

Ein Raumfahrtprojekt für Schüler: Der europäische CanSat-Wettbewerb

D. Borowski

Abb. 1: CanSat-Rakete (© wikimedia commons)



„Bau einen Satelliten in der Größe einer Getränkedose und schicke ihn mit einer Rakete in eine Höhe von mehreren hundert Metern.“ In etwa so lautet der Auftrag des von der Europäischen Weltraumbehörde (ESA) initiierten CanSat-Wettbewerbs ([1], [2], [3], [4], „CanSat“ engl. für „Dosen-satellit“, Abb. 2). Der Mini-Satellit soll anschließend an einem Fallschirm zu Boden sinken und dabei Messungen durchführen sowie andere Aufgaben ausführen, für die er konstruiert wurde.

Der CanSat-Wettbewerb dient als Modell einer echten Weltraummission auf dem Niveau der Sekundarstufe II. Die Schüler durchlaufen während des Wettbewerbs dieselben Phasen, die bei einer echten Weltraummission durchlaufen werden: (a) Planung der Mission, (b) Konstruktion und Bau des Satelliten unter Beachtung der Gewichts- und Platzbeschränkungen, (c) Test der einzelnen Komponenten und des Gesamtsystems, (d) Durchführung der Mission, (e) Aufarbeitung und Auswertung der Daten und (f) Kommunikation der Er-

gebnisse. Auf diese Weise bietet der CanSat-Wettbewerb engagierten und begabten Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit zu einer ersten praktischen und authentischen Erfahrung mit einem Raumfahrtprojekt. Für die Europäische Weltraumbehörde ist der Wettbewerb eine Gelegenheit, Schülerinnen und Schüler für Naturwissenschaften und Technik im Allgemeinen und für Raumfahrt im Besonderen zu begeistern.

Ein Team von Schülerinnen und Schülern des Gymnasiums Vegesack in Bremen (Abb. 3) hat von November 2012 bis April 2013 an dem dritten europäischen CanSat-Wettbewerb teilgenommen und mit dem dritten Platz in der Kategorie „Beginner“ abgeschlossen. Im Folgenden soll anhand der Erfahrungen aus dieser Teilnahme der europäische CanSat-Wettbewerb vorgestellt und zu einer Teilnahme ermuntert werden. Abschließend soll ein Ausblick auf den deutschen Wettbewerb gegeben werden, der im Jahr 2014 zum ersten Mal stattfinden wird.

Abb. 2: „Dosen-Satelliten“ beim europäischen CanSat-Wettbewerb 2013 (© ESA)



1 Bewerbung mit einer wissenschaftlichen Mission

Die Satelliten müssen während des Wettbewerbs gleichzeitig zwei Missionen erfüllen. In einer sogenannten primären Mission sollen die Temperatur und der Luftdruck gemessen werden und die Daten per Funk an die Bodenstation übertragen werden. Diese Aufgabe ist für alle teilnehmenden Teams gleich. Die zweite, sekundäre Mission muss von den Schüler-Teams selbst entwickelt werden. Diese kann darin bestehen, weitere atmosphärische Messungen vorzunehmen, Experimente durchzuführen oder die Erdoberfläche photographisch zu vermessen. Zu den anspruchsvolleren Missionen gehören sogenannte Heimkehrmissionen, bei denen der Satellit z.B. mit GPS-Unterstützung selbstständig ein Ziel ansteuert. Bei der Bewerbung zum europäischen CanSat-Wettbewerb muss die Motivation für die sekundäre Mission dargelegt werden. Diese kann z.B. eine wissenschaftliche Fragestellung oder eine konkrete technische Anwendung sein. Beispiele für sekundäre Missionen sind im Archiv der Homepage des europäischen Wettbewerbs ([1]) zu finden.

Julian Zarrath, Niklas Rother, Finn Thormeier, Michelina Zydell und Alexander Weiß vom Gymnasium Vegesack wählten die Erfassung von Daten, die für die Entwicklung und Verbesserung von Raumanzügen benötigt werden, als sekundäre Mission. In ihrem Szenario nahmen sie an, dass ihr CanSat in Vorbereitung auf eine bemannte Mission einen unbekannt Planeten erkundet und die erforderlichen Daten an die Bodenstation auf der Erde funkt. Hierfür informierten sich die Schülerinnen und Schüler im Vorfeld bei Dr. Peter Eichler (als „EuroCom“ zuständig für die Kommunikation zwischen dem Columbus Kontrollcenter in Oberpfaffenhofen und den europäischen Astronauten auf der Internationalen Raumstation ISS) über den Aufbau von Raumanzügen. Als relevante Messdaten für ihre sekundäre Mission wählten die Schülerinnen und Schüler neben Temperatur und atmosphärischem Druck die Lichtintensität, die radioaktive Strahlenbelastung, die Luftfeuchte und die gravitationelle Beschleunigung.

2 Mehr als nur technische Tüftelei

Die ESA erwartet von den teilnehmenden Teams neben der Bewältigung der technischen Konstruktionsaufgaben auch die Übernahme weitergehender Aufgaben, die u. a. für wissenschaftliche Großprojekte wie z. B. Raumfahrtmissionen typisch sind.



Abb. 3: Das Vegesacker CanSat-Team (von links): Alexander Weiß, Michelina Zydell, Finn Thormeier, Julian Zarrath und Niklas Rother (Foto: Thore Kutschan)

Auf diese Weise erhalten die Schülerinnen und Schüler einen authentischen Einblick in die Berufswelt von Ingenieurinnen und Ingenieuren und werden umfassend in beruflichen Kompetenzen geschult.

2.1 Projektplanung

Bereits bei der Bewerbung für den CanSat-Wettbewerb sollen die Teams abschätzen, wie viel Zeit sie für die einzelnen Aufgaben benötigen, wie viel Zeit ihnen zur Verfügung steht und wie sie die Arbeit unter den einzelnen Teammitgliedern aufzuteilen werden. Während des Wettbewerbs müssen die Teams in regelmäßigen Abständen Zwischenberichte abgeben, in denen sie im Detail aufführen, welche Aufgaben bis wann zu erledigen sind, und in denen sie den jeweiligen Status der Aufgaben („not done“, „in progress“ und „done“) aktualisieren.

2.2 Teamarbeit

Die während des Wettbewerbs zu erledigenden Aufgaben sind in der Gesamtheit so umfangreich und komplex, dass eine Arbeitsteilung zwischen den Teammitgliedern unbedingt sinnvoll ist. Die Aufgaben umfassen die Entwicklung und das Zusammenlöten einer elektronischen Schaltung, die Programmierung eines Mikrocontrollers, die Konstruktion und der Bau einer äußeren Hülle und eines Fallschirms, die Durchführung umfangreicher Tests, die Auswertung der gemessenen Daten und die Präsentation der Ergebnisse. Die Kosten des CanSats müssen kalkuliert und ausreichend Gelder von Sponsoren eingeworben werden. Darüber hinaus erwartet

die ESA die Durchführung von Öffentlichkeitsarbeit (die natürlich auch für die Sponsoren wichtig ist). Während der Startkampagne ist es von besonderer Bedeutung, dass jeder seine Aufgaben im Team kennt, um einen zügigen und reibungslosen Raketentstart zu ermöglichen. Es wurde von der Jury positiv zur Kenntnis genommen, wenn bei den Präsentationen während des CanSat-Wettbewerbs die Aufteilung der Verantwortlichkeiten klar erkennbar war. In unserem Fall war Niklas Rother für die Elektronik, Finn Thormeier für die Programmierung des Mikrocontrollers, Michelina Zydell und Alexander Weiß für die Sponsorenwerbung und Öffentlichkeitsarbeit und Julian Zarrath für die Leitung des Projektes zuständig.

2.3 Einwerbung von Sponsorengeldern

Die ESA stellt den teilnehmenden Teams ein CanSat-Grundset ([5]) zur Verfügung, übernimmt während des Wettbewerbs für vier Schüler und einen Lehrer die Unterkunfts- und Verpflegungskosten und führt einen einführenden Lehrer-Workshop durch, um die betreuenden Lehrer mit dem CanSat-Set vertraut zu machen. Die Kosten für die weiteren benötigten Bauteile, die Reisekosten und die Unterkunfts- und Verpflegungskosten weiterer Teammitglieder müssen von den teilnehmenden Teams selbst eingeworben werden. In unserem Fall mussten 1600 € durch Sponsorengelder gedeckt werden. Nach einer umfangreichen Akquise konnten die Pensum Personaldienstleistungen GmbH und die Berliner Glas KGaA als Sponsoren gewonnen werden.

2.4 Öffentlichkeitsarbeit

Die Qualität der Öffentlichkeitsarbeit ist ein Kriterium für die Entscheidung der Jury. Über die Teilnahme des Teams des Gymnasiums Vegesack erschienen im Vorfeld zwei Artikel in der lokalen Zeitung und nach der erfolgreichen Rückkehr vom Wettbewerb ein weiterer Zeitungsartikel, zwei Fernsehbeiträge und eine Berichterstattung im Radio ([6]). Das Team verfasste Beiträge für die Schulhomepage, gestaltete eine Facebook-Seite, verfasste eine Presseerklärung und nahm selbstständig Kontakt mit Medienvertretern auf.

2.5 Fremdsprachenkompetenz und internationaler Austausch

Die Sprache des europäischen Wettbewerbs ist Englisch. Das heißt: Die Bewerbung und alle Berichte mussten auf Englisch verfasst werden, die Präsentationen während des Wettbewerbs mussten auf Englisch vorgetragen werden und alle fachlichen Diskussionen während des Wettbewerbs fanden auf Englisch statt. Entsprechend groß sind die Fortschritte, die die Schülerinnen und Schüler im Umgang mit der englischen Sprache gemacht haben. Während der Startkampagne vom 10. bis zum 14. April 2013 in den Niederlanden hatten die Jugendlichen die Gelegenheit, mit Mitstreitern aus insgesamt 15 Teams aus insgesamt 10 Ländern Europas in Kontakt zu kommen. Zum Teil hatten sich die Jugendlichen bereits im Vorfeld über Facebook ausgetauscht, verabredet und sich bei Problemen gegenseitig geholfen.

3 Die Arbeit mit Mikrocontrollern

Das Herz und Gehirn eines CanSats ist ein Arduino-Mikrokontroller ([7]) bzw. eine von T-Minus für CanSats optimierte Version dessen ([5]). Solch ein Mikrokontroller ist ein kleiner, sehr preiswerter Computer, der über eine USB-Schnittstelle programmiert werden kann. Der Mikrokontroller verfügt über eine Anzahl analoger und digitaler Ein- und Ausgänge, über die er mit elektronischen Schaltungen verbunden werden kann. Auf diese Weise können die für die primäre und sekundäre CanSat-Mission benötigten Sensoren oder andere elektronische Komponenten (wie z. B. ein Sender-Empfänger-Modul zur Übermittlung der Daten, ein microSD-Kartenlogger zur Sicherung der gemessenen Daten, ein GPS-Empfangsmodul oder ein Servo-Motor) an den Mikrokontroller angeschlossen werden. Der Mikrokontroller übernimmt die Ansteuerung aller elektronischen Komponenten, die Durchführung der Messungen und die Übermittlung der Daten an die Bodenstation.

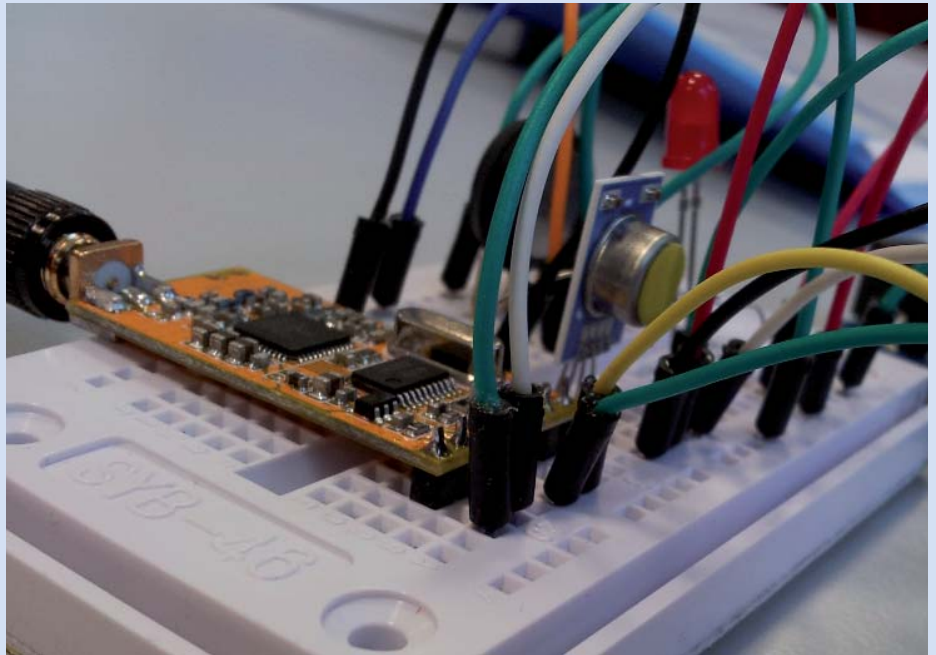
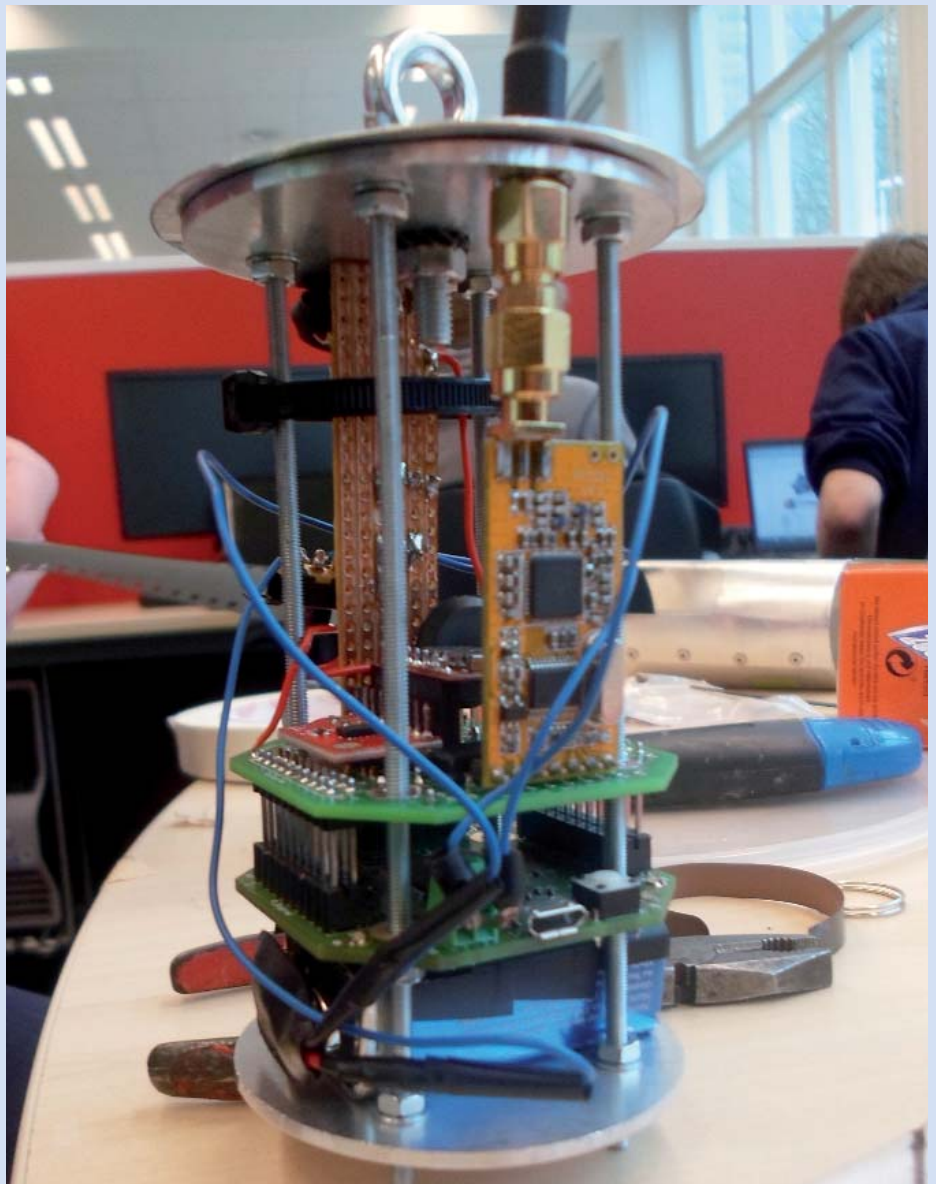


Abb. 4: Zum Testen wird die Schaltung zunächst mit Hilfe von Laborsteckbrettern aufgebaut.

Abb. 5: Der fertig ausgerüstete CanSat (ohne Hülle und ohne Fallschirm)



Die Arbeit mit Mikrocontrollern war für mich (wie vermutlich für die meisten Kollegen) neu. Zur Unterstützung wurde von der ESA ein einführender Lehrer-Workshop angeboten, in dem die nötigen Grundlagen vermittelt wurden. Es gibt sowohl Online (z.B. [7], [8]) als auch in gedruckter Form (z.B. [9], [10], [11]) eine Vielzahl von Anleitungen und Hilfestellungen. Fast zu jeder denkbaren Anwendung lässt sich in den Internet-Foren eine Anleitung finden. Mit den von der ESA bereitgestellten CanSat-Sets werden Anleitungen ausgehändigt, die speziell auf die Verwendung in einem CanSat eingehen ([12], [13]). Die Programmiersprache Arduino ist sehr einfach aufgebaut, die für die CanSats benötigten Schaltungen sind relativ einfach und nach meiner Erfahrung kamen die Schülerinnen und Schüler mit dem Arduino Mikrokontroller bald viel besser zurecht als ich.

4 Tüfteln, Tests und Rückschläge

Der Entwicklungsprozess des CanSats kann hier nur in Auszügen wieder gegeben werden. Nach der Auswahl und Beschaffung der geeigneten Sensoren mussten diese an den Mikrokontroller angeschlossen und anschließend kalibriert werden. Zum testweise Aufbau der Schaltungen konnten sogenannte Laborsteckbretter (Abb. 4) genutzt werden. Die Temperatur wurde z.B. über einen temperaturabhängigen Widerstand (NTC-Sensor) und einer Spannungsteiler-Schaltung gemessen. Die am analogen Eingang anliegende Spannung wird vom Analog-Digital-Wandler des Mikrokontrollers in einen Zahlenwert zwischen 0 und 1023 umgesetzt. Der Mikrokontroller musste so programmiert werden, dass er aus diesem Zahlenwert zunächst die Spannung, dann den Widerstand des NTC-Sensors und anschließend die Temperatur berechnet.

Die Messung der radioaktive Strahlenbelastung stellte sich als schwierig heraus. Es gibt zwar Geiger-Müller-Zählrohr-Sets, die für den Anschluss an einen Arduino-Mikrokontroller geeignet sind, doch werden diese mit einer für Schülerversuche zu hohen Spannung betrieben. Als passende Alternative bot sich die Verwendung einer Mini-Kamera anstatt eines Zählrohrs an ([14]). Mithilfe einer USB-Kamera war es tatsächlich möglich, α -Teilchen zu detektieren. Jedoch gelang es in der zur Verfügung stehen Zeit nicht, die Kamera an den Arduino-Mikrokontroller anzuschließen. Auf die Messung der radioaktiven Strahlenbelastung wurde daher verzichtet.

Nach der Fertigstellung des Satelliten und Test der Einzelkomponenten wollte

das Schülerteam einen letzten, einsatznahen Test des Gesamtsystems durchführen. Hierzu warf das Team den Satelliten von einem Multikopter aus einer Höhe von mehreren hundert Metern ab. Unglücklicherweise konnte der Satellit nach diesem Test nicht wieder geborgen werden und blieb trotz langer Suche verschollen. Nachdem sich die Schülerinnen und Schüler von diesem Rückschlag erholt hatten, machten sie sich an die erneute Beschaffung der Bauteile und an den erneuten Zusammenbau des Satelliten.

5 Der Höhepunkt: Die Startkampagne

Mit dem fertigen CanSat (Abb. 5) im Gepäck ging es voller neugieriger Erwartungen zum Wettbewerb nach Delft in den

Niederlanden. Dort trafen die Schülerinnen und Schüler auf Teams von den Azoren, aus Dänemark, England, Irland, Italien, Polen, Portugal, Rumänien und Schottland. Jedes Team stellte sich selbst und sein Projekt in einer ersten Präsentationsrunde vor, bevor es zum technischen Sicherheitscheck in die Labore der Technischen Universität Delft ging (Abb. 6 u. 7). Doch zuvor mussten in letzter Minute auftretende Probleme gelöst werden: Der zu Hause in Bremen einwandfrei funktionierende Satellit lieferte plötzlich keinerlei plausible Messwerte mehr. Nach hektischer und zum Teil verzweifelter Suche wurde eine unzureichende Isolierung der einzelnen elektronischen Komponenten als Ursache ausgemacht. Dieses Problem



Abb. 6: Niklas und Finn während des CanSat-Wettbewerbs in Delft bei der Arbeit

Abb. 7: Vor dem Start muss der Satellit einen Sicherheitscheck bestehen.





Abb. 8: Letzte Vorbereitungen vor dem Start

Abb. 9: Irgendwo am Himmel sollten die CanSat an ihren Fallschirmen zu Boden sinken.



konnte mithilfe von Isolierband leicht gehoben werden.

Am Tag darauf fanden auf dem Artillerie-Übungsgelände bei 't Harde die Raketenstarts statt. Die Teams trafen letzte Vorbereitungen (Abb. 8) und übergaben ihre CanSats den Mitarbeitern von T-Minus und der ESA. Jeweils 5 bis 6 CanSats wurden mit einer Rakete gleichzeitig in eine Höhe von ca. 1300 m geschossen. Anschließend folgten gespannte Blicke in den Himmel (Abb. 9 u. 10.). Niklas Rother verfolgte an seinem Notebook die per Funk vom CanSat eintreffenden Daten. Plötzlich rief er aufgeregt: „Der Satellit befindet sich noch in der Rakete! Die Rakete hat die Satelliten nicht ausgeworfen!“ Der Lichtsensor an Board des CanSats verriet ihm, dass sich

der Satellit noch in völliger Dunkelheit befand. Mithilfe des Drucksensors konnte Niklas den Weg der Rakete (samt Satelliten) nach unten verfolgen. Ein Defekt am Auswurf-Mechanismus der Rakete führte dazu, dass an diesem Tag nicht alle Satelliten ordnungsgemäß ausgesetzt werden konnten.

Den anschließenden Abend und (zum Teil auch die Nacht) verbrachte das Team damit, aus den aus dem Inneren der Rakete gemessenen Daten so viel wie möglich herauszuholen und die Abschluss-Präsentation für den nächsten Tag vorzubereiten. Der dritte Platz in der Kategorie „Beginner“ und die anschließende Party war dann eine willkommene Belohnung für die arbeitsreichen Tage.

6 Rückblick: Was bleibt?

Angesichts des erheblichen Arbeitsaufwandes für die Schülerinnen und Schüler und angesichts eines Abiturs mit zentraler Aufgabenstellung in Physik, stellt sich die Frage, welche Lehrplaninhalte durch die Teilnahme an solch einem Wettbewerb abgedeckt werden können. Man könnte dabei auf die Entwicklung elektronischer Schaltungen, auf die Berechnung von Vorwiderständen und Spannungsteiler-Schaltungen verweisen. Vielleicht ließe sich auch auf die Berechnung des richtigen Fallschirm-Durchmessers oder ähnliches verweisen. Doch die ehrliche Antwort lautet wohl, dass sich nur wenig von dem, womit sich die Schülerinnen und Schüler während des Wettbewerbs beschäftigt haben, eins zu eins in den Lehrplänen oder Abituraufgaben wiederfinden lässt.

Aber: Die Schülerinnen und Schüler formulieren während des Wettbewerbs eigene wissenschaftliche Fragestellungen. Sie verschaffen sich Informationen und entwickeln Methoden zur Bearbeitung dieser Fragestellungen. Sie sammeln Erfahrungen mit auftretenden Problemen und suchen nach Lösungen. Sie kommunizieren und diskutieren die Ergebnisse ihrer Forschungen in der Öffentlichkeit – auch in Fremdsprachen. Sie sammeln Erfahrungen mit der Planung und Finanzierung von Projekten. Sie bekommen am Modell der CanSats einen authentischen Einblick in den Ablauf wissenschaftlicher Großprojekte. Kurzum: Ich denke, dass sich jedenfalls für begabte und motivierte Schülerinnen und Schüler die Teilnahme an diesem Wettbewerb lohnt. Da der Arbeits- und Zeitaufwand für die Schülerinnen und Schüler aber sehr hoch ist, sollte es eine Möglichkeit geben, die in hierbei erbrachten Leistungen im Rahmen der schulischen Leistungsbewertung einzubringen. In unserem Fall war dies über das sog. Prüfungsprojekt möglich.

7 Ausblick: Der Deutsche Wettbewerb

Ein langfristiges Anliegen der ESA ist, dass in jedem ESA-Mitgliedsland ein nationaler CanSat-Wettbewerb stattfindet und die Gewinner der nationalen Wettbewerbe jeweils am internationalen europäischen Wettbewerb teilnehmen. In Deutschland gab es bisher keinen solchen nationalen Wettbewerb. Jetzt hat sich in Bremen eine Gruppe von Personen aus Schulen, wissenschaftlichen Instituten und Raumfahrtunternehmen gefunden, um diesen Wettbewerb in Kooperation mit der ESA zu organisieren. Der erste Deutsche CanSat-Wettbewerb wird während der World Space Week 2014

vom 6. bis zum 10. Oktober ausgetragen werden. Bewerbungsschluss ist Freitag, 14. Februar 2014. Nähere Informationen finden sich auf der Internetseite des Deutschen CanSat-Wettbewerbs ([15]). ■

Quellen und Literatur

- [1] Homepage des europäischen CanSat-Wettbewerbs: www.cansat.eu
 [2] Bildungswebpage der Europäischen Raumfahrtbehörde: www.esa.int/Education
 [3] Deutschsprachiger Wikipedia-Artikel zu „CanSat“: de.wikipedia.org/wiki/CanSat
 [4] Englischsprachiger Wikipedia-Artikel zu „CanSat“: en.wikipedia.org/wiki/CanSat
 [5] Webseite zum ESA-CanSat-Kit von T-Minus <http://www.t-minus.nl/products/cansat-kit>
 [6] Schulhomepage: Pressespiegel und Bericht über die Teilnahme am europäischen CanSat-Wettbewerb www.luft-und-raumfahrt-vegessack.de/e-profil/archiv/vegessack_fuer_deutschland.html
 [7] Startseite des Mikrokontrollers „Arduino“ www.arduino.cc
 [8] Deutschsprachige Online-Einführung in „Arduino“ www.arduino-tutorial.de
 [9] Banzi, M. (2012): Arduino für Einsteiger. Köln: O'Reilly; Übersetzung von Feder, T.
 [10] Bartmann, E. (2011): Die elektronische Welt mit Arduino entdecken. Köln: O'Reilly
 [11] Margolis, M. (2012): Arduino Cookbook. Cambridge: O'Reilly
 [12] Gansmoe, T.; Mathisen, S. V.; Grande, J.



Abb. 10: Mithilfe von Yagi-Antennen werden die Daten vom CanSat empfangen.

- (2012): The CanSat book. Andoya: Norwegian Centre for Space-related Education. Zum Bezug bitte eine Anfrage an Joran Grande (joran@rocketrange.no) richten.
 [13] T-Minus & ESA's Education Office (2012): The CanSat Kit User Manual. Noordwijk: T-Minus engineering. Zum Bezug bitte eine Anfrage an Mark Uitendaal (m.uitendaal@t-minus.nl) richten.
 [14] Schwarze, H. (2012): Kamera statt Zähl-

rohr. Nachweis radioaktiver Strahlung mit einer Web-Cam. In: Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule 8/61, S. 32-33.
 [15] Homepage des deutschen CanSat-Wettbewerbs: www.cansat.de

Anschrift des Verfassers

Dr. Daniel Borowski, Gymnasium Vegesack, Kerschensteinerstr. 2, 28757 Bremen
 E-Mail: daniel.borowski@web.de

Abb. 11: Eine CanSat-Rakete nach der Landung und Bergung

