

## Modellierungsanforderungen in Leistungskursabituraufgaben in Physik Ergebnisse einer modellbasierten Aufgabenanalyse

### Ausgangslage

Von der KMK wurden für den Mittleren Schulabschluss kompetenzorientierte Bildungsstandards und für die Sekundarstufe II die als Kompetenzen formulierten Einheitlichen Prüfungsanforderungen für die Abiturprüfung [EPA] (KMK, 2004) entwickelt. Diesen lag kein empirisches Kompetenzmodell zu Grunde. Die Entwicklung einheitlicher Bildungsstandards für das Abitur wurde im März 2012 beschlossen (KMK, 2012), bis jetzt für Physik aber noch nicht umgesetzt. Tragfähige anforderungs- bzw. domänenbezogene Kompetenzmodelle bilden aber die Grundlage für die Operationalisierung der Bildungsstandards (Klieme et al., 2007; Schecker & Parchmann, 2006). Für die Evaluation der Standards in den naturwissenschaftlichen Fächern für die Sekundarstufe I wurde das ESNaS-Modell entwickelt (Kauertz et al., 2010). Dieses besteht aus den drei Dimensionen *Komplexität*, *Kompetenzbereiche* und *kognitive Prozesse*. Hierbei wurde eine schwierigkeits-erzeugende Hierarchie der kognitiven Prozesse *Reproduzieren*, *Selektieren*, *Organisieren* und *Integrieren* angenommen. Bisherige Validierungsstudien (Ropohl, 2010; Neumann, 2011) konnten aber keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Aufgabenschwierigkeit zwischen Reproduzieren und Selektieren bzw. Organisieren und Integrieren nachweisen. Dies gilt auch für die um die Dimension Mathematisierung erweiterte Adaption des ESNaS-Modells für das Fach Physik in der gymnasialen Oberstufe (Schoppmeier et al., 2012). Daher besteht der Bedarf nach einer anderen Operationalisierung der *kognitiven Prozesse*. Ziel ist die Entwicklung eines Modells zur Beschreibung physikspezifischer kognitiver Anforderungen, die das Lösen von Physikabituraufgaben mit erhöhtem Anforderungsniveau (Leistungskurs) an Schülerinnen und Schüler stellt.

### Forschungsfrage

**FF1:** Welche kognitiven Anforderungen lassen sich in Physikabituraufgaben identifizieren?

**FF2:** Welche Charakterisierung der Physikabituraufgaben ergibt sich anhand dieser kognitiven Anforderungen?

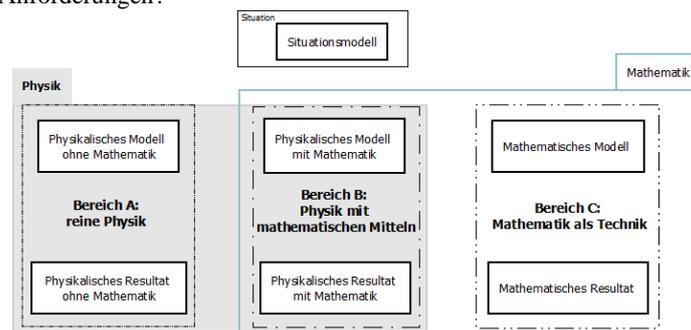


Abb. 1: Strukturdiagramm zur Analyse kognitiver Anforderungen

### Ein Strukturdiagramm zur Analyse kognitiver Anforderungen

Zuerst wurde ein *Strukturdiagramm* (Abb. 1) zur Erfassung und Systematisierung physikspezifischer Anforderungen beim Lösen von Abituraufgaben literaturbasiert entwickelt und

die Anforderungen in einem Manual beschrieben. Berücksichtigung fanden hierbei der Modellierungskreislaufs von Blum und Leiss (2007), sowie das Modell der sequenziellen Bearbeitung von Modellierungsaufgaben von Schukajlow (2011). Aufgrund der Komplexität des Strukturdiagramms kann hier nur die Oberflächenstruktur dargestellt werden. Generell besteht eine Aufgabe aus der Verknüpfung von Situation und Inhalt (Dorschu, 2013). Der Inhalt lässt sich aufgliedern in die drei Bereiche *reine Physik* (A), *Physik mit mathematischen Mitteln* (B) und *Mathematik als Technik* (C). Die Beschreibung der kognitiven Anforderungen orientiert sich an der nationalen PISA 2003 Ergänzungsstudie (Senkbeil et al., 2005) sowie dem Kerncurriculum Oberstufe (Schecker, Fischer & Wiesner, 2004). Kognitive Anforderungen wie Fachwissen (FW) anwenden, Fachwissen reproduzieren, Umgang mit grafischen Darstellungsformen (DF) usw. (vgl. Abb. 2) finden bereichsspezifisch beim Übergang zwischen den Modellen und Resultaten statt. Für den Übergang von der Situation zum Inhalt, sowie zwischen den drei Inhaltsbereichen muss physikalisch oder mathematisch modelliert werden. Um in den Bereich A zu gelangen muss konzeptuell modelliert werden. Bereich B beinhaltet die quantitative Rolle der Physik in dem physikalisch quantifizierend und formal strukturierend modelliert werden muss. Bereich C beinhaltet rein mathematisches Modellieren ohne Bezug zur Physik.

#### Anwendung auf Abituraufgaben

Das Modell wurde für die Analyse der nordrhein-westfälischen Physikabituraufgaben von 2007-2013 eingesetzt. Es handelt sich um eine Vollerhebung der Aufgaben aus dem Leistungskurs (N=27). Basis für die Analyse waren die Bewertungsvorgaben für die Schülerleistungen. Als Auswertungseinheit wurden die Handlungsaufforderungen (HAuF) der Aufgaben betrachtet, die sich aus den Operatoren der EPA ergeben. In den Aufgaben wurden die HAuF (N=440) identifiziert. Diese können mehrere kognitive Anforderungen beinhalten, die sich auf die drei oben genannten Bereiche verteilen können.

#### Ergebnisse und Diskussion

Vergleicht man die kognitiven Anforderungen in den drei Bereiche miteinander, ergeben sich unterschiedliche Profile (s. Abb. 2). Die Hauptanforderung im Bereich *reine Physik* ist Fachwissen anwenden, in *Physik mit Mathematik* ist es der Umgang mit physikalischen Größen und in *Mathematik* der Umgang mit mathematischen Formalismen.

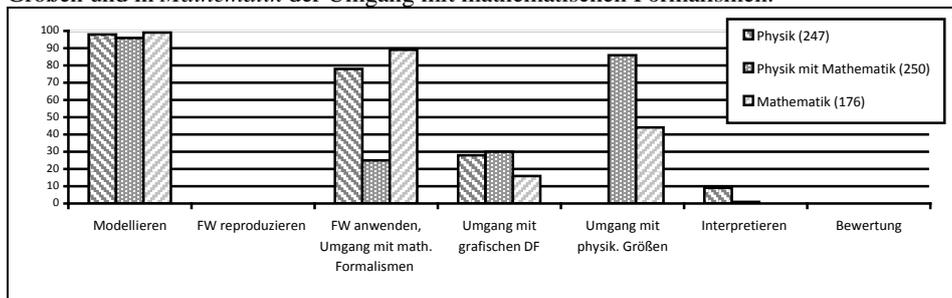


Abb. 2: Relativer Anteil der kognitiven Anforderung in den drei Bereichen. Da eine HAuF mehrere kognitive Anforderungen beinhalten kann, ist die Summe pro Bereich >100%.

Der Umgang mit Darstellungsformen scheint kein Unterscheidungskriterium für Anforderungen zu sein. Im Bereich Mathematik wurde *Interpretieren* nicht definiert, in den anderen Bereichen findet es nur im geringen Maß statt. *Fachwissen reproduzieren* sowie *Bewerten* konnten nicht identifiziert werden, obwohl *Bewerten* in den Bildungsstandards der Sekundarstufe I gefordert wird. *Modellieren* findet (kodierbedingt) zu fast 100% statt, da in jeder HAuF modelliert werden muss. Da pro HAuF mehrere kognitive Anforderungen

gestellt werden, kann aus testtheoretischer Sicht mit Abituraufgaben nicht eindeutig erfasst werden, welche Anforderungen Schülerinnen und Schülern besonders Probleme bereiten. Es wird nicht klar, ob es am fehlenden Physik- oder Matheverständnis oder an der Verknüpfung aus beidem liegt. Charakterisiert man die HAuF (N=440) anhand der Bereiche, in denen die kognitiven Anforderungen liegen (s. Abb. 3), ist zu erkennen, dass 40 % der Anforderungen in der reinen Physik, 13 % in der Physik mit Mathematik und ca. 4 % in der reinen Mathematik (d. h. Rechenfähigkeit) liegen. Weitere 37 % beanspruchen Rechenfähigkeit in Verbindung mit Physik.

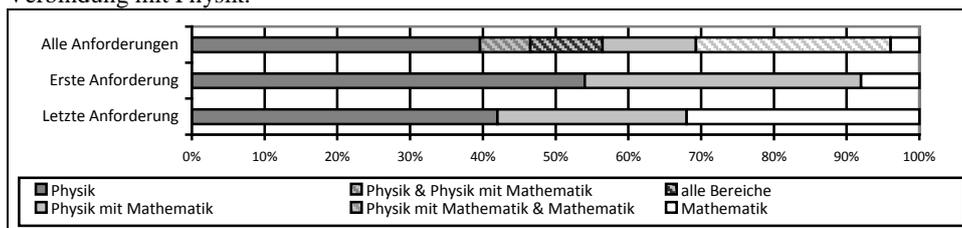


Abb.3: Charakterisierung der HAuF in Abituraufgaben

Betrachtet man in welchem Bereich die erste Anforderung beginnt, so starten über 50 % der HAuF im Bereich der Physik. Es gibt aber auch einen Anteil von 8 %, der in der Mathematik beginnt. Fast ein Drittel der HAuF bleibt mit der letzten kognitiven Anforderung in der Mathematik stehen, d. h. man gibt sich hier mit einem mathematischen Ergebnis zufrieden. Für Physikabituraufgaben sollte man aber einen Rückbezug in die Physik erwarten, bei dem die Plausibilität der Lösung geprüft oder eine physikalische Interpretation gefordert wird.

#### Literatur

- Blum, W. & Leiss, D. (2007): How do Students and Teachers deal with Modelling Problems? In: Mathematical Modelling (ICTMA 12): Education, Engineering and Economics (Eds: C. Haines et al.). Horwood: Chichester, 222-231
- Dorsch, A.V. (2013). Die Wirkung von Kontexten in Physikkompetenztestaufgaben. Berlin: Logos Verlag
- Kauertz, A., Fischer, H.E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. Zeitschrift der Didaktik der Naturwissenschaften, 16,135-153
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H. Prenzel, M. et al.(2007). Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Expertise (Bildungsforschung, Bd.1) Bonn: BMBF
- KMK [Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland]. (2004). Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik. Neuwied: Luchterhand
- KMK (2012). Ergebnisse der 337. Plenarsitzung der Kultusministerkonferenz am 8./9. März in Berlin. Zugriff am 1.10.2012. Verfügbar unter: <http://www.kmk.org/presse-und-aktuelles/meldung/ergebnisse-der-337-plenarsitzung-der-kultusministerkonferenz-am-89-maerz-in-berlin.html>
- Neumann, I. (2011). Beyond Physics Content Knowledge - Modeling Competence Regarding Nature of Scientific Inquiry and Nature of Scientific Knowledge. Berlin: Logos
- Ropohl, M. (2010). Modellierung von Schülerkompetenzen im Basiskonzept Chemische Reaktion. Entwicklung und Analyse von Testaufgaben. Berlin: Logos Verlag
- Schecker, H., Fischer, H. E. & Wiesner, H. (2004). Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In: H.-E. Tenorth (Hrsg.). Kerncurriculum Oberstufe II. Expertisen – im Auftrag der KMK. Weinheim, Beltz, 148-235
- Schecker, H., & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, 45-66
- Senkbeil, M., Rost, J., Carstensen, C.H. & Walter, O. (2005). Der nationale Naturwissenschaftstest PISA 2003. Entwicklung und empirische Überprüfung eines zweidimensionalen Facettendesigns. Empirische Pädagogik 19 (2), 166-189
- Schoppmeier, F., Borowski, A. & Fischer, H. E. (2012). Mathematische Bereiche in Leistungskursklausuren. PhyDid A – Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 11, 28-40
- Schukajlow, S. (2011). Mathematisches Modellieren. Schwierigkeiten und Strategien von Lernenden als Bausteine einer Lernprozessorientierten Didaktik der neuen Aufgabenkultur. Münster u.a.: Waxmann