

- Gardyan, H.-J. (2006a). „Was können allgemeinbildende Schulen tun, um Hochbegabte im Bereich Naturwissenschaft und Technik zu fördern? Anregungen aus der CJD Jugenddorf-Christophorusschule Königswinter“. *Vierteljahresschrift für wissenschaftliche Pädagogik*, Heft 1 / 2006 (S.32-60) Paderborn Schöningh.
- Gardyan, H.-J. (2006b). Kernkompetenz Musische Bildung – Grundlegung und Praxis „Selbstwahrnehmung – Du bist einzigartig“. In H. Hühnerbein (Hg). *Kernkompetenzen als Begegnungsraum* Hirsauer Blätter Heft 13, S. 37-44.
- Hany, E. (1999). „Kreativität: Zufall, Mut und Strategie?“ Vortragsmanuskript Königswinter.
- ICBF (2009). Kongress 2009 <http://www.icbf-kongress.de/Kongress-information2009.pdf>.
- Jellen, H. G. & Verduin, J. R. (1989). *Differentielle Erziehung besonders Begabter. Eine Taxonomie mit 32 Schlüsselkonzepten*. Köln Böhlau-Verlag.
- Piaget J. (2003). *Meine Theorie der geistigen Entwicklung*, Berlin Beltz.
- Sarver, C. (2005). Das Fach Forschen im Unterricht der Jahrgangsstufe 5 bis 10 im Förderzweig für besonders Begabte und Hochbegabte im Gymnasium. *Unveröffentlichtes Manuskript* Königswinter.
- Schecker, H. et al.. *Naturwissenschaftlicher Unterricht im Kontext Allgemeiner Bildung*, Arbeitsgemeinschaft „Allgemeinbildung“ in der MNU Landesverband Bremen, 1998. Aus: <http://www.physik.unibremen.de/physics.education/niedderer/download/mnualg.html>
- Schmitz, W. (2005). Die Junior-Ingenieur-Akademie *Unveröffentlichtes Manuskript* Königswinter; vgl. <http://www.cjd-junge-ingenieure.de>.
- Sodian, B. et al.(2006). Kognitive Entwicklung bei Hochbegabten: Ergebnisse einer Längsschnittstudie. In: *Beyond Standards Hochbegabtenförderung weltweit - Frühe Förderung und Schule* Evangelische Akademie Bad Boll edition akademie multimedia 4.
- Tomasello, M. (2009). „Die kulturelle Entwicklung des menschlichen Denkens“. Frankfurt Suhrkamp.

Dieter Hausmann

Enrichment-Projekte aus der Luft- und Raumfahrt

1 Einleitung

In der vergangenen Dekade haben sich sog. Schülerlabore in der deutschen Bildungslandschaft etabliert – Einrichtungen, die Schülerinnen und Schülern in Forschungseinrichtungen führen, um ihr Interesse an Wissenschaft und Technologie zu wecken (Dänhardt et al., 2009). In diesen Feldern kann das reguläre Curriculum die Schülerinnen und Schüler nicht mehr in ausreichendem Maß stimulieren und motivieren. Daher brauchen talentierte junge Leute die Gelegenheit, im Rahmen eines wissenschaftlichen Projekts selbst die Rolle einer Forscherin oder eines Forschers zu übernehmen und dabei engen Kontakt zu wissenschaftlich-technischen Forschungseinrichtungen und zu aktiven Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu bekommen. Hinzu kommt, dass Schülerinnen und Schüler oft selbst kurz vor dem Ende ihrer Schulzeit noch keine Vorstellungen von ihrem zukünftigen Beruf haben. Insbesondere für hochbegabte Jugendliche ist es äußerst hilfreich, wenn sie die Herausforderungen ihres möglichen beruflichen Umfelds selbst praktisch erleben und erfahren können.

2 Das DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen

Das DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen (n.d.) ist ein Schülerlabor des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR¹) an dessen Standort Oberpfaffenhofen bei München, durch das Schülerinnen und Schüler für

¹ Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Verkehr und Energie sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrtagentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten sowie für die internationale Interessenswahrnehmung zuständig. In dreizehn Standorten beschäftigt das DLR circa 6.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Luft- und Raumfahrtstechnologien fasziniert werden sollen. Insgesamt bietet das DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen 11 Experimente an, die aus den acht Instituten des Standorts stammen und einen unmittelbaren aktuellen Bezug zur Forschung besitzen. Dabei experimentieren die Schülerinnen und Schüler in kleinen Gruppen (fünf Schülerinnen und Schüler, ein Betreuer) autonom und ergebnisoffen in der Regel zwei Stunden pro Experiment. Im regulären Betrieb sind die Experimente für Schulklassen der Sekundarstufe geeignet, die einen Tag im School_Lab experimentieren. In den vergangenen sechs Jahren kamen über 10.000 Schülerinnen und Schüler ins DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen.

3 Talententwicklung durch Typ-3 Enrichment-Projekte

Das von Renzulli entwickelte sog. Schoolwide Enrichment Model (SEM, Renzulli & Reis, 2002) ist ein erprobtes Konzept zur Identifikation, Unterstützung und Talententwicklung hochbegabter junger Leute. Das Modell umfasst drei Arten des Enrichments mit wachsender Komplexität und zunehmenden Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler: Dabei stellt ein Typ-3 Enrichment die komplexeste Stufe dieses individuellen Fördermodells dar, bei dem die Schülerinnen und Schüler in die Rolle der Forscherin bzw. des Forschers schlüpfen. Es eignet sich daher besonders für hochbegabte Schülerinnen und Schüler.

4 Begabtenförderung im DLR_School_Lab

Das DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen verfügt über langjährige Erfahrungen in der Förderung hochbegabter Jugendlicher (Hausamann, 2005; Hausamann & Schmitz, 2007; Hausamann et al., 2009). Basierend auf Renzullis SEM hat es ein Konzept für die Durchführung von Enrichment-Projekten entwickelt und in den vergangenen Jahren mit zahlreichen Hochbegabtengruppen praktisch erprobt. Prinzipiell gibt es zwei Projekttypen:

- Reguläre Besuche des DLR_School_Lab, wobei die Experimente erweitert und vertieft werden.
- Längerfristige Typ-3 Enrichment-Projekte, d.h. Schülerforschungsprojekte, die sich mit einem Forschungsthema beschäftigen und Ergebnisse zu einer aktuellen Fragestellung erarbeiten.

4.1 Reguläre Besuche im School_Lab:

Durch das Experimentieren im DLR_School_Lab wird der reguläre Schulstoff dieser Gruppen angereichert. Jedes der DLR_School_Lab Experiment kann dabei an die speziellen Anforderungen und Bedürfnisse hochbegabter Schülerinnen und Schüler angepasst werden, insbesondere

- durch Vertiefung und Erweiterung des üblichen Experiments
- oder durch Beschleunigung: Hochbegabte Schülerinnen und Schüler der Mittelstufe führen Oberstufen-Experimente durch.

Diese Vorgehensweisen entsprechen den in der Begabtenförderung üblichen Methoden Enrichment bzw. Akzeleration. Die folgenden drei Beispiele skizzieren diesen Ansatz.

▪ *Das Experiment Infrarotmesstechnik*

Zahlreiche technische Anwendungen dieser Technologie und der besondere Fokus des DLR auf die satellitengestützte Überwachung von Vulkanausbrüchen, Waldbränden, Großfeuern etc. machen den besonderen Reiz dieses Experiments aus, bei dem die Schülerinnen und Schüler u.a. mit einer Wärmebildkamera experimentieren. Die zugrunde liegende Strahlungsphysik, die Strahlungsgesetze und das Verständnis der berührungslosen Messung von Temperaturen sind Fragestellungen, die für Hochbegabte eine besondere Herausforderung darstellen – seien es die theoretischen Grundlagen, technisch-physikalische Details oder Fragen der Genauigkeit der Messverfahren.

▪ *Das Experiment Satellitennavigation*

Das Experiment Satellitennavigation im DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen richtet sich an Schülergruppen der gesamten Mittel- und Oberstufe und bringt ihnen diese Technologie näher. Es zeigt praxisbezogen anhand von GPS-Empfängern die Funktionsweise, Anwendungsmöglichkeiten und Grenzen eines Satellitennavigationssystems und die erwarteten Verbesserungen durch das zukünftige europäische System GALILEO. Für Hochbegabte sind Fragestellungen wie die Konzeption von Satellitenbahnen, Genauigkeit unterschiedlicher Konstellationen, Codierung der Satellitensignale oder die durch die Atmosphäre bedingten Signalstörungen von Interesse.

▪ *Das Experiment Robotik*

Das Robotik-Experiment mit dem von einer Schülergruppe an einem Tag zusammengebauten und programmierten Roboter ASURO (n.d.) ist ein für Hochbegabte besonders geeignetes Akzelerations-Experiment (Hausamann, 2005): Zahlreiche hochbegabte Mittelstufenschülerinnen und -schüler haben den Roboter ebenfalls aufgebaut und programmiert – nicht selten in kürzerer Zeit als normal begabte Oberstufenschülerinnen und -schüler.

4.2 Typ-3 Enrichment-Projekte für Hochbegabte

Die wissenschaftlich-technologischen Themen der DLR-Institute eignen sich in idealer Weise für Typ-3 Enrichment-Projekte. Themen wie Satellitennavigation oder Satelliten-Fernerkundung sind einerseits gekennzeichnet durch ihre große Aktualität und Anwendungsrelevanz, andererseits sind die wissenschaftlichen Fragestellungen oft komplex, und schließlich sind sie kein Bestandteil des gymnasialen Curriculums. Die nachfolgend beschriebenen Enrichment-Projekte wurden gemeinsam mit der Christophorusschule Königswinter, der Internatsschule Schloss Hansenberg und dem Hector-Seminar Heidelberg durchgeführt.

▪ *Das Einstein-GPS-Projekt (Hausamann & Schmitz, 2007)*

Die Satellitennavigation ist eine der wenigen technischen Anwendungen, die durch die Einsteinschen Relativitätstheorien messbar beeinflusst wird. Die Aufgabe für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer an diesem Projekt war es, den Einfluss der Relativitätstheorie auf die Genauigkeit der Ortsbestimmung quantitativ zu bestimmen. Zunächst arbeiteten sich die Schülerinnen und Schüler der Christophorusschule Königswinter in die Themen Navigation und Relativitätstheorien ein. Die zweite Phase bestand aus einem zweitägigen Besuch des DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen, mit einem regelmäßigen Wechsel zwischen schülerzentrierten Experimenten und wissenschaftlich orientierten Fachvorträgen. In der dritten Phase wurde das GPS-Einstein-Projekt von der Schülergruppe weitergeführt und abgeschlossen: Die Ergebnisse dieser Arbeiten wurden schriftlich ausgearbeitet und auf dem Einstein-Schülerkongress in München im Dezember 2005 vorgestellt, und zwar unter dem Titel ‚Einstein und GPS: Warum GPS ohne die Relativitätstheorie gar nicht funktionieren würde‘.

Gleichartige Projekte wurden seitdem mit der Internatsschule Schloss Hansenberg und dem Hector-Seminar (Heller, 2009) durchgeführt.

▪ *Das Projekt Geophysik (Hausamann et al., 2009)*

Im Mittelpunkt dieses Hector-Seminar-Projekts standen die Eigenschaften des solaren Strahlungsspektrums und ihre Anwendung auf die Fernerkundung des Geosystems, Arbeitsziel war die Analyse der Veränderung der unmittelbaren Wohnumgebung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer durch den Vergleich von Satellitenbildern. Während eines eintägigen Workshops im April 2006 wurden die Teilnehmer/innen in das Thema eingeführt. Im Mai 2006 experimentierten die Schülerinnen und Schüler drei Tage lang im DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen. Im Mittelpunkt standen Experimente zur Umweltmesstechnik und die Bearbeitung und Analyse von Satellitendaten. Bei einer weiteren eintägigen Veranstaltung wurden weitere Umwelt-Messungen durchgeführt und offene Fragen geklärt. Abschließend fertigten die Lernenden Ausarbeitungen zu den verschiedenen Themenbereichen der Satelliten-Messtechnologien und Analyseverfahren an und analysierten die Veränderung ihrer Heimatumgebung. Im September 2006 präsentierten die Schülerinnen und Schüler ihre Ergebnisse auf der Jahres-Abschlussveranstaltung des Hector-Seminars in Mannheim.

Als Anerkennung für ihre herausragende Leistung wurden die Schülerinnen und Schüler mit dem DLR_School_Lab-Preis 2008 ausgezeichnet. Dieser Preis wird jährlich von der Gesellschaft von Freunden des DLR auf Vorschlag des Vorstandes des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt vergeben. Ein gleichartiges Projekt wurde 2009 mit einem Physik-Leistungskurs der Internatsschule Schloss Hansenberg durchgeführt.

5 Evaluation

Die Auswirkung des Besuch im Schülerlabor auf das Interesse der Lernenden wurde im Rahmen einer Dissertation ‚Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe‘ (Pawek, 2009) untersucht:

‚Zusammengefasst fördern die Schülerlabore ... erfolgreich die Interessen der Jugendlichen, zumal alle Wirkungen auch Wochen nach dem Besuch noch nachweisbar sind. Demnach leisten sie einen wichtigen Beitrag zur Nachwuchsförderung und Zukunftssicherung unserer Gesellschaft.‘

Inzwischen wurde festgestellt, dass die Interessenszunahme sich auch noch nach einem längeren Zeitraum eindeutig nachweisen lässt (Pawek, 2010).

5.1 Hochbegabte im Schülerlabor – Erste Evaluationsergebnisse

Die Auswirkungen der Besuche von Schülerinnen und Schülern auf Hochbegabte wurde im Rahmen einer Pilotstudie untersucht (Stumpf et al., 2008). Dabei wurde das Feedback hochbegabter Schülergruppen mit dem von regulären Klassen verglichen. Die allgemeine Bewertung des Besuchs fällt sehr positiv aus. Über die Hälfte aller Schülerinnen und Schüler gaben an, der Besuch habe ihr Interesse an den Naturwissenschaften vergrößert, nahezu jede Zweite bzw. jeder Zweite strebt demnach einen naturwissenschaftlich-technischen Beruf an. Die Befunde zeigen darüber hinaus die Eignung des DLR_School_Lab als Maßnahme der gezielten Begabtenförderung, denn Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Begabtengruppen beurteilten die Kurse in der Regel positiver als die Schülerinnen und Schüler regulärer Gymnasialklassen.

5.2 Evaluation des Hector-Seminars (Heller, 2009)

Im kürzlich erschienenen Evaluationsbericht ‚Das Hector-Seminar: Ein wissenschaftlich evaluiertes Modell der Begabtenförderung im MINT-Bereich‘ wird die Förderwirkung dieser Maßnahme eindeutig nachgewiesen. Dies gilt damit auch für die gemeinsamen Projekte mit dem DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen. Es zeigt sich also, dass die in dieser Arbeit beschriebenen Enrichment-Projekte ihr Ziel erreichen, hochbegabte junge Leute für den Beruf eines Forschers zu interessieren und zu qualifizieren.

Literatur

- ASURO (n.d.). <http://de.wikipedia.org/wiki/ASURO>.
- Dänhardt, D., Haupt, O.J. & Pawek, C. (Hrsg.). (2009). *Kursbuch 2010 – Schülerlabore in Deutschland*. Marburg: Tectum.
- DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen (n.d.). <http://www.dlr.de/schoollab/de/desktopdefault.aspx/tabid-1738/>.
- Hausmann, D. (2005). High-Tech Experimente im DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen – Hochbegabte brauchen besondere Herausforderungen. In: Österreichisches Zentrum für Begabtenförderung und Begabungsforschung (Hrsg.), *Die Forscher/innen von morgen: Kongressbericht des 4. Internationalen Begabtenkongresses in Salzburg* (pp. 211-218). Innsbruck, Wien, Bozen: StudienVerlag.
- Hausmann, D. & Schmitz, W. (2007). Enrichment at the Doorstep of University – The Einstein GPS Project. In: K. Tirri & M. Ubani [Eds.], *Policies and programs in gifted education*, *Studia Paedagogica*, 34, Yliopistopaino (pp. 37-46).
- Hausmann, 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* (Anhang B, S. 1-12). Berlin: LIT.
- Heller, K.A. (Hrsg.). (2009). *Das Hector-Seminar*. Berlin: LIT.
- Marsroboter fernsteuern (n.d.) http://www.hector-seminar.de/fileadmin/img/internerbereich/Modulphase_2010/Modulausschreibungen/Modul_Marsroboter_2010.pdf
- Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interessesfördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe*. PhD, Universität Kiel. http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation_diss_00003669. urn:nbn:de:gbv:8-diss-36693.
- Pawek, C. (2010). Persönliche Mitteilung.
- 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, pp. 367-382). Amsterdam: Elsevier / Oxford: Pergamon.