

Entwicklungssensibilität als Zugang zur Elementarteilchenphysik

Thomas Zügge, Oliver Passon, Johannes Grebe-Ellis

Bergische Universität Wuppertal, Physik und ihre Didaktik, Gaußstraße 20, 42119 Wuppertal
zuegge@uni-wuppertal.de, passon@uni-wuppertal.de, grebe-ellis@uni-wuppertal.de

Kurzfassung

Die Behandlung der Elementarteilchenphysik in der Schule stellt Lehrende vor Herausforderungen. Die Verfügbarkeit von Unterrichtsmaterial ist gering und in den meisten Fällen ist eine pädagogisch geleitete Legitimation für die verfügbaren Rekonstruktionen nicht transparent nachvollziehbar. Mögliche Ansätze der Legitimierung werden kurz vorgestellt und anschließend um eine weitere, entwicklungssensible Perspektive ergänzt. Diese leitet aus dem Begriff der Entwicklungsaufgaben Beiträge zum Prozess der Elementarisierung ab.

1. Zum Stand der Didaktik der Elementarteilchenphysik

Mittlerweile ist die Elementarteilchenphysik obligatorischer Bestandteil des gymnasialen Physikunterrichts in Bayern, Bremen und Nordrhein-Westfalen. In drei weiteren Bundesländern (Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein) ist sie optional. Die so geschaffene Aufnahme eines dynamischen und komplexen Forschungsgegenstandes in die Lehrpläne bedingte die Entwicklung angemessener Unterrichtsmaterialien und entsprechender Curricula. Neben älteren Arbeiten wie denen von Hacker und Hilscher [1][2] ergänzen vornehmlich Beiträge der Schulbuchverlage und des Netzwerks Teilchenwelt [3] das Repertoire, aus dem Lehrende ihren Unterricht gestalten können.

Mit auffälliger Einmütigkeit (und bis auf wenige Ausnahmen, vgl. [1]) verpassen es die genannten Zugänge, eine Transparenz bezüglich der Bildungs-/Lehrgangsziele herzustellen, durch welche ihre Rekonstruktionen geleitet sind. Häufig wird ein populärkultureller „lebensweltlicher Kontext“ postuliert¹, welcher sogleich als Anlass und Motivation für den Unterricht der Elementarteilchenphysik dient.

Gerade aber eine transparente Elementarisierung der Fachinhalte und die Definition von Bildungszielen, welche über die Vermittlung des Stoffes hinausgehen, erlauben erst eine zielführende Rekonstruktion. Darauf weisen Kattmann et. al. [4] hin, indem sie bemerken:

„Die Gegenstände des Schulunterrichts sind also nicht vom Wissenschaftsbereich vorgegeben, sie müssen vielmehr in pädagogischer Zielsetzung erst hergestellt, d.h. didaktisch rekonstruiert werden.“

Dem dafür nötigen Prozess der diskursiven Klärung geht derjenige der Elementarisierung voraus, wie er im Folgenden für den Gegenstand der Elementarteilchenphysik skizziert wird.

2. Etablierte Zugänge der Elementarisierung

Bei Kattmann et. al. scheint bereits durch, dass über das didaktische (Unterrichts-)Handwerk hinaus weitere pädagogisch begründete Entscheidungen die Unterrichtsgestaltung bedingen. Demnach stehen sie zum einen unter dem Einfluss lehr-lerntheoretischer, zum anderen genuin bildungswissenschaftlicher Perspektiven. Beide Perspektivierungen werden im Folgenden kurz umrissen, bevor sie durch den Vorschlag einer dritten ergänzt werden sollen.

2.1. Ein Beispiel für eine lehr-lerntheoretische Perspektive

Exemplarisch für die lehr-lerntheoretisch geleitete Reduktion eines Fachinhalts ist die Wahrnehmung naturwissenschaftlichen Lernens als Konzeptwechselprozess, wie er beispielsweise von Möller [5] beschrieben wird: Den konstruktivistischen Prozess des Lernens ernst nehmend wird naturwissenschaftliche Bildung als schrittweises und i.d.R. un abgeschlossenes Unterfangen beschrieben (vgl. [6]). Daraus ergibt sich ein dreifaches Desiderat der Anschlussfähigkeit. Sowohl mit Blick auf die bereits richtig konzeptualisierten wie auch die zukünftig zu konstruierenden Zusammenhänge sollen den Lernprozess erschwerende „Spannungen“ vermieden werden. Drittens soll eine der „evolutionären Struktur“ des Lernens (vgl. [7]) bewusste Perspektive sich stark am unmittelbar vor und nach dem aktuellen Gegenstand unterrichteten Stoff orientieren.

¹ Im weiteren Verlauf wird deutlich werden, warum dieser Begriff hier in Anführungszeichen steht und welchen Begrenzungen

unsere Antizipierbarkeit der Lebenswelt junger Menschen unterliegt.

Im Falle der Elementarteilchenphysik, wie sie im Lehrplan des Landes Nordrhein-Westfalen eingebettet ist, lässt sich dies dahingehend umsetzen, dass aus der zeitnah unterrichteten Kernphysik eine Brücke in die Elementarteilchenphysik geschlagen wird ohne die (im großen und ganzen schon fachlich angemessenen) Erkenntnisse aus dem Unterricht der Quantenphysik zu gefährden oder die spätere Auseinandersetzung mit der theoretischen Physik zu behindern. Ein Beispiel für eine bildungstheoretische Perspektive

Prägend für das Verständnis des Begriffs der Elementarisierung ist nach wie vor Klafkis Frage nach dem „Elementaren“ [8] und sein Vorschlag der „didaktische[n] Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung“ [9]. Untrennbar mit einer solchen Elementarisierung verbunden ist die Identifikation derjenigen Sinnelemente, die für das Begreifen der Grundideen des Stoffs elementar zu nennen sind. Erst danach kann im Diskurs über diese eine Auswahl getroffen werden (vgl. [10]).

Die Grundideen der Elementarteilchenphysik zu bestimmen bedeutet indirekt die Frage nach den Erkenntnissen zu stellen, welche für die Lernenden „Neuigkeits-“ und somit „Irritationspotential“ bieten. Nach der Behandlung der Quanten- und Kernphysik finden sich diese eben nicht in der Reproduktion mechanisch geleiteter Bauanleitungen der Materie, sondern in der Nichtreproduzierbarkeit dieser auf kleineren Skalen. Die in der Quantenfeldtheorie notwendige Verletzung der Teilchenzahlerhaltung und der „umgekehrte Massendefekt“ im Nukleon stiften Anlässe, in Anknüpfung an die Quantenphysik die Dekonstruktion makroskopisch geprägter Teilchenvorstellungen weiter voranzutreiben.

3. Entwicklungssensibilität als Perspektive der Elementarisierung

Ergänzend zu den skizzierten etablierten Zugängen erlaubt es die Entwicklungspsychologie, eine dritte Perspektive zur Elementarisierung des Stoffinhalts einzunehmen. In dieser ist nicht die Reflexion über den Fachinhalt und seine Bedeutung Ausgangspunkt der Definition von Bildungszielen für den Lehrgang, sondern die Reflexion über die Zielgruppe. Wie sich dies konkret ausgestalten ließe soll im Folgenden erörtert werden. Zuvor aber soll der neue Zugriff trennscharf von den Etablierten abgegrenzt werden.

3.1. Entwicklungssensibilität und etablierte Zugänge

Bereits in lehr-lerntheoretischen Perspektiven spielt die Entwicklungspsychologie eine zentrale Rolle. Häufig wird die Entwicklung junger Menschen dabei

aber für den naturwissenschaftlichen Unterricht auf die Kognitionsentwicklung (vgl. [11]) oder die schrittweise Entwicklung von Kompetenzen (vgl. [6]) reduziert. Eine Orientierung an der Identitätsentwicklung junger Menschen, die in den gängigen Standardwerken der Entwicklungspsychologie eine zentrale Rolle einnimmt (vgl. [12]), bleibt bisher weitgehend den geistes- und gesellschaftswissenschaftlichen Fächern vorenthalten.

Auch in bildungswissenschaftlicher Perspektive führt der von Klafki geprägte Begriff der Bildung im Kontext epochaltypischer Schlüsselprobleme [13] teilweise zu entwicklungssensiblen Perspektiven. Ursächlich für die Herausforderungen, die durch junge Menschen zu bewältigen sind aber auch hier nicht die Entwicklungsprozesse der Heranwachsenden (Klafkis Herausforderungen sind weitestgehend altersunabhängig), sondern die Bildungsanlässe in ihrem Umfeld. Diese sind notwendig Teil einer entwicklungssensiblen Perspektivierung, vernachlässigen aber alle Prozesse, die aus den Individuen selbst heraus erwachsen.

3.2. Entwicklungsaufgaben und -räume

Entwicklungsaufgaben nennt man solche Aufgaben, die sich Menschen an bestimmten Punkten in ihrem Leben zur Bewältigung anbieten, bzw. aufdrängen². Ihre Bewältigung ist in dem Sinne unumgänglich, als dass die Nichtbewältigung in der Regel die Auseinandersetzung mit späteren Aufgaben erschwert oder verhindert (vgl. [14]). Ursache sind biologische, psychische und soziale Entwicklungsprozesse von Menschen, die deskriptiv für bestimmte Teilgruppen verallgemeinert werden können und somit normative Ansprüche an die Handelnden begründen. Der Begriff „normative Entwicklungsaufgabe“ beschreibt somit Entwicklungsprozesse, die von der deutlichen Mehrheit, d.h. dem „Normal“ der Jugendlichen durchlaufen werden und beinhaltet weder Wertung noch Appell. (vgl. [15]). In diesem Sinne unterscheidet er sich von in anderen Kontexten verwandten Bedeutungen des Wortes „normativ“³.

Zusätzlich zu den schon vielfältigen möglichen normativen Entwicklungszielen spüren Menschen individuelle, durch Lebensereignisse generierte Zieloptionen. Die letztendliche Wahl aus dem Kanon verfügbarer Entwicklungsaufgaben trifft das Individuum und widmet dieser einen Großteil der zur Verfügung stehenden Ressourcen [16]. In diesem Zusammenhang meint Entwicklungssensibilität die Antizipation normativer Entwicklungsaufgaben und das gezielte Angebot von Bearbeitungsräumen im Rahmen des Fachunterrichts, so dass fachliche

² Die Ablösung von der Herkunftsfamilie oder Berufswahl sind klassische Entwicklungsaufgaben.

³ Alter/Schulstufe ist nur eine Dimension, die zur Definition von Milieus im Sinne der Untersuchung auf mögliche normative

Entwicklungsaufgaben gewählt werden kann: Lebensumfeld, Familien- und Berufsstand sind weitere unter vielen, die einen Zugriff auf die unterschiedlichen Perspektiven der prinzipiell heterogenen Gruppe von Schülerinnen und Schülern ermöglichen.

Bildung nicht in Konkurrenz zu Persönlichkeitsentwicklung inszeniert werden muss (vgl. [17]).

3.3. Die späte Adoleszenz und damit verbundene normative Entwicklungsziele

Die besondere Position der Elementarteilchenphysik im Lehrplan des Landes Nordrhein-Westfalen als letzter Gegenstand vor den Abiturprüfungen ermöglicht die Definition einer eng definierten Zielgruppe, weitestgehend ohne dabei auf überholte, weil am Alter der Teilnehmenden orientierte, Entwicklungsstufenmodelle zurückgreifen zu müssen. Gerade mit dem Abschluss der gymnasialen Schullaufbahn und der damit verbundenen Reifeprüfung [18] sowie dem zeitnahen umfänglichen Gewinn an Autonomiebereichen [19] lässt sich eine außergewöhnlich homogene Gruppe in Bezug auf ihre normativen Entwicklungsziele definieren. Diese kann entwicklungspsychologisch mit der späten bzw. Postadoleszenz identifiziert werden [15], um die es im Folgenden ausschließlich gehen soll. Der Vollständigkeit halber soll bemerkt werden, dass Jugendliche anderer Schulformen in der Regel wesentlich früher in die späte Adoleszenz eintreten [20].

Um einen handhabbaren Zugriff auf die Frage, mit welchen normativen Aufgaben sich Heranwachsende in der späten Adoleszenz konfrontiert sehen zu erlangen, wird im Folgenden entsprechend ihrer Genese unterschieden werden.

3.3.1. Schulische Entwicklungsaufgaben

Unter schulischen Entwicklungsaufgaben sollen jene verstanden werden, die direkt und unmittelbar durch des Systems Schule an Heranwachsende während der späten Adoleszenz herangetragen werden.

Zusätzlich zu den impliziten Erwartungen durch in den Kernlehrplänen formulierte Kompetenz- und Wissenserwartungen findet das Lernen Heranwachsender stets im Kontext bevorstehender Leistungsüberprüfungen, Projekt- und Praktikumsphasen und potentiell inner- wie außerschulischer Wettbewerbe statt. Für Schüler*innen in der späten Adoleszenz, speziell im letzten Jahr vor den Abiturprüfungen, ist der Wunsch, diese zu bestehen, normatives Entwicklungsziel.

So naiv diese Perspektive scheinen mag, so wichtig ist es zu betonen, dass sich weder aus lehrerlerntheoretischer, noch aus bildungstheoretischer Perspektive Anlässe für die gängige Praxis, Unterricht inspiriert vom Lehrplan und den Vorgaben des Zentralabiturs zu gestalten, ergeben; immer vorausgesetzt man räumt dem Lehrplan keinen pädagogischen Wert *eo ipso* ein.

Die pädagogische Legitimation der Frage von Schüler*innen nach der „Prüfungsrelevanz von Unterrichtsinhalten“, und so real spürbaren Bedürfnissen zu begegnen, ergibt sich erst aus einer

entwicklungssensiblen Perspektive, welche danach sucht, den Lernenden selbst Gewicht in der Elementarisierung zu geben. In diesem Sinne ist die Schule und speziell ihr organisatorischer Rahmen lebensweltlicher Kontext.

3.3.2. Gesellschaftlich-soziale Entwicklungsaufgaben

Im Gegensatz zu schulischen Entwicklungszielen werden gesellschaftlich-soziale Entwicklungsziele durch äußere Einflüsse bedingt, die unabhängig von der Organisation Schule Heranwachsenden mit Erreichen der späten- oder Postadoleszenz angeboten werden.

Dazu zählt nicht nur die im Vergleich zu anderen Schulformen auf dem Gymnasium retardierte [20] Entwicklungsaufgabe der Berufsorientierung, sondern vor allem auch Entwicklungserwartungen seitens der Gesellschaft, die mit dem Erreichen juristischer Volljährigkeit verbunden sind. So sind der Erwerb der Rechte, die eigene politische Meinung im Wahlrecht auszudrücken oder ein Fahrzeug zu führen in der Regel eng mit der Erwartung, diese neuen Freiheiten reflektiert und verantwortungsbewusst ausüben zu können, verbunden.

Hinzu kommen Milieu-spezifische oder durch die unmittelbare Peergroup geprägte Erwartungen, die sich je nach Kontext in Form (populär-)kultureller Expertise, Engagement, Freizeitgestaltung etc. äußern. In diesem Sinne erfährt der eingangs erwähnte Kontext der Darstellung moderner Wissenschaft in der Populärkultur eine neue Deutung. Unabhängig davon, ob Heranwachsende selbst sich durch die Darstellungen von Physik(er*innen) in bspw. Dan Browns und Christopher Nolans Werken zum Physikunterricht hingezogen fühlen, wird von ihnen innerhalb der eigenen Peergroup aufgrund ihrer Kurswahl mitunter Urteilsfähigkeit erwartet, eine Erwartung, die sie als Teil der sich darin ausdrückenden eigenen Identitätskonstruktion selbst an sich stellen.

3.3.3. Individuell-psychologische Entwicklungsaufgaben

Diese Identitätskonstruktion gehört streng genommen schon zu den individuell-psychologischen Entwicklungsaufgaben. Insgesamt erreicht die Auseinandersetzung mit der eigenen Identität im Verlauf der Adoleszenz ihren vorläufigen Höhepunkt [15] abermals verschärft in der späten Adoleszenz durch den Zugewinn an Autonomiebereichen [19] und die Perspektive, die in den Aufgaben zuvor differenzierte Identität außerhalb der vertrauten Kontexte auf ihre Wirksamkeit in der „Welt“ hin zu überprüfen. Die Suche nach Augenhöhe und verlässlichen, differenzierten, eigenen Werturteilen gewinnt zunehmend an Bedeutung, Gedankenexperimente spielen in der Bewältigung

eine zentrale Rolle [21]. Zusammenfassend also lässt sich der Übergang der späten Adoleszenz also als Emanzipationsprozess verstehen.

Aus entwicklungssensibler Perspektive stiftet dies Anlass, emanzipatorische Räume auch innerhalb der Schule zu öffnen. Insofern sind die für viele Lehrende schwer zu fassende Komplexität von Themen der modernen Physik und mitunter fragwürdig verkürzte Schulbuchdarstellungen⁴ keine Barrieren für zielgruppengerechten Physikunterricht, sondern Chancen, den schulischen Bildungsprozess bewusst emanzipiert abzuschließen.

4. Fazit

Neben bildungstheoretischen und lehrerlernaufbauenden Perspektiven kann eine von den normativen Entwicklungsaufgaben junger Menschen geleitete Perspektive zusätzliche Impulse für die Elementarisierung liefern. Auch wenn dies nicht die diskursive Legitimierung des Lehrgangs abschließt, erweitert es in dieser die Möglichkeiten, zielgruppenbewusst Stoffinhalte auszuwählen und bietet neue Strukturpunkte zur Kontextualisierung des Unterrichts.

5. Literatur

- [1] Hacker, German (2001): Grundlagen der Teilchenphysik, Universität Erlangen-Nürnberg, Dissertation
- [2] Hacker G., Hilscher H. (2007): Elementarteilchenphysik in der Schule. In: Kircher, Ernst; Girwidz, Raimund; Häußler, Peter (Hrsg.): Physikdidaktik. Springer-Lehrbuch. Springer, Berlin, S. 479-508
- [3] Kobel, Michael et. al. (2017): Teilchenphysik – Unterrichtsmaterialien ab Klasse 10. Joachim Herz Stiftung, Hamburg
- [4] Kattmann, Ulrich et. al. (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 3, Heft 3, S. 3-18
- [5] Möller, Kornelia (2013): Lenen in Naturwissenschaften heisst: Konzepte verändern. In: Labudde, Peter (Hrsg.): Fachdidaktik Naturwissenschaft, Haupt Verlag, Bern, S. 63-69
- [6] Jung, Walter (1993): Hilft die Entwicklungspsychologie dem Naturwissenschaftsdidaktiker. In: Duit, R.; Gräber, W. (Hrsg): Kognitive Entwicklung und Lernen der Naturwissenschaften. IPN an der Universität Kiel, S. 86-108
- [7] Kordes, Hagen (1989): Didaktik und Bildungsgang, Lit Verlag, Münster
- [8] Klafki, Wolfgang (1963): Das pädagogische Problem des Elementaren und die Theorie der kategorialen Bildung. Beltz, Weinheim
- [9] Klafki, Wolfgang (1969): Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung. In: Roth, Heinrich; Blumental, Alfred (Hrsg.): Didaktische Analyse. Schroedel, Hannover, S. 5-34
- [10] Frey, Karl (1975). Rechtfertigung von Bildungsinhalten im elementaren Diskurs. In: Künzli, Rudolf (Hrsg.): Curriculumentwicklung - Begründung und Legitimation. Kösel, München, S. 103-129
- [11] Kircher, Ernst et al. (2015): Physikdidaktik, Springer-Lehrbuch, Springer-Verlag, Berlin
- [12] Oerter, Rolf; Montada Leo (2008): Entwicklungspsychologie, BeltzPVU, Weinheim
- [13] Klafki, Wolfgang (2007): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik, Beltz, Weinheim
- [14] Havighurst, Robert J. (1975): Youth, University of Chicago Press, Chicago
- [15] Flammer, August; Alsaker, Françoise (2002): Entwicklungspsychologie der Adoleszenz, Verlag Hans Huber, Bern
- [16] Hericks, Uwe (1998): Der Ansatz der Bildungsgangforschung und seine didaktischen Konsequenzen, In: Meyer, Meinert; Reinartz, Andrea (Hrsg.): Bildungsgangdidaktik, Leske+Budrich, Opladen, S. 173-188
- [17] Hofer, Manfred (2014), Persönlichkeitsentwicklung als schulisches Erziehungsziel jenseits kognitiver Kompetenzen, In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 46(2), S. 55-66, Hogrefe Verlag, Göttingen
- [18] Albisser, Stefan; Buschor, Chrisine Bieri (2011): Sozialisation und Entwicklungsaufgaben Heranwachsender, Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler
- [19] Lewin, Kurt (1963): Feldtheorie in den Sozialwissenschaften, Huber, Bern
- [20] Kunze, Ingrid (1998): Bildungsgangdidaktik, eine Didaktik für alle Schulstufen?, In: Meyer, Meinert; Reinartz, Andrea (Hrsg.):

⁴ Um zwei Beispiele aus der Behandlung von Feynman-Diagrammen zu nennen: Auf Seite 147 des Schulbuches Dorn-Bader [22] wird die Pfeilrichtung mit der Bewegungsrichtung identifiziert und geschlossen, dass Antiteilchen „also in der Zeit rückwärts“ laufen. Auf Seite 247 der Metzlerphysik [23] wird die Nicht-Beobachtbarkeit virtueller Teilchen damit erklärt, dass die Wechselwirkungszeit sehr kurz sei. Interessanterweise warnt

jeder der beiden Texte ausdrücklich vor dem Missverständnis, das sich im jeweils anderen findet. So könnte schon allein der Vergleich von diesen nicht nur zu einem vollständigeren Verständnis von Feynman-Diagrammen führen, sondern zudem den Emanzipationsprozess von etablierten Autoritäten (in diesem Fall dem Schulbuch) Raum geben.

- Bildungsgangdidaktik, Leske+Budrich,
Opladen, S. 247-260
- [21] Oerter, Rolf; Dreher, Eva (2008): Jugendalter,
In: Oerter, Rolf; Montada Leo (Hrsg):
Entwicklungspsychologie
Entwicklungspsychologie, BeltzPVU,
Weinheim, S. 271-332
- [22] Kilian, Ulrich (Hrsg.) (2016): Dorn-Bader
Physik, Qualifikationsphase Grundkurs NRW,
Bildungshaus Schulbuchverlage, Braunschweig
- [23] Grehn, Joachim; Krause, Joachim (Hrsg.)
(2015): Metzler Physik Gesamtband SII,
Grundkurs NRW, Bildungshaus
Schulbuchverlage, Braunschweig