Sind Hamburgs Abiturienten mathematisch und naturwissenschaftlich klüger geworden? Nach welchen Maßstäben übertrifft das achtjährige Gymnasium das neunjährige?

Qualitative Analyse der in den Studien KESS 12 und KESS 13 eingesetzten Testinstrumente im Bereich Mathematik/Naturwissenschaften

HANS PETER KLEIN/THOMAS JAHNKE/WOLFGANG KÜHNEL/THOMAS SONAR/
MARKUS SPINDLER

Zusammenfassung

Aus den Hamburger KESS-Studien, die die **K**ompetenzen und **E**instellungen der Hamburger **S**chülerinnen und **S**chüler verschiedener Jahrgänge in Längsschnittstudien vergleichend untersuchen, wurden insbesondere in KESS 12 weitreichende Aussagen über die Leistungsfähigkeit der G8-Abiturienten abgeleitet. KESS 12 – benannt nach der Jahrgangsstufe der G8-Abiturienten – betraf Schülerinnen und Schüler, die im August 2009 in die 2-jährige Oberstufe eines grundständigen (G8) Gymnasiums eingetreten waren und im August 2011 ihr Abitur abgelegt hatten. In KESS 12 wird nun die Behauptung aufgestellt, dass die Leistungen der Hamburger Abiturienten des G8-Jahrgangs in Mathematik und den Naturwissenschaften mindestens so gut und teilweise sogar besser seien als die der Abiturienten von 2005 nach neunjähriger Schulzeit (G9). Gleichzeitig konnte die Abiturientenzahl deutlich erhöht werden (plus 33%). Allerdings wurden nicht die Zentralabiturarbeiten der entsprechenden Jahre verglichen, wie man hätte erwarten können. Der Vergleich beruht vielmehr auf einem Test mit Items aus den TIMS-Studien der 1990er Jahre, der 2005 von 95% und 2011 von 82% der Abiturienten absolviert wurde. Die vorliegende Untersuchung hatte das Ziel zu prüfen, ob die in KESS 12 verwendeten Aufgabenformate geeignet sind, solch überraschende Ergebnisse zu belegen.

Dabei stellte sich heraus, dass die Testitems aus TIMSS/III zur »naturwissenschaftlichen und mathematischen Grundbildung« dem Stoff der Sekundarstufe I – größtenteils sogar deren unteren Jahrgangsstufen und zum Teil der Grundschule – zuzuordnen sind. Auch die Items zur »voruniversitären Mathematik« aus TIMSS/III testen überwiegend Inhalte der Sekundarstufe I; nur etwa 1/3 bezieht sich auf den Stoff der Sekundarstufe II. Über 60% der Testitems sind Multiple-Choice-Fragen, zu deren Lösung sich häufig die clevere Anwendung eines Ausschlussverfahrens anbietet, wie man es aus der Fernsehsendung »Wer wird Millionär« kennt. Die deutschen Aufgabenformate im Zentralabitur – auch in Hamburg – entsprechen in keiner Weise den in KESS 12 eingesetzten Testinstrumenten, deren Bearbeitung folglich keinen Aufschluss über die in der Sekundarstufe II erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten und schon gar nicht über die Abiturleistungen der getesteten Schülerinnen und Schüler im Zentralabitur geben kann. Insofern steht die frohe Kunde aus Hamburg auf tönernen Füßen.

Bei KESS 12 (und auch KESS 13) handelt es sich bezüglich dieser Vergleiche ferner nicht — wie behauptet — um Längsschnittstudien, sondern um Kohortenvergleiche, also Vergleiche verschiedener Querschnitte. Derartige Vergleiche sind methodisch äußerst problematisch und letztlich hoch spekulativ, da man nicht alle Faktoren erfassen kann, die Kohorten — in diesem Fall die Abiturjahrgänge von 2005 und 2011 (2005 und 2012 in KESS 13) — unterscheiden. Dies gilt für Hamburg in besonderem Maße, da in diesem Vergleichszeitraum umfassende und grundlegende Strukturveränderungen im Hamburger Schul- und Unterrichtswesen sowie die Umstellung von G9 auf G8 an Gymnasien stattfanden.

Um die Leistungen der Hamburger Abiturienten verschiedener Jahrgänge vergleichend bewerten zu können, sind stattdessen die Zentralabituraufgaben aus diesen Jahren einer qualitativen Analyse zu unterziehen. Dies führt zu Ergebnissen, die den aus der KESS-Studie gezogenen Schlüssen diametral widersprechen (vgl. Jahnke et al. 2014).

1. Einleitung

Die Hamburger KESS-Studien, die die **K**ompetenzen und **E**instellungen der Hamburger **S**chülerinnen und **S**chüler verschiedener Jahrgänge in Längsschnittstudien vergleichend untersuchen, haben in den letzten Jahren eine über die Grenzen von Hamburg hinaus weitreichende Beachtung gefunden. Die KESS-Studien sind nach den Jahrgangstufen der untersuchten Schülerinnen und Schüler benannt. KESS 12 betraf Schülerinnen und Schüler, die im August 2009 in die 2-jährige Oberstufe eines grundständigen (G8-) Gymnasiums eingetreten waren und im August 2011 ihr Abitur abgelegt haben (die Testung fand also bereits 2011 statt). KESS 13 betraf Schülerinnen und Schüler, die im August 2009 in die dreijährige Oberstufe einer Gesamtschule, Berufsschule oder eines Aufbaugymnasiums eingetreten waren und im August 2012 ihr Abitur abgelegt haben (die Testung fand also 2012 statt). Insbesondere KESS 12 erweckte bundesweites Aufsehen mit der Behauptung, dass die Abiturienten des G8-Jahrgangs von 2011 in Englisch, Mathematik und den Naturwissenschaften nicht nur gleich gute sondern sogar bessere Leistungen erzielt hätten als die des G9-Jahrgangs von 2005 (vgl. Vieluf/Ivanov/Nikolova 2012). In einer Pressemitteilung der Behörde für Schule und Berufsbildung verkündete Schulsenator Ties Rabe: »Die Studie räumt mit zwei Vorurteilen auf. Es gibt deutlich mehr Abiturienten, obwohl das Niveau nicht gesunken ist. Und: Die Schulzeitverkürzung G8 hat nicht geschadet, sondern zu diesem Erfolg beigetragen. [...] Die Studie zeigt: Wer mehr Schülerinnen und Schüler zu höheren Abschlüssen führen will, muss keineswegs das Leistungsniveau senken. Viele Abiturienten sind deswegen auch keineswegs ein Beweis für ein niedriges Abiturniveau« (1). In der Presse wurde dieses Ergebnis als Sieg der Verkürzung der Schulzeit von G9 auf G8 gewertet: »Turbo-Abiturienten lernen besser« titelte SPIEGEL-ONLINE im November 2012 (2). Die WELT stellte fest: »Turbo-Abitur verbessert Leistungen der Schüler« (3). ZEIT ONLINE berichtete im Artikel »Die Turbo-Abiturienten« vom Erfolg der Schulzeitverkürzung bei gleichzeitig gestiegenen Leistungen. »Waren es 2005 erst 4.826 (32,5 Prozent der

Schüler machten Abitur), so waren es im Jahr 2011 beachtliche 7.482 (52,7 Prozent der Schüler machten Abitur). Dabei veränderte sich auch die soziale Zusammensetzung der Abiturienten; der Anteil der Schüler aus sogenannten bildungsfernen Schichten hat sich verdoppelt. Trotzdem führt die Steigerung der Zahl der Abiturienten also nicht, wie von vielen befürchtet, zu einem Leistungsabfall.« (4) KESS 13 weist für die Zahl der Abiturienten von 2012, die 2009 in die dreijährige Oberstufe der Gesamtschulen, der beruflichen Gymnasien und der Aufbaugymnasien eingetreten waren (ab 2010 mit Haupt- und Realschulen zu Stadtteilschulen zusammengefasst) sogar eine Erhöhung der Abiturientenzahl um 67% gegenüber dem entsprechenden Referenzjahrgang dieser Schulformen von 2005 aus (vgl. Vieluf/Ivanov/Nikolova 2013, S. 10).

2. Fragestellung

Da diese Ergebnisse vor allem diejenigen überraschten, die hinter einer Steigerung der Quantität die Absenkung der Qualität vermuteten, ergeben sich folgende Fragestellungen: Welche Testinstrumente wurden in KESS 12 verwendet? Kann man aufgrund der verwendeten Testinstrumente die oben aufgestellten Behauptungen bestätigen?

3. Problematik

Bei zahlreichen nationalen wie auch internationalen Leistungsstudien, die in den letzten 20 Jahren durchgeführt wurden, konnten die Testresultate und deren Deutungen nicht wissenschaftlich überprüft werden, da die Items nicht veröffentlicht wurden. Das ist insbesondere kritisch, wenn aus ihnen weitgehende bildungspolitische Weichenstellungen für Schulen und Hochschulen abgeleitet werden.

In KESS 12 wurden nicht die im Zentralabitur erbrachten Leistungen der Schülerinnen und Schüler miteinander verglichen und ausgewertet, was die Formulierung der oben angeführten Erfolgsmeldungen hätte erwarten lassen. Vielmehr wurden in Mathematik und den Naturwissenschaften Testaufgaben aus den TIMS-Studien der 1990er Jahre (vgl. Baumert/Bos/Waxmann 1998; Baumert et al. 1999; Baumert/Bos/Lehmann 2000) zur »mathematischen Grundbildung«, zur »naturwissenschaftlichen Grundbildung« und zur »voruniversitären Mathematik« eingesetzt, die 1999 unter »Testaufgaben zu TIMSS/III« (vgl. Baumert et al. 1999) veröffentlicht wurden. Es dauerte – angeblich wegen unterschiedlicher Rechteinhaber an diesen Aufgaben – mehr als ein halbes Jahr an wissenschaftlichen und politischen An- und Nachfragen, bis das Institut für Bildungsmonitoring und Qualitätsentwicklung (IfBQ) Hamburg bekannt gab, welche Aufgaben aus TIMSS/III in KESS 12 (und wohl auch in KESS 13) eingesetzt wurden: A1 bis A12, K1 bis K18 und L1 bis L18.

4. Analyse der in KESS 12 eingesetzten Aufgaben zur Mathematik

Um diese Testinstrumente mit einer möglichen Kohärenz zu den von den Schülern zu erbringenden Leistungen im Zentralabitur qualitativ richtig einschätzen zu können, lohnt ein Blick in die Lehrpläne von 2007 in Hamburg für die Haupt- und Realschule. Dort werden ausdrücklich folgende Themenbereiche genannt: Dreisatz, Koordinatensystem, Prozentrechnung, Zinsrechnung, Winkelsummensatz im Dreieck, Beziehungen zwischen Winkeln und Längen im rechtwinkligen Dreieck, Bestimmen von Sinus- und Kosinuswerten im Einheitskreis, Satz des Pythagoras mit Umkehrung, Kreiszahl π, Symmetrien (Achsenspiegelung, Achsensymmetrie), Lineare Gleichungssysteme in zwei Variablen, Umformen von Formeln nach einer Variablen, Quadratwurzeln, Intervallschachtelung (also auch Ungleichungen), quadratische Ergänzung, quadratische Gleichungen, Normalform einer quadratischen Gleichung, Exponentialfunktion und Wachstums- oder Zerfallsprozesse, Bestimmen von Wahrscheinlichkeiten bei Zufallsexperimenten (5).

Ob die Hamburger Schülerinnen und Schüler solche mathematischen Grundkenntnisse mehrheitlich auch erwerben, entzieht sich unserer Kenntnis. Aber es ist zumindest vorgesehen und wünschenswert, dass sie dies tun. Von den Schülerinnen und Schülern aller Hamburger Schulen ist zu hoffen, dass sie diese Aufgaben, deren Lösung von Auszubildenden in kaufmännischen und technischen Berufen erwartet wird, erfolgreich bearbeiten können.

Bei Zuordnung einer Aufgabe zu einem dieser Themen ist im Folgenden »HRS« (Haupt- und Realschule) vermerkt, teilweise auch die Zuordnung zu Klassenstufen, keineswegs um solche Kenntnisse und Fähigkeiten zu diskreditieren, sondern um zu kennzeichnen, dass es hier um ein mathematisches Grundwissen handelt, dessen Beherrschung von nahezu jeder Schülerin und jedem Schüler zu erwarten oder zumindest zu erhoffen ist.

Die nachfolgende Analyse bezieht sich auf die 54 Mathematikaufgaben, nämlich K1-K18, L1-L18 sowie A3, A4, A5, A8, A10, A12 und D6-D17. Bei den D-Aufgaben steht nicht fest, ob sie eingesetzt wurden (siehe unten), sie werden im Folgenden daher nur kurz bewertet. Ferner ist zu beachten, dass bei der Aufgabenbearbeitung ein nicht grafikfähiger Taschenrechner benutzt werden durfte.

4.1. Qualitative Analyse der Aufgaben zur *mathematischen Grundbildung*

Bei TIMSS/III heißt es dazu: »Die Aufgaben des Grundbildungstests decken im mathematischen Untertest Hauptgebiete des Mathematikunterrichts der Mittelstufe ab. Insbesondere werden die Gebiete (1) Zahlen und Zahlverständnis — darunter insbesondere rationale Zahlen und ihre Eigenschaften — sowie Proportionalität, (2) algebraische Terme, lineare Gleichungen und Graphen sowie (3) Messen und Schätzen berücksichtigt« (Baumert et al. 1999, S. 10).

A3: Eine Aufgabe zur Prozentrechnung. Gegeben ist die Information, dass 25% von bestimmten Ereignissen A eine bestimmte Folge B haben und dass von allen Ereignissen B wiederum 80% eine Folge C haben. Gefragt ist, wie oft die Folge C aus A resultiert. Zu berechnen sind somit 80% von 25%, also 20%, und das als Multiple-Choice-Aufgabe, wobei eine mögliche Antwort mit 105% angegeben wird, also unsinnig ist. Diese Aufgabe ist mit einem Wissen nach dem HRS-Lehrplan, Klasse 7, zu lösen.

A4: Gegeben ist eine Grafik mit der Bevölkerungsentwicklung im Laufe der Jahre x bis 1990. Sie verläuft ab 1980 linear und ist bis 2000 linear zu extrapolieren. Die Lösung findet man, indem man in der gegebenen Zeichnung mit einem Lineal das letzte Geradenstück verlängert und dann den Schnitt mit der senkrechten Geraden zu x = 2000 abliest (HRS-Lehrplan, Klasse 8).

A5: In dieser Multiple-Choice-Aufgabe kosten ein Bus 600 und jede Eintrittskarte 30 Einheiten. Wenn jeder 50 Einheiten bezahlt, wie viele Personen können dann an dem Busausflug zur Deckung der Kosten teilnehmen? Zur Lösung kann man die vier vorgegebenen Antworten testen oder 50-30 = 20 und danach 600:20 = 30 ausrechnen (HRS-Lehrplan, Klasse 5/6).

A8: Einer Grafik ist zu entnehmen, dass 12% der Käufer ein bestimmtes Alter hatten und dann aus einer weiteren Grafik, dass insgesamt 720 Millionen Geldeinheiten ausgegeben wurden. Anschließend sind 12% von 720 Millionen zu berechnen. Die Aufgabe ist durchaus anspruchsvoll und wirklichkeitsnah, am Ende der Sekundarstufe I sollte sie aber von den Schülerinnen und Schülern aller Schulformen gelöst werden können.

A10: In ein Koordinatensystem ist der Graph einzuzeichnen, der die Körpergröße in Abhängigkeit vom Lebensalter beschreibt. Hier geht es wesentlich um eine richtige Beschriftung der Achsen (was angemahnt wird) und um einigermaßen vertretbare Graphen. Nicht ganz klar ist, wann das richtig und wann das falsch gemacht wird, eine Art »Gummi-Aufgabe«. Das sollte aber am Ende der 6. Klasse gelöst werden können, auch nach dem HRS-Lehrplan.

A12: Es sind zwei Mietangebote zu vergleichen. Büro A kostet, wie man dem Text entnehmen kann, 800 Einheiten pro Monat. Bei Büro B ist die Jahresmiete pro Quadratmeter in denselben Einheiten gegeben; es ist also die Jahresmiete A durch eine einfache Multiplikation auszurechnen und mit der Jahresmiete B zu vergleichen (HRS-Lehrplan, Klasse 6).

Die meisten D-Aufgaben kann man sehr kurz abhandeln, weil es sich um einfache Multiplikationen oder Divisionen und Aufgaben aus der Dreisatz- oder Prozentrechnung handelt.

D7 ist eine Multiple-Choice-Aufgabe zum einfachen Dreisatz (HRS-Lehrplan, Klasse 6).

D9: Hier wird im Multiple-Choice-Format gefragt, wie hoch ein gegebener Preis nach Abzug von 20 % Rabatt ist (HRS-Lehrplan, Klasse 5/6).

D6, D8, D13, D14 sind Multiple-Choice-Aufgaben, in denen jeweils die Grundrechenarten gefragt sind, ebenso wie D16, die keine Multiple-Choice-Aufgabe ist (HRS-Lehrplan, Klasse 5/6).

D10, D11 und D12 sind sehr einfache Multiple Choice-Aufgaben zur Geometrie (HRS-Lehrplan, Klasse 6/7).

D15: An Geschwindigkeitsgraphen soll man ablesen, wie hoch die Höchstgeschwindigkeit eines Autos war und wann plötzlich stark gebremst wurde (HRS-Lehrplan, Klasse 7/8). Die Lektüre der Fußball-Bundesliga-Tabelle ist erheblich komplexer.

In D17 ist eine Grafik zu interpretieren, ähnlich etwa der Entwicklung des DAX mit scheinbar großen Ausschlägen, wobei aber nur das alleroberste Ende der Skala gezeigt ist (HRS-Lehrplan, Klasse 7/8).

Fazit der qualitativen Analyse der Testitems zur *mathematischen Grundbildung*

Sämtliche Aufgaben zur *mathematischen Grundbildung* kann man den unteren Klassen der Sekundarstufe I und teilweise sogar der Grundschule zuordnen. Mit dem Stoff der Sekundarstufe II oder des Abiturs in Mathematik haben diese Aufgaben nichts zu tun. Dazu wurden sie auch nicht konzipiert. Dies trifft auch zu, wenn man die D-Aufgaben, deren Einsatz in KESS 12 nicht sicher ist, unberücksichtigt lässt. Selbst wenn man in einigen Fällen vielleicht auch über die genaue Zuordnung zu einer Klassenstufe streiten könnte, bleibt das Gesamtbild unverändert: Diese Aufgaben besagen etwas über wünschenswerte mathematische Allgemeinbildung, aber nichts über das mathematische Niveau oder gar die Studierfähigkeit von Abiturienten.

4.2. Qualitative Analyse der Aufgaben zur *voruniversitären Mathematik*

Der Begriff der *voruniversitären Mathematik* ist offenbar von der internationalen TIMSS/III-Studie geprägt worden als deutsche Übersetzung von *advanced mathematics*; dort ist er nur sehr unscharf definiert. Beim internationalen Zuschnitt der Studie waren die unterschiedlichen Schulzeiten (12 und 13 Jahre) zu berücksichtigen. Inhaltlich konzentrieren sich die Testaufgaben »auf die Stoffgebiete: (I) Zahlen, Gleichungen und Funktionen, (II) Analysis sowie (III) Geometrie. […] Zwei weitere Stoffgebiete wurden mit wenigen Aufgaben einbezogen: (IV) Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik (V) Aussagenlogik und Beweise.« (Baumert et al. 1999, S. 13) Bei Bewertung dieser Aufgaben ist ferner zu berücksichtigen, dass die Testinstrumente zur *voruniversitären Mathematik* nur Schülerinnen und Schülern vorgelegt wurden, die in der Oberstufe Grund- oder Leistungskurse Mathematik und Physik absolviert hatten (vgl. Vieluf/Ivanov/Nikolova 2012).

4.2.1. Analyse der K-Aufgaben (K1-K18)

K1: Diese Multiple-Choice-Aufgabe gehört zur »Leitidee funktionaler Zusammenhang«. Es werden Aussagen zu Vorzeichen und Monotonie der Funktion f zu y = 1/x zur Wahl gestellt. Richtig ist »wenn x wächst, nimmt y ab«. Diese Verbalisierung eines antiproportionalen Zusammenhangs gehört zum Stoffgebiet der Klasse 6/7.

K2: Hier sollen Bücher auf einem Bücherbord nach Dicke so sortiert werden, dass Bücher gleicher Dicke nebeneinander stehen. Diese Multiple-Choice-Aufgabe ist nicht ganz präzise formuliert. Erst die angegebene Lösung schafft hier Klarheit. Mathematisch geht es um Anzahlen von Permutationen. Diese Aufgabe kann man der Sekundarstufe II zuordnen, auch wenn sie nach deutschen Lehrplänen spätestens in der Klasse 9/10 thematisiert werden sollte.

K3: Diese Multiple-Choice-Aufgabe zur Beschleunigung einer geradlinigen Bewegung ist ebenfalls nicht präzise formuliert. Sie setzt grundlegende Physik-Kenntnisse zu Geschwindigkeit und Beschleunigung voraus. Es geht um Grundbegriffe zur Differential- und Integralrechnung und kann dem Stoff der Sekundarstufe II (Klasse 11) zugeordnet werden.

K4: In dieser Multiple-Choice-Aufgabe ist ein Grenzwert zu ermitteln, i.e. richtig anzukreuzen. Sie gehört auf jeden Fall in die Sekundarstufe II. Man kann sie entweder mit dem Taschenrechner approximativ lösen, was im Hinblick auf die fünf angebotenen Möglichkeiten auch ohne Analysis-Kenntnisse eine erfolgversprechende Strategie ist, oder durch Erweitern unter Anwendung der dritten binomischen Formel. Alternativ könnte man erkennen, dass es sich bei dem Grenzwert um die Ableitung der Wurzelfunktion an der Stelle x = 2 handelt. Wer also die Ableitung dieser Funktion kennt, hat leichtes Spiel.

K5: Dies ist eine Multiple-Choice-Aufgabe zu Grundbegriffen der Differentialrechnung, nämlich der ersten und der zweiten Ableitung. Man muss nur sehr elementare Kenntnisse davon haben, dass eine positive Ableitung einem Anstieg des Graphen entspricht und eine negative zweite Ableitung bedeutet, dass der Graph sich »nach unten dreht«. Das gehört an den Anfang der Sekundarstufe II. In Lehrbüchern zu G8 ist dies der Klasse 10 zugeordnet. Übrigens ist in keiner der betrachteten K-Aufgaben die Ableitung einer Funktion zu ermitteln oder ein Extremum zu bestimmen.

K6: In dieser Multiple-Choice-Aufgabe ist das Integral einer linearen Funktion zwischen gegebenen Grenzen zu bestimmen. Wenn man weiß, dass das gesuchte Integral dem Flächeninhalt unter der Funktion entspricht ist, ist nur der Flächeninhalt eines Dreiecks zu berechnen oder anhand der Kästchen auszuzählen (das könnten auch Schüler der Klasse 6). Dabei sind die Grenzen zu beachten. Es wird also ein Grundverständnis des Integrals abgefragt (Sekundarstufe II).

K7: In dieser Multiple-Choice-Aufgabe sind die Koordinaten dreier Eckpunkte eines ebenen Dreiecks gegeben. Gefragt ist nach der Lage eines eventuellen rechten Winkels. Die Aufgabe ist am einfachsten zu lösen, wenn man die (ganzzahligen) Koordinaten in ein Koordinatensystem zeichnet und sich das Dreieck einfach ansieht (HRS-Lehrplan). Exakt rechnen kann man es mit dem Satz des Pythagoras (Klasse 9).

K8: In dieser Multiple-Choice-Aufgabe zu der Gleichung $(3x-y)(3x+y) = 36$ geht es um einen Kegelschnitt, also einen Begriff, der aus den deutschen Schullehrplänen (auch für die Sekundarstufe II) seit längerem verschwunden ist. Insofern kann man die Aufgabe als »unlösbar« ansehen. Hier scheinen die Testinstrumente aus den 1990er Jahren nicht aktualisiert worden zu sein (siehe Diskussion).

K9: In dieser Multiple-Choice-Aufgabe geht es um den Abstand zweier Punkte, die ihrerseits aus einer Gleichung zu bestimmen sind. Es genügt der Satz des Pythagoras für das Standarddreieck mit Seitenlängen 3, 4, 5 in der (x,z)-Ebene. Ein pfiffiger Schüler könnte sie bereits in Klasse 9 lösen; direkt erläutert aber wird der Abstand im Raum erst in der Sekundarstufe II.

K10: Diese Multiple-Choice-Aufgabe zur Geometrie entstammt dem Umfeld der Satzgruppe des Pythagoras. Zur Lösung genügt das Wissen der Klasse 9.

K11: Diese Multiple-Choice-Aufgabe fragt nach der Wahrscheinlichkeit, mit der die Zahlen 1 bis 24 durch 4 oder 6 teilbar sind. Zur Lösung genügt ein sehr naiver Wahrscheinlichkeitsbegriff (HRS-Lehrplan, Klasse 9/10).

K12: Hier geht es um elementare ebene Geometrie in einem ganzzahligen Koordinatensystem. Ein Punkt A wird in einen Punkt A‘ verschoben. Ein zweiter Punkt B ist in derselben Weise zu verschieben. Zeichnerisch ist das kein Problem (Klasse 6). Es geht ausdrücklich nicht um Vektorrechnung, weil nicht nach dem Verbindungsvektor, sondern nur nach den Koordinaten des neuen Punktes gefragt wird.

K13: In dieser Aufgabe wird exponentielles Wachstum angesprochen, aber ohne expliziten Hinweis auf Exponentialfunktionen. Es genügt zu erkennen, dass sich nach den Angaben in der Aufgabenstellung die betreffende Population nach jeweils einer Stunde verdoppelt. Das ist mit logischem Denken auch in Klassen der Sekundarstufe I machbar. Exponenten und entsprechende funktionale Zusammenhänge kommen jedenfalls bereits in Klasse 9 vor. Auf jeden Fall ist diese Aufgabe nicht typisch für die Sekundarstufe II.

K14: Es ist die Länge einer Schnur zu bestimmen, die um einen zylindrischen Stab gewickelt ist. Denkt man sich die Schnur abgewickelt, ist der Satz des Pythagoras anzuwenden. Kenntnisse der Sekundarstufe II führen weder zum Ziel noch sind sie erforderlich. Aber die Aufgabe verlangt eine Idee und Vorstellungsvermögen.

K15: Hier geht es um komplexe Zahlen, die in den deutschen SII-Lehrplänen nicht mehr zu finden sind. Insofern ist die Aufgabe unlösbar. In den 1980er und 1990er Jahren gehörten komplexe Zahlen allerdings noch zum Stoff des Gymnasiums. Auch hier ist der Einsatz dieses Testinstruments aus den 1990er Jahren kritisch zu hinterfragen (siehe Diskussion).

K16: Hier geht es um den Sinuswert eines Steigungswinkels. Die Kenntnis dieser Winkelfunktion ist zumindest in manchen Bundesländern nicht mehr obligatorisch.

K17: In dieser Aufgabe ist eine Stammfunktion zu einer gegebenen linearen Funktion durch einen gegebenen Punkt zu bestimmen. Dies ist eine sehr einfache Aufgabe zum Integrieren. Diese Aufgabe ist dennoch der Sekundarstufe II zuzuordnen.

K18: Dies ist die einzige Aufgabe, die einen Beweis verlangt (gerade KESS 12 rühmt sich des Einsatzes von Beweisen in den eingesetzten Testinstrumenten). Aber es geht nur um Winkel in einem ebenen Dreieck. An Wissen sind nur die Innenwinkelsumme 180 Grad im Dreieck sowie Neben- und Scheitelwinkelbeziehungen nötig (Klasse 6). Man kann damit sukzessive alle auftretenden Winkel genau hinschreiben und den Beweis führen. Diese Aufgabe gehört daher nicht in die gymnasiale Oberstufe.

4.2.2. Analysen der L-Aufgaben (L1-L18)

L1: Hier handelt es sich um eine einfache Multiple-Choice-Aufgabe zu einer Ungleichung zwischen zwei linearen Termen (Klasse 7/8).

L2: Hier liegt eine sehr einfache Multiple-Choice-Aufgabe zum Logarithmus vor, der normalerweise in Klasse 9 behandelt wird. Man benötigt nur die Definition eines Logarithmus sowie die Regel $\log x^a = a \log x$ (Klasse 10/11).

L3: Diese Multiple-Choice-Aufgabe klingt kompliziert, weil von radioaktivem Zerfall die Rede ist. Aber inhaltlich ist das wieder nur eine Aufgabe zum Logarithmus wie L2.

L4: Das ist eine Multiple-Choice-Aufgabe zur elementaren Wahrscheinlichkeitsrechnung, die mit gesundem Menschenverstand auch ohne Formel lösbar ist. Es betrifft aber auch die Formel für die Zahl von Permutationen, ist also so wie K2 zu beurteilen. Allerdings ist sie hier eindeutig formuliert (Sekundarstufe II).

L5: Dies ist eine Multiple-Choice-Aufgabe zu einer der einfachsten unendlichen Reihen, nämlich die alternierende geometrische Reihe mit den Summanden $(-1/2)^k$. Zum Berechnen benötigt man die betreffende Formel für den Grenzwert, die zum SII-Stoff gehört bzw. gehörte. Aber es ist eine Multiple-Choice-Aufgabe. Ohne die Formel für den Grenzwert kann man die Lösungen D und E sofort ausschließen, weil diese Werte offensichtlich zu hoch sind. Bleibt eine Ratewahrscheinlichkeit von 1/3 für A, B und C. Eine Näherungslösung mit einem Taschenrechner führt dann auf die richtige Spur. Man muss nur einen Taschenrechner bedienen können, der ausdrücklich zugelassen war. Wer nicht auf diese Idee kommt, dem nutzt auch der SII-Stoff nichts, denn Reihen werden dort nicht mehr behandelt.

L6: Diese Multiple-Choice-Aufgabe erfordert wieder den Begriff der Beschleunigung als Ableitung der Geschwindigkeit nach der Zeit. Dies ist ähnlich zu beurteilen wie die Aufgabe K3. Rechnerisch ist das eher simpel, weil nur ein Polynom abzuleiten ist. Dies scheint die einzige L-Aufgabe zu sein, bei der konkret eine Funktion abgeleitet werden soll (Sekundarstufe II).

L7: Diese Multiple-Choice-Aufgabe ist eher trivial, wenn man überhaupt weiß, was ein Integral ist und einige Grundeigenschaften kennt. Es geht darum, dass beim Integral die Fläche zwischen der x-Achse und dem Graphen oberhalb der Achse positiv und unterhalb der Achse negativ zählt. Zu rechnen ist nichts. Dennoch ist das Stoff der Sekundarstufe II.

L8: Diese Multiple-Choice-Aufgabe erfordert scheinbar elementare Vektorrechnung. Das ist aber auch in den unteren Klassen zeichnerisch einfach lösbar, wenn man weiß, was der Vektorpfeil von einem Punkt zum anderen bedeutet (Beginn der Sekundarstufe II).

L9: Diese elementare Multiple-Choice-Aufgabe fragt nach der Symmetrie einer gegebenen Figur mit zwei kongruenten Rechtecken. Sie gehört zum Geometrieunterricht der 6. oder 7. Klasse.

L10: Diese Multiple-Choice-Aufgabe zur Wahrscheinlichkeit zweier unabhängiger Ereignisse ist mit gesundem Menschenverstand zu lösen, mindestens aber mit dem Wissen der 9. oder 10. Klasse. Man muss nur die komplementären der beiden gegebenen Wahrscheinlichkeiten miteinander multiplizieren und erhält dann die komplementäre Wahrscheinlichkeit dessen, was gesucht ist.

L11: Hier haben wir ausnahmsweise eine Multiple-Choice-Aufgabe zur Logik, allerdings in einer Weise, die so nicht im Unterricht behandelt wird. Vielmehr geht es um etwas Ähnliches wie die üblichen Logeleien in Rätselecken von Illustrierten (zum Beispiel »der Lügner lügt«). Tatsächlich ist eine der vier angebotenen Lösungen die logische Kontraposition einer anderen. Ein Schüler der Sekundarstufe I sollte in der Lage sein, diese Aufgabe zu lösen.

L12: In dieser Multiple-Choice-Aufgabe zur Geometrie ist der Abstand zweier nicht direkt benachbarter Eckpunkte eines regulären Sechsecks zu bestimmen. Für eine etwaige exakte Berechnung bedarf es lediglich der Sinus- oder Kosinus-Funktion und des Pythagoras (Klasse 9). Da es sich aber um eine Multiple-Choice-Aufgabe handelt, ist eine Berechnung gar nicht erforderlich. Wenn man die gesuchte Länge aus der Skizze ungefähr schätzt oder nachmisst, kann man alle angebotenen Möglichkeiten bis auf eine sofort ausschließen.

L13: Diese einfache Aufgabe gehört zur Vektorrechnung und insofern in die Sekundarstufe II. Die Aufgabe ist aber auch zeichnerisch lösbar, wenn man weiß, was so ein Vektorpfeil bedeutet.

L14: Diese Aufgabe gehört eher zur *mathematischen Grundbildung* und ist keinesfalls *voruniversitär* zu nennen. Man benötigt nur den Begriff der elementaren Wahrscheinlichkeit als Anteil an 1000 Testpersonen, auf die bestimmte Merkmale zutreffen. Aus einer (2x2)-Tabelle ist eine der vier Zahlen abzulesen und dann durch 1000 zu dividieren (Klasse 9/10).

L15: Gegeben ist ein Diagramm mit einer Punktwolke, die aus mehreren Versuchen stammt. Es ist eine Gerade einzuzeichnen, die diese Messwerte am besten annähert (also eine Gerade mittig durch die Wolke), und mit Hilfe dieser Geraden ist dann ein Messwert abzulesen (Klasse 9/10).

L16: Hier ist die Wurzelgleichung $\sqrt{x} - \frac{2}{\sqrt{x}} = 1$ zu lösen, die eher zum Erweiterungsstoff der Sekundarstufe I (Klasse 8/9) als zu dem der Sekundarstufe II gehört.

L17: Dies ist eine Aufgabe zu einer quadratischen Gleichung mit einem freien Parameter k. Die Koeffizienten von x^2 und y^2 sind gleich, ein gemischtes Glied kommt nicht vor, es handelt sich also um eine Kreisgleichung. Der Parameter soll dann aus dem Radius berechnet werden. Das kann zum Stoff der Sekundarstufe II gezählt werden. Der mathematische Kern ist eine quadratische Ergänzung, die üblicherweise deutlich früher behandelt wird. Auffällig ist die sehr hohe »Kompetenzstufe« dieser Aufgabe bei TIMSS/III. Sie könnte auch als unlösbar angesehen werden, wenn man unterstellt, dass solche Arten von Gleichungen am Gymnasium heute nicht mehr vorkommen (siehe Diskussion).

L18: Zwei Kreise mit Mittelpunkten A und B schneiden sich in P und Q. Es geht darum, den Abstand von A und B aus dem von P und Q sowie den beiden Radien zu berechnen. Zur Lösung genügt das geometrische Wissen der Klasse 7 sowie der Satz des Pythagoras, also Klasse 9. Die Skizze in der Aufgabenstellung passt nicht zu den angegebenen Längen der Strecken: Zwei Strecken sind offensichtlich annähernd gleich lang, die im Text mit 8 cm bzw. 10 cm angegeben sind. Das ist verwirrend und spricht nicht gerade für die Kompetenz der Aufgabensteller.

Fazit der qualitativen Analyse der Items zur *voruniversitären Mathematik*

Von den 18 K-Aufgaben sind 11 Multiple-Choice-Aufgaben, und nur 7 Aufgaben gehören zum Stoff der Sekundarstufe II. Als *voruniversitär* wären allenfalls K4 zu Grenzwerten sowie die *unlösbare* Aufgabe K15 zu den komplexen Zahlen zu bezeichnen. Eine der Aufgaben ist unklar gestellt und zwei sind nicht lösbar (siehe Diskussion).

Von den 18 L-Aufgaben sind 12 Multiple-Choice-Aufgaben, und nur 8 davon gehören zum Stoff der gymnasialen Oberstufe, einige davon nur mit Einschränkungen (L6 und eventuell auch L3 erfordern wieder etwas Physik). Als *voruniversitär* wäre allenfalls L5 (wenn man die tatsächliche Berechnung der unendlichen Reihe unterstellt) oder L8 und L17 zur geometrischen Interpretation quadratischer Gleichungen (Quadriken bzw. Kegelschnitte) zu bezeichnen.

Wie diese Analysen zeigen, haben die meisten dieser Aufgaben nach deutschen Maßstäben nichts mit der gymnasialen Oberstufe und erst recht nichts mit der Universität zu tun. Die Fachmathematik an deutschen Universitäten, die auch für die fachliche Ausbildung der Lehramtsstudiengänge verantwortlich ist, wurde vermutlich dazu nicht gefragt.

4.2.3. Gesamtfazit zu den in KESS eingesetzten Testinstrumenten im Fach Mathematik

Untersucht wurden in dieser qualitativen Analyse insgesamt 42 Aufgaben (ohne die D-Aufgaben, da nicht feststeht, ob diese eingesetzt wurden). Davon sind etwa 24 mit der in der Sekundarstufe I bis zum Ende der 9. Klasse (oft wesentlich früher) erlernten Fakten und Algorithmen zu lösen. Nur etwa ein Drittel aller Aufgaben gehört eindeutig in die gymnasiale Oberstufe, weil Grenzwerte bzw. Differential- oder Integralrechnung erforderlich sind. Einige der aus den 1990er Jahren stammenden Aufgaben kann man als unlösbar ansehen, weil der betreffende Stoff auch in der gymnasialen Oberstufe nicht oder nicht mehr behandelt wird. Als Testinstrumente sind diese Aufgaben heutzutage ungeeignet.

Selbst bei großzügiger Auslegung gehören weit mehr als die Hälfte der 42 bzw. 54 Mathematik-Aufgaben von TIMSS/III inhaltlich in die Sekundarstufe I. Insgesamt sind davon 25 bzw. 34 Aufgaben Multiple-Choice-Aufgaben, die keine Beziehung zu den von den Abiturienten einzubringenden Leistungen aus der Oberstufe im Fach Mathematik im Zentralabitur haben. Sie entsprechen auch nicht den dort verwendeten Aufgabenformaten. Sogar Realschüler der Klasse 10 hätten eine Chance, den Test erfolgreich zu absolvieren, weil vieles zum Stoff der HRS gehört.

Die in KESS 2012 aufgestellte Behauptung, dass die Leistungen der Abiturienten im Fach Mathematik im Jahr 2011 gegenüber denen von 2005 sogar besser geworden seien und dass die Schulzeitverkürzung von G9 auf G8 dazu beigetragen habe und als Erfolg gewertet werden müsse, lässt sich mit Test-Items, die im Wesentlichen dem Stoff der Sekundarstufe I zuzuordnen sind, nicht belegen. Die benutzten Testinstrumente aus TIMSS/III sind dazu ungeeignet. Um sinnvolle Vergleiche der Schülerleistungen im Fach Mathematik verschiedener Abiturjahrgänge durchzuführen, wäre es notwendig, die von den Abiturienten tatsächlich in den Zentralabiturarbeiten zu erbringenden und erbrachten Leistungen qualitativ zu analysieren. Nur so ließe sich belegen, dass die Hamburger Abiturienten von 2011 gegenüber denen von 2005 die gleichen oder bessere Leistungen erbracht haben oder dass die Erhöhung der Abiturquote nicht auf Kosten der Qualität erreicht wurde. Vergleiche der Zentralabituraufgaben im Fach Mathematik von 2005 und 2011 (bis 2013) weisen auf das Gegenteil der aus der KESS 12 gezogenen Schlüsse hin: Die deutliche Erhöhung der Abiturientenzahl von 2011 und 2012 gegenüber der von 2005 geht mit einer Nivellierung der fachlichen Ansprüche einher (siehe Jahnke et al. 2014).

5. Analyse der Aufgaben zur naturwissenschaftlichen Grundbildung

Die in KESS 12 (und KESS 13) eingesetzten Testitems aus TIMSS/III werden in der veröffentlichten Kurzfassung wie folgt beschrieben: »Zur Erfassung der naturwissenschaftlichen Grundbildung dienten Aufgaben aus der internationalen Studie TIMSS/III. Die Aufgaben stammten größtenteils aus den Bereichen Physik (Schwerpunkt Energie) und Biologie (Schwerpunkt Humanbiologie), weitere Aufgaben bezogen sich auf Themen aus dem Bereich der Geowissenschaften (Treibhauseffekt, Solarsystem, Wasserzyklus)« (Vieluf/Ivanov/Nikolova 2012, S. 10). Diese höchst anspruchsvoll anmutenden Beschreibungen werden selbst in TIMSS/III relativiert: »Im naturwissenschaftlichen Untertest werden neben einigen geowissenschaftlichen Themen vor allem (1) Sachgebiete der Biologie, insbesondere der Humanbiologie, und (2) Physik berücksichtigt. Die Aufgaben haben unterschiedliche Formate. Es gibt sowohl Aufgaben mit Mehrfachantworten als auch offene Fragen, die unterschiedlich ausführliche Antworten und Begründungen verlangen und Schulaufgaben ähnlich sind« (Baumert et al. 1999, S. 11).

Nachfolgend nun die Kurzanalysen der Testinstrumente zur naturwissenschaftlichen Grundbildung aus TIMSS/III, die in KESS 12 (und wohl auch in KESS 13) eingesetzt wurden: A1, A2, A6, A7, A9, A11 sowie D1-D5 (deren Einsatz in KESS 12 und 13 nicht sicher ist).

D1: In einer Multiple-Choice-Aufgabe soll der Schüler folgende Behauptung überprüfen: »Gekochtes Gemüse ist meist nicht mehr so wertvoll für die Ernährung wie ungekochtes«. Dazu erhält der Schüler neben der richtigen Antwort »D. Den Vitamingehalt des Gemüses vor und nach dem Kochen überprüfen« folgende Alternativen: »A. Das Gewicht des Gemüses vor oder nach dem Kochen überprüfen«, »B. Die Farbe des Gemüses vor und nach dem Kochen vergleichen« und »C. Den Säuregehalt des Wassers messen, indem das Gemüse gekocht wurde«. Diese Aufgabe mit ihren Alternativen hat realsatirische Züge, wenn man bedenkt, dass sie Abiturienten gestellt wird, um ihre Kompetenzen im Fach Biologie zu überprüfen. Alltagswissen und die Methode des Ausschlussverfahrens reichen auch hier für das Ankreuzen der richtigen Antwort aus. Die Aufgabe gehört eher in die Grundschule oder in Klasse 5/6.

A1: Warum nutzen wir momentan keine Kernfusion? Diese Multiple-Choice-Aufgabe lässt sich durch Zeitungswissen lösen oder wird spätestens in der 9. Klasse im Physikunterricht behandelt. Auch die Methode des Ausschlussverfahrens führt ziemlich sicher zur richtigen Antwort.

A2: In dieser Multiple-Choice-Aufgabe soll der Schüler sich unter vier Alternativen entscheiden, warum Fluorchlorkohlenwasserstoffe verboten wurden. Hierzu war zum Zeitpunkt der TIMSS/III Befragung sicherlich Alltagswissen ausreichend, da in den 1990er Jahren diese Problematik ein aktuelles Thema in den Medien war, das 2011 aber kaum noch thematisiert wurde. Der Schüler hat aber auch nach dem Ausschlussprinzip sehr gute Möglichkeiten, diese Aufgabe zu lösen. Die Alternative, dass sie giftig für den Menschen sind, scheidet wohl von vornherein aus, da der Schüler die Information mit auf den Weg bekommt, dass FCKWs in Kühlschränken und Sprühdosen verwendet werden. Auch hier muss die Validität dieses Items heutzutage in Frage gestellt werden, da die Einleitung zur Fragestellung sich auf die 1990er Jahre bezog: »Heute gibt es starke internationale Bestrebungen, diese Stoffe nicht mehr zu verwenden […]« (Baumert et al. 1999, S. 46). In Deutschland wurde als einem der ersten Länder der Ausstieg aus diesen Stoffen in der FCKW-Halon-Verbots-Verordnung vom 6.5.1991 mit Inkrafttreten zum 1.8.1991 frühzeitig beschlossen und bereits Ende 1994 abgeschlossen (vgl. Bundesgesetzblatt I, S. 1090. 6). Insofern ist die Fragestellung zum heutigen Zeitpunkt — auch 2011 und 2012 — anachronistisch und irreführend.

A11: Hier soll man in a) einen Grund aufschreiben, warum man Stahlbrücken streichen muss, und in b) welche Vorteile es bringt, wenn eine neue Farbe anstatt zwei Jahre vier Jahre hält und nicht teurer als die alte ist. Auch das ist eine Frage zum Alltagswissen und kann der Klasse 6-7 in der Sekundarstufe I zugeordnet werden.

D2: Warum zerspringt ein Fenster beim Aufprall eines Steines, bei einem Tennisball mit derselben Masse und Geschwindigkeit aber nicht? Dies ist eine recht elementare Frage zu Alltagsvorstellungen (5/6 Klasse).

D3: Hier handelt es sich um eine Aufgabe zur Medizin bzw. Naturwissenschaft auf Grundschulniveau (oder 5/6 Klasse): Josef hat eine Grippe bekommen und man soll eine Möglichkeit angeben, wie er sie bekommen haben könnte.

D5: In a) ist ein Grund gesucht, warum ein Bauernhof neben einem Fluss in einer Schwemmebene günstig oder b) auch ungünstig liegen könnte. Die Grafik dürfte den letzten Zweifler auf die richtige Fährte bringen. Alltagsvorstellungen, Cleverness und Bildinterpretation reichen hier sicherlich für die richtige Lösung aus (Klasse 5/6).

Hinweis: Wir haben diese ersten acht Aufgaben zur naturwissenschaftlichen Grundbildung (Teilaufgaben sind bei TIMSS jeweils getrennt zählende Aufgaben) mehreren Schülern einer 3. Klasse einer Grundschule vorgelegt. Sie hatten mindestens sechs der acht Teilaufgaben richtig gelöst.

A6: In einem längeren Text erhält der Schüler die Informationen, dass es bei Einwanderungen von Pflanzen oder Tieren in ein Gebiet, in dem sie vorher nie gelebt haben, zur unkontrollierten Vermehrung kommen kann. Der Schüler erhält dazu die Information, dass Vergiften des Eindringlings wegen zu hoher Kosten und schwerwiegender Gefahren ausscheidet. Eine andere Methode, *biologische Kontrolle* genannt, die den Einsatz lebender Organismen einschließt, soll die wuchernde Art unter Kontrolle bringen. In Aufgabe a) soll ein Beispiel einer *biologischen Kontrolle* und in b) ein schwerwiegendes Problem bei Durchführung einer *biologischen Kontrolle* genannt werden.

Diese Aufgabe ist insofern interessant, da der dort verwendete Begriff der *biologischen Kontrolle* in der Biologie und den Biowissenschaften unbekannt ist. Ob die Aufgabe in Deutschland entwickelt wurde oder auf Übersetzungsfehlern beruht, kann hier nicht entschieden werden. Da aber mehrfach ausdrücklich nach diesem Fachbegriff und seiner Bedeutung gefragt ist, kann die Aufgabe als unlösbar interpretiert werden, da sie falsch gestellt ist. Fachwissenschaftler oder sich im Fach auskennende Fachdidaktiker können an der Erstellung dieser Aufgabe jedenfalls nicht beteiligt gewesen sein.

Gemeint ist sicherlich folgendes: Das im Aufgabentext angesprochene Phänomen der Einwanderung von nicht heimischen Pflanzen und Tieren stellt in der Tat ein großes ökologisches Problem dar, sei es beispielsweise bei der Einwanderung der pazifischen Auster in die Gebiete der Nordsee, die dort die europäische Auster weitgehend verdrängt hat, oder die Bedrohung endemischer Arten auf den Galapagos-Inseln, wovon derzeit insbesondere die Darwin-Finken durch eingeschleppte Krankheitserreger betroffen sind. Populationsökologisch sind diese Phänomene kaum in den Griff zu bekommen, da auch der wahrscheinlich in der Aufgabe gemeinte Einsatz natürlicher Fressfeinde oder Konkurrenten sich häufig ebenfalls als hochproblematisch und teilweise unwirksam erweist. Auch bei den aktuell von Fliegenlarven bedrohten frisch geschlüpften Darwin-Finken auf den Galapagos-Inseln nimmt man derzeit die Jungvögel aus ihren Nestern, besprüht die Nester mit Insektiziden und tötet so die Fliegenlarven. Dann setzt man die Jungvögel wieder in ihr Nest. Dies ist sicherlich nicht die beste Methode, aber die einzige, die zumindest in ersten Probedurchläufen wirkt. Diese Methode wurde dem Schüler in dem einleitenden Text als nicht praktikabel präsentiert.

A7: Warum zerstört man mit Pfennigabsätzen Parkett eher als mit normalen? Immerhin eine Aufgabe, zu deren Bearbeitung man mit gutem Willen Kenntnis in etwas Schulphysik haben sollte. Mit gesundem Menschenverstand lässt sich die Aufgabe natürlich auch lösen (Klasse 7/8).

A9: »Weshalb ist die Anzahl der Patentanmeldungen pro Jahr und Forscher ein gutes oder kein gutes Maß für die Kreativität der Industrie eines Landes?« lautet die Frage, der eine eindeutige Tabelle der Anzahl von Patentanmeldungen pro Jahr verschiedener Länder angefügt ist. Diese Frage gehört nicht in den Bereich der Naturwissenschaften. Alltagswissen und Lesekompetenz reichen für die richtige Antwort aus (Klasse 5/6).

D4: Hier wird eine Multiple-Choice-Frage zum Energiebedarf einer Glühbirne gestellt: Braucht man zum Betrieb einer Glühlampe mehr, gleich viel oder weniger elektrische Energie, als in Lichtenergie herauskommt? Das sollte man spätestens in der Klasse 7 beantworten können.

Fazit der Analyse der Aufgaben zur *naturwissenschaftlichen Grundbildung*

Die Aufgaben zur *naturwissenschaftlichen Grundbildung* aus TIMSS/III beziehen sich in erster Linie auf Themenbereiche mit konkretem Alltagsbezug und sind durch Alltagswissen, Lesekompetenz, Cleverness und gesunden Menschenverstand von Schülern der Eingangsstufen in der Sekundarstufe I zu lösen. Die Aufgaben sind auch in TIMSS/III entsprechend ausgewiesen (vgl. Baumert et al. 1999, S. 10). Wie man mit solchen Aufgaben in KESS 12 Rückschlüsse auf die Leistungen der Abiturienten in den Naturwissenschaften ziehen kann, bleibt unerklärlich. Keine dieser Aufgaben hat mit grundlegenden Kenntnissen in den Bereichen Physik (Schwerpunkt Energie) und Biologie (Schwerpunkt Humanbiologie) oder dem Bereich der Geowissenschaften (Treibhauseffekt, Solarsystem, Wasserzyklus) — wie angekündigt — zu tun; ein curricularer Bezug ist nicht zu erkennen. In der Sekundarstufe II kommen derartige Aufgaben nicht vor; sie entsprechen auch nicht den Aufgabenformaten in den Zentralabiturprüfungen. Um Rückschlüsse auf die Leistungen der Abiturienten in den Naturwissenschaften der entsprechenden Jahre ziehen zu können, ist es auch hier erforderlich, die Zentralabiturarbeiten einem qualitativen Vergleich zu unterziehen. Auch dieser weist beispielsweise für das Fach Biologie zweifelsfrei eine Nivellierung der fachlichen Ansprüche im Verlauf der Jahre in den Hamburger Zentralabiturarbeiten nach (vgl. Dietz/Klein 2014).

6. Diskussion

6.1. Die Testinstrumente und die Fragwürdigkeit ihres Einsatzes

Die qualitative Analyse der Testinstrumente in Mathematik und den Naturwissenschaften zeigt, dass diese Aufgabenformate ungeeignet sind, um die aus der KESS-Studie abgeleiteten Aussagen treffen zu können. Die Aufgaben zur *mathematischen* und *naturwissenschaftlichen Grundbildung* bewegen sich im Bereich des Übergangs Grundschule/Sekundarstufe I. Der Begriff der *voruniversitären Mathematik* ist offenbar eine TIMSS/III-Prägung, die allerdings mit einer tatsächlichen voruniversitären Mathematik so gut wie nichts zu tun hat. In TIMSS/III selbst taucht er als deutsche Übersetzung von »advanced mathematics« (Baumert et al. 1999, S. 12) auf. Es handelt sich dabei in erster Linie um Aufgaben, die in verschiedenen Ländern in ihren oftmals unterschiedlich gestalteten und unterschiedlich langen Sekundarstufen vor dem »Abitur« thematisch behandelt werden. Mit *voruniversitär* ist also im weitesten Sinne die Mathematik einer zweijährigen Studienstufe gemeint, wie sie für angloamerikanische Länder charakteristisch ist. Schon von daher ergibt sich, dass viele der als *voruniversitär* bezeichneten Aufgaben in der drei Jahre dauernden Sekundarstufe II (zum Zeitpunkt der Durchführung) in Deutschland der Sekundarstufe I zuzuordnen sind. Beweise kommen, anders als behauptet, mit einer Ausnahme nicht vor.

In KESS 12 soll dem Laien mit dem Begriff *voruniversitär* anscheinend vermittelt werden, dass es sich dabei ausschließlich um mathematisch anspruchsvolle Aufgaben mit klarem universitärem Bezug handelt. Entsprechend heißt es in KESS 12: »Mit dem Test ›voruniversitäre Mathematik‹ wurden die im Verlauf der Studienstufe erworbenen Mathematikkenntnisse erfasst. Im Unterschied zur mathematischen Grundbildung ist die Konzeption des voruniversitären Mathematiktests ausschließlich auf fachimmanente schulische Kompetenzen ausgerichtet. Der Test erfasst das Verständnis der Konzepte und Operationen der Mathematik in der gymnasialen Oberstufe, insbesondere das fachimmanente Verständnis« (Vieluf/Ivanov/Nikolova 2012, S. 6f).

In TIMSS/III heißt es dagegen schlicht: »Die Philosophie des realisierten TIMSS-Grundbildungstests lässt sich am besten als Kompromiss beschreiben. Die Orientierung an den curricularen Stoffen der Mittelstufe wurde nicht aufgegeben. Die Auswahl konzentrierte sich jedoch auf zentrale Gegenstände und tragende theoretische Konzepte und Prinzipien. Gleichzeitig wurde versucht, mathematisch-naturwissenschaftliche Gegenstände soweit wie möglich in Alltagskontexte einzubinden.« (Baumert et al. 1999, S. 10). Interessanterweise wurden die zum Teil durchaus anspruchsvollen Aufgaben aus der *voruniversitären Physik* aus TIMSS/III in KESS 12 und KESS 13 offensichtlich nicht eingesetzt.

Ob darüber hinaus auch die D-Aufgaben aus TIMSS/III eingesetzt wurden, von denen man einige sicherlich auch der Grundschule zuordnen könnte, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden. In der Pressemitteilung des Senats der Stadt Hamburg vom 17.10.2013 teilte der Leiter der Studie u.a. mit: »So beziehen sich 17 der insgesamt

64 Testaufgaben in Mathematik auf den Lernstoff der Sekundarstufe I (›Grundbildung‹), die anderen 47 hingegen auf den Stoff der gymnasialen Oberstufe (›voruniversitären Mathematik‹)« (7). Da in TIMSS/III tatsächlich 64 Aufgaben zur Mathematik und den Naturwissenschaften vorkommen, kann man davon ausgehen, dass auch die D-Aufgaben aus TIMSS/III in KESS 12 eingesetzt wurden. Für die Beurteilung der Testinstrumente spielt deren möglicher Einsatz keine Rolle. Sollten sie dennoch eingesetzt worden sein, ist deren Zuordnung zum Übergang Grundschule/Sekundarstufe I in den meisten Fällen charakteristisch. Außerdem muss man, um diese Aufgaben lösen zu können, nicht unbedingt in die Schule gegangen sein. Alltagswissen und das, was man hier und da mal gehört hat, reicht für viele dieser Aufgaben aus. Dies trifft insbesondere auf die Aufgaben der *naturwissenschaftlichen Grundbildung* zu.

Die Kenntnisse und Fähigkeiten, die hier abgefragt werden, behandeln mathematisches Grundwissen, dessen Beherrschung von nahezu jeder Schülerin und jedem Schüler zu erwarten oder zumindest zu erhoffen ist. Dass solche Hoffnung möglicherweise trog oder trügt, lassen die zum Teil erschreckend geringen Lösungshäufigkeiten der deutschen Schülerinnen und Schüler bei TIMSS/III (vgl. Baumert/Bos/Waxmann 1998) ahnen. Wenn man — wie offensichtlich die Hamburger Schulbehörden — grundsätzlich der Ansicht ist, dass man durch solche für die Prüflinge folgenlosen Tests Auskunft über deren fachliche Leistungen erhalten kann und nicht im Wesentlichen über deren Bereitschaft und Cleverness beim Ankreuzen, dann läge es nahe, eine detaillierten Auswertung der einzelnen Testinstrumente mit konkreter Zuordnung offen zu legen, um die SI-Kenntnisse der Hamburger Abiturientinnen und Abiturienten zu dokumentieren, um daraus inhaltliche Schlüsse ziehen zu können, statt über ihre *voruniversitären* Kenntnisse nicht nachvollziehbare Behauptungen aufzustellen. Die Behörde selbst gibt bei der Vorstellung von KESS 13 unumwunden zu, dass die Abiturienten, die 2009 in die dreijährige Oberstufe einer Gesamtschule, eines beruflichen Gymnasiums oder eines Aufbaugymnasiums eingetreten sind (die ab 2010 zusammen mit Haupt- und Realschulen in Stadtteilschulen zusammengefasst wurden) und die mit den gleichen Testinstrumenten wie in KESS 12 getestet wurden, erhebliche Lernrückstände in Mathematik von bis zu drei Jahren im Vergleich mit den Abiturienten an Gymnasien aufweisen (methodische Problematik siehe 6.3.). Studienleiter Vieluf: »Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass viele Schülerinnen und Schüler bereits mit erheblichen Lernrückständen in die Oberstufe eingetreten sind. Diese Lernrückstände sind in den Klassen 5-10 der Mittelstufe entstanden, die die Schülerinnen und Schüler von 2003 bis 2009 in den damaligen Haupt- und Realschulen sowie Gesamtschulen besucht haben. Auch die beachtlichen Lernfortschritte in der Oberstufe konnten diese enormen Rückstände nicht ausgleichen« (8).

6.2. Ausschlussprinzip und Blitzschach — die neuen mathematischen Kompetenzen

Es ist unbekannt, wie viele der Testitems pro Durchlauf eingesetzt wurden, da eine ausführliche Darstellung von KESS 12 bis heute fehlt und auch auf mehrfache Anfragen hin uns nicht zur Verfügung gestellt wurde. In Analogie zu KESS 10/11 (vgl. Vieluf/Ivanov/Nikolova 2011) oder auch TIMSS/III selbst ist aber davon auszugehen, dass die Schüler an einem Tag in zwei Stunden eine Vielzahl dieser Aufgaben zu lösen hatten. So hatten beispielsweise in TIMSS/II 13-Jährige insgesamt etwa 70 Aufgaben in 90 Minuten zu bearbeiten. Bei TIMSS/III waren in 90 Minuten ca. 60 Aufgaben zu bewältigen (vgl. Adams/Gonzales 1996). Hier eröffnet sich eine weitere kritische Betrachtungsweise: Wenn die Schüler in einer Stunde bis zu 30 solcher Aufgaben (eventuell sogar mehr) zu beantworten haben – davon ist wohl auch in KESS 12 auszugehen – muss man sich insbesondere als Fachdidaktiker und Lehrer fragen, was man mit dieser Art von »Blitzschach« mit Aufgabenstellungen im überwiegenden Multiple-Choice-Verfahren eigentlich erheben will. Zum Lösen reicht meist die Ausschlusstechnik. Man arbeitet also rückwärts und nicht vorwärts. Ganz ungeschickt wäre es, die Aufgabe zunächst zu lösen, um dann die entsprechende Lösung anzukreuzen. Das kostet Zeit. Am besten beginnt man vor allem bei länglichen Textaufgaben mit den zur Alternative gestellten Lösungen, liest dann erst den Aufgabentext und schaut, was passt. Man fördert durch diese Tests nicht das Nachdenken (i.e. mathematisches Denken), sondern das flexible Entscheiden, wie das vielleicht ein Börsenmakler beherrschen muss, der nicht alle Informationen durchdenken kann, sondern ad hoc entscheiden muss. Ein Rückschluss auf die mathematisch-naturwissenschaftlichen Leistungen der Hamburger Schülerinnen und Schüler ist auf dieser Basis nicht möglich. Solche Aufgabenformate werden auch im Hamburger Zentralabitur nicht verwendet. Von einer intensiven Beschäftigung mit der inhaltlichen Thematik mit einer Orientierung an den drei Anforderungsbereichen Reproduktion, Reorganisation und Transfer entsprechend den Vorschriften für die Durchführung von Zentralabiturarbeiten kann keine Rede sein, von einem Aufbau prozessbezogener Kompetenzen auf der Basis von Fachinhalten – wie in den Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz von 2004 ausgewiesen – ganz zu schweigen. In der Mathematik muss man nachdenken können: Argumente und Begründungen gehen in wissenschaftlichen Fächern vor Geschwindigkeit, die Schule ist kein Assessment-Center. Der Schüler erhält überhaupt nicht die Möglichkeit, durch Nachdenken Probleme zu erkennen, Lösungen zu finden, zu überprüfen und zu bewerten, was von einem theoretischen Konstrukt einer Kompetenzorientierung zu erwarten wäre.

Die Übernahme derartiger Test-Verfahren aus dem angloamerikanischen Raum steht auch in den USA und in Kanada unter immer lauter werdender Kritik. Sie unterlaufen nicht nur die Bildungsbestrebungen selbst, sondern gelten als flächendeckend gescheitert (vgl. Ravitch 2010) und haben keineswegs zu einer verbesserten Leistung von Schülern in den USA geführt. Auch muss berücksichtigt werden, dass das deutsche TIMSS-Konsortium als »content provider« – wenn überhaupt – nur geringfügig beteiligt war und daher eine Kohärenz zu den Anforderungen in der deutschen dreijährigen Oberstufe zum Zeitpunkt ihrer Durchführung nicht vorhanden war. Eine vergleichende Untersuchung von Abiturleistungen von Schülern war dennoch nicht Ziel oder Anspruch der internationalen TIMS-Studien.

6.3. Methodische Zweifel an KESS 12 und 13

Große Zweifel sind an der in KESS 12 und 13 verwendeten Methodik angebracht. Die Hamburger Behörde weist bei der Vorstellung von KESS 12 auf ihrer Internetseite ausdrücklich darauf hin, KESS 12 sei eine Längsschnittstudie (1). Es soll anscheinend suggeriert werden, es handele sich um eine wissenschaftliche Untersuchung hoher Validität. Dies muss stark in Zweifel gezogen werden. Eine Längsschnittstudie ist eine Studie, *in der zu mehreren Zeitabschnitten die gleichen Personen über einen längeren Zeitraum getestet werden*. Dies ist in beiden KESS-Studien in Bezug auf den Vergleich der Abiturientenjahrgänge nicht der Fall. KESS 12 und KESS 13 sind Kohortenvergleiche, also Vergleiche verschiedener Querschnitte. Der Abiturjahrgang von 2005 und der von 2011 (in KESS 13 der von 2005 und 2012) unterscheiden sich bezüglich der Testpersonen zu 100%, denn es ist nicht davon auszugehen, dass ein Abiturient von 2005 das Abitur 2011 oder 2012 noch einmal abgelegt hat. Kohortenvergleiche der vorgenommenen Art sind grundsätzlich bedenklich, da es nicht möglich ist, alle Faktoren zu erfassen, die Kohorten unterscheiden. Aussagen dazu sind entsprechend hoch spekulativ. Dies trifft insbesondere auf die Kohortenvergleiche der Abiturjahrgänge von 2005 und 2011 in KESS 12 sowie der von 2005 und 2012 in KESS 13 zu, da es gerade in diesem Zeitraum in Hamburg zu grundlegenden Veränderungen in den Schulstrukturen gekommen ist: Während es 2005 noch Hauptschulen, Realschulen, Gesamtschulen, Sonder- oder Förderschulen und Gymnasien gab, sind mit Ausnahme der Gymnasien alle anderen Schulformen 2010 in die Stadtteilschule integriert worden, also während des Vergleichszeitraums. Hinzu kommt die grundlegende Umstellung von G9 auf G8 an den Gymnasien. Auch die Kursstrukturen wurden geändert: 2005 gab es noch Grund- und Leistungskurse, 2011 und 2012 nur noch Kurse auf grundlegendem und erhöhtem Niveau. Wie unsere vergleichenden Zentralabituranalysen von Hamburg in Mathematik gezeigt haben, unterscheiden sich die Kurse auf erhöhtem Niveau nur noch marginal von denen auf grundlegendem Niveau, ganz im Gegensatz zu den Strukturen von 2005 (vgl. Jahnke et al. 2014). Ein Kohortenvergleich ist schon allein aus diesen Gründen abwegig, da die Beeinflussung der Ergebnisse durch diese massiven Veränderungen während des Vergleichszeitraumes nicht zu erfassen sind. PISA 2012 hat beispielsweise bei der Bewertung der Mathematik-Leistungen deutscher Schüler im Quervergleich mit ähnlichen Problemen zu kämpfen und auch dort bewegen sich mögliche Erklärungsversuche auf der Basis reiner Spekulation (vgl. Prenzel et al. 2012, S. 88ff).

Der Einsatz von Testitems aus TIMSS/III, die vor fast 20 Jahren entwickelt und eingesetzt wurden, führt zu deutlichen Validitäts- und Reliabilitätsproblemen. Die Testinstrumente in TIMSS/III sind für die Population II (final year of secondary education) in den 90er Jahren unter Federführung der angloamerikanischen Länder erstellt worden. Setzt man diese Testinstrumente über einen längeren Zeitraum ein, ist es notwendig, sie an veränderte fachliche, curriculare und gesellschaftliche Entwicklungen anzupassen. Dies ist anscheinend weder bei KESS 12 noch bei KESS 13 erfolgt. Einige der Testitems sind folglich für die Prüflinge unlösbar, da die inhaltlichen Anforderungen keine Kohärenz zu den heutigen curricularen Vorgaben mehr haben.

Auch die Fragen zur sozialen Lage der Schüler müssen kritisch betrachtet werden. Wer die grobe Einteilung der elterlichen Tätigkeiten in die Extremgruppen (EGP) obere und untere Dienstklasse, Routinedienstleistung, Selbstständiger, Facharbeiter und leitender Angestellter sowie un- und angelernte Arbeiter und Landarbeiter vornimmt und nach dem Buchbesitz und der Anzahl der Bücher im Elternhaus die Schülerinnen und Schüler befragt, legt wenig Sensibilität für die ›bildungsfernen‹ Schichten an den Tag.

Bezüglich der KESS-Studien muss auch die Frage erlaubt sein, welchen Sinn es macht, dass eine Behörde ihre eigenen strukturellen Maßnahmen, Lehrpläne, Curricula, Abiturprüfungen, unterrichtliche Vorgaben u.v.m. bezüglich deren Wirkungsweise behördenintern überprüft und sich dabei selbst auf die Schulter klopft. An derartigen Verfahren sind grundsätzlich Zweifel angebracht. Hier scheint oftmals nur der Wunsch Vater des Gedankens zu sein. Auch in den USA wurden beispielsweise im Rahmen des No Child Left Behind-Bildungsgesetzes von 2001 — das ja gerne hier zitiert wird — in den einzelnen Bundesstaaten in einem der größten Betrugsskandale der amerikanischen Geschichte, der von Atlanta 2009 seinen Ausgang hatte, Testinstrumente seitens der Lehrer ›geschönt‹. Heutzutage weiß man, dass dies mit stillschweigender Genehmigung des jeweiligen Gouverneurs statt fand, nur um im Ranking der einzelnen Bundesstaaten besser da zu stehen.

Abschließend müsste doch allen Beteiligten an einer wie auch immer gewünschten Bildungsexpansion klar sein, dass eine rein zahlenmäßige Erhöhung der Abiturienten- oder Akademikerquote entsprechend den zweifelhaften OECD-Vorgaben nur mit einer Nivellierung der Ansprüche zu erkaufen ist. Das gilt weltweit. Auch in den USA erreichen etwa 70% einen Highschool-Abschluss, allerdings auf völlig unterschiedlichem Niveau der einzelnen Bundesstaaten. Entsprechend ist dieser Abschluss längst keine Zulassung mehr für ein Studium an einem begehrten College oder einer Universität. Ein flächendeckender SAT-Test weist hier insbesondere auch die Bundesstaaten in die Schranken, die qualitativ minderwertige Abschlüsse generieren. Längst nicht nur auf Hamburg bezogen meinte ein Kollege: »Aus der Sicht der Psychologie ist die Vermehrung der Abiturientenquote auf das von Ihnen genannte Niveau bei gleichzeitiger Erhöhung des Resultats die kognitive Form der alchemistischen Goldherstellung, Hamburg hat sich immer eine Bestnote in der Alchemie erworben«.

Literatur

Adams, R.J./Gonzalez, E.J. (1996): The TIMSS Test Design. In: M.O. Martin/D.L. Kelly (Hrsg.): Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) Technical Report. Volume I: Design and Development. Chestnut Hill, MA: Boston College.

Baumert, J./Bos, W./Brockmann, J./Gruehn, S./Klieme, E./Köller, O./Lehmann, R./Lehrke, M./Neubrand, J./Schnabel, K. U./Schwippert, K./Watermann, R. (2000): TIMSS/III-Deutschland: Der Abschlussbericht. Zusammenfassung ausgewählter Ergebnisse der Dritten Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie zur mathematischen und naturwissenschaftlichen Bildung am Ende der Schullaufbahn. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

Baumert, J./Bos, W./Klieme, E./Lehmann, R./Lehrke, M./Hosenfeld, I./Neubrand, J./Watermann, R. (1999): Testaufgaben zu TIMSS/III: Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung und voruniversitäre Mathematik und Physik der Abschlußklassen der Sekundarstufe II (Population 3). Materialien aus der Bildungsforschung Nr. 62. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

Baumert, J./Bos, W./Watermann, R. (1998): TIMSS/III: Schülerleistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften am Ende der Sekundarstufe II im internationalen Vergleich. Zusammenfassung deskriptiver Ergebnisse. Studien und Berichte/Max-Planck-Institut für Bildungsforschung Nr. 64. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

Dietz, C./Klein, H. P. (2014): Vergleichende Analyse der Hamburger Zentralabiturarbeiten im Fach Biologie. In: Journal für Didaktik der Biowissenschaften [im Druck].

Jahnke, Th./Klein, H. P./Kühnel, W./Sonar, T./Spindler, M. (2014): Die Hamburger Abituraufgaben im Fach Mathematik — Entwicklung von 2005 bis 2013. In: Mitteilungen der Deutschen Mathematiker-Vereinigung (DMV) [im Druck].

KMK. Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005): Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz. Erläuterungen zur Konzeption und Entwicklung. München: Luchterhand.

Prenzel, M./Sälzer, C./Klieme, E./Köller, O. (Hrsg.) (2013): PISA 2012. Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland. Münster: Waxmann.

Ravitch, D. (2010): The Death and Life of the Great American School System. How Testing and Choice are Undermining Education. New York: Basic Books.

Vieluf, U./Ivanov, S./Nikolova, R. (Hrsg.) (2011): KESS 10/11 — Kompetenzen und Einstellungen von Schülerinnen und Schülern an Hamburger Schulen am Ende der Sekundarstufe I und zu Beginn der gymnasialen Oberstufe. HANSE — Hamburger Schriften zur Qualität im Bildungswesen, Bd. 10. Münster: Waxmann.

Vieluf, U./Ivanov, S./Nikolova, R. (Hrsg.) (2012): Kompetenzen und Einstellungen von Schülerinnen und Schülern am Ende der Jahrgangsstufe 12 (KESS 12). Zusammenfassung der zentralen Befunde. Behörde für Schule und Berufsbildung (BSB) Hamburg. URL: http://bildungsverlauf.de/fileadmin/downloads/bsb-kess-12-zusammenfassung.pdf [Datum des letzten Abrufs: 10. Februar 2014]

Vieluf, U./Ivanov, S./Nikolova, R. (Hrsg.) (2013): Kompetenzen und Einstellungen von Schülerinnen und Schülern am Ende der Jahrgangsstufe 13 (KESS 13). Zusammenfassung der zentralen Befunde. Behörde für Schule und Berufsbildung (BSB) Hamburg. URL: http://www.hamburg.de/contentblob/4099630/data/studie-kess-13.pdf [Datum des letzten Abrufs: 10. Februar 2014]

Internetquellen

(1) http://www.hamburg.de/pressearchiv-fhh/3686772/2012-11-27-bsb-kess-12.html (Datum des letzten Abrufs: 07. Februar 2014).

(2) http://www.spiegel.de/schulspiegel/wissen/kess-studie-zu-g8-und-g9-acht-jahre-gymnasium-reichen-aus-a-869483.html (Datum des letzten Abrufs: 07. Februar 2014).

(3) http://www.welt.de/regionales/hamburg/article111556245/Turbo-Abitur-verbessert-Leistungen-der-Schueler.html (Datum des letzten Abrufs: 07. Februar 2014).

(4) http://www.zeit.de/gesellschaft/schule/2012-11/schulstudie-abiturienten (Datum des letzten Abrufs: 07. Februar 2014).

(5) http://www.hamburg.de/contentblob/2512130/data/mathematik-hr-sek-i.pdf (Datum des letzten Abrufs: 07. Februar 2014).

(6) http://www.buzer.de/s1.htm?g=FCKW-Halon-Verbots-Verordnung+1991&f=1 (Datum des letzten Abrufs: 24. Februar 2014).

(7) http://www.hamburg.de/bsb/bsb-pressemitteilungen/4123396/2013-10-17-kess-12-studie-richtigstellung.html (Datum des letzten Abrufs: 07. Februar 2014).

(8) http://www.hamburg.de/bsb/bsb-pressemitteilungen/4099626/2013-09-02-studie-kess-13.html (Datum des letzten Abrufs: 07. Februar 2014).