschaften die auch im vorherigen Abschnitt thematisiert wurden.

In der MaLeMINT-Studie (Neumann, Pigge & Heinze, 2018) wurden Dozierende der Anfängervorlesungen in der Mathematik gefragt, welche mathematikbezogenen Lernvoraussetzungen aus Hochschulsicht für einen erfolgreichen Einstieg in MINT-Studiengänge benötigt werden. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass von Seiten der Dozierenden keine überzogenen Erwartungen an die neuen Studierenden gestellt werden. Auch hier zeigt sich, dass die Dozierenden wollen, dass die Schulmathematik sicher gekannt wird, aber auch das Wesen der wissenschaftlichen Mathematik zumindest nicht ganz fremd ist (ebd.). Es wird auf eine positive Einstellung zur Mathematik gesetzt. Diese Ergebnisse sind allgemein gesehen sehr erfreulich sowohl für die Schule als auch für die neuen Studierenden. Hier muss aber sicherlich im Detail geklärt werden, was mit „Schulmathematik sicher gekannt“ gemeint ist.

Bezieht man in die Analyse auch die Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) von Chemie und Physik (EPA Chemie, EPA Physik, 2004; nach KMK, 2000, S.2) mit ein, so werden dieselben Sachverhalte thematisiert. Die Lernenden sollen

- ein Verständnis für die Vorgang der Abstraktion haben,
- die Fähigkeit zum logischen Schließen haben,
- die Sicherheit in einfachen Kalkülen haben,
- die Einsicht in die Mathematisierung von Sachverhalten besitzen,
- das Verständnis für die Besonderheit der naturwissenschaftlichen Methoden wissen,
- eine Vorstellung von Modellen in den Naturwissenschaften entwickelt haben und Modelle anwenden können und
- ein Verständnis für die Funktion naturwissenschaftlicher Theorien entwickelt haben.

In der Diskussion um die Verkürzung der Schulzeit von 13 auf 12 Schuljahre schalteten sich 2008 die Fachverbände VBio (Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland), GDCh (Gesellschaft Deutscher Chemiker) und die DPG (Deutsche

Physikalische Gesellschaft) ein. Den Gesellschaften ging es darum, dass eine Schulzeitverkürzung nicht zu einer Verringerung des Stundenkontingentes in den naturwissenschaftlichen Fächern führen darf. Als zentrale Gründe nannten sie, dass die naturwissenschaftlichen Kompetenzen wie Analysefähigkeit, Problemlösungskompetenz, Urteilsvermögen und das Denken in interdisziplinären Zusammenhängen fördern und zudem weit über die Disziplingrenzen hinaus wirken. Dies schließt auch soziale, ökologische, medizinisch-gesundheitliche, ökonomische und technologische Fragestellungen ein (VBio, GDCh & DPG, 2008).

Fasst man nun diese Erwartungen bzw. Forderungen der verschiedenen Stakeholder zusammen, so fällt auf, dass der „Werkzeugkasten“ den die Schüler*innen nach der Oberstufe besitzen sollten nicht eindimensional nur aus fachlichen Inhalten besteht. Diese fachlichen Inhalte sind kein Selbstzweck, sondern dienen dem Zweck andere Fähigkeiten und Fertigkeiten in methodischen, sozialen und emotionalen „Werkzeugkästen“ auszubilden. Huber (1994) fasst dies in der Aussage zusammen, dass die Studien- und Fachmotivation, die inhaltliche, organisatorische, methodische und lebenspraktische Selbstständigkeit, die Entwicklung der Identität, die soziale Kompetenz und das sich auf In-Frage-Stellungen einzulassen bedeutender ist als das Fachwissen.

Fazit

Schon 2004 stellten Schecker et al. (2004) fest, dass es eine auffällige Diskrepanz zwischen der Legitimation von naturwissenschaftlichem Unterricht und der schulischen Praxis gibt. Physikunterricht wird häufig mit seinem Beitrag zum Welt- und Selbstverständnis begründet. In der Praxis wird aber der Gebrauchswert des physikalischen Faktenwissens in den technischen und beruflichen Feldern in den Vordergrund gestellt. Hierdurch wird aber nur das „Bedarfsargument der Gesellschaft“ und nicht das „Bedürfnisargument des Individuums“ (Jung, 1999, S. 33 ff) berücksichtigt. Auch zeigt sich, dass wissenschafts- und erkenntnistheoretische Elemente sowie gesellschaftliche und politische Bezüge im Unterricht für die meisten Physiklehrkräfte (zumindest damals) fremd waren.

Die empirischen Studien haben gezeigt, dass mathematische Fähigkeiten (Rechenfähigkeit) sowohl allgemein als auch im Fach für ein naturwissenschaftliches Studium und ich denke auch allgemein für ein wissenschaftliches Studium wichtig sind. Zudem konnten die Studien zeigen, dass sich fachliches Wissen und besonders fachliche Kompetenz positiv auf ein naturwissenschaftliches Studium auswirken. Es zeigt sich aber auch, dass wichtige geforderte Kompetenzen bisher noch nicht bei der Studienerfolgsprognose berücksichtigt worden sind. Hierzu gehören die Reflexion über das Fach und die Methodik in dem Fach. Für die Naturwissenschaften hat das Experiment hierbei eine besondere Bedeutung. Zusätzlich sollten die Schüler*innen die Beziehung des Faches und ihrer Methodik zu anderen Disziplinen und zur Lebenswelt reflektieren und die naturwissenschaftlichen Methoden sowie ihre Vor- und Nachteile und Grenzen kennen. Die Frage, die sich stellt ist aber, ob diese Kompetenzen für ein wissenschaftliches Studium hilfreich sein könnten. Bevor aber Tests zu diesen Bereichen entwickelt werden und Studierende damit befragt werden können, müssen vorher theoretische Arbeiten erfolgen. Hierbei käme es darauf an zu zeigen, inwieweit die zusätzlichen Kompetenzen dazu beitragen können, den Studienerfolg zu gewährleisten. Hierbei sind sicherlich komplexere Modelle wie z. B. das von Haak (2017) notwendig, die neben den kognitiven Dimensionen auch die emotionalen und metakognitiven Dimensionen berücksichtigen.

Bezüglich der Fachdidaktik ist anzumerken, dass hier noch zu wenig zu dem Bedürfnisargument des Individuums geforscht bzw. entwickelt wird. Bisher gibt es nur

vereinzelt Ansätze, um die Methodik, z. B. der Physik, auf die Lebenswelt (außerphysikalische Prozesse) anzuwenden. Auch gibt es meines Wissens keine Unterrichtseinheit, die die Methodik der Physik oder allgemeiner der Naturwissenschaften mit der Methodik z. B. in den Gesellschaftswissenschaften vergleicht. Hier besteht noch einiger Forschungs-, Entwicklungs- und Implementierungsbedarf, so dass vielleicht in den nächsten Jahrzehnten die wissenschafts- und erkenntnistheoretischen Elemente sowie gesellschaftliche und politische Bezüge im Unterricht für die meisten Physiklehrkräfte nicht mehr fremd sind.

Literatur

- Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000010456/Dissertation_Druckversion_Andre_Albrecht_UB.pdf Zugegriffen: 20. August 2018.
- Blankertz, H. (1969) Bildung im Zeitalter der großen Industrie. Hannover: Schroedel
- Blankertz, H. (1974) „Bildung“. In: Wulf, C. (Hg.): Wörterbuch der Erziehung. München: Piper.
- Buschhüter, D., Borowski, A. (2014). Modellierung von Eingangsanforderungen für das Studienfach Physik. In S. Bernholt (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013 (S. 540 - 542). Kiel: IPN – Verlag
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2016). Mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten von Physikstudierenden zu Studienbeginn. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 22 (1), S.61–75 DOI 10.1007/s40573-016-0041-4
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2017). Physics knowledge of first semester physics students in Germany: a comparison of 1978 and 2013 cohorts. In: International Journal of Science Education, Volume 39, 2017 - Issue 9, Pages 1109-1132 DOI: 10.1080/09500693.2017.1318457
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2017). Studienerfolg im Physikstudium: Inkrementelle Validität physikalischen Fachwissens und physikalischer Kompetenz In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften: ZfDN, Jg 23, Heft 1, S. 127–141 DOI 10.1007/s40573-017-0062-7
- [DPG] Deutsche Physikalische Gesellschaft (2016). Physik in der Schule - Hauptteil <https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/broschueren/studien/schulstudie-2016/schulstudie-hauptteil.pdf>, Zugegriffen: 20. August 2018.
- [EPA Chemie] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland - KMK (2004). Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Chemie. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1989/1989_12_01-EPA-Chemie.pdf, Zugegriffen: 20. August 2018.
- [EPA Physik] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland - KMK (2004). Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1989/1989_12_01-EPA-Physik.pdf, Zugegriffen: 20. August 2018.
- Freyer, Katja; Epple, Matthias; Brand, Matthias; Schiebener, Johannes; Sumfleth, Elke (2014) Studienerfolgsprognose bei Erstsemesterstudierenden in Chemie : eine Studie an einer Universität mittels moderierter multipler linearer Regressionsanalyse. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 20(1), S. 129 – 142
- H.Rosa &W. Endres (2016) Resonanzpädagogik. Wenn es im Klassenzimmer knistert. Weinheim: Beltz Verlag
- Haak, I. (2017). Maßnahmen zur Unterstützung kognitiver und metakognitiver Prozesse in der Studieneingangsphase. Eine Design-Based-Research-Studie zum universitären Lernzentrum Physiktreff. Berlin: Logos.
- Habel, W. (1990). Wissenschaftspropädeutik. Untersuchungen zur Gymnasialen Bildungstheorie des 19. und 20. Jahrhunderts. Köln/Wien: Böhlau
- Heldmann, W. (1984). Studierfähigkeit. Ergebnis einer Umfrage. Göttingen: Schwartz.
- Hentig, H. v. (1980) Die Krise des Abiturs- und eine Alternative. Stuttgart: Klett 1980
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., et al. (2017). Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit, Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen

- Hochschulen. Forum Hochschule 1|2017. http://www.dzhw.eu/pdf/pub_fh/fh-201701.pdf. Zugegriffen: 20. August 2018.
- Huber, Ludwig (1994). Nur allgemeine Studierfähigkeit oder doch allgemeine Bildung? Die Dt. Schule (86), S. 12 – 26. ISBN: 978-3-89088-361-8
- Jung, W (1999). Begründung und Zielsetzung. In: W. Bleichroth, H. Dahncke, W. Jung, W. Kuhn, G. Merzyn & K. Weltner, Fachdidaktik Physik. Köln: Aulis, 17-63.
- Kimpel, L. (2018). Aufgaben in der Allgemeinen Chemie. Zum Zusammenspiel von chemischen Verständnis und Rechenfähigkeit. In H. Niedderer, H- Fischler & E. Sumfleth, Studien zum Physik- und Chemielernen. Band 249. Berlin: Logos.
- Klafki, W. (1985). Konturen eines neuen Allgemeinbildungskonzepts. In: ders.: Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Weinheim: Beltz, S. 12 – 30
- [KMK] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2018). Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/1972/1972_07_07-VB-gymnasiale-Oberstufe-Abiturpruefung.pdf, Zugegriffen: 20. August 2018.
- Konegen-Grenier, C. (2002). Studierfähigkeit und Hochschulzugang. Köln: Deutscher Instituts-Verlag.
- Krause, F., & Reiners-Logothetidou, A. (1981). Kenntnisse und Fähigkeiten naturwissenschaftlich orientierter Studienanfänger in Physik und Mathematik. Die Ergebnisse des bundesweiten Studiengangstests Physik 1978. Bonn: Universität Bonn.
- Lenzen, D. (2016). Präsident der Universität Hamburg kritisiert Bologna-Reform. <https://www.epochtimes.de/wissen/gesellschaft/praesident-der-universitaet-hamburg-kritisiert-bologna-reform-a1962339.html>, Zugegriffen: 20. August 2018.
- Matzdorf, R. & Düchs G. (2013). Immer mehr Parkstudierende – Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2013. http://www.physik.de/details/physikjournalArticle/5115211/Immer_mehr_Parkstudierende.html, Zugegriffen: 20. August 2018.
- Müller, J., Stender, A., Fleischer, J., Borowski, A., Dammann, E., Lang, M. & Fischer, H.E. (2018) Mathematisches Wissen von Studienanfängern und Studienerfolg. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 24(1), 1 – 17 <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0082-y>
- Neumann, I., Pigge, C. & Heinze, A. (2017). Welche mathematischen Lernvoraussetzungen erwarten Hochschullehrende für ein MINT-Studium? Kiel: IPN - Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik. ISBN: 978-89088-292-5. Download unter <https://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-mathematik/forschung-und-projekte/malemint/malemint-studie>. Zugegriffen: 12. Oktober 2018
- Neumann, Knut (2018). Unterrichtsqualität in den Naturwissenschaften – die Suche nach dem Heiligen Gral . In: C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 5). Universität Regensburg
- Rosa, H. & Endres, W. (2016). Resonanzpädagogik. Wenn es im Klassenzimmer knistert. Weinheim: Beltz Verlag.
- Sadler, P.M. & Tai R. H. (2001). Success in Introductory College Physics: The Role of High School Preparation. [Science Education](https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2001.00111.x) 85(2):111-136
- Schecker, H., Fischer, H., & Wiesner, H. (2004). Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In H.-E. Tenorth (Hrsg.), Kerncurriculum Oberstufe II (S. 148-234). Weinheim: Beltz.
- Schmid, A. (1991). Das Gymnasium im Aufwind. Entwicklung, Struktur, Probleme seiner Oberstufe. Aachen: Hahner Verlagsgesellschaft.
- Schoppmeier, F. (2013). Physikkompetenz in der gymnasialen Oberstufe: : Entwicklung und Validierung eines Kompetenzstrukturmodells für den Kompetenzbereich Umgang mit Fachwissen. In H. Niedderer, H- Fischler & E. Sumfleth, Studien zum Physik- und Chemielernen. Band 153. Berlin: Logos.
- Shumba, O & Glass, L. W. (1994). Perceptions of Coordinator of College Freshman Chemistry Regarding Selected Goals and Outcomes of High School Chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 4, 381-392
- Sorge, S., Petersen, S., & Neumann, K. (2016). Die Bedeutung der Studierfähigkeit für den Studienerfolg im 1. Semester in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 165–180. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0048-x>.
- Sumfleth, E. & Leutner, D. (2016) Antrag der DGF-Forscherguppe ALSTER ALSTER (akademisches Lernen und Studienerfolg in der Eingangsphase von naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen).
- Schwedder, S. (2017) Was überfordert Chemiestudierende zu Studienbeginn? Eine qualitative Analyse zur Ausprägung des Stresserlebens und Ursachen der Fehlbeanspruchung im Studium der Chemie und chemienaher Fächer In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 165 – 179. DOI 10.1007/s40573-017-0064-5

- Thiel, F., Veit, S., Blüthmann, I., Lepa, S., & Ficzeko, M. (2008). Ergebnisse der Befragung der Studierenden in den Bachelorstudiengängen an der Freien Universität. Sommersemester, Bd. 2008. Berlin: Freie Universität Berlin.
- Tinto, V. (1993). Leaving college: Rethinking the causes and cures of student attrition. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Ulriksen, L., Madsen, L.M. & Holmegaard, H.T. (2010). What do we know about explanations for drop out/opt out among young people from STM higher education programmes? *Studies in Science Education*, 46 (2), 209–244. doi:10.1080/03057267.2010.504549
- VBIO, GDCh, GDCh, 2008 – Gemeinsame Pressemitteilung Naturwissenschaftler: Stundenstreichungen im achtjährigen Gymnasium gefährden Zukunftsfähigkeit unseres Landes. https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/stellungnahmen/stundenstreichung_2008.pdf Zugegriffen: 20. August 2018.
- Walpuski, Maik (2018). Qualitätsmerkmale im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 32). Universität Regensburg.