

## Neue Dimensionen der Erdbeobachtung im Schulunterricht: Raumfahrt, 3-D und Augmented Reality

ANNETTE ORTWEIN<sup>1</sup>, BENNET KREBS, JANNA MEHRING,  
JOHANNES SCHULTZ & ANDREAS RIENOW

*Zusammenfassung: ‚Columbus Eye - Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht‘ ist ein vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) gefördertes Projekt zur nachhaltigen Integration von Fernerkundung in den Schulunterricht. Als exklusiver europäischer Partner begleitet Columbus Eye das ‚High Definition Earth Viewing‘ (HDEV)-Experiment der NASA, bei dem die Erde rund um die Uhr von vier an der Internationalen Raumstation (ISS) installierten HD-Kameras beobachtet wird. Die hierbei entstehenden Videos werden in Bonn archiviert, auf dem Columbus Eye-Portal ([www.columbuseye.uni-bonn.de](http://www.columbuseye.uni-bonn.de)) gestreamt und dienen als Grundlage für die Entwicklung interaktiver Unterrichtsmaterialien. Die für den gesamten MINT-Bereich konzipierten Materialien verknüpfen analoge mit digitalen und virtuellen Inhalten.*

### 1 Die Mission: Lernen mit der ISS

Die Antwort auf die häufig gestellte Frage, wie Schülerinnen und Schüler (SuS) nachhaltig für Naturwissenschaften begeistert werden können, ist komplex. Zunächst müssen der Forschergeist und die Faszination für Wissenschaft geweckt werden, dann benötigen die SuS aber auch Instrumente und Methoden, mit denen sie sich neue Themenfelder erschließen können. Die Erforschung des Weltraums und die bemannte Raumfahrt - als ein wahrgewordener Menschheitstraum - eignen sich hervorragend dazu, diese Voraussetzungen zu schaffen. Die Möglichkeit, von oben auf unseren Planeten zu blicken, offenbart die Abhängigkeit zwischen den Menschen und ihrer Umgebung und führt so zu einem tieferen Verständnis des gekoppelten Mensch-Umwelt-Systems (VOß et al. 2010). Wie der griechische Philosoph Sokrates bereits in der Antike sagte: „Der Mensch muss sich über die Erde erheben, weil er nur dann die Welt verstehen wird, in der er lebt.“ Durch das Projekt ‘Columbus Eye – Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht’ soll Erdbeobachtung nachhaltig als Methode in den Schulunterricht integriert werden. Professioneller Umgang mit der Methodik ist ebenso ein Lernziel wie die Förderung von Entscheidungskompetenz und Verantwortungsbewusstsein.

Faszinierende Bilder von der ISS, leicht verständliche und frei zugängliche Software für Lehrerinnen und Lehrer (LuL) und SuS sowie ein attraktives Online-Lernumfeld werden hier eingesetzt, um Fernerkundung für den Schulunterricht interessant zu machen (RIENOW et al. 2015a).

---





<sup>1</sup> Universität Bonn, Geographisches Institut, Meckenheimer Allee 166, D-53115 Bonn,  
E-Mail: [s3anortw@uni-bonn.de](mailto:s3anortw@uni-bonn.de)

## 2 Die Hardware: HDEV-Experiment

Im April 2014 wurden am Columbus-Labor der ISS vier kommerzielle off-the shelf (COTS) Kameras installiert und in Betrieb genommen. Die Kameras filmen die Erde rund um die Uhr aus drei unterschiedlichen Perspektiven. Zwei Kameras bedienen die Rückwärts-, eine die Vorwärts- und eine die Nadir-Perspektive. Die räumliche Auflösung in der Nadir-Perspektive beträgt etwa 500 m mit einer spektralen Auflösung von 390 bis 750 nm, die mittels eines CMOS-Sensor aufgenommen wird (RUNCO 2015). Die zeitliche Auflösung variiert zwischen 180 Minuten und drei Tagen, dabei sind Signalstörungsphasen und Nachtflüge eingeschlossen. Im oberen Teil von Tabelle 1 werden die spezifischen Daten der Kameras beschrieben. Auflösung und Winkel sind dabei abhängig von den allgemeinen (und den wechselhaften) Bedingungen der ISS, die sich in rund 400 km Höhe bewegt, jedoch Kursschwankungen und Höhenveränderungen unterliegt. Etwa einmal in 90 Tagen wiederholen sich die Belichtungsverhältnisse (RIENOW ET. AL. 2014).

Die Kameras sind verbunden mit der integrierten Bordelektronik zur Steuerung und Datenverarbeitung, sodass sie von außen durch eine TRek-Arbeitsstation gesteuert und eingeschaltet werden können. Obwohl die Taktung beeinflusst sein kann, bleiben Zoom, Linse und Lichtempfindlichkeit voreingestellt. Die Videos werden unbearbeitet über einen Kursverfolgungs- und Datenrelaissatellitensystem (TDRS) auf die Erde gestreamt (RUNCO 2015). Ursprünglich war das Ziel des High Definition Earth View (HDEV) – Experiments auf der ISS lediglich, die Beständigkeit und Nützlichkeit der CMOS-Kameras unter Weltraumbedingungen für weitere Missionen zu testen. Die hierbei entstandenen hochwertigen Videos von der Erdoberfläche könne jedoch hervorragend didaktisch in Wert gesetzt werden.

Tab. 1: HDEV-Kameras und Anwendungsmöglichkeiten im Schulunterricht

	Hitachi©	Panasonic©	Sony©	Toshiba©
Kamera				
Sicht	Vorwärts	Rückwärts	Rückwärts	Nadir
Beispielthema	Entstehung eines Zyklons	Bildkorrektur		Rayleigh-Streuung
Unterrichtseinheit	Das Auge des Zyklons	Mittelwertberechnung von der ISS		Streuung & Farben in der Atmosphäre
Typ	Augmented Reality	Lernmodul		Observatorium

### **3 Das Projekt: Columbus Eye**

Als exklusiver europäischer Partner der NASA ist Columbus Eye zuständig für die Archivierung, Aufbereitung und Bereitstellung des Videomaterials von der ISS, das so für den Schulunterricht sowie die interessierte Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird. Hierbei wird Columbus Eye vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) unterstützt. Augenblicklich enthält das HDEV-Archiv in Bonn 14 Terrabyte Daten; darin enthalten sind alle Videos, die seit dem 23. September 2014 aufgenommen wurden.

#### **3.1 Lernportal rund um die Live-Videos von der ISS**

Eine Möglichkeit, die interessierte Öffentlichkeit an der bemannten Raumfahrt zu beteiligen, ist es, sie die Perspektive der Astronauten einnehmen zu lassen. Um dies zu ermöglichen, werden die Videos von der ISS live auf dem Columbus Eye-Portal gestreamt und kostenfrei zur Verfügung gestellt. Zusätzlich finden sich auf dem Portal ein Bereich mit aktuellen Nachrichten sowie Hintergrundinformationen zur ISS und Alexander Gersts Mission „Blue Dot – Shaping the future“ (DLR 2014). Außerdem werden ausgewählte Videos, z.B. mit spektakulären Sonnenuntergängen oder besonderen Wetterphänomenen, als Highlights in einem eigenen Bereich auf der Webseite präsentiert. Um die Videos nutzbar zu machen, werden die durch Rayleigh- und Mie-Streuung entstandenen Effekte minimiert sowie die Kontrastwerte und Farbintensität verbessert (RIENOW et al. 2015<sup>B</sup>). Geotagging ermöglicht die Bestimmung des aktuellen Aufenthaltsortes der ISS und ist die Grundlage für die kartenbasierte Suchfunktion der Highlights. Mithilfe eines Suchalgorithmus können die Highlights entsprechend ihrer Zuordnung nach Thema, Ort oder Datum gefunden werden. Die auf dem Lernportal übersichtlich präsentierten Videos und Hintergrundinformationen sind verbunden mit zahlreichen Lerneinheiten, die im Schulunterricht eingesetzt werden können. Dieser intermediale Ansatz stärkt (1) naturwissenschaftliche Bildung - und damit einhergehend - (2) die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses sowie (3) die öffentliche Unterstützung (bei zukünftigen) Weltraummissionen (RIENOW et al. 2014, 2015B) Grundlage zur erfolgreichen Umsetzung des vorgestellten Ansatzes sind die interaktiven, benutzerfreundlichen und innovativen Lernmaterialien, erstellt nach einem moderaten konstruktivistischen Konzept. Die Ausarbeitung und Weiterentwicklung des Konzepts basiert auch auf den Erkenntnissen, die aus dem Projekt „Fernerkundung in Schulen“ (FIS) ([www.fis.uni-bonn.de](http://www.fis.uni-bonn.de)) gewonnen wurden. Weil die Stärkung der Medienkompetenz heute ein wesentliches Lernziel in der Schule ist, wird interaktives und intermediales Arbeiten mit Videos bei Columbus Eye in den Mittelpunkt gestellt (DGFG 2014).

#### **3.2 Innovatives Lernen trifft Weltraumtechnik**

Computergestütztes E-Learning ist kein Neuland in den Erziehungswissenschaften. Es ist bekannt, dass interaktive Lernmaterialien den SuS helfen, autodidaktische Kompetenzen zu entwickeln, ihre Fähigkeiten zur Selbstorganisation zu stärken sowie Entscheidungskompetenzen zu fördern. Das Konzept des E-Learnings nutzt u.a. virtuelle Klassenzimmer, computergestützte Lerneinheiten oder Online-Suchmaschinen (VOß et al. 2011, GRYL 2012). Ein vergleichsweise neuer Ansatz für den Einsatz virtueller Lernumgebungen ist die sogenannte Augmented Reality (AR), eine in erster Linie smartphonebasierte Technik, die analoge Lernmaterialien durch virtuelle Welten erweitert. Der Wandel vom „E-Learning“ zum „M-Learning“, bzw. von der Online- zur

Mobilen Lernumgebung bringt den Vorteil mit sich, dass mobile Endgeräte zu jeder Zeit und an jedem Ort verfügbar sein können – und damit auch die Lernmaterialien (CLARKE 2008, KORUCU & ALKAN 2011). Apps, kleine Smartphone-Anwendungen, verlinken Karten, Schaubilder oder reale Umgebungen mit passenden Informationen und ergänzen die Realität der Echtzeit-Bilder durch virtuellen Inhalt (DUNLEAVY et al. 2009; VUFORIA 2016). Informationen können so unabhängig von einem speziellen Lernort abgerufen werden. Zweidimensionales Kartenmaterial wird so zum interaktiven Spielplatz, bei dem Videos von der ISS oder Astronautenbilder wie das Lichtermeer der nächtlichen Erde in einer neuen Dimension entdeckt werden können. Diese Erfahrung lehrt zum einen die kritische Betrachtung des beobachteten Objekts, fördert aber auch die Auseinandersetzung mit der sinnvollen Nutzung des Smartphones hand (CLARKE et al. 2008, KORUCU & ALKAN 2011; VUFORIA 2016).

Hinter den Kulissen entsprechen die Apps den neuesten technischen Voraussetzungen, sind aber gleichzeitig auch mit älteren Android-Versionen kompatibel. Entwickelt wurde die App mit dem Android Developer© erweitert durch Vuforia© und wird verbreitet über das Columbus Eye-Portal und den Google Play Store©, kann die App von mehr als 85% aller Smartphone-Nutzer weltweit genutzt werden (STATISTA 2016).

## **4 Die Umsetzung: Interaktive Lernmaterialien**

Die Erde wird rund um die Uhr aus drei verschiedenen Perspektiven beobachtet, sodass das produzierte Bildmaterial vor allem für forschungsorientierte Fächer wie Physik, Sozialwissenschaften und Geografie von großem Interesse ist. Durch die Beschäftigung mit ISS-Daten können somit einerseits die technischen Grundlagen der Bildaufnahme und Verarbeitung und andererseits die Prozesse auf der Erdoberfläche vermittelt werden. Dies kann aus unterschiedlichen Perspektiven geschehen -nicht in Bezug auf verschiedene Kamerawinkel, sondern auch durch unterschiedliche Formen von Lehr- und Lernmaterialien (Tab. 1). Im folgenden Kapitel sollen kurz die oben vorgenannten computerbasierten Lernmaterialien und Online-Tools sowie die neu explorierten 3D und M-Learning Techniken beschrieben werden.

### **4.1 Computerbasierte Lernmodule**

Das wichtigste Element des Columbus Eye-Portals sind die Unterrichtsmaterialien, die sich jeweils einem Thema widmen, das dem Schulcurriculum im Bereich der MINT-Fächer entnommen ist. Die Materialien wurden so gestaltet, dass sie sofort einsetzbar sind und von den Schülern selbständig bearbeitet werden können (RIENOW et al. 2015a). Nach einer problemorientierten Einführung in das jeweilige Thema folgt ein interaktiver Teil, in dem die SuS Techniken der Fernerkundung anwenden, um die für die Beantwortung der Fragen relevanten Informationen zu erhalten. Mithilfe des Tests am Ende des Moduls können die SuS selbständig ihren Lernerfolg überprüfen. Damit die Materialien ohne aufwendige Vorbereitung im Unterricht eingesetzt werden können, wurde zu jeder Unterrichtseinheit ein Leitfaden für LuL entwickelt.

Ein Beispiel ist das mathematische Lernmodul „Mittelwertberechnung von der ISS“. In diesem Modul sollen die SuS mithilfe mathematischer Berechnungen Bildkorrekturen vornehmen (Abb. 1). Als Datenquelle dient ein von der ISS aufgenommenes Bild. Die SuS machen sich zum einen

mit Methoden der Statistik und Informatik vertraut und können zum anderen das theoretische Wissen gleich in die Praxis umsetzen (RIENOW et al. 2016).

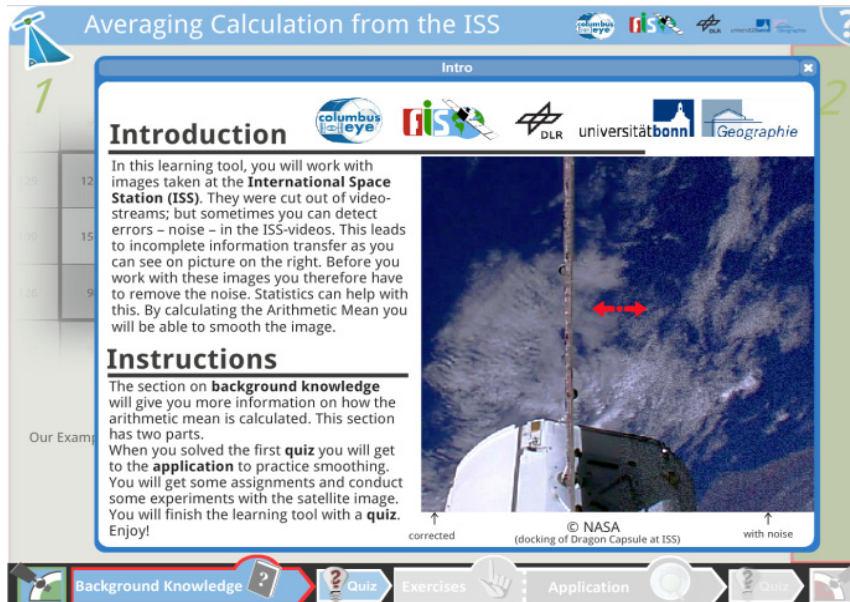


Abb. 1. SuS kalkulieren den Mittelwert, um Bildkorrekturen vorzunehmen

#### 4.2 Online-Klassifizierungstool: Das Observatorium

Eine andere Möglichkeit, mit dem Bildmaterial der ISS zu arbeiten, bieten die aus den Videos entwickelten einzigartigen Panorama-Aufnahmen. Durch die Umwandlung von bewegten in statische Bilder können verschiedene Methoden der Fernerkundung erprobt werden (RIENOW et al. 2015b). Bisher befinden sich in dem sogenannten „Observatorium“ Panorama-Bilder von drei Regionen: Westafrika, Südamerika und Kanada. Imposante Eisdecken, die größte Wüstenregion der Welt und tropischer Regenwald stehen hier bereit zur Erforschung. Mithilfe von leicht zu bedienenden Online-Klassifizierungstools können die SuS anhand der Panoramabilder Informationen über Landoberflächen gewinnen und werden so mit Arbeitsabläufen in der Fernerkundung vertraut gemacht (RIENOW et al. 2015b; VOß et al. 2011). Die SuS können ihre Übungseinheit je nach Interesse auswählen und selbst eine Klassifizierung vornehmen. Dies geschieht auf Basis der Minimum-Distance-Klassifikation (Abb. 2). Bei diesem überwachten Klassifikationsverfahren werden mit Hilfe von Trainingsgebieten Klassen voneinander abgegrenzt. Das wesentliche Kriterium ist der Abstand der zu klassifizierenden Pixel zum Mittelwert der Farbeigenschaften, die durch die Trainingsklassen repräsentiert werden. Die Zuweisung eines Pixels zu einer bestimmten Klasse erfolgt über den geringsten euklidischen Abstand, d.h. ein Pixel wird der Klasse zugewiesen, zu deren Mittelwert er den kleinsten Abstand besitzt. (WACKER & LANGREBE 1972).

Im Onlinetool werden die Trainingsgebiete durch den Button „neue Oberfläche anlegen“ ausgewählt. Für jedes Panorama können gleichzeitig verschiedene Klassifizierungen angewendet werden, zum Beispiel können die Wolkendecken im Süden im Kontrast zu den nördlichen Wüsten hervorgehoben werden – beides im Westafrika-Panorama zu finden. Das Klassifizierungstool kann



sowohl als eigenständige Anwendung genutzt als auch in einen größeren Lernzusammenhang eingebettet werden. Erlern werden nicht nur Fernerkundungstechniken, sondern auch das Erstellen von thematischen Karten wie im Lehrplan für Geographie vorgesehen. Bei der abschließenden Interpretation der Daten helfen den SuS kurze Texte, die in die Umgebung des Lernmoduls integriert sind.



Abb 2. Westafrika im Fokus: Durchführung einer Minimum-Distance-Klassifikation anhand von Hintergrundinformationen zu einer bestimmten Landoberfläche

### 4.3 Mit Stift, Papier und Smartphone ins All abheben

Klassische Arbeitsblätter haben den Vorteil, dass sie klar strukturiert sind und den SuS erlauben, in ihrem eigenen Tempo zu arbeiten und das Erlernte jederzeit zu wiederholen. Gleichzeitig sollen herausfordernde Aufgaben selbständiges Denken fördern. Die Arbeitsblätter von Columbus Eye folgen diesen Prinzipien, werden aber ergänzt durch interaktive Lernmaterialien. Die Arbeitsblätter behandeln Themen aus verschiedenen naturwissenschaftlichen Fachrichtungen wie zum Beispiel Atmosphärische Streuung (Physik), Metropolregionen und ihr Naturraum (Biologie/Geografie) oder Wüsten und ihre Entstehung (Geografie). Durch die Einbindung von 3D-Umgebungen und Apps wurden die analogen Lernmaterialien in die nächste Generation überführt.

#### 4.3.1 Lern-Apps erweitern die Realität

In diesem Jahr hat Columbus Eye die erste eigene App entwickelt und auf den Markt gebracht. Die App ist Teil der multimedialen Lerneinheit „Im Auge des Zyklons“, die auf der Struktur eines klassischen Arbeitsblattes basiert und zugleich AR-Techniken anwendet. Thematisiert werden die Entstehung und der Weg des philippinischen Zyklon Maysak. Analog zum multimedialen Ansatz können die analogen Arbeitsblätter zum Leben erweckt werden, wenn man sie durch die Kamera des Smartphones betrachtet. Z.B. wird ein Diagramm über die geheimnisvollen internen Mechanismen des Zyklons kombiniert mit einem Video, das am 31. März 2015 von der ISS aus

vom Zyklon Maysak aufgenommen wurde und einen Blick auf dieses besondere Wetterphänomen ermöglicht. Ein zweites Diagramm über Luftmassen bewegt sich plötzlich und zeigt, wie sich der Zyklon Maysak fortbewegt. (Abb. 3). Die Luftmassenkarte und der Aufriss des Zyklons dienen hierbei als reale Objektgrundlagen. Sie sind der Marker zur Bilderkennung für die AR-Inhalte der App. Das Motiv wird von der App gescannt und erweitert die Realität um animierte Luftmassenkarte und einen Überflug über den Tropensturm.

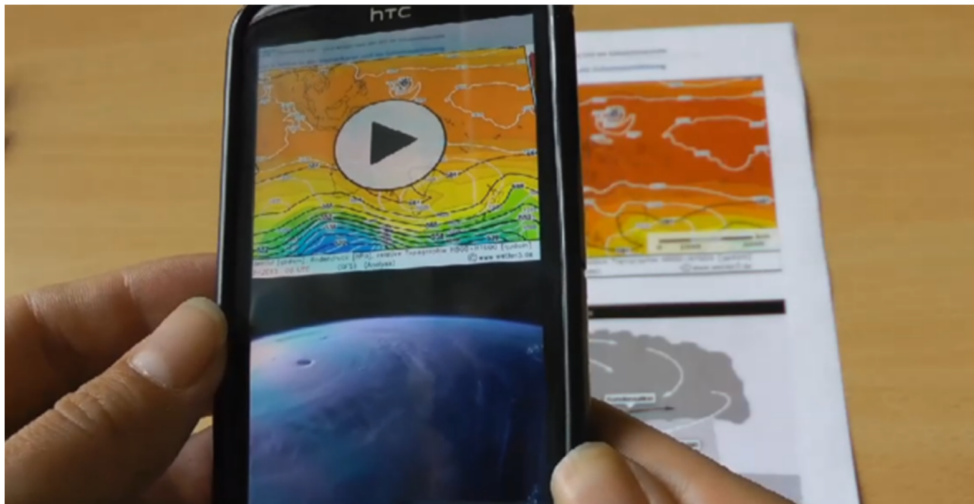


Abb. 3: Demonstration der Android App "Im Auge des Zyklons"

Bevor sie die interaktiven Elemente entdecken können, müssen sich die SuS auf analogem Wege wissenschaftliches Spezialwissen aneignen, z.B. über Häufigkeit, Formation und innere Struktur eines Zyklons. Die Lese- und Verständniskompetenzen der SuS werden im letzten Teil der Lerneinheit gefordert, wenn Aufgaben zum vorgestellten Thema gelöst werden müssen. Um die Aufgaben lösen zu können, ist es notwendig, sowohl die Informationen aus den Arbeitsblätter als auch diese aus der App zu kennen, denn während die analogen Materialien eher allgemeine Informationen zu Tropenstürmen enthalten, kann man nur über die Nutzung der App an konkrete Daten über den Tayfun Maysak gelangen, wie z.B. die Größe seines Durchschnitts.

Wenn es schließlich darum geht, das erlernte Wissen anzuwenden, kommen Stift und Papier ins Spiel. Der haptische Eindruck beim Notieren der Lösungen auf einem Arbeitsblatt sorgt dafür, dass Erlerntes nachhaltig im Gedächtnis bleibt.

#### 4.3.2 Drei Dimensionen des Weltraums

Columbus Eye arbeitet neben der Weiterentwicklung der AR-Anwendungen auch daran, Arbeitsblätter durch 3D- und stereoskopischen Bildern zu erweitern. Mithilfe von stereoskopisch bearbeiteten Satellitenbildern, Bildern von der ISS und Bildern der Astronauten sowie 3D-Videos sollen SuS physikalischen Hintergründe und Zusammenhänge der Stereoskopie von der Absorption über Komplementärfarben, Farbe und Polarisationsfilter bis hin zu stereoskopischem Sehen erlernen. Mit diesem Wissen können die SuS dann ihre eigenen 3D-Bilder produzieren und so die physikalischen Grundlagen neuer Technologien erlernen, die beispielsweise beim 3D-Fernsehen oder in der Virtual Reality (VR) eingesetzt werden.



Abb. 4: Eintauchen in die Mojave-Wüste – 3D Erlebnisse mit der Rot-Cyan-Brille (prozessiertes Bild ISS048-E-68432, 30.08.2016, 20:21:00 GMT). Abrufbar unter: <https://www.facebook.com/columbuseyelite/photos/a.570448506427259.1073741828.570411923097584/688844064587702/?type=3&theater>

Auf dem Arbeitsblatt werden alle relevanten Techniken und Methoden vorgestellt, die für die Erstellung und das Anschauen von Stereoaufnahmen relevant sind, wie z.B. die Polarisierungsmethode oder Anaglyphenbilder, die aus zwei verschiedenen gefilterten Farbbildern bestehen, die jeweils von einem Auge durch „farbkodierte“ Gläser (rot und cyan, Abb. 4) betrachtet werden. Das Arbeitsblatt ist dazu in zwei Bereiche aufgeteilt. Im ersten Teil werden alle nötigen Hintergrundinformationen erstellt und im zweiten Teil werden Beispiele von 3D-Bildern gezeigt, die entweder Satellitenbilder oder Bilder von der ISS sind. Die Anaglyphenbilder von der ISS wurden anhand der HDEV-Videos mit MATLAB© errechnet (MICHEL 2013). Außerdem gibt es noch einen Fragenkatalog, der von den SuS beantwortet werden soll. Für die Beantwortung der Fragen sollte das Material aufmerksam gelesen und die physischen Grundlagen verstanden worden sein.

## 5 Ein Blick in die Zukunft: Technologie weiter denken

Fernerkundung und Erdbeobachtung eignen sich als Methode für die Vermittlung von Themen des interdisziplinären Schulunterrichts, indem sie die Lücke zwischen physikalischen und mathematischen Hintergrundinformationen und geographischer Anwendungsanalyse schließen. Das Projekt Columbus Eye ist im Jahr 2013 mit dem Ziel gestartet, ein Portal für die Live-Bilder von der ISS und die begleitenden Unterrichtsmaterialien einzurichten. Initiiert wurde das Projekt vor allem, um die Mission des deutschen Astronauten Alexander Gerst im Jahr 2014 zu begleiten und so die Themen Raumfahrt und Erdbeobachtung miteinander zu verknüpfen. Das Portal enthält leicht zugängliche Arbeitsblätter, verständliche Lernmodule, interaktives Lehrmaterial sowie 3D-Bilder und smartphone-basierte AR-Anwendungen.



Durch Projektstage in Schulen und Lehrerfortbildungen in Kooperation mit Bildungseinrichtungen in ganz Deutschland gelangten faszinierende Bilder von der ISS direkt in die Klassenzimmer. Bis jetzt konnten mehr als 1200 SuS und 200 LuL direkt erreicht werden. Über die Projektstage in den Schulen wurde im Fernsehen und Radio berichtet, wodurch das Interesse noch einmal verstärkt werden konnte (RTL NORD 2016).

Für die Zukunft des E-Learnings ist das Ausschöpfen des Potenzials neuer Technologien essentiell. Nur so kann die Lebenswirklichkeit der SuS sinnvoll in den Lehrplan integriert werden und gleichzeitig die Methodenkompetenz im Umgang mit den neuen Medien angesprochen und ausgebaut werden. Die zunehmende Vernetzung der SuS und LuL kann dabei auch für innovative Unterrichtsmaterialien und vor allem -Umgebungen genutzt werden. Hier könnten die an Hochschulen eingesetzten Massive Open Online Courses (MOOCs) für den Einsatz im Schulunterricht angepasst werden. MOOCs kombinieren traditionelle Formen der Wissensvermittlung mit online abrufbaren Videos, Lesematerial und Problemstellungen. Sie können wie reguläre Hochschullehrveranstaltungen auch mit Prüfungsleistungen abschließen. Während mehrwöchige MOOCs zum Thema Erdbeobachtung für den alltäglichen Schulunterricht eher ungeeignet scheinen, könnten Mini-MOOCs den Einsatz von Präsenzveranstaltungen, i.e. regulärer Unterricht im Klassenraum, mit Videokursen als bspw. wochenübergreifende Hausaufgaben kombiniert werden. Denkbar wären auch verstetigte Einsätze in Vertretungsstunden oder die Gründung von SuS-Arbeitsgruppen.

Mit dem Ende der HDEV-Mission in 2018 arbeitet die NASA zurzeit an einem Nachfolgeprojekt, um die Öffentlichkeit auch in Zukunft am Blick aus dem All teilhaben zu lassen. Die Herausforderung der Zukunft wird es sein, diese neuen Techniken möglichst zeitnah und barrierefrei mit curriculumsorientierten Vermittlungsmethoden einem breiten Publikum zur Verfügung zu stellen – denn nur so können faszinierende Lernumgebungen entstehen, die die SuS bei einer Reise durch das All schulpraktisches Wissen erfahren lassen.

## 6 Literaturverzeichnis

- CLARKE, K., DEDE, J.C. & DIETERLE, E., 2008: Emerging Technologies for Collaborative, Mediated, Immersive Learning. VOOGT, J. & KNEZEK, G. (Hrsg.), International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education, 901-909.
- DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT (HRSG.), 2014: Blue Dot – Alexander Gerst shapes our future on the International Space Station, Bonn.
- DGFG (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAFIE) (HRSG.), 2014: Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss mit Aufgabenbeispielen, Bonn.
- DUNLEAVY, M., DEDE, C. & MITCHELL, R., 2009: Affordances and Limitations of Immersive Participatory Augmented Reality Simulations for Teaching and Learning. *Journal of Science Education and Technology* **18**, 7-22.
- GRYL, I., 2012: Reflexivity and Geomedia – Going Beyond Domain-specific Competence Development. *GI-Forum Geovisualization, Society and Learning*, Salzburg, Austria, 03.-06. July 2012, elektronischer Tagungsband.

- KORUCU, A.T. & ALKAN, A., 2011: Differences between m-learning (mobile learning) and e-learning, basic terminology and usage of m-learning in education. *Procedia Social and Behavioral Sciences* **15**, 1925-1930.
- MICHEL, B., 2013: *Digital Stereoscopy: Scene to Screen 3D Production Workflows*. Belgien.
- RIENOW, A., GRAW, V., HEINEMANN, S., SCHULTZ, J., SELG, F. & MENZ, G., 2016: *Mathematikunterricht aus dem All – Interdisziplinäre Lernwerkzeuge für den Einsatz von Erdbeobachtung im Schulunterricht*. Dreiländertagung der DGPF, der OVG und der SGPF, Bern, Switzerland, 2016, 7.-9. June, 428-435.
- RIENOW, A., GRAW, V., MENZ, G., SCHULTZ, J., SELG, F. & WEPPLER, J., 2015a: *Experiencing Space by Exploring the Earth – Easy-to-use Image Processing Tools in School Lessons*. IAC-15-E.1.2.2, 66<sup>th</sup> International Astronautical Congress, Jerusalem, Israel, 2015, 12-16 October.
- RIENOW, A., HODAM, H., MENZ, G., WEPPLER, J. & RUNCO, S., 2014: *Columbus Eye – High Definition Earth Viewing from the ISS in Secondary Schools*. IAC-14-E1.1.8, 65<sup>th</sup> International Astronautical Congress, Toronto, Canada, 29 September - 03 October.
- RIENOW, A., HODAM, H., SELG, F. & MENZ, G., 2015b: *Columbus Eye: Interactive Earth Observation from the ISS in Class Rooms*. *GI-Forum. Journal for Geographic Information Science*, Wichmann, Berlin, 349-353.
- RTL NORD, 2016, Projekttag an der Oberschule In der Sandwehen - RTL Nord. TV Sendung vom 20.04.2016. [http://rtlnord.de/nachrichten/projekttag-columbus-eye-an-der-oberschule-an-der-sandwehen.html](http://rtl nord.de/nachrichten/projekttag-columbus-eye-an-der-oberschule-an-der-sandwehen.html) (abgerufen am 13.01.2017).
- RUNCO, S., 2015: *International Space Station – High Definition Earth Viewing (HDEV)*, [http://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/research/experiments/917.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/917.html), letzter Zugriff am 13.01.2017.
- STATISTA (Hrsg.), 2016: *Prognose zu den Marktanteilen der Betriebssysteme am Absatz vom Smartphones weltweit in den Jahren 2016 und 2020*. <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/182363/umfrage/prognostizierte-marktanteile-bei-smartphone-betriebssystemen/>, letzter Zugriff am 13.01.2017.
- VOB, 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*, Berlin, 172-180.
- VOB, K., HODAM, H. & GOETZKE, R., 2010: *Feuerspuren im Satellitenbild – Mit Fernerkundung die Bewertungskompetenz stärken*. *Learning with Geoinformation IV -Lernen mit Geoinformationen IV*, JEKEL, T., KOLLER, A., DONERT, K. & VOGLER, R. (Hrsg.), Wichmann, Berlin, 171-181.
- VUFORIA DEVELOPER'S GUIDE, 2016: <https://library.vuforia.com/>, letzter Zugriff am 13.01.2017.
- WACKER, A.G. & LANDGREBE, D.A., 1972: *Minimum Distance Classification in Remote Sensing*, LARS Technical Reports 25.