Zur neuen Schulmathematik im Abitur – Die Bildungsstandards der KMK von 2012

Wolfgang Kühnel, Hans-Jürgen Bandelt, Thomas Jahnke, Hans-Peter Klein, Dieter Remus, Markus Schweighofer, Thomas Sonar, Markus Spindler und Sebastian Walcher

Die neuen Abiturstandards der KMK zur Mathematik (KMK 2012) werden auch von den Fachverbänden DMV, GDM, MNU grundsätzlich begrüßt und häufig zitiert, wenn es um die Lehrerausbildung oder um den Gebrauch von Taschenrechnern geht. Durch diese Pflichtübung bekommen die Standards sogar den Anstrich von Wissenschaftlichkeit, besonders durch eine gewisse folgsame Adaption durch die Wissenschaftler selbst:

Auf der Grundlage der „Beschlüsse der KMK von 2005“ hat derzeit in Lehrplänen, biologiedidaktischen Veröffentlichungen und Forschungen der Strukturansatz „Kompetenzorientierung“ absoluten Vorrang. (Berck 2012)

Seit wann schreiben KMK-Beschlüsse vor, welchen Ansatz die Wissenschaft zu verfolgen hat? Tatsächlich unterliegen sie politischen Vorgaben und werden von Politikern und Kultusbürokraten beschlossen, die in aller Regel keine Fachleute sind, also von Mathematik kaum etwas verstehen. Dafür gibt es dann eine „Steuerungsgruppe“ und eine „Amtschefgruppe“ der KMK, die beide nicht näher präzisiert werden. Hinter den Kulissen agieren mathematikkundige Experten, die die Entwürfe liefern, aber namentlich nie genannt werden. Normalerweise folgt dann die Kritik anderer Experten auf dem Fuße.

Grundsätzlich für überflüssig hielt z. B. die GEW solche Abiturstandards (GEW 2007), um sie später dann doch zu begrüßen (GEW 2012). Eine recht vorsichtige gemeinsame Kritik von DMV, GDM, MNU betrifft die Tatsache, dass die darin beschriebenen „Kompetenzen“ recht vage formuliert sind, und dass die Beispielaufgaben nicht wirklich hilfreich sind (DMV 2012). Genauer wird das nicht gesagt, und Konkreteres scheint an Kritik nicht vorhanden zu sein, außer dass mehr Taschenrechnereinsatz gefordert wird (DMV 2013). In der Tat besteht die gemeinsame Kommission unter Vorsitz von Prof. Koepf hauptsächlich aus Taschenrechner-Befürwortern.

Als Hauptfrage bleibt: Wäre nicht unabhängig davon eigentlich eine genauere Untersuchung eben dieser Standards – ausgeführt von Fachleuten mit einer Kritik aus Sicht des Faches – angebracht, weil sie nun als verbindlich gelten sollen? Ist das je geschehen?

Das ganze Thema hat eben nicht nur eine rein wissenschaftliche Dimension, sondern auch eine schulpolitische und eine hochschulpolitische: Wer hat die Deutungshoheit über das, was Schulmathematik sein soll? Wer leitet die millionenschweren Drittmittelprojekte dazu? (vgl. Drittmittelprojekte o. J.) Die folgenden Anmerkungen sind dagegen aus rein fachlich-mathematischer Sicht formuliert in Verbindung mit einem Blick auf das verwendete Vokabular. Auch das letztere ist durchaus aufschlussreich. Schon in Goethes Faust heißt es bekanntlich: „Denn eben, wo Begriffe fehlen, da stellt ein Wort zur rechten Zeit sich ein.“ Schauen wir nach, wie es um Begriffe und Worte steht.

Die „Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife“ sind am 18. 10. 2012 von der KMK beschlossen worden (KMK 2012), gewiss in guter Absicht. Schließlich gab es schon im Anschluss an Heymann Ende der 1990er Jahre eine Diskussion darüber, ob überhaupt Mathematik auch in der Oberstufe ein Pflichtfach für alle sein sollte oder nicht, und welche Gründe dafür maßgeblich sind (Führer 1998).

Gleich am Anfang heißt es, diese Standards seien „Regelstandards“ (also keine Minimalanforderungen) und „abschlussbezogene und in allen Ländern verbindliche Zielvorgaben“. Es ist aber sehr die Frage, wie verbindlich solche Zielvorgaben sein können, wenn sie nicht sehr präzise formuliert sind. Sind sie überhaupt überprüfbar? Ferner spricht man von einer „kumulativen und systematisch vernetzten Entwicklung von Kompetenzen“ und auf Seite 11 von „vertiefter Allgemeinbildung, allgemeiner Studierfähigkeit sowie wissenschaftspropädeutischer Bildung“. Auch die „Anforderungen von Wissenschaft“ werden explizit erwähnt. Dem kann man eigentlich nicht widersprechen; es klingt so, als sei alles in bester Ordnung.

Wenn man diese Formulierungen wörtlich nimmt, dann müssten gute Schulnoten in Mathematik eigentlich für das Studium eines WiMINT-Faches ausreichen, jedenfalls für den Mathematik-Anteil. Das scheint aber leider in letzter Zeit nicht der Fall zu sein, und zwar mit einer Tendenz nach unten (Bausch et al. 2014).

Was Wissenschaft ist, kann bekanntlich nicht per Beschluss festgelegt werden, auch nicht von der KMK. Vielmehr wird es dort offenbar, wo wirklich geforscht wird, also vorwiegend an Hochschulen. Auch den Gymnasiallehrern ist von ihrem eigenen Studium her selbstverständlich bekannt, was die „Anforderungen von Wissenschaft“ in diesem Sinne sind. Wenn dann aber in Abschnitt 1.2 „Kompetenzbereiche“ gewisse Details diskutiert werden, dann verzweigt sich die Mathematik plötzlich in irgendwelche Teile, die im üblichen mathematischen Sprachgebrauch unbekannt sind bzw. bis vor Einführung der Kompetenzorientierung im Schulunterricht unbekannt waren.

DOI 10.1515/dmvm-2015-0038

In dem Bildungsplan von 2004 für Baden-Württemberg gab es noch die Leitidee „Algorithmus", der dann in Klasse 6 die vier Grundrechenarten bei den rationalen Zahlen zugeordnet wurden, obwohl es eine andere Leitidee „Zahl" gab. Wozu soll diese Trennung gut sein? Jetzt hat man in den KMK-Standards die Leitidee „Algorithmus und Zahl", zu der dann aber auch die Grenzwerte gerechnet werden, „insbesondere bei der Bestimmung von Ableitung und Integral", obwohl die Analysis zur Leitidee „Funktionaler Zusammenhang" gehört. Diese Aufteilung wirkt gekünstelt. Wozu dient sie? Unter den „Leitideen" kann sich wenigstens jeder etwas vorstellen (z. B. hat „Raum und Form" etwas mit Geometrie zu tun), aber bei den „allgemeinen mathematischen Kompetenzen" wird das schon schwieriger. Die Aufteilung in sechs Kompetenzen K1–K6 wirkt konstruiert. Die Kompetenz K3 „Mathematisch modellieren" war im Bildungsplan von 2004 für Baden-Württemberg noch eine „Leitidee". Diese Rochade der Begriffe flößt kein Vertrauen ein. Dass jede Dreisatzaufgabe heutzutage als „mathematische Modellierung" gilt, wissen Fachmathematiker meist nicht oder halten es andernfalls für Unsinn. Auch die Unterscheidung zwischen „mathematisch kommunizieren" und „mathematisch argumentieren" erscheint als überflüssig, denn bei beidem geht es um das Erläutern von Ansätzen, Beweisen, Argumenten, Lösungswegen, etwaigen Fehlern etc.

Gerade beim Fach Mathematik ist die Aufteilung in einzelne „Kompetenzen" und „Leitideen" ein wenig natürliches Konstrukt mit künstlichen Unterscheidungen von prozessbezogenen und inhaltlichen Kompetenzen. Beim Lesen heutiger Bildungsziele wird generell deutlich: Es geht um Formulierungsakrobatik wie bei einem diplomatischen Kommuniqué statt um Klarheit, Verständlichkeit und Praktikabilität.

Besonders fragwürdig wird es dann im Abschnitt 1.3 „Anforderungsniveaus". Beim grundlegenden Niveau heißt es typischerweise, dass es um „Grundkenntnisse" geht. Genau das sagt bereits das Wort „grundlegend". Beim erhöhten Niveau spricht man dann von größerem Umfang und erhöhter Komplexität und anderen erhöhten Dingen. Auch das geht kaum über die Bedeutung des Wortes „erhöht" hinaus. Zusätzlich erklärt man die beiden Niveaus durch drei sogenannte „Anforderungsbereiche" I, II, III, deren Abgrenzung gegeneinander wieder ausgesprochen vage ist. Somit kann sich im Prinzip jeder etwas anderes darunter vorstellen. Aber gerade dann ist der Anspruch der allgemeinen Gültigkeit unrealistisch.

Das „grundlegende Niveau" wird durch „Grundkenntnisse" erklärt, das „erhöhte Niveau" durch einen „größeren Umfang" und „erhöhte Komplexität, Vertiefung, Präzision und Formalisierung".

Gelegentlich entsteht der fatale Eindruck, dass den Autoren nicht viel einfällt, um die beiden Niveaus voneinander abzugrenzen. Man flüchtet sich in nichtssagende Allgemeinplätze. Tatsächlich scheinen in Zentralabituraufgaben beide Niveaus längst zu konvergieren.

Im Abschnitt 1.4. „Digitale Mathematikwerkzeuge" wird Verschiedenes postuliert, aber das, was leider real auch geschieht, bleibt unerwähnt: Über Studienanfänger sagt man mitunter, es gäbe eine „totale Abhängigkeit vom Rechner bereits bei einfachsten Rechnungen" (Bausch et al. 2014, S. 11). Die Bildungsstandards sehen nichts vor, was man als Vorbeugung gegen diese missliche und sicher ungewollte Erscheinung deuten könnte. Sie postulieren nur die positiven Seiten eines Taschenrechners, die es natürlich auch gibt. Ob das aber nicht eher Idealvorstellungen als Regelstandards sind?

Digitale Mathematikwerkzeuge werden nur kurz erwähnt, man schreibt ihnen aber u. a. ein „Potenzial beim Entdecken mathematischer Zusammenhänge, insbesondere durch interaktive Erkundungen beim Modellieren und Problemlösen" zu, und das offenbar auch beim grundlegenden Niveau und natürlich auch an der 9-jährigen Gemeinschaftsschule/Sekundarschule/Stadtteilschule.

In Abschnitt 2.2 „Die mathematischen Leitideen" geht es um die Inhalte: De facto werden beim grundlegenden Niveau ein paar Kenntnisse sozusagen „erlassen", die beim erhöhten Niveau noch aufgelistet sind, etwa die Kettenregel. Man könnte auch das jetzige erhöhte Niveau in „Normalniveau" umbenennen und das jetzige grundlegende Niveau in „abgesenktes Niveau". Konsequenterweise hat das Land Baden-Württemberg das grundlegende Niveau gar nicht erst eingeführt, sondern man hat nur das erhöhte für alle, eigentlich ein Widerspruch in sich.

Zum Beispiel gibt es beim „funktionalen Zusammenhang" die Logarithmusfunktion als Umkehrung der e-Funktion nur beim erhöhten Niveau, und auch die Kettenregel zum Ableiten muss man nur noch beim erhöhten Niveau kennen, während die Produktregel auch beim grundlegenden Niveau aufgelistet wird. Also braucht man beim grundlegenden Niveau keine zusammengesetzten Funktionen mehr abzuleiten, es sei denn, diese Ableitung wird in der Aufgabenstellung zusätzlich angegeben. So wird es zumindest in Zentralabituraufgaben in NRW praktiziert (Stark 2013, S. 2010–2).

Die Kettenregel ist beim grundlegenden Niveau aus den Regelstandards gestrichen. Konsequenterweise gelten alle Abituraufgaben, die die Ableitung der Funktion $f(x) = e^{3x}$ verlangen, als „auf erhöhtem Niveau".

Andererseits können diese Rechenregeln ohnehin der beim schriftlichen Abitur stets zugelassenen Formelsammlung entnommen werden. „Qualitätssicherung ohne Kettenregel trotz Formelsammlung", wie soll man das verstehen? Ist das nicht eher ein Qualitätsabbau? Außerdem kann eine plausible Begründung für die Kettenregel durch die Gleichung

$$\frac{f\big(g(b)\big) - f\big(g(a)\big)}{b-a} = \frac{f\big(g(b)\big) - f\big(g(a)\big)}{g(b)-g(a)} \cdot \frac{g(b)-g(a)}{b-a}$$

gegeben werden, also durch simples Erweitern eines Bruchs (der Sonderfall einer konstanten Funktion g führt ja dazu, dass auch die zusammengesetzte Funktion $f \circ g$ konstant ist). Als Grund mag gelten, dass der Umgang mit Brüchen, die solche Terme enthalten, aus den Bildungszielen generell zurückgedrängt ist. So schlägt man sich selbst das Handwerkszeug aus der Hand, das man eigentlich bräuchte.

Bei „Raum und Form" (hier de facto: vektorielle analytische Geometrie) ist der einzige zusätzliche Punkt beim erhöhten Niveau „die Lagebeziehungen von Geraden und Ebenen untersuchen", während die Lagebeziehungen von Geraden untereinander auch beim grundlegenden Niveau vorkommen (vgl. die Diskussion der Würfel-Aufgabe unten). Das kann man als ein Zeichen der Hilflosigkeit derer deuten, die diese beiden Niveaus definiert haben. Mathematische Kompetenz spricht daraus jedenfalls nicht, eher schon die politische Zielvorgabe, dass die Abiturquote erhöht werden müsse und dass die Abiturstandards diesem Ziel zu dienen hätten. Man vergisst auch auf S. 6 nicht die Pflichtübung, auf die „Heterogenität" hinzuweisen sowie auf das Ziel, dass alle „unabhängig von ihrer Herkunft die Bildungsstandards in der Regel erreichen."

Auch die Klausuren im Zentralabitur sind oft nur quantitativ unterschieden: Beim erhöhten Niveau gibt es mehr Aufgaben, und es wird dafür auch mehr Zeit gegeben (in Hamburg eine volle Stunde), aber wirklich niveaureicher sind die Aufgaben auf erhöhtem Niveau oft nicht. Vielmehr kann man gelegentlich sogar die Klausur auf erhöhtem Niveau ausschließlich mit wörtlich dem grundlegenden Niveau entnommenen Aufgaben bestehen (vgl. Jahnke et al. 2014, Kühnel 2015). Im Gegensatz zu dieser Praxis werden auf S. 22 die Unterschiede u.a. mit der „Komplexität des Gegenstands" begründet. Was aber Komplexität in diesem Sinne ist, bleibt wieder recht vage.

Die „Komplexität" von Abituraufgaben wird an zentraler Stelle als Kriterium zur Unterscheidung von grundlegendem und erhöhtem Niveau verwendet, ohne dass je gesagt wird, was unter Komplexität zu verstehen ist, vielleicht rein quantitativ die Zahl der Aufgabenteile?

Die genauen bürokratischen Anforderungen an die Aufgaben im schriftlichen und mündlichen Abitur sind am besten mit dem Begriff „mathematische Jurisprudenz" beschrieben (Kaenders 2009). Da wird zum Beispiel überflüssigerweise erläutert, dass auch Lösungen, die in der erwarteten (Muster-)Lösung nicht genannt werden, zu berücksichtigen sind. Ja was denn sonst?

Es wäre noch einiges zu den Musteraufgaben in (KMK 2012) zu sagen. Für das schriftliche Abitur sind das fünf Aufgaben (Medikamente, Würfel, Seehunde, Flugbuchung 1, Flugbuchung 2).

Die Medikamenten-Aufgabe: Wenn man den Text weglässt, dann geht es nur um die Diskussion einer Exponentialfunktion vom Typ $f(t) = ae^{-bt}$ im Zeitintervall $0 \leq t \leq 5$. Durch die zwei Funktionswerte an zwei bestimmten t-Werten sind a und b eindeutig festgelegt, man kann also a und b konkret ausrechnen. Dies ist der Inhalt von Teil (a), wobei die Werte $a = 10,20$ und $b = 0,39$ als Näherung sogar angegeben sind. Man muss dazu nur den Taschenrechner ablesen können. In Teil (b) geht es um die Halbwertszeit, in (c) um das (negative) Extremum der Ableitung als maximale Abnahme der Funktion. In (e) soll man „nachweisen", dass f' ein konstantes Vielfaches von f ist, also die Kettenregel in der einfachsten Form mit der konstanten inneren Ableitung b anwenden. Man könnte argwöhnen, dass diese Kettenregel sozusagen als „Vorwand" genommen wird, um diese Aufgabe dem erhöhten Niveau zuzuordnen. Die vier Teile (a), (b), (c), (e) bringen zusammen maximal 49 Punkte, womit diese Aufgabe rechnerisch bestanden ist (45 Punkte von 100 genügen). Von einem „erhöhten Niveau" ist inhaltlich nichts zu sehen: In Teil (a) ist die angegebene Lösung von zwei linearen Gleichungen mit zwei Unbekannten a und b zu bestätigen, wobei $f(0) = a$ absolut trivial ist, in Teil (b) ist der Taschenrechner zu bedienen, in (c) muss nicht einmal gerechnet werden, denn die Ableitung hat am Beginn $t = 0$ des Intervalls den extremalen Wert. Das ist ein generelles Phänomen bei Exponentialfunktionen. In Teil (e) schließlich muss man f ableiten als $f'(t) = -abe^{-bt}$ und dann die schon ermittelten Zahlen a und b multiplizieren, wieder mit dem Taschenrechner. Das „erhöhte Niveau" wird dann formal dadurch abgesichert, dass jeder der Teile (b), (c), (e) im Erwartungshorizont etwas vom „Anforderungsbereich III" enthält. Was das wohl sein mag?

Die Würfelaufgabe: An einem achsenparallelen Würfel der Kantenlänge 4 sollen einige Rechnungen durchgeführt werden, insbesondere zu den Gleichungen derjenigen Ebenen, die senkrecht auf der Hauptdiagonalen (1,1,1) des Koordinatensystems stehen. Deren Gleichungen werden im Aufgabentext angegeben. Höhepunkt ist das regelmäßige Sechseck, das sich auf halbem Wege zwischen zwei antipodalen Ecken in der Schnittebene senkrecht zur Hauptdiagonalen ergibt. Dessen Flächeninhalt ist auszurechnen. Diese Aufgabe selbst erscheint auch auf grundlegendem Niveau als geeignet, weil die Ebenenschar bereits angegeben ist und weil alle Rechnungen recht einfach sind, was auch in der sehr kurzen Musterlösung zum Ausdruck kommt. Aber sie ist wieder rein formal dem erhöhten Niveau zugeordnet, vermutlich weil hier mehrere parallele Ebenen eine Rolle spielen. Dies möchte man dem grundlegenden Niveau nicht zumuten (s. oben).

Die Seehunde-Aufgabe: Diese wird dem grundlegenden Niveau zugeordnet und ist ganz besonders leicht, wenn man sie konsequent mit dem zugelassenen Taschenrechner bearbeitet, der Matrizen auf Vektoren anwenden kann (sog. „erweiterte Funktion"). Wenn die Matrix einmal eingegeben ist, braucht man sie nur immer wieder iteriert auf den Startvektor anzuwenden und erhält damit die Lösung zu Teil (c), so wie in der Musterlösung auf S.38 auch angegeben. Aber genauso kann man auch Teil (d) lösen: Man muss dieses nur fortsetzen und sieht dann, dass am Tag 10 die Voraussetzungen von (d) erfüllt sind und am Tag 11 die Behauptung in (d) erwiesen ist. Damit ist Teil (d) gelöst. Diese einfachere Möglichkeit wird in der Musterlösung nicht einmal angedeutet, müsste aber fairerweise als richtig akzeptiert werden. Damit ist weder (c) noch (d) eine Aufgabe, bei der mathematische Kenntnisse gezeigt werden müssen, sondern alles besteht nur aus Eintippen in den Taschenrechner. Beide Teile zusammen bringen 45 Punkte, womit diese Aufgabe rechnerisch bereits bestanden ist.

Teil (a) stellt ebenfalls keine ernsthaften Anforderungen (der dort geforderte Übergangsgraph ist eine Standardprozedur), bringt aber 15 Punkte. Damit werden keine wirklichen Kompetenzen getestet oder von den Abiturienten nachgewiesen. Solche Aufgaben zu Übergangsmatrizen gelten in Fachkreisen ohnehin als die dünnsten Bretter, die gebohrt werden können. Sie tauchen mit variierenden Tierarten von 2007 bis 2013 stets im Hamburger Zentralabitur auf (auch in anderen Bundesländern). Dabei ist (fast) immer dasselbe zu tun (vgl. Kühnel 2015).

Allein mit Eintippen der Matrix und iteriertem Anwenden auf den Startvektor kann diese Aufgabe bestanden werden. Wenn es zusätzlich gelingt, zur Matrix den Übergangsgraphen zu zeichnen, kann man bis zu 60 von 100 Punkten bekommen, genug für die Note 3.

Die Flugbuchungs-Aufgaben: Hier geht es um Wahrscheinlichkeiten von Stornierungen von Flugbuchungen. Die Wahrscheinlichkeit einer Stornierung ist jeweils gegeben, und es ist auch gegeben, dass man von einer Binomialverteilung ausgehen soll. Dann geht es um daraus abgeleitete Wahrscheinlichkeiten, den erwarteten Erlös für die Fluggesellschaft und ähnliches. Auf grundlegendem Niveau ist das vermutlich angemessen. Allerdings gab es schon die Erfahrung, dass Aufgaben zur Wahrscheinlichkeitsrechnung wenig beliebt waren und vielfach nicht gewählt wurden. Es ist sogar mehr als ein Gerücht, dass viele Lehrer ihren Schülern von vornherein mitteilen, sie würden keine Aufgabe zur Wahrscheinlichkeitsrechnung auswählen. Damit ist dann klar, dass nur noch Analysis und Geometrie bzw. Matrizenrechnung gefragt sind. Die Gefahr eines „teaching to the test" hinsichtlich des Zentralabiturs liegt auf der Hand.

Fazit: Ein großer Wurf sind diese Abiturstandards der KMK von 2012 nicht, ganz im Gegensatz zu den vollmundigen Ankündigungen in der Einleitung. Sie müssten eigentlich schon wieder systematisch revidiert werden. Dabei könnte eine Beteiligung bzw. stärkere Beteiligung von Fachmathematikern gewiss nicht schaden.

Literatur

I. Bausch et al. (Hrsg) (2014): Mathematische Vor- und Brückenkurse, Springer Spektrum.

K.-H. Berck (2012): Fragen an den kompetenzorientierten Unterricht, MNU 65/7, 432–435.

DMV (2012): http://tinyurl.com/pwno3r8

DMV (2013): http://tinyurl.com/pgs9lya

Drittmittelprojekte o. J.: http://tinyurl.com/o4mz7s7

L. Führer (1998), Mathematikunterricht nach dem 7 Schuljahr – warum eigentlich für alle? Mitt. Math. Ges. Hamburg 17, 15–49, siehe auch: http://tinyurl.com/q95sxbv

GEW (2007): http://tinyurl.com/p88felj..

GEW (2012): http://tinyurl.com/oj2bu8g..

T. Jahnke, H.P. Klein, W. Kühnel, T. Sonar, M. Spindler (2014): Die Hamburger Abituraufgaben im Fach Mathematik – Entwicklung von 2005 bis 2013, *Mitteilungen der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* 22-2, 115–121.

R. H. Kaenders (2009): Von Wiskunde und Windmühlen, Beiträge zum Mathematikunterricht, http://tinyurl.com/omouu75.

KMK (2012): http://tinyurl.com/lrbglqs

W. Kühnel (2015): Modellierungskompetenz und Problemlösekompetenz im Hamburger Zentralabitur zur Mathematik, *Math. Semesterberichte* 62, 69–82.

Stark (2013): Abitur 2014, Prüfungsaufgaben mit Lösungen, Mathematik Grundkurs Gymnasium–Gesamtschule Nordrhein-Westfalen, Stark-Verlag.

Prof. Dr. Hans-Jürgen Bandelt. Fachbereich Mathematik, Universität Hamburg. bandelt@math.uni-hamburg.de

Prof. (em.) Dr. Thomas Jahnke. Lehrstuhl für Didaktik der Mathematik, Universität Potsdam. jahnke@uni-potsdam.de

Prof. Dr. Hans Peter Klein. Lehrstuhl für Didaktik
der Biowissenschaften, Goethe Universität Frankfurt.
h.p.klein@bio.uni-frankfurt.de

Prof. Dr. Wolfgang Kühnel. Institut für Geometrie und Topologie, Universität Stuttgart. kuehnel@mathematik.uni-stuttgart.de

PD Dr. Dieter Remus. Institut für Mathematik der Universität Paderborn. remus@math.uni-paderborn.de

Prof. Dr. Markus Schweighofer. Fachbereich Mathematik und Statistik, Universität Konstanz. markus.schweighofer@uni-konstanz.de

Prof. Dr. Thomas Sonar. Institut Computational Mathematics, TU Braunschweig. t.sonar@tu-bs.de

OStD Markus Spindler. Kreisgymnasium Halle, Neustädter Str. 2, 33790 Halle/Westf. 007spindler@web.de

Prof. Dr. Sebastian Walcher. Lehrstuhl A für Mathematik, RWTH Aachen. walcher@matha.rwth-aachen.de

Hans-Jürgen Bandelt ist Professor für Kombinatorik und Kombinatorische Optimierung an der Universität Hamburg.

Thomas Jahnke ist Professor für Didaktik der Mathematik an der Universität Potsdam.

Hans Peter Klein ist Professor für Didaktik der Biologie an der Universität Frankfurt (Main), Geschäftsführer und Mitbegründer der Gesellschaft für Bildung und Wissen und Präsident der Gesellschaft für Didaktik der Biowissenschaften.

Wolfgang Kühnel ist Professor für Differentialgeometrie am Fachbereich Mathematik der Universität Stuttgart.

Dieter Remus ist seit Jahren Gymnasiallehrer in NRW. Nach Promotion und Habilitation in Mathematik an der Universität Hannover ist er seit 2005 gleichzeitig Privatdozent am Institut für Mathematik der Uni Paderborn.

Markus Schweighofer ist Professor am Schwerpunkt Reelle Geometrie und Algebra der Universität Konstanz.

Thomas Sonar ist Professor für Technomathematik an der TU Braunschweig, Gründer des Mathematiklehrerfortbildungszentrums „Mathe-Lok".

Oberstudiendirektor *Markus Spindler* ist Leiter des Kreisgymnasiums in Halle (Westfalen).

Sebastian Walcher ist Profesor für Mathematik an der RWTH Aachen.