

Memorandum des Forums Technologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften zu den Planungen für das neue bayerische Gymnasium G9

Kurzfassung:

Das derzeitige G8 hat bei den Studienanfängern zu schmerzlichen Kompetenz- einbußen in den MINT-Fächern geführt. Auch bei der anstehenden Reform des bayerischen Gymnasiums zum neuen G9 sind aufgrund der bislang vorliegenden Stundentafeln leider wieder erhebliche Defizite bzgl. Mathematik und Naturwissenschaften zu erwarten. Das Forum Technologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften hat deshalb wesentliche Eckpunkte zur Unterrichtsgestaltung formuliert, durch deren Umsetzung die propagierte Stärkung des MINT-Bereiches in der Realität erreichbar wäre.

Zusammenfassung unserer Vorschläge zur Verbesserung der gymnasialen Bildung in den MINT-Fächern im neuen bayerischen G9:

- *Durchgängig 4-stündiger Mathematikunterricht in den Jahrgangsstufen 5 bis 11*
- *Deutliche Stärkung der Naturwissenschaften in der Jahrgangsstufe 11 bei allen Gymnasialtypen, um faire und bessere Voraussetzungen für eine Vertiefung im MINT-Bereich in den Jahrgangsstufen 12 und 13 zu schaffen.*
- *Vermittlung des Faches Physik in der Mittelstufe als Naturwissenschaft mit altersgerechter, aber dennoch hinreichender mathematischer Beschreibung physikalischer Phänomene, zum einfacheren Verständnis und auch zur besseren Motivation des Mathematikunterrichtes.*
- *Effizientere Nutzung von Synergieeffekten zwischen Mathematik und den Naturwissenschaften einerseits und unter den Naturwissenschaften andererseits durch Synchronisierung von Lehrplänen bzgl. korrespondierender Inhalte.*

Memorandum

Die Mitglieder des Projektausschusses „Forum Technologie“ der Bayerischen Akademie der Wissenschaften haben die Diskussionen zu den vom Bayerischen Staatsministeriums für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst im Juli 2017 vorgelegten Planungen (Studentafel) zum neuen 9-stufigen bayerischen Gymnasium mit Interesse verfolgt und erlauben sich, hierzu mit einer Stellungnahme beizutragen:

Die bisherigen Diskussionen zu Schuldauer und Formen der Lehre sowie zu Studentafeln und insbesondere zu Lehrinhalten werden überwiegend durch das Staatsministerium und politische Gremien einerseits und von Lehrerverbänden, Eltern- und Schülervertretern, zum Teil auch von Berufs- und Industrieverbänden andererseits geführt. Dabei blieb bisher leider weitgehend unberücksichtigt, welche Voraussetzungen die Abiturientinnen und Abiturienten eigentlich erfüllen sollten, um ein universitäres Studium, insbesondere in natur- und ingenieurwissenschaftlichen, aber auch in vielen anderen Fächern, erfolgreich aufnehmen und in angemessener Zeit absolvieren zu können. Der Seite der „Abnehmer der Gymnasialabsolventinnen und -absolventen“, also den Universitäten, sollte deshalb bei diesen Überlegungen weit mehr Gehör und Einfluss auf Inhalte und Lernziele eingeräumt werden als bisher.

Die Mitglieder des Forums Technologie verfügen über langjährige Erfahrungen als Hochschullehrer in Naturwissenschaften und Technik (den sog. MINT-Fächern) und mussten in ihren Lehrveranstaltungen und Prüfungen in den letzten Jahren leider feststellen, dass Grundlagenkenntnisse und Fertigkeiten in Mathematik, Physik und Chemie unserer Studienanfängerinnen und -anfänger dramatisch zurückgegangen sind, gerade auch bei denen, die von bayerischen Gymnasien kommen. Die Einstiegshürden in universitäre Studiengänge der MINT-Fächer sind somit ziemlich hoch geworden. Die in den letzten Jahren dramatisch gefallen Zahlen von Teilnehmerinnen und Teilnehmern an bayerischen Abiturprüfungen in naturwissenschaftlichen Fächern spiegeln diesen Prozess objektiv und sehr drastisch wider. (Die bayerischen Chemieverbände berichten von Rückgängen um 74% in Physik, 83% in Chemie und 92% in Biologie beim Übergang vom alten G9 zum G8, Quelle: www.bayerische-chemieverbaende.de/presse/). Dass sich die Anfängerzahlen in den MINT-Fächern an den bayerischen Universitäten dennoch heute auf

einem akzeptablen Niveau befinden, ist nur durch den zunehmenden Zustrom internationaler Studierender bedingt. Etwa 1/4 der Studierenden im ersten Fachsemester in den Studiengängen Physik, Maschinenbau, Elektro- und Informationstechnik u. ä. kommen derzeit aus dem Ausland. So begrüßenswert diese Internationalisierung ist, unsere bayerischen Abiturientinnen und Abiturienten sehen sich dadurch jedoch auch unmittelbar einer internationalen Konkurrenz ausgesetzt: Insbesondere Studierende aus dem osteuropäischen Raum und aus Asien bringen vielfach eine weit fundiertere Vorbildung in Mathematik und Naturwissenschaften mit als unsere Gymnasialabsolventinnen und -absolventen. Dieser Vorteil zieht sich oftmals bis zum Masterabschluss durch, sodass heute an vielen Lehrstühlen in Naturwissenschaften und Technik unter den wissenschaftlichen Mitarbeitern, also den Doktorandinnen und Doktoranden, nur mehr ein geringer Anteil deutscher Jungwissenschaftler zu finden ist. Diese Entwicklungen zeigen sehr deutlich auf, dass in der voruniversitären Ausbildung hierzulande offenbar erhebliche Defizite bestehen.

Grundfertigkeiten in Mathematik wie beispielsweise ein solide geübter Gebrauch von Differential- und Integralrechnung, Trigonometrie, Exponential- und Logarithmusfunktion, Methoden der linearen Algebra und analytischer Geometrie sowie ein gewohnter und geübter Umgang mit grundlegenden Methoden zur mathematischen Beschreibung von naturwissenschaftlichen Phänomenen in Physik und Chemie sind von den Absolventinnen und Absolventen bayerischer Gymnasien unbedingt einzufordern. An Studierende der MINT-Fächer können solche elementaren Grundlagen im Studium nicht mehr mit der erforderlichen Übungspraxis vermittelt werden, denn der rasante wissenschaftliche Fortschritt, der ja weitgehend auf bereits bekannten Grundlagen aufbaut, erfordert die Vermittlung von immer mehr und inhaltlich komplexer werdenden Inhalten im Studium, ohne dass hierfür mehr Zeit zur Verfügung steht. Dabei darf das Ziel, innerhalb von ca. 5 bis 6 Jahren die Studierenden mit dem Masterabschluss zumindest in Teilbereichen an die Front der aktuellen wissenschaftlichen Forschung heranzuführen, durch die Universitäten keinesfalls in Frage gestellt werden, denn dadurch würden die internationale Konkurrenzfähigkeit und damit die Berufs- und Karrierechancen unserer Universitätsabsolventinnen und -absolventen massiv gefährdet werden, was wiederum mit einem Verlust an Konkurrenzfähigkeit der heimischen Wirtschaft im internationalen Wettbewerb verbunden wäre. **Auf dem Weg zum aktuellen Stand**

von Wissenschaft und Technik sowie zur Forschungsfähigkeit dürfen die langen Gymnasialjahre keinesfalls zu wenig genutzt verstreichen.

Auch von Abiturientinnen und Abiturienten, die sich Studienfächern zuwenden, die nicht zum MINT-Bereich gehören, sind grundlegende Kenntnisse und Fertigkeiten in Mathematik und Naturwissenschaften als wesentlicher Teil der Bildung einzufordern. Komplexere mathematische Methoden erhalten zunehmend auch in vielen, nicht dem MINT-Bereich zugerechneten Fächern, wie z.B. in Medizin, Finanz- und Wirtschaftswissenschaften, Sozialwissenschaften, Politik, Psychologie etc., Einzug und hohe Bedeutung. In unserer von rasanten technischen Entwicklungen geprägten Gesellschaft sind ausreichende Kenntnisse in Mathematik und Naturwissenschaften ohnehin unabdingbar, um sich hinreichend selbständig orientieren und so auf allen Feldern zu einer nachhaltigen und wertorientierten Gesellschaftsentwicklung positiv beitragen zu können.

Das Forum Technologie kann anhand der bisher vorliegenden Pläne zum neuen G9, d.h. den Stundentafeln für die Jahrgangsstufen 5 bis 11, leider nicht erkennen, dass die Defizite in der MINT-Bildung des G8 im neuen G9 hinreichend ausgeglichen werden würden. Hierzu wären dringend folgende Korrekturen erforderlich:

- **Ein durchgängig 4-stündiger Mathematikunterricht in den Jahrgangsstufen 5 bis 11.**

Mathematik ist der Grundpfeiler einer Orientierungsfähigkeit in einer von Technik geprägten Gesellschaft mit zudem starker wirtschaftlicher Ausrichtung. Sie ist nicht nur die Sprache der Naturwissenschaften, sondern auch die beste Schule zu strukturiertem und logischem Denken. Dieser Stellenwert muss im Stundenbudget, beispielsweise im Vergleich zu Sprachen, Berücksichtigung finden. So begrüßenswert die Stärkung des Faches Informatik ist, darf diese jedoch letztlich nicht zu Lasten der Mathematik erfolgen. Es gilt vielmehr umgekehrt: Erst hinreichende Übungen in Denkmustern, Strukturen, der algorithmischen Auflösung komplexer Problemstellungen etc. im Fach Mathematik erlauben einen sinnvollen, für die Schülerinnen und Schüler Gewinn bringenden Unterricht im Fach Informatik! Der Mathematikunterricht in den Jahrgangsstufen 5 bis 10 muss eine tragfähige Basis für einen angemessen anspruchsvollen Unterricht in Mathematik, Naturwissenschaften und Informatik in der Jahrgangsstufe 11

schaffen, in der die Schülerinnen und Schüler ihre fachlichen Schwerpunkte für die Jahrgangsstufen 12 und 13 und damit oft auch für ihr Studium und das ganze Berufsleben wählen.

- **In der 11. Jahrgangsstufe sind die Naturwissenschaften eklatant unterrepräsentiert.**

Außerhalb des Naturwissenschaftlich-Technologischen Gymnasiums ist bei zwei Wochenstunden für die Naturwissenschaften in dieser, auch als *Orientierungsstufe* bezeichneten Jahrgangsstufe eine *Orientierung* in Richtung Naturwissenschaften für die Jahrgangsstufen 12 und 13 kaum möglich. (Informatik hier formal dem Bereich „Naturwissenschaften“ zuzuordnen, widerspricht fachlicher und inhaltlicher Realität.) Nach den derzeit vorliegenden Stundentafeln ist für Schülerinnen und Schüler aus anderen Gymnasialtypen eine Vertiefung in den MINT-Fächern aufgrund der schlechteren Vorbildung ziemlich erschwert, da sie dann in der direkten Konkurrenz mit Schulkameradinnen und -kameraden aus den Naturwissenschaftlich-Technologischen Gymnasien massiv benachteiligt wären. Eine weitgehend einheitliche Gestaltung der 11. Jahrgangsstufe für alle Gymnasialtypen würde für eine Vertiefung im MINT-Bereich in den Jahrgangsstufen 12 und 13 bessere Voraussetzungen schaffen. Hierzu ist eine deutliche Stärkung der Naturwissenschaften in der 11. Jahrgangsstufe für alle Gymnasialtypen unabdingbar.

Neben unseren Anmerkungen zur Stundentafel erlauben wir uns, auf weitere Defizite im derzeitigen G8 hinzuweisen, die bei unseren Studierenden zu schmerzlichen Kompetenzeinbußen geführt haben und die bei der Neugestaltung des G9 zu beheben sind:

Auch in der Mittelstufe braucht Physik Mathematik

Der Physikunterricht in der Mittelstufe ist beim G8 vorwiegend phänomenologisch, qualitativ beschreibend, aber kaum analytisch und wie für Physik eigentlich kennzeichnend, mathematisch fundiert gestaltet. Hierdurch wird nach unseren Erfahrungen als (Hochschul-)Lehrer das Fach keineswegs vereinfacht, vielmehr wird die Erkenntnis fundamentaler Zusammenhänge sogar wesentlich erschwert, weil übergreifende Zusammenhänge nicht mehr erkennbar sind. Physik degradiert dadurch zum reinen Lernfach für viele, unabhängige Details. Bei den Schülerinnen

und Schülern entstehen so falsche Bilder, die sie oft von einer späteren Vertiefung in Physik und/oder Chemie abhalten. Ohne Schwerpunktbildung in den MINT-Fächern in der gymnasialen Oberstufe führt aber wohl nur sehr selten ein Weg zu einem natur- oder ingenieurwissenschaftlichen Studium. Genügend universitär bestens ausgebildete Fachkräfte sind jedoch bekanntlich essentiell für die Innovationskraft und Konkurrenzfähigkeit der Wirtschaft. Deshalb sollte die derzeitige „Entwissenschaftlichung“ des gymnasialen Physikunterrichts im G8 in der Mittelstufe deutlich revidiert werden. Die im Lehrplan zum G8 offenbar bewusst vorgenommene „Entmathematisierung“ der Physik hat sich klar als falscher Weg und dem Fach weder für Schüler noch für Lehrer dienlich herausgestellt. Für die nachfolgende akademische Ausbildung ist diese sowohl bzgl. der Studienfachwahl als auch der Studienerfolgsaussichten in einschlägigen Fächern als schädlich zu bezeichnen. Deshalb ist die „Entmathematisierung“ des Physikunterrichtes in der Mittelstufe im neuen G9 rückgängig zu machen. Eine mehr analytische, mathematisch fundierte Gestaltung des Physikunterrichtes ist natürlich wiederum eng verbunden mit der oben vorgeschlagenen Stärkung des Faches Mathematik in der Mittelstufe.

Synchronisierung von Lehr- und Stoffverteilungsplänen

Die derzeitigen Lehr- und Stoffverteilungspläne in den MINT-Fächern im G8 weisen schwerwiegende Mängel durch fehlende Synchronisierung korrespondierender Lerninhalte auf. So bleiben viele mögliche Synergieeffekte ungenutzt, durch welche sich Lernmotivation und tiefer gehendes Verständnis ohne zusätzliche Unterrichtsstunden stark verbessern ließen. Diese Defizite sollten bei den inhaltlichen Planungen zum neuen G9 unbedingt beseitigt werden. So macht es unserer Ansicht nach beispielsweise keinen Sinn, wie derzeit im G8 praktiziert, in Physik die Newton'sche Mechanik ohne die hierfür erforderliche Mathematik zu behandeln. Differential- und Integralrechnung, die ja von Newton und Leibniz für diesen Zweck entwickelt wurden, sind vorzugsweise hierzu im Gleichschritt im Fach Mathematik zu lehren. Nur durch zeitliche Abstimmung der Lehrinhalte ist es hier möglich, einerseits die physikalischen Inhalte wirklich sachgerecht und in hinreichender Tiefe verständlich zu vermitteln und andererseits zugleich eine hohe Motivation und Akzeptanz beim Erlernen der zugehörigen Mathematik zu erreichen. Als weiteres Beispiel ist die Behandlung der atomaren Struktur der Materie, deren Modellierungen und mathematische Beschreibungen, in den Fächern Physik und Chemie zu nennen.

Diese beiden Naturwissenschaften kommen sich in der Beschreibung des Mikrokosmos sehr nahe, was in einer abgestimmten, weitgehend synchronisierten Form auch in gymnasialen Lehrplänen sichtbar werden sollte und Schülerinnen und Schülern zum leichteren Verständnis gereichen würde. Auch könnten durch Vermeidung von Doppelungen wertvolle Unterrichtsstunden gespart werden, die für zusätzliche Übungen und Wissensvertiefung sehr hilfreich wären. Ebenso könnte ein gut gestalteter Brückenschlag von der Chemie zur molekularen Biologie Verständnis und Lernmotivation in gleicher Weise fördern. Insgesamt kann durch Synchronisierung von Lehrinhalten neuer Raum für Anwendungsbeispiele und die Darstellung relevanter Technikprozesse gewonnen werden.

Die derzeit vorliegenden Mängel des G8 sollten bei der Neugestaltung des bayerischen Gymnasiums durch eine ausgewogenere Stundenverteilung zwischen Sprachen einerseits sowie Mathematik und Naturwissenschaften andererseits behoben werden. Des Weiteren ist großes Potenzial für Verbesserungen des gymnasialen Unterrichts in gut gestalteten Verzahnungen und der Synchronisierung von Lehrinhalten zwischen Fächern mit Nutzbarmachung vielfältiger Synergieeffekte gegeben. Die in unserem Memorandum vorgeschlagenen Änderungen an der Studententafel im neuen G9 und hinsichtlich der inhaltlichen Ausrichtungen in den MINT-Fächern stellen keine großen Eingriffe in die derzeit publik gewordenen Planungen dar, so dass deren Umsetzung beim jetzigen Stand der Planungen nicht allzu schwierig sein sollte.

Wir Mitglieder des Forums Technologie wollen als langjährig erfahrene universitäre Hochschullehrer auch betonen, dass nicht hoch spezialisierte Kenntnisse in einzelnen Details, sondern fest verankerte Grundkenntnisse und Grundfertigkeiten in Mathematik, der gut geübte Gebrauch mathematischer Methoden in den Naturwissenschaften, aber auch hinreichende Fähigkeiten in deutscher und englischer Sprache einen gut qualifizierten Erstsemesterstudierenden in den MINT-Fächern ausmachen.

München, 10.11.2017

Das Forum Technologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Projektausschuss des Forums Technologie:

Abstreiter, Gerhard, Prof. Dr., Institute for Advanced Study, TUM

Bode, Arndt, Prof. Dr. Dr.-Ing. habil., Leibniz-Rechenzentrum der BAdW; Institut für Informatik der TUM

Drexl, Josef, Prof. Dr. jur. LL.M. (Berkeley), Max-Planck-Institut für Geistiges Eigentum, Wettbewerbs- und Steuerrecht, München

Dudel, Josef, Prof. em. Dr. med., Institut für Neurowissenschaften, TUM

Durst, Franz, Prof. em. Dr. Dr. h.c. mult., FPM Technology GmbH, Erlangen

Frey, Dieter, Prof. Dr. phil., Institut für Psychologie, LMU München

Hagenauer, Joachim, Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h., Institut für Nachrichtentechnik, TUM

Huber, Johannes, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c., Lehrstuhl für Digitale Übertragung, FAU Erlangen-Nürnberg (Vorsitzender)

Kramer, Gerhard, Prof. Dr.-Ing., Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, TUM

Rank, Ernst, Prof. Dr., Lehrstuhl Computation in Engineering, TUM

Rummel, Reinhard, Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult., Institut für Astronomische und Physikalische Geodäsie, TUM

Sachs, Gottfried, Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h.c., Institut für Luft- und Raumfahrt, TUM

Schwaiger, Markus, Prof. Dr. med., Lehrstuhl für Nuklearmedizin, TUM

Schwoerer, Markus, Prof. em. Dr., Lehrstuhl für Experimentalphysik, Univ. Bayreuth

Wagner, Ulrich, Prof. Dr.-Ing., Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, TUM

Wall, Wolfgang, Prof. Dr., Lehrstuhl für Numerische Mechanik, TUM

Zenger, Christoph, Prof. em. Dr. Dr. h.c. mult., Fakultät für Informatik, TUM

Projektbeirat des Forums Technologie:

Hoffmann, Karl-Heinz, Prof. em. Dr. Dr. h.c. mult., Zentrum Mathematik – M6, TUM

Kammermayer, Reinhard, Dr., OstD a.D., ehem. Direktor des Katharinen-Gymnasiums in Ingolstadt

Rohde, Ulrich L., Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult., USA

Schnettler, Armin, Prof. Dr.-Ing., Institut für Hochspannungstechnik, RWTH Aachen, und Forschungsabteilung New Technology & Innovation Fields, Siemens Corporate Technology