

Eine MINT-Initiative für das Gymnasium

Teil 2: Sichere MINT-Kompetenzen



Hans Peter Dreyer hat als Physik- und Mathematiklehrer an der Kantonsschule Wattwil das Spektrum von Seminar bis P&AM unterrichtet. Als Physikdidaktiker an der ETH entwickelte er Lehrmittel und – ohne Erfolg – einen Referenzkatalog fürs Grundlagenfach Physik. MUPET-Befragung und MINT-Initiative sind seine neusten bildungspolitischen Aktivitäten. In der Freizeit fördert er u. a. die Kompetenzen seiner Enkel beim Schuhbinden und Kartoffelzählen.

Wie repräsentativ ist MUPET?

In der Anfangsbefragung nahmen 4000 Gymnasiastinnen und Gymnasiasten, meist im 9. Schuljahr, aus 22 Kantonen und allen Sprachregionen der Schweiz, teil, jedoch bloss freiwillig. Vergleicht man aber die MUPET-Interessenzahlen mit denjenigen der repräsentativen Untersuchung EVAMAR I, so stimmen sie – samt Genderdifferenzen – gut überein.

In der Schlussbefragung nahmen 2000 Maturandinnen und Maturanden teil. Abbildung 1 zeigt, dass die subjektive Einschätzung der Mathematikleistungen in der Deutschschweiz sehr gut übereinstimmt mit den objektiven Testergebnissen der repräsentativen Untersuchung EVAMAR II. Das stützt die Vermutung, auch die übrigen Antworten seien korrekt.

Weitere Überlegungen finden sich im Teil 1 im GH 05/14. Viele Zahlen und Schüleraussagen gibt es im Technischen Bericht zu MUPET, der zusammen mit anderen Dokumenten auf der Homepage verfügbar ist: www.math.ch/mupet

Seit der Antike klagen Schulen über die Qualität ihrer Anfänger; heute beispielsweise die Medizinischen Fakultäten¹. Sollen die MINT-Kompetenzen der Maturandinnen und Maturanden gestärkt werden, darf man nicht nur von der Volksschule eine verlässlichere Basis fordern, sondern muss auch die Verhältnisse im Gymnasium besser dem Spektrum der Lernenden anpassen. Im Teil 2 werden die Studierfähigkeit im MINT-Bereich beleuchtet und als organisatorische Massnahmen u. a. Mathematik auf zwei Niveaus und ein kleines Physicum vorgeschlagen. Strukturen können aber das Qualitätsbewusstsein der Gymnasien und ihrer Lehrpersonen nicht ersetzen.

Hochschulreife und Studierfähigkeit

Artikel 5 des Maturitätsreglements pflegt das humanistische Menschenbild: «Die Schülerinnen und Schüler gelangen zu jener persönlichen Reife, die Voraussetzung für ein Hochschulstudium ist [...]» Persönlichkeitsbildung ist eine umfassende, anspruchsvolle Aufgabe. Schul- und Klassenklima sind wichtig, die Lehrerpersönlichkeiten entscheidend. Heute sind gemäss MUPET (siehe Info-Block) allerdings nur 44% der Maturandinnen und Maturanden persönlich so reif, dass sie sich ihrer Studienrichtung sicher sind. Die Hochschulen, die vom MAR 95 jüngere Studierende wünschten, müssen nun auch die Kehrseite in Kauf nehmen.

Mit dem Begriff «Studierfähigkeit» verengt sich der Blick vom ganzen Menschen auf seine Fähigkeit, sich im Hochschulbetrieb behaupten zu können. Da sind u. a. Organisationstalent und Frustrationstoleranz, Kommunikationsvermögen und Stressfestigkeit gefragt. Neben solchen Persönlichkeitseigenschaften spielen auch an Gymnasialfächer koppelbare Fähigkeiten eine Rolle: Sicheres Ausdrucksvermögen in der Erstsprache, solide Mathematikkenntnisse, gutes Passiv- und ausreichendes Aktiv-Englisch, Gewandtheit im Umgang mit dem Computer.

Das Maturitätszeugnis bestätigt die Studierfähigkeit für jedes Studium: ein Privileg² der anerkannten Gymnasien. De facto gab es am Übergang Gymnasium – Universitäre Hochschule aber schon immer Einschränkungen. Der Bildungsbericht 2014 (S. 151) bringt das Dilemma zwischen IST und SOLL

auf den Tisch. Die Allgemeine Studierfähigkeit «könnte faktisch nicht erfüllt sein», weil gewisse Kompetenzen je nach gewähltem Schwerpunkt unterschiedlich gefördert würden. Das trifft besonders auf die Mathematik zu, die deshalb hier genauer beleuchtet wird.

Mathematik-Kompetenzen sichern

Als «basale fachliche Studierkompetenzen» bezeichnet das EDK-Projekt³ jenes Know-how, das die Studienanfängerinnen und -anfänger mitbringen sollten. Was sie effektiv mitbringen, streut sehr stark, wie EVAMAR II gezeigt hat. Abbildung 1 macht deutlich, wie viel höher die Mathematikleistungen von P&AM als die der übrigen Schwerpunkte sind, B&C eingeschlossen.

Wie viel Mathematik ist basal? Genügt es, den Rahmenlehrplan zu verlängern, aber «auf flächendeckende Messungen» zu verzichten, wenn man den privilegierten Hochschulzugang aufrecht erhalten will? Und: Müssten diese basalen Studierkompetenzen in Erstsprache und Mathematik nicht schon für die Maturarbeit zur Verfügung stehen? Solche Fragen sind auf breiter Basis zu diskutieren. Mir scheint sinnvoll, einen ausschliesslich auf die Grundfähigkeiten fokussierten «Basal-Check» mit taxonometrisch niedrigen Kompetenz-Testaufgaben im «passed / not passed» Verfahren und ohne Kompensationsmöglichkeiten am Ende des 11. Schuljahrs durchzuführen. So würde die Vermengung mit den anspruchsvollen Maturitätsprüfungen vermieden.

Damit gymnasial gearbeitet werden kann, müssen viele grundlegende Kompetenzen, etwa fehlerarme Orthografie oder Sicherheit im Prozentrechnen, schon nach dem 9. Schuljahr sicher beherrscht werden. Im Übertritts-Dschungel mit und ohne Aufnahmeprüfungen schießen besonders die Mathematikschwierigkeiten ins Kraut, wie im Bildungsbericht 2014 (S. 149/150) ebenfalls festgestellt wird. Sie kündigen sich in der Abbildung 2 in der Streuung an, die in Mathematik viel breiter ist als in Deutsch, obwohl die P&AM Schüler bereits weggelassen sind. Solche Schwierigkeiten sollten bereits in der Phase, die im EDK-Bildungssystem⁴ mit «gymnasialer Vorbildung» bezeichnet wird, angepackt werden. Mit einer professionellen Diagnostik könnten Mathematikschwächen, die bis zu Dyskalkulie gehen, gefunden und

differenziert therapiert werden. Anschliessend müsste in einem «Gymnasial-Check» zu Erstsprache und Mathematik entschieden werden, ob die Fähigkeiten fürs Gymnasium wirklich ausreichen.

Natürlich würde ein grösseres Notengewicht für Erstsprache und Mathematik durchs ganze Gymnasium hindurch auf die basale Bedeutung dieser beiden Fächer hinweisen. Davon sind die Lernenden allerdings nicht überzeugt. In MUPET reagieren sie auf die Aussage «In Mathematik wären meine Leistungen (noch) besser, wenn Mathematik im Maturzeugnis doppelt zählte» mehrheitlich negativ, besonders die Gruppe, die kein MINT-Studium plant.

Die hohen Mathematikanforderungen definieren geradezu die «harten» MINT Stu-

diengänge. Dass schon im MAR-Gymnasium punkto Mathematikkompetenzen zwei Welten koexistieren, zeigt die Abbildung 1 deutlich. Mindestens zwei Mathematikwelten gibt es aber bereits zu Beginn des Gymnasiums. Gemäss MUPET ist die mittlere Mathematikleistung in P&AM bei 5.0, bei den Anderen hingegen nur etwa 4.2. In Abbildung 2 sind ausschliesslich die Nicht-P&AM-Lernenden der Deutschschweiz repräsentiert. Unter diesen scheint es drei Gruppen zu geben: die «Gewöhnlichen», deren Leistung wie im Deutsch um 4.7 streut, die «Schwachen» mit einem Durchschnitt um 3, und die besonders Leistungsfähigen. Mit den oben skizzierten Massnahmen sollten die «Schwachen» verschwinden. Die Leistungsfähigen sind zu fördern, auch wenn sie keinen mathematisch-naturwissenschaftlichen Schwerpunkt gewählt haben. Sie wünschen es⁵.

Auch in der Deutschschweiz muss Mathematik auf zwei Niveaus angeboten werden,

Auch in der Deutschschweiz muss Mathematik auf anspruchsvollem Niveau für alle angeboten werden.

wie das in der lateinischen Schweiz der Fall ist. Der administrative und finanzielle Zusatzaufwand für dieses Angebot ist vergleichbar mit dem für die zweisprachige Maturität und deshalb vertretbar. Dass mittlerweile fast alle Hochschulen Mathematik-Einführungskurse anbieten, weist auf Probleme hin, die die Gymnasien selber bewältigen sollten.

Moderne Mathematik

Mathematikunterricht hat eine 4000 Jahre lange Tradition. Die letzte konzeptionelle Neuerung schwappte in den 1970er Jahren als «Moderne Mathematik» über den Teich auch zu uns. Innert einer Schülergeneration wurde der Begriff zum Schimpfwort, und heute gibt es ausser mehr Formalismus und weniger Anwendungsaufgaben kaum noch Spuren. Der Taschenrechner blies Rechenschieber und Logarithmentafel weg; jetzt öffnet die wachsende Leistungsfähigkeit der Computer-Algebra-Systeme die Frage nach der richtigen Didaktik ständig neu. Die Mehrheit der Lehrenden und auch manche Lernende ausserhalb von P&AM sind mit der aktuellen Situation zufrieden:

«Es ist spannend, gewisse Beweise zu verstehen und zu sehen, dass diese immer funktionieren.» (Gymnasiastin, moderne Sprachen)
 « J'aime cette façon de réfléchir. Pour moi, c'est devenu plus facile et logique qu'au cycle. » (Gymnasiastin, alte Sprache)
 «Il docente sviluppa la teoria in modo chiaro e preciso e ci è concesso interrompere in ogni

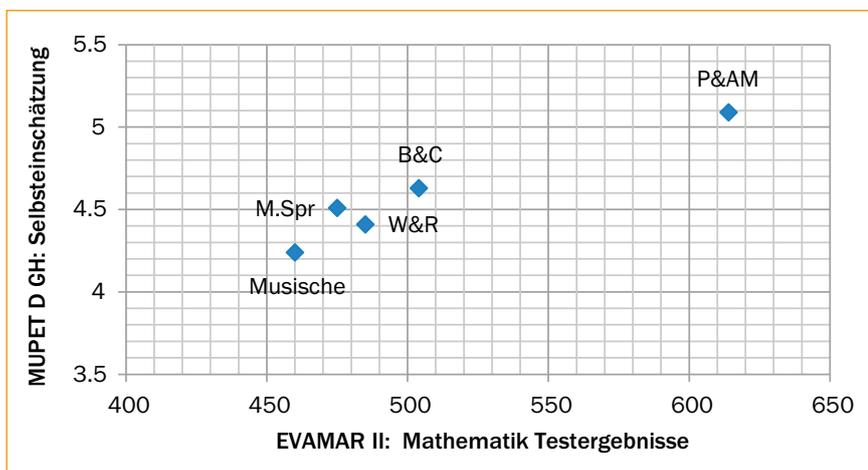


Abbildung 1: Sind 500 oder 600 Punkte bei der mathematischen Studierfähigkeit «basal»? Selbsteinschätzung (4 = genügend, 5 = gut) und die Testergebnisse stimmen gut überein und zeigen, dass am Übergang zur Hochschule zwei Leistungsniveaus vorliegen.

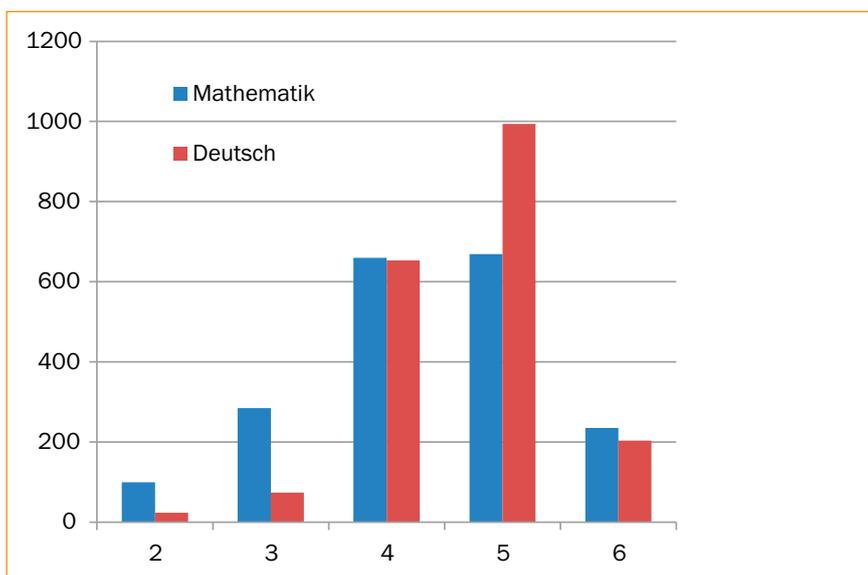


Abbildung 2: Schon am Anfang des Gymnasiums streuen die Leistungen in Mathematik deutlich stärker als die in Deutsch, obwohl hier die Mathematik-starke Gruppe P&AM weggelassen wurde. (MUPET-Selbsteinschätzung, nur Deutschschweiz)

momento in caso di dubbi.» (Maturandin, B&C)

Diese Schülerinnen werden auch gute Leistungen erbringen. Wie aber können die Mathematik-Kompetenzen der grossen Gruppe im unteren Leistungsbereich verbessert werden? Mathematik ist ja nicht bloss für MINT wichtig, sondern auch für Gebiete wie Wirtschafts- und Sozialwissenschaften oder Medizin. Höhere Leistungen lassen sich vor allem mit mehr Unterrichtszeit und/oder höherer Motivation erzielen. Weil mehr Unterrichtszeit (zu?) teuer ist, bleibt die Motivation als wichtige Variable. Dazu gibt Abbildung 3 ein Stimmungsbild:

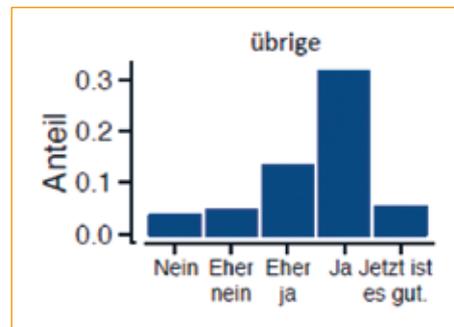


Abbildung 3: Starke Zustimmung der «übrigen» Maturandinnen und Maturanden zur Aussage: «In Mathematik wäre mein Interesse (noch) grösser, wenn der Nutzen des Stoffs für mich klarer ersichtlich wäre.»

Die Klasse der «übrigen» Schülerinnen und Schüler umfasst diejenigen, die nicht in einem MINT-Schwerpunkt sind und keine MINT-Studienabsichten äussern, insgesamt etwa 50% von allen. Drei Ausschnitte im Originalton verdeutlichen ihre Bedürfnisse schon zu Beginn des Gymnasiums:

«Ich kann mir immer sehr schwer vorstellen, das im Unterricht Gelernte in meiner Zukunft als erwachsene Person je einmal wieder zu brauchen.» (Gymnasiastin, moderne Sprachen)

« Nous faire comprendre l'utilité de cette branche, son histoire et son parcours. » (Gymnasiast, bildnerisches Gestalten)

«Il professore dovrebbe portare più esempi di applicazione pratiche della matematica nel mondo reale.» (Gymnasiastin, alte Sprache)

Wenn auch «one size fits all» hier nicht gilt, so ist die Botschaft doch klar: Moderner Mathematikunterricht im Grundlagenfach muss für viele Lernende mehr Sinn ergeben! Auch grosse Mathematiker wie Gauss haben sich mit konkreten Anwendungen herumgeschlagen. Die Herausforderung für die Schule ist: Echte Anwendungen so aufbereiten und darbieten, dass sowohl das eigentliche Problem als auch die mathematische Struktur stufengerecht und attraktiv sind. Zeigen, wozu man Trigonometrie braucht, herausfinden,

wie das Bundesamt eine Statistik produziert oder am Beispiel des Vierfarbensatzes erläutern, wie der Computer die Arbeit der modernen Mathematiker verändert. Kreative Lehrpersonen haben Beispiele, doch gibt es in der Schweiz keine systematische Förderung von «Best Practice» wie das Projekt SINUS⁶ in Deutschland. Mathematiklernen hat viele Gemeinsamkeiten mit dem Erlernen eines Instruments: Tonleitern und Etüden sind unumgänglich, aber gelegentlich möchten wir eine Sonate spielen, wie unvollkommen sie auch klingen mag, und ein Konzert besuchen, auch wenn Zuhören nichts zum Zeugnis beiträgt.

Konkreter sind Botschaften für die Strukturebene: (1) Mehr beidseitige Verlässlichkeit an den Übergängen Sek I – Gymnasium – Tertiär! Im Interesse der Lernenden müssen Lehrkräfte und Dozierende Steckenpferde zügeln. (2) Auf allen Stufen mehr Statistik! Sie bietet interessante Anwendungen und fast überall wird sie in Zwischenprüfungen getestet. (3) Den Einsatz der Taschenrechner optimieren und den Salto rückwärts, zu dem Deutschland gerade ansetzt⁷, vermeiden! Die auch auf dem Smartphone laufenden CAS ermöglichen das Lösen von realen und damit interessanten Aufgaben.

Ein kleines Physicum

Ein reibungsarmer Übergang vom Gymnasium an die Universität ist keine Selbstverständlichkeit. Im Mosaicplot ist dargestellt, wie die Lernenden verschiedener Schwerpunkte ihre Physikkenntnisse im Hinblick auf ein Medizinstudium einschätzen. Mehr als zwei Drittel in den nichtnaturwissenschaftlichen Schwerpunkten (70% der Abschlüsse) halten sie für nicht ausreichend! (Dunkel-) Blau bedeutet: Anteil (viel) höher als statistisch zu erwarten wäre.

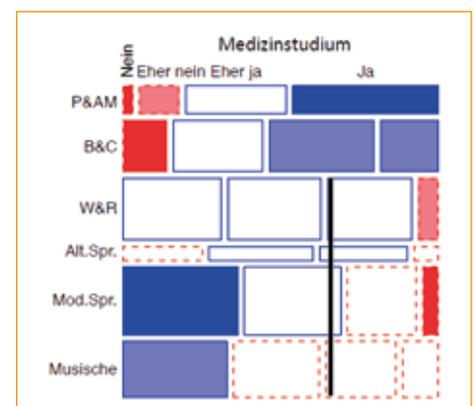


Abbildung 4: Die Physik im Grundlagenfach bereite nicht ausreichend auf ein Medizinstudium vor, glauben viele Maturandinnen und Maturanden. In nicht-naturwissenschaftlichen Schwerpunkten sind zwei Drittel der Lernenden links der Trennlinie.



Abbildung 5: Kompetenzmessung in einer Kantonsschule. Die Lehrperson bestimmt in eigener Verantwortung Inhalt, Testverfahren und Niveau. Mehr Transparenz ist wünschenswert.

Die Einschätzung von Abbildung 4 macht plausibel, weshalb geplant wurde¹, den Medizintest in Richtung MINT zu ergänzen. Allen Verantwortlichen muss klar werden, dass die allgemeine Studierfähigkeit hinsichtlich Physik- und Chemiekenntnisse von vielen Maturandinnen und Maturanden nicht erreicht wird. Und hinsichtlich Ingenieurstudien ist die Situation noch ungünstiger! Das wirkt sich auf den in Teil 1 diskutierten Fachkräftemangel aus, denn wer studiert, was sie oder er nicht zu können glaubt!

Im Grundlagenfach müssen die Naturwissenschaften mehr Allgemeinbildung und weniger Hochschulpropädeutik im Auge haben. Diese soll in einem MINT-Kurs analog zum «kleinen Latinum» systematisch und quantitativ gestärkt werden.

Was tun? Die Voraussetzungen in Physik und Chemie aus der Sekundarstufe I sind im Durchschnitt mager, und das Zeitbudget im Grundlagenfach ist gering. Eine Differenzierung drängt sich auf. Im Grundlagenfach müssen Physik und Chemie auf die Mehrheit ausgerichtet sein und daher im Vergleich zur aktuellen Situation mehr Allgemeinbildung und weniger Hochschulpropädeutik im Auge haben. Konzepte des 20. Jahrhunderts, die Relativität der Gleichzeitigkeit und die Quantennatur des Lichts und der Elektronen, müssten in der Physik genau so skizziert werden wie das Ende des Kolonialismus in der Geschichte. So könnte im Gymnasium das Interesse für Physik ebenso wachsen wie dasjenige für Geschichte, statt von 2.9 auf 2.7 zu fallen, dem tiefsten Wert für alle Fächer.

Wer aber etwa aus dem Schwerpunkt Spanisch in ein Medizin- oder ein MINT-Studium einsteigen möchte, muss bereits im Gymnasium die Gelegenheit erhalten, sich systematisch mit quantitativer Physik und Chemie zu beschäftigen. Ein MINT-Kurs,

ein «kleines Physikum» analog zum «kleinen Latinum», kann hier helfen. Das Ergänzungsfachangebot erfüllt offensichtlich diesen Zweck nicht. Nur etwa 3% belegen Physik.

Zwischen Standards und Selbstverantwortung

Die schlechten Erfahrungen unserer Nachbarn Deutschland⁸ und Österreich mit Standards und Zentralabitur müssen hellhörig machen: Umfassende «Checks» ergänzen, aber sie ersetzen die Haltung der Akteure nicht, denn Qualität muss gemeinsam erarbeitet werden! Mit wenig Aufwand wäre in der Schweiz viel gewonnen, wenn die Leistungsanforderungen am Schluss der Gymnasien transparenter würden. Ein Modus könnte sein, die Maturaufgaben samt Kriterium für «genügend» und dem Notendurchschnitt auf dem Web zu publizieren. Das «Öffentlichkeitsprinzip» nimmt die Fachgruppen in die Verantwortung, reduziert die Willkür und steigert die Qualität des Durchschnitts.

Letztlich sind die einzelnen Gymnasien für die Qualität ihrer Maturandinnen und Maturanden verantwortlich. Hilfreich für die Schulentwicklung sind die Ergebnisse der «Reality-Checks» der Zwischenprüfungen nach dem ersten Studienjahr. Die Erfolgsquoten sind ein gutes, wenn auch nicht umfassendes Qualitätsmass und müssten deshalb periodisch und vertraulich – den Fehler der ETH von 2008 vermeiden! – von den Abnehmerinstitutionen an die Gymnasien gespiegelt werden. Nur wenn die Gymnasien mit allen Lehrerinnen und Lehrern das Banner gymnasialer Leistungsanforderungen hochhalten, bleibt ihnen das Hochschulprivileg. Gleichzeitig die Ziele und Inhalte so auszugestalten, dass sie auch aus Schülersicht stimmig sind und zur vertieften Allgemeinbildung beitragen, das ist das tägliche pädagogische Kunsthandwerk. Mehr dazu im Teil 3.

¹ Die Absicht, den **Mediziner-Eignungstest** mit einem MINT-Teil zu ergänzen, wurde glücklicherweise von der SUK abgelehnt. (SUK/CUS Jahresbericht 2011)

² Bund und Kantone haben sich 2011 auf gemeinsame bildungspolitische Ziele geeinigt und formuliert: «Der **prüfungsfreie Zugang zur Universität** mit gymnasialer Matur ist langfristig sichergestellt.» edudoc.ch/record/96061/files/erklarung_30052011_d.pdf

³ Die EDK hat die «Festlegung **basaler fachlicher Studierkompetenzen** am Gymnasium» bis 2014 beschlossen. edudoc.ch/record/102075/files/PB_Maturitaet_D.pdf Franz Eberle hat im GH 04-2012 (pp. 6-19) das Projekt, das er leitet, ausführlich dargestellt. www.vsg-sspes.ch/fileadmin/files/GH/GH_04_2012.pdf

⁴ Das schweizerische **Bildungs«system»** wird durch die EDK vereinfacht wiedergegeben, ohne Langgymnasium und mit einer Lücke zwischen Sek. I und Sek. II. www.edk.ch/dyn/14861.php

⁵ Eine Maturandin aus P&AM in Kanton mit gemischten Grundlagenfach-Mathematikklassen schreibt: «Indem der Unterricht in **verschieden starken Leistungskursen** abgehalten werden würde. Seit 2 Jahren bestimmen bei uns immer die Langsamsten das Thema. Ich passe dann jeweils gar nicht mehr auf und verliere das Interesse an der Materie.»

⁶ **SINUS:** www.sinus-bayern.de/ oder www.schulentwicklung.nrw.de/sinus/ usw.

⁷ Der Förderverein MNU publizierte einen Bericht zur **Nutzung digitaler Werkzeuge** im Mathematikunterricht: www.mnu.de/images/Dokumente/rubberdoc/gdm-mnu-stellungnahmekmk2010.pdf Der Einsatz von CAS-Rechnern in Baden-Württemberg wird wieder untersagt: MNU 67/7, p. 439.

⁸ Zur **Qualität des Abiturs** siehe etwa das Interview mit dem Präsidenten der deutschen Gymnasialrektoren: www.nzz.ch/wissenschaft/bildung/das-abitur-ist-keine-hochschulreife-mehr-1.18416950