

Mathematikunterricht aus dem All – Interdisziplinäre Lernwerkzeuge für den Einsatz von Erdbeobachtung im Schulunterricht

ANDREAS RIENOW¹, VALERIE GRAW¹, SASCHA HEINEMANN¹,
JOHANNES SCHULTZ¹, FABIAN SELG¹ & GUNTER MENZ¹

Zusammenfassung: Die Erdbeobachtung mit Bildern aus dem All ermöglicht einen umfangreichen Einblick auf natürliche und vom Mensch beeinflusste Phänomene auf der Erde. Trotz ihrer visuellen Ästhetik und ihres wissenschaftlichen Nutzens finden Erdbeobachtungsdaten aber noch selten einen reflektierten Eingang in den alltäglichen Schulunterricht. Hier knüpft das vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) geförderte Projekt „Columbus Eye – Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht“ (www.columbuseye.uni-bonn.de) der Arbeitsgruppe Fernerkundung an der Universität Bonn an. Ziel des didaktischen Projekts ist es die Erdbeobachtung aus dem All im Allgemeinen und von der Internationalen Raumstation (ISS) im Speziellen nachhaltig und umfassend in den Schulunterricht zu integrieren. Inhaltlich werden insbesondere die Fächer aus dem MINT-Bereich abgedeckt, welches neben dem Schulfach zur Geographie auch das Fach Mathematik mit einbezieht, in welchen die naturwissenschaftlichen Hintergründe der Aufnahmen nahe am Schulcurriculum eingesetzt werden können. Das Lernmodul „Mittelwertberechnung von der ISS“ als ein Beispiel für das Fach Mathematik beschäftigt sich mit der Korrektur fehlerhafter Fernerkundungsdaten. Schülerinnen und Schüler lernen hier wie Empfangsstörungen mit Hilfe mathematischer Berechnungen geglättet werden, um die in den Bildern enthaltenen Informationen brauchbar zu machen. Durch den Dreiklang aus ‚Sehen‘, ‚Informieren‘ und ‚Interagieren‘ wird ein Grundstein in die Richtung des eigenverantwortlichen Umgangs von Schülerinnen und Schülern mit Geomedien im Bereich der Luft- und Raumfahrt gelegt.

1 Erdbeobachtung von der ISS

Die Internationale Raumstation (ISS) ist das größte künstliche Objekt im Orbit und das teuerste wissenschaftliche Labor der Menschheit. Während die ISS vor allen Dingen für Experimente zur Mikrogravitation bekannt ist, tritt ihr Nutzen als Erdbeobachtungsplattform noch weitgehend in den Hintergrund (STEFANOV & EVANS 2014). Ins Bewusstsein einer breiten Öffentlichkeit gelangt die Erdbeobachtung von der ISS vordergründig durch die Präsenz von Astronauten-Aufnahmen unserer Erde in den sozialen Medien. Hier teilen die Astronauten ihren Blick von der ISS auf unsere Erde mit der Öffentlichkeit. Das Projekt „Columbus Eye – Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht“, gefördert vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), partizipiert als einziger europäischer Partner am NASA-Experiment „High Definition Earth Viewing“ (HDEV) (NASA 2014). Das Erdbeobachtungsexperiment umfasst vier commercial off-the shelf (COTS) Kameras, welche im April 2014 am Columbus Labor der ISS montiert und in Betrieb genommen worden sind. Die COTS-Kameras decken im stündlichen Turnus drei

¹ Geographisches Institut der Universität Bonn, Meckenheimer Allee 166, D-53115 Bonn,
E-Mail: [a.rienow@geographie.uni-bonn.de]

Perspektiven ab (Abb. 1). Im Rahmen von HDEV untersucht die NASA, ob die COTS-Kameras für kommende Weltraummissionen, wie beispielsweise zum Mond oder zum Mars, geeignet sein könnten (RIENOW et al. 2015). Die Kameras filmen die Erde 24 Stunden am Tag und sieben Tage die Woche aus unterschiedlichen Perspektiven.

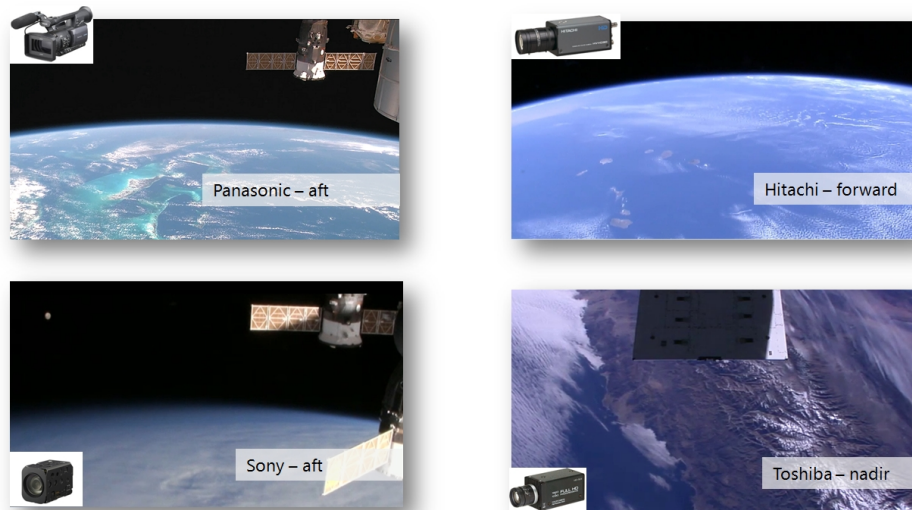


Abb. 1: Die vier am Columbus Labor der ISS montierten Kameras und ihre Blickwinkel (Quelle: NASA).

Das wesentliche Ziel von Columbus Eye wiederum ist die nachhaltige Integration der ISS-Bilddaten in den naturwissenschaftlichen Schulunterricht. Als Partner von HDEV ist das Projekt somit auch am Empfang und an der Veröffentlichung des Videomaterials beteiligt. Hierzu wird das elektronische Signal der HDEV-Payload von der ISS über das Tracking and Data Relay Satellite System nach White Sands (New Mexico, USA) gesendet und von dort aus zum Payload Operations Integration Center (POIC) am Marshall Space Flight Centre in Huntsville (Alabama, USA) weitergeleitet. Die weitere Übertragung und finale Speicherung in Bonn (Deutschland) erfolgt mit Hilfe des Telescience Resource Kit (TReK) (SCHNEIDER & LAPENTA 2001). Innerhalb von Columbus Eye werden die Aufnahmen der vier HD-Kameras archiviert und radiometrisch korrigiert (Abb. 4). Die Archivierung der Aufnahmen erfolgt ausschließlich in Bonn. Seit Februar 2016 können die Kameras zudem auch von der Universität Bonn über das POIC angesteuert werden, um die aktuelle Kameraperspektive zu verändern. Dies bietet die Möglichkeit, die für erdbeobachtungszwecke so wichtige Nadir-Sicht für eine längere Zeit beizubehalten. Mit einer Bildauflösung von 2,1 Megapixel in Kombination mit der Flughöhe der ISS, welche bei ca. 400 km liegt, ergibt sich im Nadir eine räumliche Bodenauflösung von ca. 500 m.

Die Verbreitung der HDEV-Aufnahmen und der darauf basierenden Unterrichtsmaterialien geschieht über das projekteigene Internetportal: www.columbuseye.uni-bonn.de. Neben einem Livestream von der ISS, werden hier interessante Sequenzen aus den Überflügen als ‚Highlights‘ veröffentlicht. Hierzu gehören u. a. natürlicher Phänomene wie Vulkanausbrüche, Vorgänge rund um die ISS wie das Andocken einer neuen Versorgungskapsel, sowie faszinierende Muster der Erdoberfläche wie Meteoritenkrater. Die wichtigste Komponente im Portal stellt jedoch die Unterrichtsmaterialien dar. Fernerkundungsdaten können durch ihre hohe Anschaulichkeit einen

wichtigen Beitrag zur medienbasierten Wissensvermittlung von Themen des Schulcurriculums leisten (GOETZKE et al. 2014). Hierbei kann nicht nur der Geographieunterricht durch die Erdbeobachtung innovativ gestaltet werden. Auch andere MINT-Fächer – der Begriff leitet sich aus den Fachbereichen Mathematik, Information, Naturwissenschaft und Technik ab – können von Fernerkundungsdaten und den einhergehenden Perspektivenwechsel der Schülerinnen und Schüler (SuS) profitieren.

Das in diesem Artikel vorgestellte Beispiel beschäftigt sich exemplarisch mit dem Einsatz von Bildern von der ISS im Mathematikunterricht. Mit Hilfe des digitalen Lernmoduls „Mittelwertberechnung von der ISS“ werden theoretische Konzepte aus der Stochastik praktisch umgesetzt und für die Glättung und Filterung von Bildern von der ISS verwendet. Auf diese Weise wird nicht nur Wissen aus dem Schulcurriculum vermittelt, sondern auch das eigenständige Arbeiten mit wissenschaftlichen Methoden gefördert.

2 HDEV im Schulunterricht

Die auf Basis der HDEV-Daten entwickelten Unterrichtsmaterialien können anhand von drei Interaktionsstufen unterschieden werden: einfache Arbeitsblätter, interaktive Lerntools und umfassende digitalen Lernumgebungen (Abb.2).

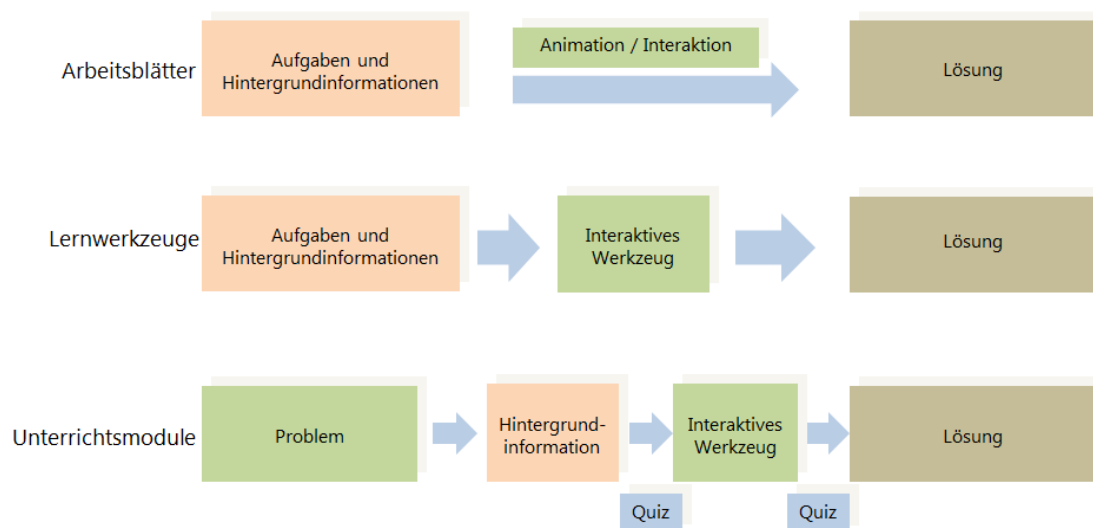


Abb. 2: Die drei Ebenen von Interaktionsgraden der Columbus Eye Unterrichtsmaterialien

Die Arbeitsblätter umfassen u. a. Themengebiete wie die Rayleigh-Streuung (Physik) oder Desertifikationsprozesse (Geographie). Die ISS-Aufnahmen werden zur visuellen Unterstützung des Gelernten genutzt. Die Interaktion erfolgt bei den Arbeitsblättern mit kleinen Bildbearbeitungsanwendungen wie einem Swipe-Tool und lebensnahen Experimenten.

Das „Observatorium“ von Columbus Eye besteht aus interaktiven Lernwerkzeugen zur Klassifikation der HDEV-Aufnahmen. Videos von Überflügen der ISS wurden in Nadir-Panoramen verwandelt. Neben einem Panorama von Westafrika, welches die größte Wüste der Welt – die Sahara – sowie Savannenregionen und den Regenwald abbildet, gibt es auch die Möglichkeit Einblicke in Regionen Kanadas und das Leben in Schnee und Eis zu bekommen.

Ein drittes Tool thematisiert Südamerika und zeigt einen Überflug von der Küste Chiles über die Anden und die weiten Ebenen der Pampa zur Küste Argentiniens. In allen drei Regionen geht es insbesondere auch um die Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Klimazonen. Die SuS können mit dem Observatorium eigenständig eine „Minimum-Distance“ Klassifikation der Landschaftsoberflächen an den ISS-Panorama durchführen und werden so mit Methoden der Fernerkundung, aber auch mit den Unterschieden und der Vielfältigkeit unserer Erde vertraut gemacht. Sie lernen, unterschiedliche Landoberflächen zu erkennen, diese einzuordnen und zu benennen und schließlich am Ende ihre eigene Karte zu erstellen. Darüber hinaus setzen sie sich jedoch auch mit der Problematik möglicher Fehlern dieser Methoden auseinander. Die Bewertung der aus der eigenständigen Klassifikation hervorgegangenen Karte hilft, die kritische Reflexion von computerbasierten Produkten zu fördern. Abbildung 3 zeigt eine exemplarische Klassifikation (links) und die daraus resultierende Karte (rechts) am Beispiel von Südamerika. Die dritte und umfassendste Interaktionsebene stellen die Lernmodule von Columbus Eye dar. Es sind „geschlossene“ Lernumgebungen und kombinieren Verarbeitungswerkzeuge der digitalen Bildanalyse mit fachspezifischen Aufgabenstellungen sowie erläuternden Animationen.

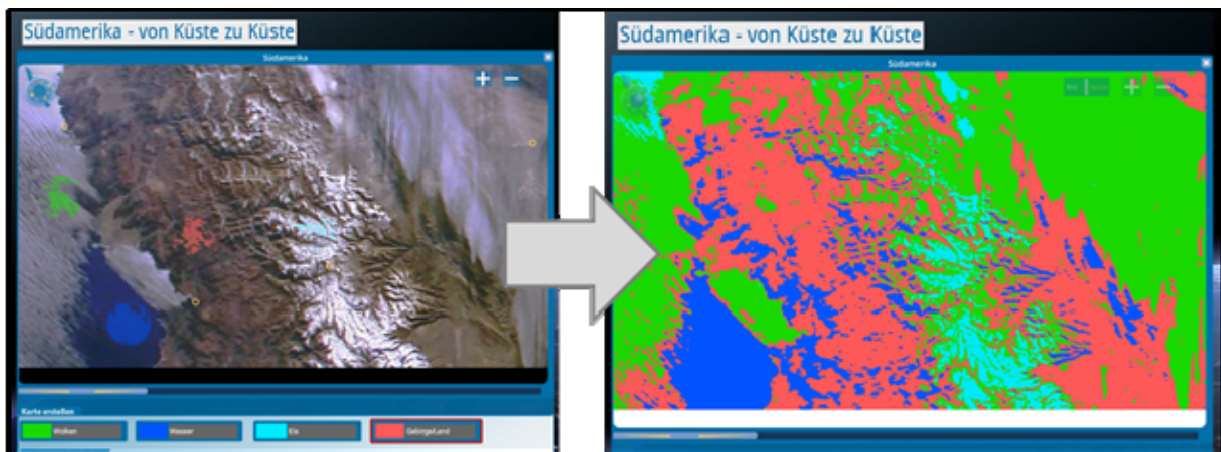


Abb. 3: Das Südamerika-Panorama im Columbus Eye Observatorium: Die SuS führen eigenständig eine Klassifizierung durch und erstellen eine eigene Landbedeckungskarte.

3 Mittelwertberechnung mit Bilddaten von der Internationalen Raumstation

3.1 Mathematikunterricht aus dem All – Einsatz Neuer Medien

Das Lernmodul „Mittelwertberechnung von der ISS“ setzt sich mit der Bildkorrektur auseinander und vermittelt neben dem technischen Verständnis zu digitalen Bildaufnahmen elementare Komponenten aus der Stochastik. Die Stochastik stellt eine zentrale inhaltsbezogene Kompetenz des Mathematikunterrichts in der Jahrgangsstufe 7 dar, welche mit dem zugehörigen Lerntool angesprochen wird. Wichtiger Bestandteil ist hier die Betrachtung und Interpretation relativer Häufigkeiten und Mittelwerte, wie insbesondere das arithmetische Mittel. Dieses Wissen wird schließlich genutzt, um mit Hilfe von Mittelwertfiltern eine Rauschunterdrückung in den ausgewählten Bildern der ISS anzuwenden. Die Unterrichtseinheit bedient sich der Möglichkeit des Computers, um die angesprochene Thematik durch Animation und Interaktion

nachhaltig zu vermitteln. Der Aufbau des Moduls ist wissenschaftsorientiert und fördert somit grundlegend das wissenschaftspropädeutische Lernen. Gemäß den didaktischen Prinzipien des moderaten Konstruktivismus wird so die Problemlösungs-Kompetenz der SuS angesprochen (VOB et al. 2011).

3.2 Hintergrund: Daten und Methodik

Insgesamt wurden vier Bilder aus Überflügen der ISS in das Lernmodul integriert. Zwei Bilder wurden aus einem Überflug über Kanada gewählt, zwei weitere von einem Überflug über die arabische Halbinsel. Eine der Kanada-Aufnahmen enthält einen „Blaustich“, welcher durch die Rayleigh-Streuung in der Atmosphäre verursacht wird. Die beiden Bilder der arabischen Halbinsel wiederum enthalten ein leichtes und ein starkes Rauschen, welches in fehlerhafte Bilddaten resultiert.

Die SuS werden zunächst in die Grundlagen der digitalen Bildbearbeitung eingeführt. Bilder aus dem All bestehen wie alle digitalen Bilder aus einem gleichmäßigen Zellenraster. Jede Rasterzelle, bzw. Pixel, beinhaltet einen Wert, der die von der Erdoberfläche an dieser Stelle reflektierte Strahlung repräsentiert. In dieser Lerneinheit können die SuS feststellen, dass es bei der Aufnahme von erdbeobachtenden Bildern immer wieder zu Bildfehlern, z. B. durch kurzfristige oder systematische Fehlfunktionen des Sensors oder durch atmosphärische Störungen oder Fehler bei der Datenspeicherung, kommen kann. Solche Empfangsstörungen resultieren in fehlerhafte Bildzeilen oder -spalten oder einem Bildrauschen, welches auch ‚noise‘ genannt wird. Mit Hilfe von Mittelwertfiltern können solche Datenfehler jedoch behoben oder zumindest verbessert werden.

Die Grundlage für eine Filterung der Bilddaten bilden gleitende Filtermatrizen, sogenannte Kernel. Innerhalb eines Kernels werden die Pixelwerte abhängig von ihrer Umgebung verändert. Das bedeutet, dass aus allen Pixeln einer definierten Umgebung ein Mittelwert berechnet wird und dieser Wert dem zentralen Pixel zugeordnet wird. (Abb. 4).

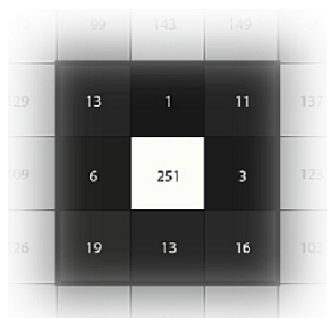


Abb. 4: Beispiel eines 3x3-Pixel Kernels wie auch im Lernmodul dargestellt.

Nach der erfolgreichen Berechnung bewegt sich der Kernel pixelweise weiter, weshalb er auch ‚Moving Window‘ genannt wird. Als statistischer Filter wird hier das arithmetische Mittel angewendet. Bei der Berechnung von diesem wird die Summe aller Werte eines Kernels durch die Anzahl aller Werte des Kernels geteilt. Dieses Vorgehen führt zu einer Glättung des gesamten Bildes und zur Unterdrückung des Rauschens.

3.3 Das Lernmodul: Mittelwertberechnung von der ISS

Die Unterrichtseinheit „Mittelwertberechnung von der ISS“ setzt sich aus zwei Teilen zusammen. Der erste Teil leitet als Einführung auf den zweiten Teil des Moduls, welches sich mit der praktischen Umsetzung beschäftigt, hin. Das Lernmodul wird als eigenständiges Flash-Programm ausgeführt. Mit einer Navigationsleiste, die am unteren Rand angebracht ist, bewegen sich die SuS durch das Modul. Alle zu einem bestimmten Stand verfügbaren Modulteile sind in der Navigationsleiste farbig gekennzeichnet. Weitere Teile werden erst anwählbar, sobald die SuS das erste Quiz gelöst haben.

Mit einem Einführungstext werden die SuS über den Inhalt und den Aufbau des Moduls informiert, sodass sie die Ziele der Lerneinheit eigenständig arbeiten können. Zu jeder Zeit gibt es zudem die Möglichkeit durch Anklicken eines Fragezeichens im Modul Hilfen zu erhalten.

In der einführenden Rubrik ‚Hintergrundwissen‘ werden zwei Komponenten erläutert: die Berechnung des arithmetischen Mittels sowie Bildstörungen und Funktionsweisen des Moving Windows (bzw. Kernels). Hier erleichtern kleinere Animationen das Verständnis der komplexen Thematik. Das Erlernete wird anschließend in einem Quiz abgefragt, das die SuS auch eine Beispielmatrix exemplarisch berechnen lässt. Im zweiten Modulteil erhalten die SuS schließlich die Bilder und das mathematische Werkzeug, um Korrekturen an den ISS-Daten vornehmen zu können. Ein Fenster mit Aufgaben hilft, dass sich die SuS während ihrer Arbeit orientieren können. Im zentralen Schritt können die SuS vier ISS-Bilder via drag & drop in das Hauptfenster gezogen werden.

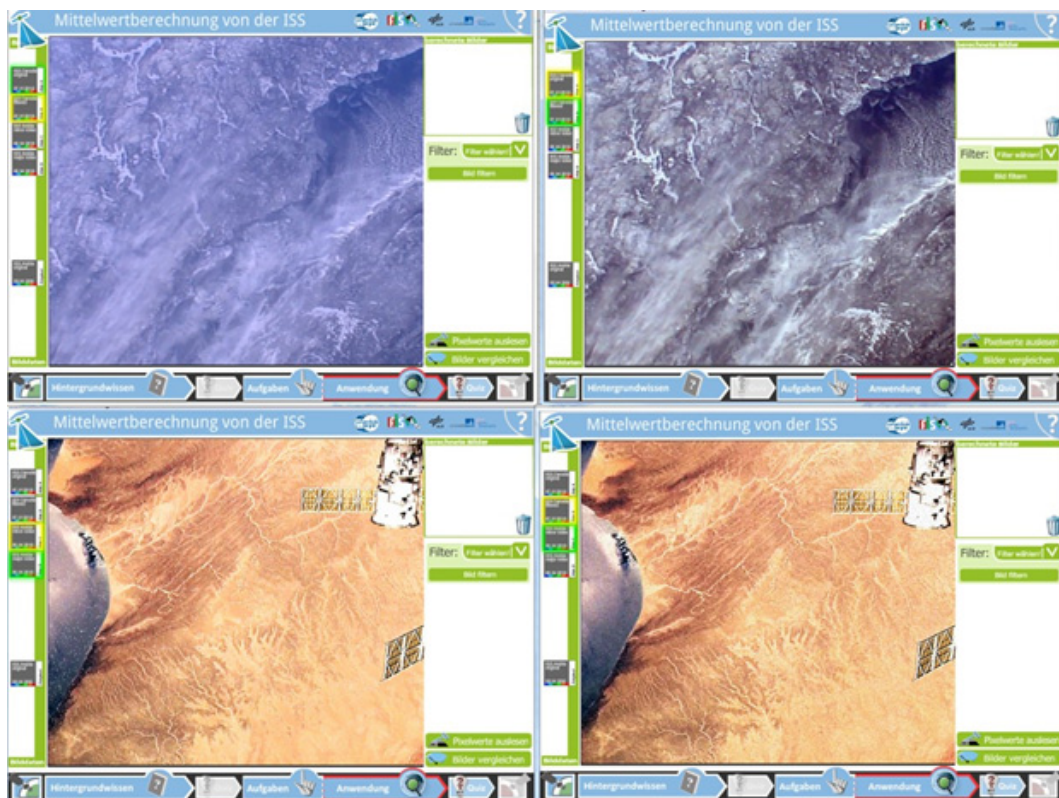


Abb. 5: Die vier zu bearbeitenden Bilddaten von der ISS: Oben ist die Korrektur der Rayleigh-Streuung, unten die Korrektur der fehlerhaften Pixel zu sehen.

Die beiden Bilder in Abb. 5 zeigen die unkorrigierten Aufnahmen über Kanada und der arabischen Halbinsel (links). Zur Erläuterung der Rayleigh-Streuung kann die Original-Aufnahme von Kanada mit dem bereits gefilterten Bild (oben rechts) im Swipe verglichen werden. Die Korrektur der Aufnahme von der arabischen Halbinsel übernehmen die SuS selbst. Mit Auswahl des Mittelwertfilters kann das Bild durch einen Klick geglättet werden. Die Mittelwertberechnungen werden nur auf ein ausgewähltes Fenster angewendet. Auf diese Weise haben die SuS die Möglichkeit die Funktionsweise des Filters nachzuvollziehen und ggf. nachzurechnen. Alle berechneten und gefilterten Bilder können in der rechten Modulleiste eingesehen werden, um die Veränderungen einzusehen und ggf. anpassen zu können. Dieser Teil des Moduls wird wiederum mit einem Quiz beendet, in dem die SuS ihr gerade erlangtes Wissen noch einmal abrufen können.

4 Fazit & Ausblick

Die Erdbeobachtung von der ISS ist in vielen Bereichen der MINT-Fächer einsetzbar. Ein Blick auf unsere Erde aus dem All zeigt nicht nur ihre Schönheit durch beeindruckende Bilder von weiten Landschaften oder komplexen Stadtstrukturen auf, sondern bringt die SuS auch dahin, uns mit der Verletzlichkeit unseres Planeten auseinanderzusetzen. Der Eingriff des Menschen oder die Zerstörungsgewalt von Naturphänomenen sind nur eine Möglichkeit, Erdbeobachtung zur Wissensvermittlung einzusetzen. Neben der Wissensvermittlung von Prozessen und Mustern der Mensch-Umwelt-Systeme im Geographieunterricht, wurde aufgezeigt, welche Möglichkeiten es geben kann, curriculumspezifische Themen weiterer naturwissenschaftlicher Fächer wie Physik und Mathematik mit Hilfe interaktiver Lerneinheiten und der selbstständigen Interaktion mit den ISS-Bilddaten zu bearbeiten.

Die im Columbus Eye- Projekt erstellten Unterrichtsmaterialien fördern neben der Medienkompetenz der SuS auch die praktische Umsetzung von immer noch vorwiegend theoretischen Konzepten. Das hier vorgestellte Beispiel „Mittelwertberechnung von der ISS“ nutzt Bildmaterial von der ISS, um Methoden der Stochastik, welche einen zentralen Bereich des Mathematikunterrichts der Jahrgangsstufe 7 ausmacht, anschaulich zu vermitteln. So werden die SuS in die Erdbeobachtung der ISS eingeführt und erlangen gleichzeitig die notwendigen Kenntnisse in ihrem Fachbereich – hier der Mathematik. Die direkte Anwendung von theoretischen Konzepten fördert zudem das kritische Hinterfragen dieser Konzepte. Beispielsweise können Störungen in Bildern ausgeglichen werden, dieses geschieht jedoch oft auch auf Kosten der Datenqualität. Das Ergebnisbild weist zwar keine Datenfehler oder -lücken mehr auf, jedoch lässt sich die Glättung des gesamten Bildes erkennen, sodass ehemals scharf erscheinende Strukturen unschärfer werden.

Das vorgestellte Lernmodul zur „Mittelwertberechnung von der ISS“ ist nur ein Beispiel, wie vielfältig das Bildmaterial aus der Erdbeobachtung im Allgemeinen und von der ISS im Speziellen in den Schulunterricht integriert werden kann. Die Lernmaterialien und interaktiven Lernumgebungen von Columbus Eye werden in Kürze auch in englischer Sprache verfügbar sein, sodass sie auch im bilingualen Schulunterricht eingesetzt werden können. Zusätzlich wird eine HTML5-Lösung als Substitution für die Flash-Umgebung konzipiert. Der Dreiklang aus ‚Sehen‘, ‚Informieren‘ und ‚Interagieren‘ wird wiederum weiter ausgebaut, um den

eigenverantwortlichen Umgang mit Geomedien zu fördern. Die SuS sollen nicht nur mit dem Blick von Astronauten die Erde betrachten können, sondern auch die Potenziale von alltäglichen Medien erfahren. Hierzu werden Arbeitsmaterialien entwickelt, mit denen die SuS die erdbeobachtenden ISS-Bilder mittels Augmented Reality auf dem eigenen Smartphone erfahren können. So könnte die ISS-Payload weiter zu einer sinnvollen ‚Payload‘ transformiert und die HDEV-Mission didaktisch in Wert gesetzt werden.

5 Literaturverzeichnis

- GOETZKE, R., HODAM, H., RIENOW, A. & VOß, K. 2014: Floods – Dealing with a Constant Thread. Learning and Teaching with Geomedia, Sanchez et al. (Hrsg.), Cambridge, 90-102.
- NASA, 2014: http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/917.html (letzter Zugriff 30.04.2016).
- RIENOW, A., GRAW, V., HEINEMANN, S., SCHULTZ, J., SELG, F., WEPPLER, J. & MENZ, G., 2015: Experiencing Space by Exploring the Earth – Easy-to-use Image Processing Tools in School Lessons. Proceedings of the 66th International Astronautical Congress 2015, October 12-16, Jerusalem, Israel, 1-7.
- SCHNEIDER, M. & LAPENTA, C.C., 2001: Payload Operations Integration Center Remote Operations Capabilities. Conference and Exhibit on International Space Station Utilization - 2001, Cape Canaveral, FL, October 15-18, 2001, 1-10.
- STEFANOV, W. & EVANS, C.A., 2014: The International Space Station: A Unique Platform for Remote Sensing of Natural Disasters. JSC Biennial Research Report, 108-110.
- VOß, K., GOETZKE, R., HODAM, H. & RIENOW, A., 2011: Remote Sensing, New Media and Scientific Literacy – A New Integrated Learning Portal for Schools Using Satellite Images. Learning with GI 2011 – Implementing Digital Earth in Education, Jekel, T., Koller, A., Donert, K. & Vogler, R. (Hrsg.), Berlin, 172-180.