

Hausamann Dieter

## **MINT-Talentförderung – neue Perspektiven für hochbegabte Jugendliche und ihre Lehrer<sup>1</sup>**

### **1 Einleitung**

Das vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt betriebene DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen ist eines von etwa 300 Schülerlaboren, in denen junge Leute für naturwissenschaftlich-technische Berufe begeistert werden sollen: Derzeit (2013) fehlen allein in Deutschland über 250.000 MINT<sup>2</sup>-Fachkräfte.

Das DLR\_School\_Lab wendet sich mit Experimenten aus der Luft- und Raumfahrtforschung an alle Schülerinnen und Schüler der Mittel- und Oberstufe, aber auch gezielt an begabte und motivierte junge Leute, um diese durch besondere Enrichment-Programme und -Projekte zu fördern. Das Schülerlabor hat seine entsprechenden Erfahrungen in der vergangenen Dekade mit über 18.000 Schülerinnen und Schülern und in etwa 50 Enrichment-Projekten für besonders Begabte gewonnen.

Der Beitrag beschreibt die grundlegende Konzeption des DLR\_School\_Lab und zeigt an Beispielen neue Wege für die Förderung von MINT-Talenten auf. Weiterhin wird das Konzept für die Lehrerfortbildung und dessen Einbeziehung in den ECHA-Diplomstudiengang der Universität Münster für Pädagogen im Bereich MINT vorgestellt.

### **2 Die MINT-Lücke**

Im Jahr 2008 fehlten in Deutschland ca. 60.000 Mathematiker/innen, Informatiker/innen, Naturwissenschaftler/innen und Ingenieure/innen, diese so genannte MINT-Lücke wird bis zum Jahr 2020 voraussichtlich auf etwa eine halbe Million anwachsen (Stahl, 2009, p. 2).

In seiner Analyse der Faktoren für die Verfügbarkeit von MINT-Fachkräften zeigt Tengelin (2009, Fig. 21), dass die Situation in Europa vor allem durch die demographische Entwicklung, aber auch durch die wachsende Unpopularität der MINT-Berufe bei Jugendlichen geprägt wird. "Why don't young people want to become engineers?" ist der Titel einer

---

<sup>1</sup> Zitat: Hausamann, D. (2013). MINT-Talentförderung – neue Perspektiven für hochbegabte Jugendliche und ihre Lehrer. In Fischer, C., Fischer-Ontrup, C., Käpnick, F., Mönks, F.J., Scheerer, H. & Solzbacher, C. (Hrsg.). *Begabungsförderung von der frühen Kindheit bis ins Alter*. Münster. LIT.

<sup>2</sup> MINT = Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik

kürzlich erschienen Publikation (Becker, 2010), in der der Autor zum Schluss kommt, dass die Bereitstellung von “resources to make it possible for students to come into contact with practical work” unabdingbar sei (ibid., p. 364).

Junge Leute für Wissenschaft und Technologie zu begeistern ist eine gesellschaftliche Aufgabe von höchster Priorität: Dies ist ein wesentliches Ergebnis des von der Europäischen Strategieorganisation COST (2007) organisierten Workshops “Meeting the Needs of Gifted Children and Adolescents: Towards a European Roadmap”. Die von den Teilnehmern verabschiedete Resolution wendet sich an die Europäische Kommission, u.a. mit der wesentlichen Forderung “to involve scientists, research facilities and industry in the development of education for our gifted and talented.” Wörner (2011) befasst sich mit der MINT-Lücke aus der Sicht des Vorstandsvorsitzenden des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR). Eine der Maßnahmen zur Gewinnung von exzellentem MINT-Nachwuchs ist das Konzept der DLR\_Talent\_School (o.D.) z.B. für Preisträger/innen des alljährlichen Jugend forscht Bundeswettbewerbs.

Um das Interesse von Jugendlichen an den MINT-Disziplinen zu steigern, wurden in der vergangenen Dekade von Forschungszentren und Universitäten in Europa zahlreiche Schülerlabore als extracurriculare außerschulische Lernorte eingerichtet; nach Angabe des Bundesverbands der Schülerlabore Lernort Labor e.V. (LeLa, o.D.) gibt es heute allein in Deutschland über 300.

In einem typischen Schülerlabor können Schüler/innen selbständig und eigenverantwortlich High-Tech-Experimente durchführen. Ihre Besonderheiten, die Rolle von Experimenten und die Bedeutung einer authentischen Lernumgebung als kritische Faktoren einer zeitgemäßen physikalischen Erziehung wurden von Euler (2004, S. 7) diskutiert. Die Wirksamkeit von Schülerlaboren wurde kürzlich von Pawek (2009 und 2012) nachgewiesen. Alle diese Studien zeigen die bedeutende Rolle einer authentischen Lernumgebung als entscheidender Erfolgsfaktor eines Schülerlabors. Das didaktische Konzept basiert dabei auf der Methodik einer so genannten “Inquiry-Based Science Education”, die von der Europäischen Kommission (2007) empfohlen wird.

### **3 Das DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen und seine Partner Hector-Seminar und ICBF**

#### **3.1 Das DLR und das DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen**

Das DLR (o.D.) ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs-

und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 16 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 7.300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C. Oberpfaffenhofen bei München ist mit ca. 1.700 Beschäftigten einer der größten Forschungsstandorte Deutschlands. Die Schwerpunkte der acht wissenschaftlichen DLR-Institute in Oberpfaffenhofen sind unter anderem die Beteiligung an Weltraummissionen, die Klimaforschung, Forschung und Entwicklung zur Erdbeobachtung, der Aufbau des künftigen europäischen Navigationssystems Galileo und die Weiterentwicklung der Robotertechnik. Diese Forschungsaktivitäten werden ergänzt durch das Deutsche Raumfahrtkontrollzentrum, das Galileo Control Center, den Betrieb von Forschungsflugzeugen und das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum.

Das DLR\_School\_Lab-Programm wurde im Jahr 2000 begonnen und wird aus internen Mitteln finanziert (ca. 3 Millionen Euro pro Jahr). Derzeit (2013) betreibt das DLR zehn Schülerlabore, darunter das DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen (o.D.). Dieser außerschulische Lernort bietet Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe 2 High-Tech Experimente aus den Forschungsgebieten der DLR-Institute am Standort Oberpfaffenhofen in der authentischen Atmosphäre einer Großforschungseinrichtung. Die Schüler/innen erleben die Faszination der Luft- und Raumfahrtforschung und werden mit einer Reihe von Themen und Arbeitsmethoden der Hochtechnologieforschung vertraut gemacht. Das DLR\_School\_Lab bietet derzeit 13 Experimente zu den Themen Infrarot-, Laser- und Radartechnologie, Umweltfernerkundung, Meteorologie, Erdfernerkundung, Satellitennavigation, Robotik, Telepräsenz, Virtuelle Mechanik, Flugexperimente, Mobile Raketenbasis und Geodäsie an.

Im Rahmen eines typischen eintägigen Besuchs, können die Schüler/innen entsprechend ihrem persönlichen Interesse zwei Experimente durchführen. Jedes Experiment umfasst zwei Stunden intensiven und aktiven Experimentierens im jeweiligen Technologiegebiet. Am Ende eines Besuchs hat jede/r Schüler/in einen tieferen Einblick in zwei Forschungsthemen und die zugehörige Forschungsarbeit gewonnen.

Der Schlüssel für den Erfolg eines Schülerlabors ist die Authentizität einer lebensnahen Laboratmosphäre – der persönliche Kontakt mit Wissenschaft-

ler/innen und MINT-Studierenden und die intensive Beschäftigung mit realen Experimenten. Experimentieren im Schülerlabor bedeutet die autonome Beschäftigung mit komplexem und teurem High-Tech Equipment, das an Schulen nicht verfügbar ist, wie z.B. die Arbeit mit einem mobilen Spektrometer, einer Wärmebildkamera, mobilen Laser- und Radarsystemen, oder mit komplexen Simulationsprogrammen.

Die experimentierenden Schüler/innen werden in der Regel von Universitätsstudent/innen betreut und unterstützt, im Prinzip werden sie ermuntert unabhängig zu arbeiten und selbstgesteuert praktische Erfahrung in interessanten angewandten Forschungsfeldern zu gewinnen, ihren persönlichen Horizont zu erweitern, die grundlegenden physikalischen, technischen und geowissenschaftlichen Zusammenhänge zu verstehen, aber auch die wissenschaftlichen und technischen Anwendungen des jeweiligen Experiments kennenzulernen. Die Schüler/innen arbeiten in kleinen Gruppen von vier bis sechs Personen, wodurch eine stimulierende Arbeitsatmosphäre entsteht und gleichzeitig der Nutzen der Zusammenarbeit im Team erkennbar wird. Die Begleitlehrer/innen werden darauf hingewiesen, nicht in das jeweilige Experiment einzugreifen, sondern sich auf die Beobachtung aus dem Hintergrund zu beschränken.

Ein Besuchstag am DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen wird üblicherweise durch einen Besuch des Deutschen Raumfahrtkontrollzentrums GSOC abgerundet, dabei erhalten die Schüler/innen Einblick in die Satellitensteuerung und die Forschungsarbeiten auf der Internationalen Raumstation ISS.

Seit seiner Eröffnung im Jahr 2003 haben über 18.000 Schüler/innen im DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen experimentiert.

### **3.2 Das Hector-Seminar – ein wissenschaftlich evaluiertes extracurriculares Enrichment-Programm**

Das Hector-Seminar (o.D.) ist eine von der Hector-Stiftung finanzierte Einrichtung zur Hochbegabtenförderung mit einem Enrichment-Angebot in den Fachbereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik. Die Seminare sind eine Ergänzung zum schulischen Angebot der Gymnasien, beginnend in der Klassenstufe 6 bis zur gymnasialen Oberstufe. Bei den Projekten wird ein interdisziplinärer Ansatz verfolgt, dessen übergeordnetes Ziel die gesamtheitliche Persönlichkeitsentwicklung, die Aktivierung und Entfaltung der kognitiven, methodischen, personalen und sozialen Potenziale und die Entwicklung entsprechender Kompetenzen und Leistungsfähigkeit ist. Die jeweils ca. 60 Teilnehmer/innen der Hector-Seminarkurse werden in einem zweistufigen Auswahlverfahren aus den ca. 7.500 Schüler/innen der 6. Jahrgangsstufe der Gymnasien Nordbadens aus-

gewählt. Die kognitiven, kreativen und sozialen Fähigkeiten dieser Schüler/innen liegen daher weit über dem gymnasialen Durchschnitt. Diese Arbeitskreise werden an den drei Standorten, Heidelberg, Mannheim und Karlsruhe, von jeweils zwei Lehrkräften geleitet und finden wöchentlich an zwei Nachmittagsstunden statt. Seit 2001 haben über 700 Schüler/innen von diesem Angebot profitiert. Die Projekte des Hector-Seminars werden häufig mit externen Forschungspartnern (z.B. dem DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen) durchgeführt.

Die Wirksamkeit des Hector-Seminar Programms wurde im Rahmen einer longitudinalen Evaluationsstudie über acht Jahre gründlich untersucht (Heller, 2009 und 2012):

- Die Studie basiert auf einer Langzeitbeobachtung von zwei Hector-Seminargruppen während ihrer Schullaufbahn in der Sekundärstufe (2001 – 2008);
- Die erste Stufe des zweistufigen Selektionsprozesses ist ein Screening-Verfahren zur Vorauswahl der 10% MINT-talentiertesten Gymnasialschüler in Nordbaden (mit einer gymnasialen Einschulungspopulation von ca. 7.500). Damit nominieren die Gymnasial-Lehrkräfte jene Schüler/innen einer Klasse, die hinsichtlich Intelligenz, Kreativität und Sozialkompetenz zu den 10% Klassenbesten gehören.
- Die zweite Stufe basiert auf der von Heller und Perleth (2007) entwickelten „Münchener Hochbegabungstestbatterie“ für Sekundarstufenschüler (MHBT-S), einem speziell für die Identifizierung Hochbegabter entwickelten Test, dem die 10% vorausgewählten Gymnasiasten unterzogen werden.
- Bei der Studie wurde ein Treatment-/Kontrollgruppen Design angewendet, bei dem die Hector-Seminar (Treatment-) Gruppen jedes Jahrgangs aus den 1% am besten getesteten 60 Schüler/innen besteht, während die Kontrollgruppen aus den 60 im Testergebnis nachfolgenden Schüler/innen gebildet werden; d.h. die Fähigkeitspotentiale beider Gruppen sind vergleichbar. Weitere Einzelheiten zur Auswahl und Evaluation finden sich bei Heller (2009 und 2012).

Das Gesamtergebnis der Studie bestätigt die Validität der Talentsuche und der Wirksamkeit des Hector-Seminar Programms in allen Einzelheiten. Der bemerkenswerteste Effekt ist die Top-Platzierung beider Gruppen in den Abiturergebnissen, wobei die Trainingsgruppen eine im Mittel um eine Note besseren Abiturschnitt erreichten als die Kontrollgruppen. Die Studienwahl insbesondere der Trainingsgruppen zeigt eine hohe Präferenz für die MINT-Disziplinen, d.h. das Programm erfüllt sein wichtigstes Ziel.

Das DLR\_School\_Lab ist einer der wichtigsten externen Forschungspartner für typische Hector-Seminar-Projekte: Seit 2004 wurden insgesamt fünf gemeinsame Projekt mit dem DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen erfolgreich abgeschlossen.

### **3.3 Das ICBF und die ECHA Lehrerausbildung ‚Specialist in Gifted Education‘**

Der Ausbildungsgang zum Diplom "Specialist in Gifted Education" wurde an der Universität Nijmegen in Kooperation mit dem European Council for High Ability (ECHA) entwickelt und wurde vom Internationalen Centrum für Begabungsforschung (ICBF, o.D.) an der Universität Münster für Deutschland weiterentwickelt. Die Zusatzausbildung richtet sich vor allem an Lehrpersonen, um diese zu befähigen, begabten Kindern und Jugendlichen einen begabungsfördernden Unterricht in der Schule anzubieten.

Die Ausbildung umfasst insgesamt ca. 500 Stunden und besteht aus einem theoretischen und einem praktischem Teil. In die Weiterbildung werden die jeweils aktuellen Ergebnisse der Begabungsforschung und Begabtenförderung des ICBF einbezogen. Die Ausbildung wird von Prof. Dr. Franz J. Mönks, Prof. Dr. Christian Fischer und weiteren in der Begabungsförderung tätigen Referentinnen und Referenten durchgeführt.

Der dreisemestrig Ausbildungsgang besteht aus vier zweitägigen Blockseminaren, die jeweils am Freitag/Samstag in der Akademie Franz Hitze Haus in Münster stattfinden. Zwischen den Blockseminaren finden Literaturzirkel sowie Schulbesuche in Kleingruppen statt. Der Kurs wird mit der feierlichen Verleihung der Diplomurkunden beendet.

Der theoretische Teil beinhaltet neben (Hoch-)Begabungskonzepten vor allem Möglichkeiten der Identifizierung und Förderung besonders begabter Kinder im schulischen und außerschulischen Kontext. In den Literaturzirkeln wird dazu die Pflichtliteratur gemeinsam mit einer Mentorin erarbeitet. Der Theorieteil wird mit einer Klausur abgeschlossen.

Der praktische Teil umfasst neben Exkursionen zu Einrichtungen der Begabtenförderung vor allem die praktische Arbeit mit begabten Mädchen und Jungen. Diese soll in Form eines Projektes zur schulischen Begabtenförderung im Rahmen der Diplomarbeit dokumentiert werden. Der Praxisteil wird mit der Besprechung der Diplomarbeiten beendet.

Hinsichtlich der MINT-Disziplinen ist das DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen an der ECHA-Ausbildung beteiligt, zum einen mit seinem Praxisbeitrag „MINT-Talentförderung im Schülerlabor – Beispiel DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen“ im Rahmen der Blockseminare, zum anderen als Hospitationsort für die Beobachtung von Hochbegabten beim Experimentieren im Schülerlabor.

#### **4 Schulische und außerschulische MINT-Talentförderung in Deutschland**

In der vergangenen Dekade hat die Notwendigkeit der Förderung begabter Kinder zunehmende Bedeutung erlangt, was sich an einer Reihe von öffentlichen und privaten Maßnahmen zeigt. Diese wachsende Aufmerksamkeit ist nicht zuletzt auf die ökonomische und demographische Situation und den zunehmenden Fachkräftemangel – vor allem im MINT-Bereich – zurückzuführen. Die öffentlichen Aktivitäten sind von Bundesland zu Bundesland höchst unterschiedlich, in vielen Bereichen der Begabtenförderung hat das Land Bayern eine Spitzenposition. Neben den in diesem Beitrag beschriebenen Schülerlaboren umfassen die in Deutschland ergriffenen öffentlichen und privaten Maßnahmen

- die Einbeziehung der Begabtenförderung in die Politik der Bildungs- und Wissenschaftsministerien;
- Schulen mit speziellen Förderklassen für Hochbegabte, z.B. das Maria-Theresia-Gymnasium in München (o.D.);
- spezielle Schulen für besonders Begabte, z.B. die Christophorus-schule Königswinter (o.D.);
- MINT-Programme wie das Hector-Seminar (Heller 2009 und 2012);
- spezifische Förderprogramm für überragende Schüler, z.B. das Maximilianeum-Programm in Bayern;
- Unterstützungs-Netzwerke für exzellente Universitätsstudent/innen, z.B. das Elite-Netzwerk in Bayern;
- öffentliche Stiftungen wie die Studienstiftung des Deutschen Volkes und viele andere Stipendien-Programme (c.f. BMBF, o.D.);
- zahlreiche nationale und regionale private Stiftungen wie z.B. die Karg-Stiftung oder die Hector-Stiftung;
- private Vereine zur Begabten- und Talentförderung, wie z.B. die Deutsche Gesellschaft für das hochbegabte Kind (DGhK), Bildung und Begabung e.V. oder Mensa;
- nationale und internationale MINT-Wettbewerbe wie die Wissenschaftsolympiaden oder Jugend forscht;
- Wettbewerbe von Privatunternehmen, z.B. FOCUS, Siemens, Intel, und National Instruments;
- die Deutsche Schülerakademie (o.D.) und andere Wissenschafts- und Junior-Akademien.

Hausamann & Heller (2011) zeigen im Themenschwerpunktheft ‚MINT-Talentförderung‘ des Journals für Begabtenförderung auf, durch welche schulischen und außerschulischen Enrichment-Angebote junge MINT-Talente besonders wirkungsvoll angeregt und gezielt gefördert werden können. Im Zentrum dieses Themenhefts stehen daher erprobte Beispiele solcher Enrichments, deren besonderes Anliegen neben der Förderung kognitiver MINT-Kompetenzen die Stärkung des Fähigkeitsselbstkonzepts sowie die Weckung des Interesses begabter Schüler/innen an MINT ist.

#### **4.1 Angebote an begabte Schüler/innen: Typ III Enrichment-Projekte am DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen**

Eine der Schlüsselaufgaben des DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen ist die Förderung besonders begabter und talentierter Schüler/innen (c.f. Hausamann, 2012). Da die Experimente des Schülerlabors aus der aktuellen Forschung an den DLR-Instituten heraus entwickelt wurden, gibt es bezüglich ihrer wissenschaftlichen Tiefe und Komplexität zahlreiche Erweiterungsmöglichkeiten; sie lassen sich daher besonders leicht an das Potential von hochtalentierten und motivierten Schüler/innen anpassen. Hinzu kommt, dass die persönliche Expertise der betreuenden Wissenschaftler/innen und Student/innen das schulische Niveau weit überragt.

Prinzipiell gibt es zwei Typen von Enrichmentprojekten:

- Reguläre Besuche des DLR\_School\_Lab, wobei die Experimente erweitert und vertieft werden. Diese Angebote werden häufig von den Münchner Förderklassen, z.B. des Maria-Theresia-Gymnasiums, genutzt.
- Längerfristige Schülerforschungsprojekte, die sich mit einem Forschungsthema beschäftigen und Ergebnisse zu einer aktuellen Fragestellung erarbeiten.

Die wissenschaftlich-technologischen Forschungsaktivitäten der DLR-Institute eignen sich hervorragend für spezielle Schülerforschungsprojekte, so genannte Typ III Enrichment-Projekte<sup>3</sup>. Themen wie Satellitennavigation, Robotik oder Fernerkundung der Erde sind einerseits gekennzeichnet durch ihre hohe Aktualität und Anwendungsrelevanz, andererseits sind die wissenschaftlichen Probleme und Fragestellungen meist komplex und auch nicht in den Standard-Schulcurricula enthalten.

---

<sup>3</sup> In seinem Schoolwide Enrichment Model definiert Renzulli (Renzulli & Reis, 2002) drei Typen von Enrichment-Aktivitäten mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad. Das Typ III Enrichment ist die weitest gehende Stufe dieses individuellen Fördermodells mit der höchsten Komplexität.

Alle vom DLR\_School\_Lab initiierten Typ III Enrichment-Projekte sind charakterisiert durch

- den Zusammenhang mit den aktuellen Forschungsgebieten des DLR,
- eine von DLR\_School\_Lab und den betreuenden Lehrkräften gemeinsam erarbeitete Projektdefinition,
- eine von der ganzen Klasse bzw. Gruppe getroffene Auswahl dieses speziellen Themas (gegenüber alternativen Optionen);
- die Verantwortung der Schüler/innen für die spezifischen Aufgaben und Ziele, aber auch für Projektorganisation und Projektmanagement,
- die Rolle von Lehrkräften und Wissenschaftlern als Berater, die die Schüler auf Anforderung unterstützen,
- eine Zeitdauer des Projekts über mehrere Monate,
- einen mehrtägigen Besuch im DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen als essenzielle Projektaktivität,
- sowie die eigenverantwortliche öffentliche Präsentation der Projektergebnisse durch die Schüler/innen.

Zwischen 2004 und 2012 wurden insgesamt acht solcher Typ III Enrichment-Projekte durchgeführt, davon fünf gemeinsam mit dem Hector-Seminar. Die folgenden drei Beispiele sind typisch für derartige Schülerforschungs-Aktivitäten.

#### **4.2 Das „GPS-Einstein“ Projekt**

Satellitennavigation ist eine der wenigen technischen Anwendungen, die die Einstein'schen Relativitätstheorie explizit berücksichtigen müssen, da sie sonst nicht funktionieren würden. Das Ziel des GPS-Einstein-Projekts (Hausmann, 2006, Hausmann & Schmitz, 2007) war die quantitative Untersuchung dieses Einflusses auf die Genauigkeit der Ortsbestimmung. Das Projekt wurde mit einer 12. Klasse der Christophorusschule Königswinter durchgeführt und erstreckte sich über ca. ein halbes Jahr.

In der ersten Phase machten sich die Schüler/innen mit den Themen Relativitätstheorie und satellitengestützte Navigation vertraut. Die zweite Phase war eine dreitägige Exkursion zum DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen. Das Programm dieses Besuchs war auf die Fähigkeiten und Anforderungen dieser außerordentlich begabten Schüler/innen zugeschnitten. Ein wesentliches didaktisches Merkmal war die Selbststeuerung durch die Gruppe und der ständige Methodenwechsel zwischen selbständigem Arbeiten und Vorlesungen auf Universitätsniveau. In der dritten Projektphase

vervollständigten die Schüler das Projekt: Sie berechneten die Frequenzverschiebung der Satellitenuhren und die erforderlichen Korrekturen. Vier Schüler präsentierten ihre Endergebnisse in München im Dezember 2005 auf dem Einstein-Schülerkongress, der dem Leben und Wirken Albert Einsteins gewidmet war.

#### **4.3 Das Projekt „Geophysik – Fernerkundung“ von Satelliten**

Satellitendaten sind unverzichtbare Informationen bei der Untersuchung und Analyse der langfristigen globalen Veränderungen, des Klimawandels, der Schädigung unserer Umwelt und der durch den Menschen verursachten Änderungen unseres Lebensraums. Die Aufgabe des Hector-Seminar-Projekts „Geophysik – Fernerkundung mit Satelliten“ bestand in der quantitativen Bestimmung von Veränderungen der heimischen Umgebung der teilnehmenden Schüler/innen aus der Analyse von über einen längeren Zeitraum gewonnenen Satellitenbildern (Hausamann, Wilke, Taulien, Grix & Locherer, 2009).

In einem eintägigen Workshop im April 2006 wurde die Gruppe von 12 Neunt- und Zehntklässer/innen mit den wissenschaftlichen Grundlagen, Methoden und Technologien vertraut gemacht, u.a. zur Bestimmung der Eigenschaften des Sonnenspektrums und dessen Einfluss auf das Geosystem. Im Mai 2006 verbrachten die Schüler/innen drei Tage im DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen, um sich intensiv mit Fernerkundungstechnologien, dem Zugang zu und der Analyse von Satellitendaten zu beschäftigen. Die dritte Projektaktivität war eine Messkampagne in Heidelberg. Auf der Basis der Ergebnisse dieser Messkampagne klassifizierte die Gruppe Satellitenbilder ihrer Heimatregion und analysierte die Veränderungen zwischen 1989 und 1999. Die Gruppe präsentierte ihre Ergebnisse im Juli 2006 in Mannheim auf dem jährlich stattfindenden Projektfest des Hector-Seminars.

#### **4.4 Das Projekt „Akustischer Galileo-Simulator“**

Die Funktionsweise eines Satellitennavigationssystems wie GPS oder zukünftig Galileo beruht auf dem Empfang der elektromagnetischen Signale von vier Satelliten durch den Satellitennavigationsempfänger. Aus der Kenntnis der genauen Position der Satelliten und des Zeitpunkts der Aussendung der Signale kann der Empfänger seinen Ort mit einer Genauigkeit von einigen Metern bestimmen. Den vier Signalen muss dabei nicht nur die Zeitinformation digital aufgeprägt sein, sondern auch die Kennung des aussendenden Satelliten.

Aufgabe des mehrmonatigen Gemeinschaftsprojekts „Akustischer Galileo-Simulator“ des Hector-Seminars und des DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen war die Entwicklung einer praktischen Simulation der Satellitennavigation. An diesem Projekt nahmen 12 Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 9 und 10 teil. Dabei entwickelten sie einen Versuchsaufbau, mit dem die Position eines Empfängers (Mikrofon) mit Hilfe codierter akustischer Signale von zwei Satelliten (Lautsprecher) bestimmt werden konnte.

Das Verfahren entspricht der bei Satellitennavigationssystemen, wie z.B. GPS oder Galileo, angewandten PRN-Methode: dabei sendet jeder Sender einen sog. Pseudozufallscode aus, welcher dem Empfänger bekannt ist. Das bedeutet, der Empfänger kann den gespeicherten Code mit dem empfangenen, superpositionierten Code vergleichen und aus der relativen zeitlichen Verschiebung den Abstand zu einem Referenzpunkt bestimmen.

Im Rahmen eines 3-tägigen Workshops beim DLR Oberpfaffenhofen wurde die Simulation des Sender- und Empfängersystem durch die Schülergruppe selbstständig konzipiert, entwickelt, getestet und technisch realisiert; zur Projektunterstützung stellte die Firma National Instruments (o.D.) Hard- und Softwarekomponenten (myDAQs in einer LabView-Umgebung) zur Verfügung. Projektmanagement und Teamorganisation erfolgten innerhalb der Schülergruppe, bei Bedarf und auf Anforderung erhielt die Gruppe Experten-Unterstützung durch die Autoren.

Die Gruppe präsentierte die Ergebnisse und den funktionierenden Simulator im Juli 2012 in Karlsruhe auf dem jährlich stattfindenden Projektfest des Hector-Seminars. Der Simulator wurde auch auf dem von National Instruments veranstalteten Ausbilder- und Dozententag im Oktober 2012 in Fürstfeldbruck präsentiert (Hausamann, Schüttler, Rommel, Taulien, Piffer, Müller, Dallinger & Schubert, 2012)

## **5 Bewertung und Evaluation von außerschulischen Schülerlaboren**

Schülerlabore erfordern stets einen beträchtlichen Aufwand an finanziellen und menschlichen Ressourcen; daher ist es essentiell, die Wirksamkeit einer solchen Maßnahme nachzuweisen und zu zeigen, dass der Aufwand durch einen entsprechenden Nutzen gerechtfertigt ist. Da es Schülerlabore erst seit etwas über einer Dekade gibt (das erste DLR\_School\_Lab in Göttingen nahm im Jahr 2000 seinen Betrieb auf), sind noch keine vollständigen Evaluationen verfügbar, insbesondere gibt es keine Studien mit Kontrollgruppen. Allerdings lassen mehrere Untersuchungen keinen Zweifel an der Wirksamkeit dieses Konzepts. Die Ergebnisse verschiedenartiger Studien sind bei Hausamann (2012) beschrieben. U.a. gibt es

- eine Evaluation von vier DLR\_School\_Labs (einschließlich des Labors in Oberpfaffenhofen), in der die Wirkung dieser Labore auf das Interesse der Schüler/innen und die Veränderung von deren Selbstkonzept nachgewiesen wird (Pawek, 2009 und 2012);
- die oben beschriebene longitudinale Evaluation des Hector-Seminars von Heller (2009 und 2012), die auch das DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen als einen der externen Partner einbezieht;
- die Analyse von über 9.000 Fragebogen von 2.600 Schülerinnen und 6.400 Schülern aus regulären Klassen der Stufe 9 bis 13 – unmittelbar nach dem Besuch des DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen gewonnenes Feedback;
- eine qualitative Untersuchung der Unterschied zwischen regulären Schulklassen und Förderklassen für Hochbegabte (Stumpf, Neudecker & Schneider, 2008);
- schließlich die Analyse der Fragebögen und Feedbacks von 44 Teilnehmer/innen an Typ III Enrichment-Projekten.

Der Vergleich der Rückmeldungen von Typ III Projektteilnehmer/innen und Schüler/innen aus regulären Klassen zeigt<sup>4</sup>:

- 95% (93%) der Studenten besuchten das Schülerlabor zum ersten Mal.
- Die Erwartungen von 85% (87%) wurden erfüllt.
- Nur 4% (22%) fanden die Dauer des Besuchs zu lange.
- Keine/r der Schüler/innen (1%) kritisierte die Betreuung.
- Nur 2% (4%) fanden die Experimente zu kompliziert.
- 65% (62%) bestätigen, dass der Besuch ihr Interesse an MINT vergrößert hat.
- 93% (80%) wollen mit ihren Eltern oder Freunden über den Besuch sprechen.
- 81% (66%) würden gerne wiederkommen und andere Experimente machen.
- 94% (96%) der Schüler/innen hat das Experiment Spaß gemacht.

---

<sup>4</sup> In der folgenden Aufzählung bezieht sich die erste Angabe jeweils auf die Antworten der Typ III Projektteilnehmer/innen, die zweite (in Klammer) auf die Schüler/innen aus regulären Klassen.

- 93% (78%) bestätigen den Alltagsbezug der Experimente und deren Bedeutung für das tägliche Leben.
- 65% (49%) wollen einen MINT-Beruf ergreifen.

Insgesamt ist das Feedback der Regelklassen äußerst positiv, jedoch zeigen die Teilnehmer/innen der Typ III Projekte eine noch positivere Resonanz. Bei zwei Punkten sind die Unterschiede deutlich:

- Wesentlich mehr (15%) Typ III Projektteilnehmer/innen würden gerne weiterexperimentieren bzw. Das DLR\_School\_Lab nochmals besuchen – dies ist durchaus bemerkenswert, da diese Schüler/innen bereits mehrere Tage im Schülerlabor verbracht haben.
- Zwei Drittel der Hochbegabten wollen einen MINT-Beruf ergreifen, bei den Regelklassen ist es nur knapp die Hälfte.

## **6 Lehrerbildung am DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen**

Das DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen bietet interne und externe Fortbildungsveranstaltungen für Lehrkräfte an – Veranstaltungen für Lehrergruppen bzw. Fachschaften einzelner Schulen, Regionale Lehrerfortbildungen in Zusammenarbeit mit den Bezirks-Schulbehörden und Fortbildungen für Seminarlehrer (d.h. Referendarausbildern) gemeinsam mit der bayerischen Landesakademie. Das Lehrerbildungskonzept des DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen stellt eine Verbindung zwischen außerschulischem Lernort und schulischem Curriculum her, indem es die unabhängigen Experimente und deren wissenschaftlichen Hintergrund in einen didaktischen Kontext stellt. Dadurch gibt es Lehrkräften neue Impulse zur Entwicklung anwendungsorientierter Konzepte ihres Unterrichts – und ermuntert sie auch zum Besuch ihrer Klassen im DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen.

Wesentliches Element einer solchen Veranstaltung ist die eigenständige Durchführung von Experimenten, wobei die Lehrkräfte in die Rolle von Schülern schlüpfen und deren Gefühle und Erfolgserlebnisse am eigenen Leib erfahren und nachempfinden können. Die Experimentalarbeit wird ergänzt durch die Vermittlung von didaktischen Aspekten, um den Zusammenhang der Experimente mit dem schulischen Curriculum aufzuzeigen. Die Fortbildungen werden durch (i.d.R. mehrere) Fachvorträge von Wissenschaftler/innen über aktuelle Forschungsthemen ihrer Institute ergänzt.

Seit 2003 haben ca. 1.500 Lehrkräfte an internen Fortbildungen im DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen teilgenommen, hinzu kommen weit über 1.000 extern fortgebildete Lehrer/innen. Das Feedback der Lehrkräfte

ist größtenteils extrem positiv (Hausamann, 2012), sowohl bezüglich des Gesamtkonzepts, der Qualität der Präsentationen, als auch der Organisation und der Kompetenz der Instruktoren. Nur die Übertragbarkeit auf den Schulunterricht wird zumindest von 20% der Teilnehmer kritisch bewertet. Die Zustimmung lässt sich auch am Interesse an einem Besuch des Schülerlabors mit ihren Klassen ablesen. Die Lehrerfortbildungen sind einer der Hauptgründe für die hohe Auslastung des DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen mit derzeit (2013) ca. 2 Jahren Anmeldefrist.

## 6.1 Fortbildung von Begabtenförderern

Lehrkräfte spielen in der Begabtenförderung eine Schlüsselrolle, die typischen Merkmale und erforderliche Kompetenzen wurde von Seeley (1985) beschrieben: Speziell bei Typ III Enrichment-Projekten verändert sich die Rolle des Lehrers vom Instruktor zum Initiator, Mentor, Berater, Trainer und Kritiker.

Die Unterstützung der Unabhängigkeit, Motivation und Kreativität begabter Schüler/innen ist von allergrößter Wichtigkeit (cf. Cropley & Urban, 2002). Pädagogische Konzepte wie das selbstgesteuerte Lernen (Fischer, 2004) eignen sich ideal für Typ III Enrichment-Projekte.

Das am DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen entwickelte Lehrerbildungskonzept wurde für die erweiterten Anforderungen an Lehrkräfte in der Begabtenförderung weiter entwickelt: Bezüglich Inhalt und Komplexität der Experimente

- wird der wissenschaftliche Hintergrund erweitert auf denkbare Probleme und Fragestellungen für hochinteressierte und talentierte Schüler/innen;
- werden mögliche Kombinationen von Experimenten und Technologien vorgestellt;
- wird der didaktische und curriculare Hintergrund zur Akzelerierung von Experimenten charakterisiert, um die Experimente auch für jüngere Schüler/innen interessant und begreifbar zu machen.

Ein Beispiel für diese gute Praxis ist eine ganztägige Lehrerfortbildung für eine Gruppe von Hector-Seminar Kursleiter/innen im Dezember 2004 im DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen, die von Hector-Seminar-Lehrkräften im Nachgang zum Projekt ‚Space Robotics‘ initiiert worden war. Diese Fortbildungsveranstaltung war bis dato der Nukleus für vier Folgeprojekte: Geophysik 2006 (s.o.), Satellitennavigation 2008, Robotik 2010 und Galileo 2012 (s.o.).

## **6.2 MINT-Fortbildungsangebote im Rahmen der ECHA-Kurse**

Das extracurriculare Talentförderungskonzept des DLR\_School\_Lab ist seit 2007 auch in die ECHA-Lehrerbildung am ICBF der Universität Münster integriert, einem Studienangebot zur Weiterbildung von Lehrkräften zu Begabtenförderern; diese erwerben dabei das sog. ECHA-Diplom „Specialist for Gifted Education“. Dabei wird das Potential außerschulischer Lernorte in der Begabten- und Talentförderung im Praxisblock der Ausbildung präsentiert; der Schwerpunkt liegt dabei in der Vermittlung der grundlegenden Konzeption von Typ III Enrichment-Projekten, den didaktischen Bezügen und Hintergründen, der Projektorganisation und in Empfehlungen für spannende Themen. Hinzu kommt die Rolle des DLR\_School\_Lab als offizieller Hospitationsort zur Beobachtung von talentierten Schülern im Schülerlabor.

## **7 Zusammenfassung und Ausblick**

Am DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen wurde ein Enrichment-Konzept entwickelt, das sich in besonderer Weise für die Förderung von MINT-Talenten eignet; es wurde in zahlreichen Projekten, insbesondere in Zusammenarbeit mit dem Hector-Seminar praktisch erprobt und weiter entwickelt.

Das parallel dazu entwickelte Lehrerbildungskonzept wurde in die ECHA-Lehrerfortbildung integriert, dabei werden insbesondere die wissenschaftlichen und didaktischen Ansätze und die praktischen Erfahrungen mit Projekten auf voruniversitärem Niveau vermittelt. Die MINT-Talentförderung wird auch im künftigen Bachelor/Master-Studiengang berücksichtigt werden, der das ECHA-Diplom in Zukunft ablösen wird.

Evaluationsstudien zeigen den Erfolg außerschulischer Lernorte insbesondere im Hinblick auf die Vergrößerung des Interesses von Schülerinnen und Schülern an den MINT-Disziplinen.

## Danksagung

Dem DLR danke ich für die Unterstützung dieser Arbeit, ebenso Prof. Franz Mönks, Prof. Kurt Heller, Prof. Christian Fischer und dem ICBF Team der Universität Münster für die Vermittlung der Grundlagen und Konzepte von Begabung. Der Erfolg der Enrichment-Projekte im DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen basiert auf den wesentlichen Beiträgen von Dr. Wilfried Schmitz, Matthias Taulien und Dr. Rolf Piffer. Ohne das DLR\_School\_Lab Team Oberpfaffenhofen wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

## Literatur

- Becker, F.S. (2010). Why don't young people want to become engineers? Rational reasons for disappointing decisions. *European Journal of Engineering Education*, 35, 349–366. Verfügbar unter: <http://www.sefi.be/wp-content/uploads/Becker%20EJEE%20Why%20dont%20young%20people%20August-2010.pdf> [07.02.2013].
- BMBF (o.D.). *Bundesministerium für Bildung und Forschung*. Verfügbar unter: <http://www.bmbf.de/de/294.php> [07.02.2013].
- Christophorusschule Königswinter (o.D.). Verfügbar unter: <http://koenigswinter.cjd.de/koenigswinter> [07.02.2013].
- COST (2007). *Meeting the Needs of Gifted Children and Adolescents: Towards a European Roadmap*. COST Strategic Workshop, Brussels, Belgium, Nov. 26 and 27. Verfügbar unter: [http://www.cost.eu/events/node\\_1384](http://www.cost.eu/events/node_1384) [07.02.2013].
- Cropley, A.J. & Urban, K.K. (2002). Programs and strategies for nurturing creativity. In K.A. Heller, F.J. Mönks, R.J. Sternberg & R.F. Subotnik (Hrsg.), *International handbook of giftedness and talent* (2nd ed., revised reprint, S. 485–498). Oxford: Pergamon.
- Deutsche Schülerakademie (o.D.). Verfügbar unter: <http://www.deutsche-schuelerakademie.de/> [07.02.2013].
- DLR (o.D.). *Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt*. Verfügbar unter: <http://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10002/> [07.02.2013].
- DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen (o.D.). Verfügbar unter: [http://www.dlr.de/schoollab/desktopdefault.aspx/tabid-1738/10609\\_read-23762/](http://www.dlr.de/schoollab/desktopdefault.aspx/tabid-1738/10609_read-23762/) [07.02.2013].

- DLR\_Talent\_School (2012). Sieger von Jugend forscht in Oberpfaffenhofen. Verfügbar unter: [http://www.dlr.de/schoollab/desktopdefault.aspx/tabid-1990/2915\\_read-35916/](http://www.dlr.de/schoollab/desktopdefault.aspx/tabid-1990/2915_read-35916/) [07.02.2013].
- Euler, M. (2004). *Quality Development: Challenges to Physics Education*. Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN). Universität Kiel. Verfügbar unter: [http://www.lernortlabor.de/download/Euler\\_Udine\\_03.pdf](http://www.lernortlabor.de/download/Euler_Udine_03.pdf). [07.02.2013].
- Fischer, Ch. (2004). Selbstreguliertes Lernen in der Begabtenförderung. In Ch. Fischer, F.J. Mönks & E. Grindel (Hrsg.), *Curriculum und Didaktik der Begabtenförderung* (S. 83–95). Münster: LIT.
- Hausamann, D. (2012). Extracurricular Science Labs for STEM Talent Support. *Roeper Review* 34:3, 170–182.
- Hausamann, D. (2008). Extracurriculare Lehrerbildung: Außerschulische Lernorte für die Begabtenförderung. BEGABT – BEGABEND – VERAUSGABT? Begabte(n)förderer im Lichte vielfältiger Herausforderungen. In 6. Internationaler Kongress zu Fragen der Hochbegabtenförderung. Salzburg, Österreich. 6. – 8. Nov.
- Hausamann, D. (2006). Hochbegabtenförderung im DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen: Das Einstein-GPS Projekt. *Diplomarbeit*. Münster/Nijmegen.
- Hausamann, D. & Heller, K.A. (Hrsg.). (2011). MINT-Talentförderung. *Journal für Begabtenförderung*, Heft 1/2011. Innsbruck-Wien-Bozen: StudienVerlag.
- Hausamann, D. & Schmitz, W (2007). Enrichment at the Doorstep of University – The Einstein GPS Project. In Tirri, Kirsi; Ubani, Martin (Hrsg.), *Policies and programs in gifted education*. Studia Paedagogica, 34 (S. 37–46). Helsinki: Yliopistopaino.
- Hausamann, D., Schüttler, T., Rommel, T., Taulien, M., Piffer, R., Müller, C., Dallinger, S. & Schubert, J. (2012). *Entwicklung eines akustischen GALILEO-Simulators in einer LabView/myDAQ Umgebung*. Dozenten- und Ausbildertag 2012, 26. Okt. 2012, Fürstfeldbruck.
- Hausamann, D., Wilke, G., Taulien, M., Grixia, I. & Locherer, M. (2009). Geophysik – Fernerkundung mittel Satelliten: Ein Kooperationsprojekt des Hector-Seminars. In K.A. Heller (Hrsg.), *Das Hector Seminar – Ein wissenschaftlich evaluiertes Modell der Begabtenförderung im MINT-Bereich* (Anhang B). Berlin LIT.
- Heller, K.A. (2012). Evaluationsbefunde zum MINT-Enrichmentprogramm „Hector-Seminar“. In Fischer, C. Fischer-Ontrup, C., Käpnick, F.,

- Mönks, F.-J., Scheerer, H. & Solzbacher, D. (Hrsg.), *Individuelle Förderung multipler Begabungen* (S. 216–223). Berlin: LIT.
- Heller, K.A. (Hrsg.). (2009). *Das Hector Seminar – Ein wissenschaftlich evaluiertes Modell der Begabtenförderung im MINT-Bereich*. Band 5 der LIT-Schriftenreihe Talentförderung – Expertiseentwicklung – Leistungsexzellenz (Hrsg. K.A. Heller & A. Ziegler). Berlin: LIT.
- Heller, K.A. & Perleth, Ch. (2007). *Münchener Hochbegabungstestbatterie für die Sekundarstufe (MHBT-S)*. Göttingen: Hogrefe.
- ICBF (o.D.). Internationales Centrum für Begabungsforschung. Universität Münster. Verfügbar unter: <http://www.icbf.de/> [07.02.2013].
- LeLa (o.D.). *Lernort Labor*. Verfügbar unter: <http://www.lernort-labor.de> [07.02.2013].
- Maria-Theresia-Gymnasium in München (o.D.). Verfügbar unter: <http://www.mtg.musin.de/?cat=1&id=50> [07.02.2013].
- National Instruments (o.D.). Verfügbar unter: <http://germany.ni.com/> [07.02.2013].
- Pawek, C. (2012). Schülerlabore als nachhaltig das Interesse fördernde außerschulische Lernumgebungen. In D. Brovelli, K. Fuchs, R. von Niederhäusern & A. Rempfler (Hrsg.), *Kompetenzentwicklung an außerschulischen Lernorten* (Arbeitstitel). Münster, Germany: LIT (accepted).
- Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. *Dissertation*. Universität Kiel. Verfügbar unter: [http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation\\_diss\\_00003669](http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation_diss_00003669) [07.02.2013].
- Renzulli, J.S. & Reis, S.M. (2002). The Schoolwide Enrichment Model. In K.A. Heller, F.J. Mönks, R.J. Sternberg & R.F. Subotnik (Eds.), *International handbook of giftedness and talent* (2nd ed., rev. reprint, S. 367–382). Amsterdam: Elsevier / Oxford: Pergamon.
- Seeley K. (1985). Facilitators for gifted learners. In J. Feldhusen (Ed.), *Toward excellence in gifted education* (S. 105–133). Denver: Love Publishing Company.
- Stahl, M. (2009). *Die Entwicklung der MINT-Fachkräftelücke in Deutschland*. Arbeitgeberverband Gesamtmetall. Verfügbar unter: [http://www.gesamtmetall.de/gesamtmetall/meonline.nsf/id/222Entwicklung\\_MINT-Fachkraefteluecke/\\$file/BroschuereMINT-Mangel.pdf](http://www.gesamtmetall.de/gesamtmetall/meonline.nsf/id/222Entwicklung_MINT-Fachkraefteluecke/$file/BroschuereMINT-Mangel.pdf) [07.02.2013].

- Stumpf, E., Neudecker, E. & Schneider, W. (2008). *Teilnehmer-Feedback zum School\_Lab Oberpfaffenhofen – eine Pilotstudie zu außerschulischen Enrichmentkursen für Gymnasiasten*. Würzburg.
- Tengelin, N. (2009). Corporate investment to increase interest in mathematics, science and technology. A general analysis for the Volvo-group. *Master Thesis*. Report No. E 2009:093. Chalmers University Sweden. Verfügbar unter: [http://www.educationandemployers.org/media/6924/tengelin%20\(2009\)%20-%20corporate%20investment%20to%20increase%20interest%20in%20maths%20science%20and%20technology.pdf](http://www.educationandemployers.org/media/6924/tengelin%20(2009)%20-%20corporate%20investment%20to%20increase%20interest%20in%20maths%20science%20and%20technology.pdf) [07.02.2013].
- Wörner, J.-D. (2011). MINT-Talente gesucht – Forschung und Technologie brauchen exzellenten Nachwuchs. In D. Hausmann & K.A. Heller (Hrsg.), MINT-Talentförderung. *Journal für Begabtenförderung*, Vol. 1/2011 (S. 57–63). Innsbruck-Wien-Bozen: Studienverlag.