

Beeinflusst die räumliche Nähe das Wissen über den Aufbau und die Entstehung von Vulkanen? – Eine empirische Fallstudie an zwei Deutschen Schulen in Ecuador

Does Physical Proximity Influence Knowledge about the Structure and Formation of Volcanoes? An Empirical Case Study at Two German Schools in Ecuador

¿Influye la proximidad física en el conocimiento de la estructura y formación de los volcanes? Un estudio de caso empírico en dos escuelas alemanas en Ecuador

Karl-Heinz Otto , **Theofilos Toulkeridis**, **Dennis Edler**

Abstract Ecuador ist weltweit das Land mit der größten Dichte an Hochrisikovulkanen. Wirkt sich dies auf das Wissen von Schülerinnen und Schülern über Vulkanismus aus? Der vorliegende Beitrag liefert Teilergebnisse einer umfassenden Gesamtstudie über das Wissen von Schülerinnen und Schülern aus Ecuador über den Aufbau und die Entstehung von Vulkanen/Vulkanismus. Es wurden Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 6 an den Deutschen Schulen in Quito und Guayaquil befragt, die in der Schule noch keinen Unterricht über Vulkanismus hatten. Zusätzlich wurden auch Daten von Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 12 durch Befragungen erhoben. Die Ergebnisse dieser Teilstudie deuten auf einen Einfluss des Schulstandortes (Nähe zu Hochrisikovulkanen) auf das Wissen über die Entstehung und den Aufbau von Vulkanen/Vulkanismus hin.

Schlüsselwörter Schülerwissen, Vulkane/Vulkanismus, Ecuador, Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)

Abstract Ecuador is characterized by the highest density of high-risk volcanoes worldwide. Does this affect students' knowledge of volcanism? This paper provides partial results of a comprehensive overall study of the knowledge of students from Ecuador about the structure and development of volcanoes/volcanism. The study used a questionnaire administered to sixth-grade students without prior formal training on volcanoes and volcanism. Twelfth-grade students also This questionnaire was also answered by high school students. In addition, the questionnaire was also presented to twelfth-graders. The results of this sub-study indicate an influence of the proximity to high-risk volcanoes on the knowledge about the formation and structure of volcanoes/volcanism.

Keywords students' concepts, process-related knowledge, volcanoes/volcanism, Ecuador, Education for Sustainable Development (ESD)

Resumen Ecuador se caracteriza por contar con la mayor densidad de volcanes de alto riesgo en todo el mundo. ¿Afecta esto a los conocimientos que tienen los estudiantes sobre el vulcanismo? Este trabajo proporciona resultados parciales de un estudio global y completo acerca del conocimiento que tienen los estudiantes de Ecuador sobre la estructura y el desarrollo de los volcanes. Para desarrollar el estudio se utilizó un cuestionario que fue facilitado a los estudiantes de sexto grado sin entrenamiento formal previo sobre volcanes y vulcanismo. Igualmente, también fue proporcionado a los estudiantes de 12° grado y a los de secundaria. Los resultados de este estudio indican que existe influencia en el conocimiento de los volcanes en función de la proximidad en aspectos relacionados con la formación y estructura de los volcanes.

Palabras clave conceptos de los estudiantes, conocimiento de los procesos relacionados, volcanes/vulcanismo, Ecuador, Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS)

1. Begründung und Zielsetzung der vorliegenden Teilstudie

Vulkanausbrüche und/oder andere Naturereignisse können vor allem in vulnerablen Gesellschaften (Sozial-)Katastrophen auslösen. Die Ursachen dafür sind vielfältig und u.a. in dem Beitrag von OTTO ET AL. (2019) ausführlich beschrieben.

Durch die weltweit wachsende Anzahl und zunehmende Intensität von Naturereignissen und die dadurch u.a. ausgelösten gesamtwirtschaftlichen Schäden, rückt insbesondere die Katastrophenvorsorge mehr und mehr in den Fokus von Wissenschaft und Öffentlichkeit. Nicht zuletzt deshalb wird sie in der Roadmap der UNESCO (2014) zur Umsetzung des Weltaktionsprogramms neben dem Klimawandel, der Biodiversität und der Nachhaltigkeit in Produktion und Konsum als eines von insgesamt vier Schwerpunktthemen herausgestellt (vgl. UNESCO 2014). (Schul-)Bildung spielt in diesem Zusammenhang eine zentrale Rolle und kann als Katalysator für den Aufbau von Kompetenzen in der Gesellschaft betrachtet werden, die zu risikobewusstem und -reduzierendem Handeln befähigen (vgl. MÖNTER & OTTO 2017; UN 2019). Schülerinnen und Schüler sind ein Teil davon und müssen als Gestaltende der Politik, Wirtschaft und Gesellschaft von morgen so früh wie möglich mit dem Thema Katastrophenvorsorge konfrontiert werden. Nur so können sie befähigt werden, sich bei daraus resultierenden Problem- und Gefahrenszenarien im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung kompetent zu handeln.

Das primäre Ziel eines gemeinsamen Forschungsprojektes des Geographischen Instituts der Ruhr-Universität Bochum (RUB) mit dem Instituto Ciencias de la Tierra y Construcción der Universidad de las Fuerzas Armadas (Sangolquí, Ecuador) ist es, (Alltags-)Vorstellungen und das (Alltags-)Wissen von Schülerinnen und Schülern über Vulkane/Vulkanismus im Hochrisikoland Ecuador zu untersuchen. Darüber hinaus wird erhoben, ob und wie differenziert die Schülerinnen und Schüler auf den Ernstfall vorbereitet sind. Diese Untersuchung bezieht sich zum einen auf Schülerinnen und Schüler, die noch keinen Unterricht über die Thematik hatten. Zum anderen bilden Jugendliche zum Ende ihrer Schulzeit

eine weitere Probandengruppe. Ziel ist es, aus den Ergebnissen der Gesamtstudie im Sinne der didaktischen Strukturierung angemessene Lehr-/Lernumgebungen über Vulkane/Vulkanismus in Ecuador abzuleiten. Diese sollen die Schülerinnen und Schüler dabei unterstützen, adäquate Kompetenzen aufzubauen, die das risikobewusste und -reduzierende Handeln im Katastrophenfall optimieren. Auf diese Weise könnte geographische (Schul-)Bildung den Abbau von Vulnerabilität und den Aufbau von Resilienz gegenüber einer akuten Naturgefahr fördern. Dadurch könnte sie einen Beitrag leisten, um Impulse bzw. Handlungsempfehlungen für die zukünftige Ausgestaltung schulischer Curricula zu geben, insbesondere für das Fach Geographie bzw. *Ciencias Naturales*. Durch diese Maßnahmen könnte die notwendige Katastrophenvorsorge in Ecuador verbessert werden (vgl. OTTO 2016).

Der Aufbau und die Entstehung von Vulkanen sind aus (fach-)wissenschaftlicher Sicht wichtige Aspekte der Erscheinungs- und Ursachenebenen von Vulkanismus (vgl. OTTO ET AL. 2019). Um vulkanologische Prozesse verstehen und durchdringen zu können, ist die Auseinandersetzung mit dem Aufbau und der Entstehung von Vulkanen obligatorisch. Aus diesem Grund sind diese Inhaltsbereiche von Vulkanismus auch in den Lehrplänen der Schulen im Hochrisikoland Ecuador verankert (vgl. Kap. 3). Die Ergebnisse der ersten Teilstudie deuten darauf hin, dass die räumliche Lage der Schulstandorte innerhalb von Ecuador das (Alltags-)Wissen über Vulkane/Vulkanismus beeinflusst (vgl. OTTO ET AL. 2019). Die Resultate der ersten Teilstudie belegen zudem, dass Schülerinnen und Schüler an den untersuchten Deutschen Schulen in Ecuador, die näher an einem Hochrisikovulkan leben, ein signifikant besseres Wissen über die Lage von aktiven Vulkanen sowie über Schutzmaßnahmen in Gefahrenszenarien aufweisen. Die vielerorts sichtbare Präsenz des Cotopaxi – in und um Quito – ist möglicherweise der Grund für die räumlichen Wissensunterschiede der hier lebenden Schülerinnen und Schüler gegenüber denen in Guayaquil, die weit entfernt von einem Vulkan leben und dort zur Schule gehen.

Diese räumlichen Wissensunterschiede deuten an, dass zukünftige Lehrpläne die Nähe bzw. Entfernung der Schulstandorte zu Hochrisikovulkanen berücksichtigen sollten. In der hier vorliegenden zweiten Teilstudie wird – anknüpfend an die Resultate der ersten Teilstudie – ins-

besondere untersucht, ob bzw. in welchem Ausmaß die räumliche Distanz zu einem gefährlichen Vulkan sich auch auf das Wissen über den Aufbau und die Entstehung von Vulkanen auswirkt.

2. Theoretische Grundlagen

2.1 Didaktische Rekonstruktion

Dass die Vorstellungen und das (fachspezifische) Vorwissen von Schülerinnen und Schülern wesentlichen Einfluss auf das Lernen und Problemlösen haben, ist vielfach belegt (vgl. u.a. DUIT 2008; REINFRIED 2015).

Kinder und Jugendliche haben oftmals auch Vorstellungen und Wissen von geographischen und geowissenschaftlichen Termini, Prinzipien, Kräften und Prozessen, die sie in ihrem Lebensumfeld durch vielfältige Alltagserfahrungen und Informationen erworben haben. Nach KATTMANN ET AL. (1997) sowie BAALMANN ET AL. (2004) lassen sich Vorstellungen in unterschiedlichen Komplexitätsebenen einteilen. Mit zunehmendem Komplexitätsgrad werden Begriff, Konzept, Denkfigur und Theorie unterschieden.

Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler sind aber oftmals nicht identisch mit dem wissenschaftlichen Forschungsstand. Da die Vorstellungen der Kinder und Jugendlichen häufig auf bewusstem und unbewusstem Erfahrungs- und Erlebnislernen basieren, sind sie im Denken tief verankert und für die Lernenden plausibel. Deshalb halten Lernende in der Regel beharrlich an ihren Vorstellungen bzw. Wissen fest und deshalb ist es oftmals nicht einfach, diese im Unterricht durch wissenschaftliche Konzepte zu ersetzen (vgl. REINFRIED 2008).

Eine Möglichkeit, (Alltags-)Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern positiv zu beeinflussen, ist die Strategie des Konzeptwechsels (*Conceptual Change*) (vgl. KATTMANN ET AL. 1997; REINFRIED 2015). Hierfür bietet das Modell der Didaktischen Rekonstruktion einen theoretischen Rahmen (vgl. KATTMANN ET AL. 1997). Dabei können die Vorstellungen der Lernenden und die fachwissenschaftlichen Perspektiven über einen Lerngegenstand so aufeinander bezogen werden, dass das Fachwissen von den Schülerinnen und Schülern ak-

zeptiert und gelernt werden kann (vgl. REINFRIED 2015). So können vorhandene (Fehl-)Vorstellungen in neue, wissenschaftliche Vorstellungen überführt und im Neuen verankert werden. Schülervorstellungen und didaktische Rekonstruktion werden ausführlich und differenziert in verschiedenen Beiträgen u.a. von REINFRIED (2010) und SCHULER (2011) thematisiert.

Der vorliegende Aufsatz möchte – seiner Problemstellung entsprechend – einen Einblick über das (Alltags-)Wissen der Lernenden in Ecuador zu grundlegenden Wissensdetails des sehr existentiellen Phänomens Vulkane/Vulkanismus liefern, speziell zum Aufbau und zur Entstehung von Vulkanen. Da es sich hierbei um eine explorative Untersuchung in einem spanischen Sprachraum handelt, beschränkt sich die Studie darauf, Wissen (Begriffe, Fakten), also die erste Komplexitätsebene von Vorstellungen, zu erfassen und auszuwerten. Die übrigen Komplexitätsebenen Konzept, Denkfigur und Theorie werden hier somit nicht berücksichtigt (vgl. GROPENGIESSER & MAROHN 2018).

2.2 Fachliche Klärung: Vulkanismus in Ecuador unter besonderer Berücksichtigung des Cotopaxi und des Tungurahua

In Ecuador existieren auf einer Gesamtfläche von ca. 283.560 km² insgesamt 250 Vulkane. Damit weist dieses Land die global höchste Vulkandichte auf. Dies hat zur Folge, dass mehr als die Hälfte der ca. 16 Mio. Menschen in Ecuador in gefährlicher Nähe zu Vulkanen lebt. Die Ursache hierfür ist die Subduktion der Nazca-Platte unter die Südamerikanische und die Karibische Platte (vgl. FREYMULLER ET AL. 1993). Der Cotopaxi und der Tungurahua gehören zu den 20 aktiven Vulkanen Ecuadors.

Vulkan Cotopaxi

Der 5.897 m hohe Stratovulkan Cotopaxi liegt räumlich zwischen den Städten Quito (ca. 60 km

südlich) und Latacunga (20 km nördlich) (vgl. Fig. 1). Während Quito ca. 1,6 Mio. Einwohner hat, leben in Latacunga etwa 100.000 Menschen. Die bevölkerungsreichste Stadt Ecuadors ist mit ca. 2,3 Mio. Einwohnern Guayaquil.

Der Cotopaxi hat zwei Schloten, wovon der jüngere schneebedeckt ist. Aus zwei partiellen Zusammenbrüchen vor ca. 4.600 und ca. 2.300 Jahren resultierten Lavaströme, Gerölllawinen, Lahars, pyroklastische Ströme, Asche- und Bimssteinregen sowie Gasemissionen. Die letzten vier großen Ausbrüche des Cotopaxi in den Jahren 1534, 1742, 1768 und 1877 sind in mehreren Studien detailliert beschrieben und dokumentiert (vgl. LA CONDAMINE 1751; SODIRO 1877; WOLF 1878; BARBERI ET AL. 1995; AGUILERA ET AL. 2004). Einige dieser Untersuchungen beschreiben die Zerstörung von nahegelegenen Ortschaften und umgebender Infrastruktur durch verschiedene bis zu 70 km/h schnelle Lahars. Aktuelle tephrostratigraphische und geochronologische Arbeiten verweisen auf insgesamt 19 größere Eruptionsphasen in den vergangenen 2.200 Jahren (vgl. BARBERI ET AL. 1995). Ferner erfolgten zwischen 1532 und 2015 zusätzlich 59 kleinere Ausbrüche.

Seit dem letzten großen Ausbruch im Jahr 1877 hat ein enormes Siedlungswachstum rund um den gletscherbedeckten Vulkan stattgefunden. Während 1877 in der potenziell gefährdeten Umgebung des Cotopaxi etwa 30.000 Menschen lebten, von denen ca. 1.000 Personen bei früheren Ausbrüchen ums Leben kamen, leben heute mehr als 500.000 Menschen in der unmittelbaren Gefahrenzone dieses Vulkans. Berechnungen ergaben, dass die nächstgelegene Stadt bei einem größeren Ausbruch in weniger als 30 Minuten von einem Lahar erreicht wird. Aufgrund der geringen Zeit ist hier eine rechtzeitige Evakuierung kaum möglich (vgl. AGUILERA & DUEÑAS 2004). Die jüngste Reaktivierung des Cotopaxi erfolgte Ende 2001. Diese deutete sich durch erhöhte seismische Aktivität, Fumarolentätigkeit, Entgasungen und kleinere phreatische Explosionen an (vgl. CERCA ET AL. 2005; TOULKERIDIS 2006, 2010). Die vulkanischen Aktivitäten nahmen schließlich immer dramatischere Ausmaße an, bis diese im April 2015 ihren Höhepunkt erreichten. Die Anzahl der Erdbeben stieg ab diesem Zeitpunkt auf einige Hundert pro Tag an und die SO₂-Emissionen erreichten mehr als 5.000 t pro Tag (vgl. IGEPN 2015a, 2015b).

Am Abend des 13. August 2015 um 17:27 Uhr wurde schließlich die größte jemals hier erfasste seismische Aktivität erreicht, die erste deutliche Hinweise auf eine unmittelbar bevorstehende Explosion lieferte. Nur wenige Stunden später, um 4:02 und 4:07 Uhr des darauffolgenden Tages, erfolgten die ersten beiden großen Explosionen, drei weitere dann um 10:25, 13:45 und 14:29 Uhr. Der letzte größere, vorläufige Ausbruch des Cotopaxi erfolgte 2016 (vgl. OTTO ET AL. 2019).

Vulkan Tungurahua

Der 5.019 m hohe Tungurahua ist ein typischer Stratovulkan mit 30-35° steilen Flanken. Er ragt ca. 3.200 m aus der umliegenden Landschaft heraus (relative Höhe) und besitzt einen offenen Krater in nordwestlicher Richtung (vgl. Fig. 1). Im Gefährdungsgebiet des Tungurahua leben knapp 200.000 Menschen. Die unmittelbar am Vulkan gelegene Stadt Baños hat knapp 20.000 Einwohner. Der Tungurahua liegt in der sog. Cordillera Real und besteht aus drei unterschiedlich alten Vulkanbauten (Tungurahua I, II und III).

Der rezente Vulkan, der Tungurahua III, entstand vor ca. 2.300 Jahren und besteht aus abgelagerten Gerölllawinen des letzten partiellen Zusammenbruchs und anhaltenden Serien von andesitischen Laven. Die steilen Flanken des Tungurahua sind das Ergebnis fortwährender und wechselnder Ablagerung von Lava- und pyroklastischen Strömen sowie Asche-, Schlacke- und Lapilliauswürfen (vgl. LEPENNEC ET AL. 2004; AGUILERA & DUEÑAS 2007). Beim Tungurahua III konnte bisher einmal im Jahrhundert eine aktive Eruptionsphase nachgewiesen werden, die jeweils etwa eine Dekade andauerte. Der Tungurahua, der sich bis 1993 relativ unauffällig verhielt, zeigte danach aber eine deutlich steigende seismische Aktivität. Im August 1999 schließlich brach der Vulkan nach 80 Jahren erneut aus. Diese letzte Ausbruchsphase endete vorerst 2016, also nach genau 17 Jahren (vgl. OTTO ET AL. 2019).

Überwachungsstationen und Katastrophenprävention

Der Cotopaxi und der Tungurahua gehören zu den Vulkanen in Ecuador, die am präzisesten überwacht werden. Seit über 40 Jahren wird hier ein dauerhaftes Monitoring durchgeführt. In Ecuador existieren seismologische Observatorien mit unterschiedlichen Überwachungs-

stufen- und -ausstattungen (I, II, III). Observatorien der Überwachungsstufe I sind für sehr gefährliche Vulkane eingerichtet, so für den Tunjurahua, Cotopaxi und Guagua Pichincha. Sie haben mehr als vier Stationen zur Überwachung der seismologischen Aktivitäten. Sie sind mit Infraschall-Sensoren (nicht im Observatorium Guagua Pichincha) sowie Neigungsmessern, elektronischen Distanzmessern (EDM) und GPS-Geräten zur Überwachung der Deformation der Erdoberfläche ausgerüstet. Darüber hinaus werden regelmäßig geochemische Überwachungen von Fluiden, Überwachungen von Schlamm- und/oder Lavaströmen sowie von pyroklastischen Strömen (ebenfalls nicht beim Guagua Pichincha) durchgeführt.

In Ecuador existieren derzeit unterschiedliche Präventionsmaßnahmen der Katastrophenvorsorge. In einigen Städten (u.a. in Quito, Sangolquí) sind Warnschilder aufgestellt, auf denen Fluchtwege und -orte beschrieben sind. Einige dieser Schilder sind allerdings nicht richtig posi-

tioniert oder zeigen die falsche Evakuierungsrichtung an. Ein weiteres Mittel der Katastrophenvorsorge ist der Besitz eines Notfallrucksacks, der für alle Kinder und Jugendlichen vom Sekretariat für Risikomanagement (*Secretaría de Gestión de Riesgos*) behördlich vorgeschrieben ist. Der Notfallrucksack enthält neben Wasser, Keksen, Thunfisch auch eine Taschenlampe und ein Radio mit Batterien. Das *Secretaría de Gestión de Riesgos* stellt für die Bevölkerung ebenfalls Prospekte zur Verfügung, die Handlungsanweisungen für den Ernstfall geben. In der Regel sind sie im Comic-Design gestaltet, um insbesondere Kinder anzusprechen. Diese Prospekte sind aber nicht überall erhältlich und somit nicht für jeden zugänglich. In Ecuador existiert ein öffentliches, vierstufiges Warnsystem, das mit den Farben (weiß, gelb, orange und rot) arbeitet. Die jeweils aktuell ausgerufene Warnstufe wird sowohl über die Medien als auch über aufgestellte Schilder in der Bevölkerung verbreitet (vgl. OTTO ET AL. 2019).

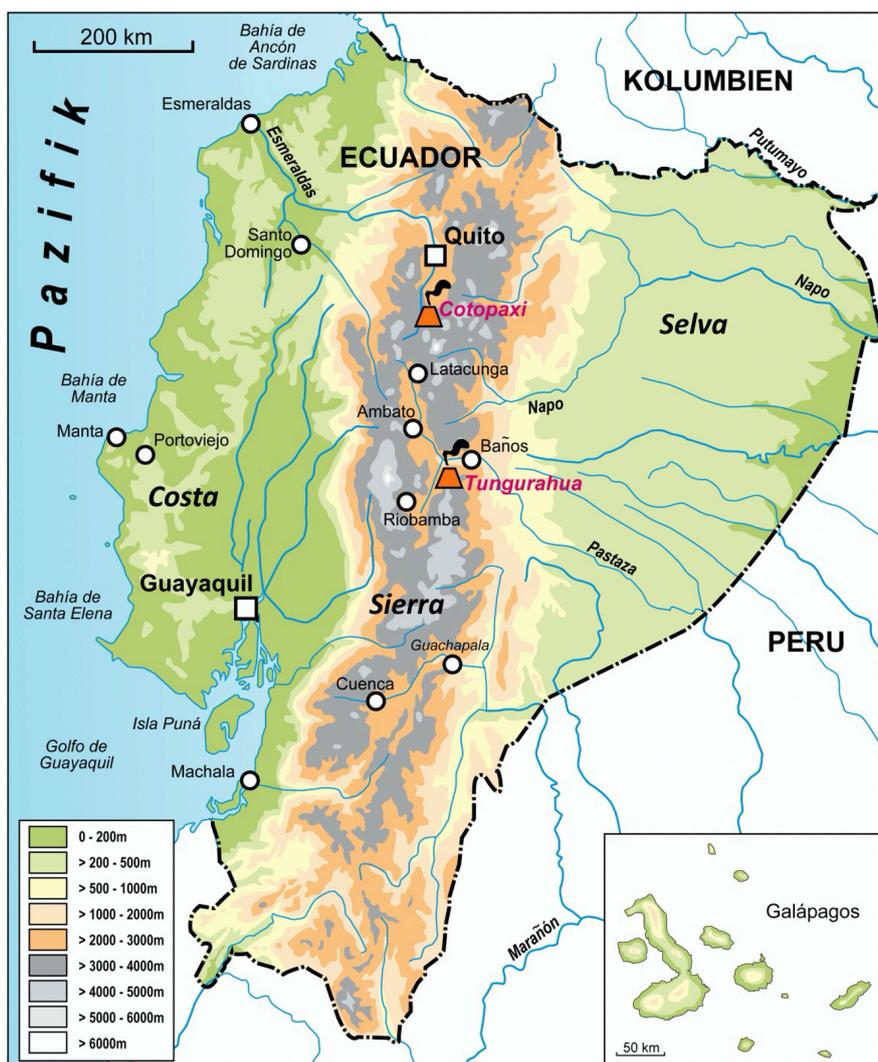


Fig. 1. Lage der Vulkane Cotopaxi und Tungurahua in den ecuadorianischen Anden (Quelle: OTTO ET AL. 2019).

2.3 Fachdidaktischer Forschungsstand

Derzeit liegen international und national nur wenige empirische Untersuchungen zu Vorstellungen und zum Wissen von Schülerinnen und Schülern bzw. Studentinnen und Studenten über Vulkane/Vulkanismus vor. Unseren Recherchen zufolge beschäftigt sich nur die Untersuchung von [CARLINO ET AL. \(2008\)](#) explizit mit dem genannten Thema. Beispielsweise konstatieren [CARLINO ET AL. \(2008\)](#) mangelhafte Wissensbestände bei Schülerinnen und Schülern hinsichtlich des Verhaltens beim Ausbruch des Vesuvs. Aktuell liegt unseres Wissens jedoch keine Studie vor, die Wissen zur Entstehung und zum Aufbau von Vulkanen untersucht und die räumliche Lage von Schulstandorten als Untersuchungsparameter einbezieht, um mögliche räumliche Differenzen zu untersuchen. Hier setzt die aktuelle Studie an.

Ausgewählte Leitfragen

Für diese zweite Teilstudie wurden folgende Leitfragen aus der Gesamtstudie ausgewählt:

- (1) Welches Wissen besitzen die Schülerinnen und Schüler der Deutschen Schulen in Quito und Guayaquil über den Aufbau eines typischen Vulkans?
- (2) Welches Wissen haben Schülerinnen und Schüler der Deutschen Schulen in Quito und Guayaquil über die Entstehung von Vulkanen/Vulkanismus?
- (3) Werden das Wissen über den Aufbau und die Entstehung von Vulkanen vom Faktor Alter, Schulausbildung und/oder vom Faktor Schulstandort beeinflusst?

Viele Kinder und Jugendliche in Ecuador kennen Vulkane aus persönlicher Anschauung und/

oder haben sie mit ihren Eltern oder Freunden auch persönlich aufgesucht und/oder bestiegen. Die Autoren gingen deshalb vor der Erhebung von folgenden Überlegungen aus:

- (1) Da Ecuador im Hinblick auf seinen Vulkanismus ein Hochrisikoland ist, werden die meisten Kinder bereits vor ihrer Schulzeit im Elternhaus und im Kindergarten über den Aufbau und die Entstehung von Vulkanen informiert bzw. aufgeklärt. Deshalb wissen viele Schülerinnen und Schüler auch vor der unterrichtlichen Auseinandersetzung mit dieser Thematik, wie Vulkane aufgebaut sind und wie Vulkane entstehen.
- (2) Die Schülerinnen und Schüler in Quito, die in unmittelbarer Nähe vom Cotopaxi leben, werden von den Eltern und im Kindergarten umfangreicher und differenzierter über den Aufbau und die Entstehung von Vulkanen informiert als diejenigen in Guayaquil, wo es keine aktiven Vulkane in der näheren Umgebung gibt. Deshalb ist anzunehmen, dass das Wissen der Schülerinnen und Schüler über den Aufbau und die Entstehung von Vulkanen in Quito umfassender und differenzierter ist, als bei denen in Guayaquil.
- (3) Bei den Jugendlichen (Klasse 12) fallen die Erhebungsergebnisse aufgrund der mehrfachen unterrichtlichen Auseinandersetzung in der gymnasialen Mittelstufe und des höheren Lebensalters besser aus als bei den Kindern (Klasse 6). Dieses Ergebnis ist eigentlich zu erwarten, weil die Schülerinnen und Schüler der 12. Klasse laut den gültigen Lehrplänen mehrfach während ihrer Schullaufbahn mit dem Aufbau und der Entstehung von Vulkanen/Vulkanismus konfrontiert wurden (vgl. Kap. 3).

3. Das Thema Vulkanismus/Vulkane in den Lehrplänen der Deutschen Schulen in Quito und Guayaquil

Das Thema Vulkane/Vulkanismus ist in den Lehrplänen der Deutschen Schulen sowohl in Guayaquil als auch in Quito aufgeführt.

Im Lehrplan *Ciencias Naturales* (Integrationsfach: Physik, Chemie, Geologie und Astronomie) für die gymnasiale Mittelstufe an der Deutschen Schule in Guayaquil ist in der 6. Klasse im Themenfeld 1 *Die Erde - ein Planet mit Leben* erstmals der Begriff Vulkane/Vulkanismus zu finden (vgl. MINISTERIO DE EDUCACIÓN 2014). Allerdings geht es hier ein-

deutig um den Zusammenhang von Vulkanen und Energie. Hier wird thematisiert, welche Wärmeenergie von Vulkanen und anderen Körpern erzeugt wird.

In der 8. Klasse wird das Thema Vulkane/Vulkanismus zum zweiten Mal behandelt. Wiederum innerhalb des Themenfeldes 1 *Die Erde - ein Planet mit Leben* wird der vulkanische Ursprung der Galápagos-Inseln untersucht.

In der 9. Klasse werden in der Deutschen Schule in Guayaquil im Themenfeld 2 *Der Bo-*

den und seine Unregelmäßigkeiten die physikalischen und chemischen Eigenschaften vulkanischer Böden behandelt.

Im Lehrplan für *Ciencias Naturales* für die gymnasiale Oberstufe (Klasse 10 bis 12) an der Deutschen Schule in Guayaquil ist das Thema Vulkane/Vulkanismus als optionales Thema ausgewiesen (vgl. BACHILLERATO INTERNACIONAL 2014). Dabei geht es inhaltlich vor allem um die Themen Vulnerabilität und Resilienz. Ob sich die in Guayaquil befragten Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe in diesem Zusammenhang nochmals mit dem Thema Vulkane/Vulkanismus auseinandergesetzt haben, ist nicht erhoben worden, sodass hierzu keine näheren Ausführungen gemacht werden können.

In der Deutschen Schule in Quito werden Schülerinnen und Schüler der sogenannten *Deutschen Klassen* erstmals im zweiten Schulhalbjahr der Klasse 6 mit dieser Thematik konfrontiert (vgl. DEUTSCHE SCHULE QUITO 2012a). Dann steht unter dem Rahmenthema *Ausgewählte Natur-, Lebens- und Wirtschaftsräume in den Großlandschaften Deutschlands* u.a. die Vulkaneifel auf der Agenda. Wie intensiv und differenziert dabei das Phänomen Vulkane/Vulkanismus bearbeitet wird, ist dem Lehrplan nicht zu entnehmen. In der 7. Klasse wird das Thema Vulkane/Vulkanismus zum zweiten Mal behandelt. Innerhalb des Rahmenthemas

Natur-, Lebens- und Wirtschaftsräume in Europa setzen sich die Schülerinnen und Schüler u.a. auch mit Naturereignissen und Naturkatastrophen 1 in Europa auseinander (vgl. DEUTSCHE SCHULE QUITO 2012b). Dies erfolgt am Beispiel des Ätna und/oder Vesuv. In der 9. Klasse wird das Thema Vulkane/Vulkanismus schließlich zum dritten Mal Unterrichtsgegenstand. Das Rahmenthema heißt hier *Entwicklung und Struktur der Lithosphäre* (vgl. DEUTSCHE SCHULE QUITO 2012b). Dabei werden folgende Aspekte untersucht:

- (1) Vulkantypen (Schild- und Schichtvulkane),
- (2) Vulkanismus (Klassifizierung nach Ausbruchstypen),
- (3) Vulkanismus in Ecuador,
- (4) Vulkane – Fluch oder Segen?

Im Lehrplan Geographie für die gymnasiale Oberstufe (Klasse 10 bis 12) in den *Deutschen Klassen* in Quito wird das Thema Vulkane/Vulkanismus nicht explizit erwähnt. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass in diesen Klassen kein weiterer Unterricht darüber stattfindet.

An der durchgeführten Gesamtstudie nahmen keine Schülerinnen und Schüler der sogenannten *Nationalen Klassen* der Deutschen Schule in Quito teil. Deshalb kann an dieser Stelle auf die Beschreibung der hier geltenden Lehrpläne, die sich von denen der *Deutschen Klassen* unterscheiden, verzichtet werden.

4. Stichprobe und Methodik

Das Befragungsdesign der vorliegenden Teilstudie umfasst insgesamt vier verschiedene Aufgaben, mit denen das Wissen von Schülerinnen und Schülern zum Aufbau und zur Entstehung von Vulkanen gemessen wurde. Sowohl zum Aufbau als auch zur Entstehung von Vulkanen wurden zwei ähnliche Aufgabenpakete konzipiert. Diese umfassten zwei anzufertigende Zeichnungen sowie zwei Wissensabfragen mittels ankreuzbaren Items (Kontrollfragen). Während die Zeichnungen auch zeichnerisch-motorische Fähigkeiten verlangten, beschränkten sich die Ankreuzaufgaben auf die Auswahl bzw. Einordnung (richtig vs. falsch) von Aussagen und Skizzen.

Die Schülerinnen und Schüler wurden zunächst gebeten, eine Zeichnung von einem typischen Vulkan anzufertigen (Zeichnung 1). Die von ihnen realisierten Zeichnungen wur-

den von drei Gutachtern systematisch ausgewertet. Die Gutachter stellten unabhängig voneinander die Anzahl der erreichten Punkte in jeder Zeichnung fest, wobei ein Punkt einem bestimmten Wissensselement entsprach. Nach dem vordefinierten Punkteschema konnten bei der Zeichnung zum Vulkanaufbau max. 12 Punkte erreicht werden (vgl. Fig. 2).

Bei der zweiten anzufertigenden Zeichnung zur Vulkanentstehung wurde in derselben Weise verfahren. Hier waren maximal neun Punkte möglich. Der Einsatz von drei unabhängigen Gutachtern bewirkte eine deutliche Verminderung subjektiver Einflüsse bei der Ergebnisauswertung. Im Anschluss wurde die erreichte Punktzahl (multipliziert mit 100) mit der maximal erreichbaren Punktzahl ins Verhältnis gesetzt. Die ermittelte Rate in Prozent (im Folgenden als *Trefferrate* bezeichnet)

wurde schließlich in das Statistikprogramm SPSS eingegeben.

Aspekte und Probleme, die sowohl bei der Erstellung von Schülerzeichnungen als auch bei deren Auswertung Berücksichtigung finden sollten, sind bei SCHULER (2015) ausführlich beschrieben, sodass an dieser Stelle auf deren Darstellung verzichtet werden kann.

Die angekreuzten Items der Kontrollfragen 1 und 2 wurden ebenfalls nach einem Punkteschema bewertet (ein Punkt für jede richtige Antwort). Anschließend wurden auch hier für alle Schülerinnen und Schüler individuelle Trefferraten berechnet und in SPSS eingetragen. Auf diese Weise wurde für alle vier Aufgaben und jeden Probanden eine Trefferrate bestimmt. Diese diente als (metrisch skalierte) abhängige Variable in statistischen Auswertungen mittels 2x2-Varianzanalysen. Die ANOVAs enthielten die Zwischensubjektfaktoren SCHULSTANDORT und JAHRGANGSSTUFE mit ihren jeweils zwei Bedingungen (JAHRGANGSSTUFE: Klasse 6 vs. Klasse 12; SCHULSTANDORT: Quito vs. Guayaquil). In jeder Analyse wurden die Daten derjenigen Probanden

ausgeschlossen, die eine Trefferrate von 0% erzielten. Insgesamt nahmen an den Deutschen Schulen in Quito und Guayaquil 130 Schülerinnen und Schüler teil. Von den insgesamt 130 angefertigten Zeichnungen waren elf unleserlich und deshalb nicht auswertbar. Die Kontrollfragen 1 und 2 konnten dagegen von allen 130 Probanden ausgewertet werden.

Über die zuvor beschriebenen strukturprüfenden Datenanalysen hinaus umfasste die Auswertung dieser zweiten Teilstudie auch deskriptive Analysen. Diese bezogen sich insbesondere auf die Zeichnungen zum Vulkanaufbau und zur Vulkanentstehung. Aus den Datenanalysen ließen sich Häufigkeiten zu identifizierten Vulkantypen bestimmen sowie idealtypische Visualisierungen entstehender und entstandener Vulkane ableiten. Diese zusätzlichen Betrachtungen lieferten ergänzende Erkenntnisse für die Einordnung der Ergebnisse aus den Varianzanalysen. Es sei darauf hingewiesen, dass den Auswertungen der Zeichnungen weniger Aussagekraft beigemessen wurde als den strukturprüfenden statistischen Verfahren zu den schriftlichen Wissensabfragen.

Vulkanaufbau		Ausbruchsszenarien	
<ul style="list-style-type: none"> • Konischer Bau/Stratoform • Lava am Hang • Auswurf (Tephra, Tuff, Gas) • Gletscher/Schneekuppe • Querschnitt (Magmakammer, Schlot etc.) 		<ul style="list-style-type: none"> • Lava • Asche • Lapilli • Bomben • Gas • Lahar • Pyroklastischer Strom 	
Punkte		Punkte	
0	Keine Antwort, falsche Antwort	0	Keine Antwort, falsche Antwort
1	Kriterium erfüllt	1	Kriterium erfüllt
2	Kriterien erfüllt	2	Kriterien erfüllt
3	Kriterien erfüllt	3	Kriterien erfüllt
4	Kriterien erfüllt	4	Kriterien erfüllt
5	Kriterien erfüllt	5	Kriterien erfüllt
		6	Kriterien erfüllt
		7	Kriterien erfüllt

Fig. 2. Auswertungsschema für die Zeichnung 1 über den Aufbau und Ausbruchsszenarien von Vulkanen (Quelle: Autoren).

5. Ergebnisse

Die statistischen Analysen führten zu nachfolgend beschriebenen Resultaten. Die aufgeführten Werte, die sich aus den Varianzanalysen ergaben, werden jeweils auch in Form von Balkendiagrammen visuell dargestellt.

5.1 Schülerwissen zum Aufbau von Vulkanen (Zeichnung 1)

Die Varianzanalyse (ANOVA) zeigte weder einen signifikanten Haupteffekt für JAHRGANGSSTUFE ($F(1; 122) = 2,702$; $p = 0,103$; $\eta^2 = 0,022$) noch für SCHULSTANDORT ($F(1; 122) = 0,024$;

$p = 0,877$; $\eta^2 < 0,001$). Fig. 3 veranschaulicht die (nicht signifikante) Mittelwertverteilung.

5.2 Schülerwissen zum Aufbau von Vulkanen (Kontrollfrage 1)

Die Varianzanalyse (ANOVA) zeigte weder einen signifikanten Haupteffekt für JAHRGANGSSTUFE ($F(1; 125) = 2,222$; $p = 0,139$; $\eta^2 = 0,017$) noch für SCHULSTANDORT ($F(1; 125) = 1,941$; $p = 0,166$; $\eta^2 = 0,015$). Fig. 4 veranschaulicht die (nicht signifikante) Mittelwertverteilung.

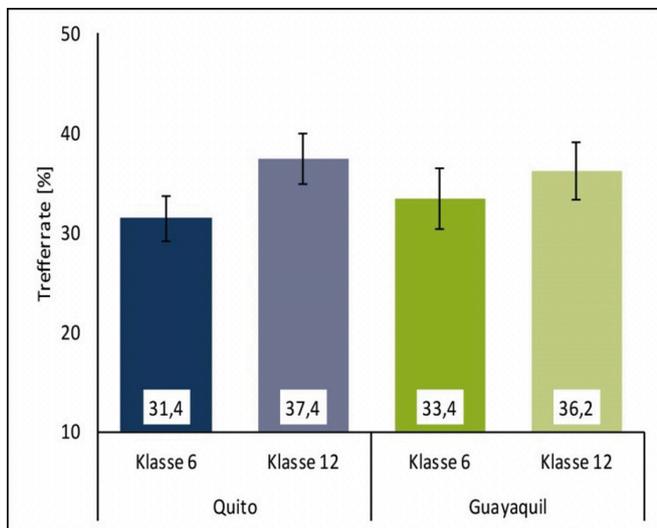


Fig. 3. Wissen der Schülerinnen und Schüler der 6. und 12. Klassen der Deutschen Schulen in Quito und Guayaquil zum Vulkanaufbau (Zeichnung 1) (Mittelwertverteilung) (Quelle: Autoren).

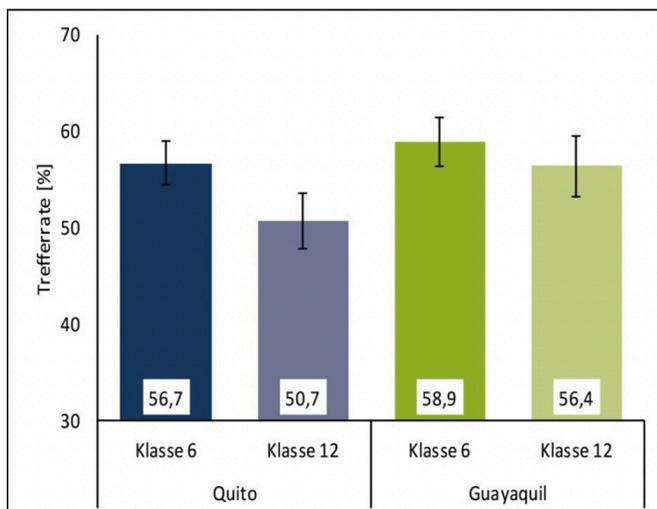


Fig. 4. Wissen der Schülerinnen und Schüler der 6. und 12. Klassen der Deutschen Schulen in Quito und Guayaquil zum Vulkanaufbau (Kontrollfrage 1) (Mittelwertverteilung) (Quelle: Autoren).

5.3 Deskriptive Analyse von Zeichnungen zum Vulkanaufbau

Fig. 5 stellt ausgewählte, typische Zeichenbeispiele der befragten Schülerinnen und Schüler

der 6. Klasse in Quito (a) und Guayaquil (b) sowie der 12. Klasse in Quito (c) und Guayaquil (d) zum Vulkanaufbau dar. Bei den Zeichnungen 4a und 4b ist deutlich zu erkennen, wie stark die motorischen Zeichenfähigkeiten der

Schülerinnen und Schüler der 6. Klasse variieren. Beide Zeichner malten einen Schicht- bzw. Stratovulkan. Während der Zeichner aus Quito einen Schichtvulkan mit Lava gefüllten Schlot kreierte (vgl. Fig. 5a), stellte der Zeichner aus Guayaquil lediglich ein Vulkangebäude dar, das keinerlei weitere Differenzierung enthält (vgl. Fig. 5b).

Auch die Schülerinnen und Schüler der 12. Klassen verfügen über unterschiedliche Zeichenkünste (vgl. Fig. 5c und Fig. 5d). Auch hier

haben die Jugendlichen jeweils einen Stratovulkan gemalt. Im Vergleich zu den Zeichnungen der Kinder sind diese beiden Bilder aber sehr viel detaillierter. Denn hier werden neben dem eigentlichen Vulkangebäude zusätzlich Ausbruchsszenarios dargestellt. In einer Zeichnung findet sich das Wort Schnee (vgl. Fig. 5c), in der anderen ist ein Gletscher auf der Kuppe angedeutet (vgl. Fig. 5d).

Von den Kindern der 6. Klassen in Quito zeichneten 91,4% einen Stratovulkan und von denen

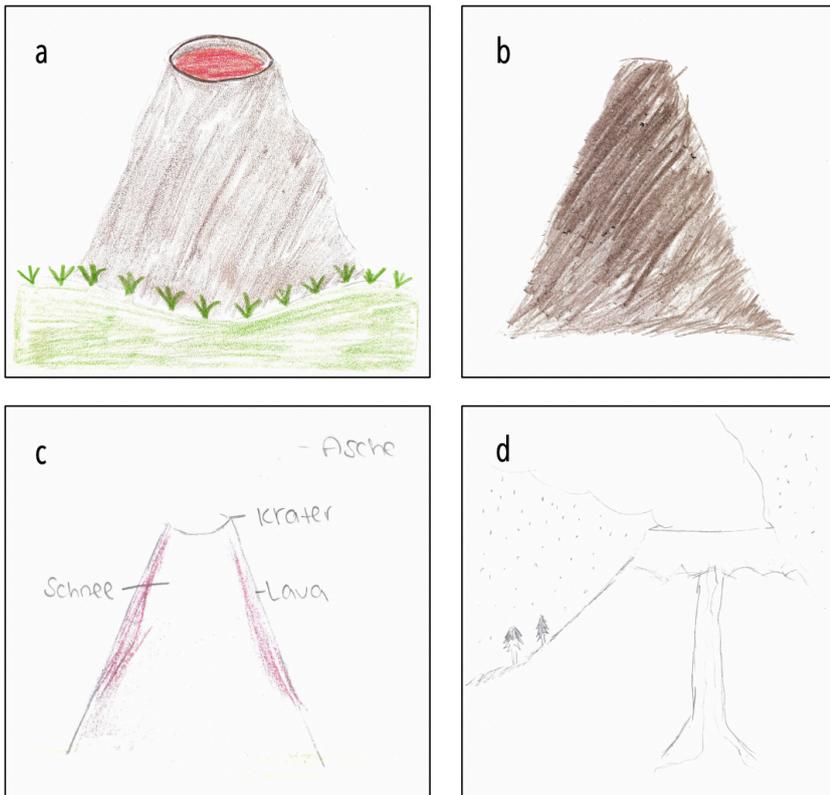


Fig. 5. Zeichnungen zum Vulkanaufbau von Schülerinnen und Schülern der Deutschen Schulen der 6. Klasse in Quito (a) und Guayaquil (b) sowie der 12. Klasse in Quito (c) und Guayaquil (d) (Quelle: Autoren)

Schule	Jahrgangsstufe	Stratovulkan	Schildvulkan	anderer Vulkantyp
Quito	6	91,4	0	8,6
	12	100	0	0
Guayaquil	6	90	0	10
	12	89,7	0	10,3
Gesamt		93,3	0	6,7

Fig. 6. Häufigkeit der von den Schülerinnen und Schülern der 6. und 12. Klassen der Deutschen Schulen in Quito und Guayaquil gezeichneten Vulkantypen (in %) (Quelle: Autoren).

Deutsche Schule	Klasse	N1 Lavadom	N2 Schlackenkegel	N4 Stratovulkan	N5 Caldera	N7 Schildvulkan
Quito	6. Kl.	7,7	82,1	64,1	17,9	17,9
	12. Kl.	7,9	60,5	60,5	50	26,3
Guayaquil	6. Kl.	19	71,4	90,5	4,8	28,6
	12. Kl.	32,3	54,8	64,5	32,3	25,8
Gesamt		15,5	67,4	67,4	28,7	24

Fig. 7. Häufigkeit der von den Schülerinnen und Schülern der 6. und 12. Klassen der Deutschen Schulen in Quito und Guayaquil identifizierten Vulkantypen (in %) (Quelle: Autoren).

in Guayaquil 90% (vgl. Fig. 7). In Quito malten sogar alle Jugendlichen der 12. Klassen einen Stratovulkan, obschon sie in der 9. Klasse sowohl den Schicht- als auch den Schildvulkan als weltweit weit-

verbreitete Vulkantypen kennengelernt haben (vgl. Kap. 3).

Auch die Jugendlichen in Guayaquil haben in der 8. Klasse im Fach *Ciencias Naturales* mit hoher

Wahrscheinlichkeit die für die Galápagos-Inseln typischen Schildvulkane kennengelernt. Dennoch ist dieser Vulkantyp ebenso wie in Quito von keinem Lernenden (0%) gezeichnet worden.

5.4 Schülerwissen zur Entstehung von Vulkanen (Zeichnung 2)

Die Varianzanalyse (ANOVA) zeigte einen signifikanten Haupteffekt für JAHRGANGSSTUFE ($F(1; 98) = 7,736; p = 0,006; \eta^2 = 0,073$) und SCHULSTANDORT ($F(1; 98) = 12,553; p = 0,001; \eta^2 = 0,114$). Die Analyse offenbarte zudem eine signifikante JAHRGANGSSTUFE*SCHULSTANDORT-Interaktion ($F(1; 98) = 9,538; p = 0,003; \eta^2 = 0,089$) (vgl. Fig. 14).

Fig. 13 gleicht vielen Abbildungen eines Stratovulkans in ecuadorianischen Veröffentlichungen. Gegenüber real existierenden Stratovulkanen ist die Steilheit der Flanken aber tendenziell zu groß, vor allem im Vergleich zur Zeichnung der *Defensa Civil* oder zum Cotopaxi (vgl. Fig. 12 und Fig. 13).

5.5 Schülerwissen zur Entstehung von Vulkanen (Kontrollfrage 2)

Die Varianzanalyse (ANOVA) zeigte einen signifikanten Haupteffekt für JAHRGANGS-

STUFE ($F(1; 122) = 9,593; p = 0,002; \eta^2 = 0,073$) und SCHULSTANDORT ($F(1; 122) = 6,247; p = 0,014; \eta^2 = 0,049$). Die Analyse offenbarte zudem eine signifikante JAHRGANGSSTUFE*SCHULSTANDORT-Interaktion ($F(1; 122) = 5,282; p = 0,023; \eta^2 = 0,041$).

Paarweise Vergleiche (t-tests für unabhängige Stichproben) verdeutlichten, dass die Schülerinnen und Schüler der JAHRGANGSSTUFE 12 am SCHULSTANDORT Quito signifikant höhere Trefferraten erzielten als die Probanden aller anderen Klassen (alle p 's $< 0,001$). Fig. 15 visualisiert die signifikante Mittelwertverteilung.

Die Kontrollfrage spiegelt auch hier die Ergebnisse der Zeichenaufgabe wider (vgl. Kap. 5.4). Die Schülerinnen und Schüler der 12. Klassen in Quito besitzen ein signifikant höheres Wissen zur Vulkanentstehung als alle anderen Befragten an beiden Schulstandorten. Bemerkenswert ist auch hier, dass im Gegensatz dazu das Wissen der Oberstufenschüler der Deutschen Schule in Guayaquil nur unwesentlich höher ist, als das der Kinder der 6. Klassen in Quito und Guayaquil, obwohl sie deutlich mehr Schul- und Lebenserfahrung haben.

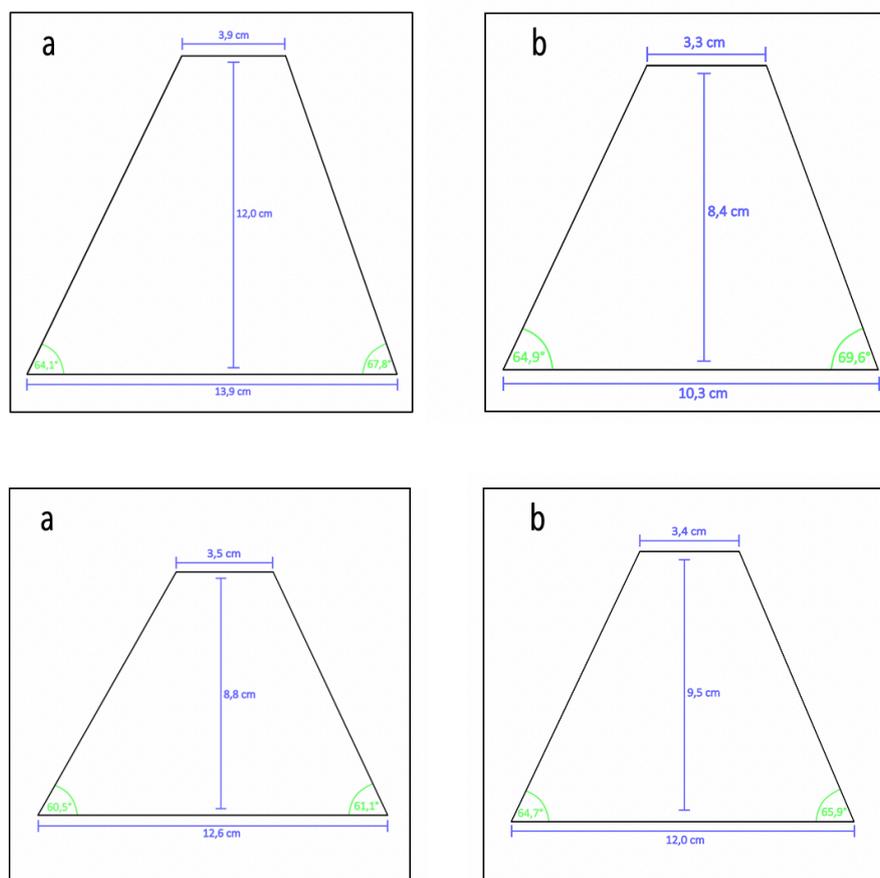
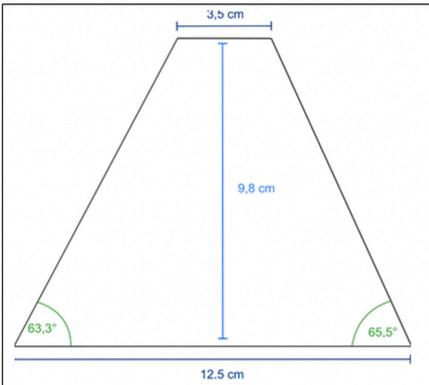
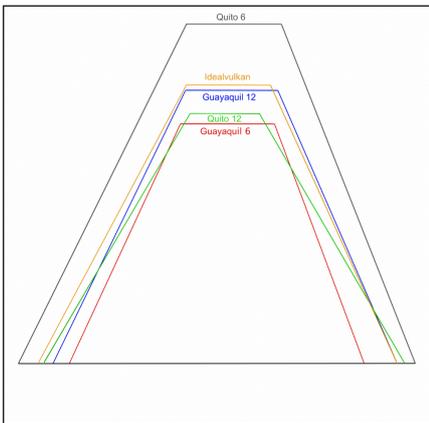


Fig. 8. Idealtypische Stratovulkane nach den Zeichnungen der Schülerinnen und Schüler der Deutschen Schulen der 6. Klasse in Quito (a) und Guayaquil (b) (Quelle: Autoren).

Fig. 9. Idealtypische Stratovulkane nach den Zeichnungen der Schülerinnen und Schüler der Deutschen Schulen der 12. Klasse in Quito (a) und Guayaquil (b) (Quelle: Autoren).



El volcán está en reposo los científicos vigilan las señales de actividad.

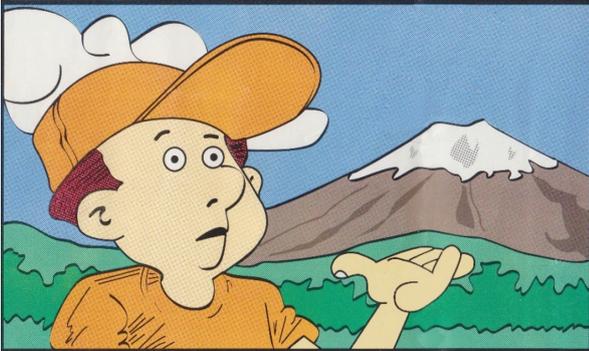


Fig. 10. Vergleich der von den Schülerinnen und Schülern der Deutschen Schulen der 6. und 12. Klasse in Quito und Guayaquil gezeichneten Vulkangebäude (Quelle: Autoren).

Fig. 11. Idealtypischer Stratovulkan nach den Vorstellungen aller Schülerinnen und Schüler der Deutschen Schulen der 6. und 12. Klassen der Deutschen Schulen in Quito und Guayaquil (Quelle: Autoren).

Fig. 12. Darstellung eines Stratovulkans aus einem Faltblatt der Defensa Civil (Quelle: www.comminit.com/gestion-del-riesgo/).

Fig. 13. Stratovulkan Cotopaxi (5897 m) (Quelle: T. Toulkeridis).

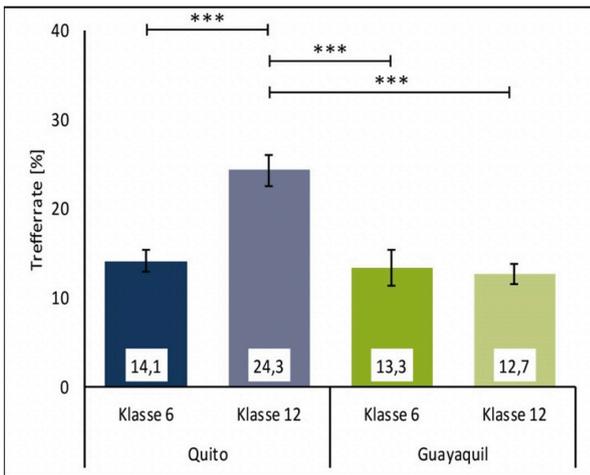


Fig. 14. Wissen der Schülerinnen und Schüler der Deutschen Schulen in Quito und Guayaquil zur Vulkanentstehung (Zeichnung 2) (Mittelwertverteilung) (Quelle: Autoren).

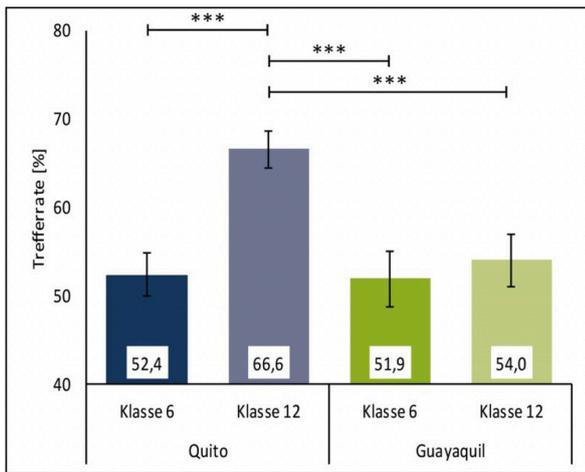


Fig. 15. Wissen der Schülerinnen und Schüler der 6. und 12. Klassen der Deutschen Schulen in Quito und Guayaquil zur Vulkanentstehung (Kontrollfrage 2) (Mittelwertverteilung) (Quelle: Autoren).

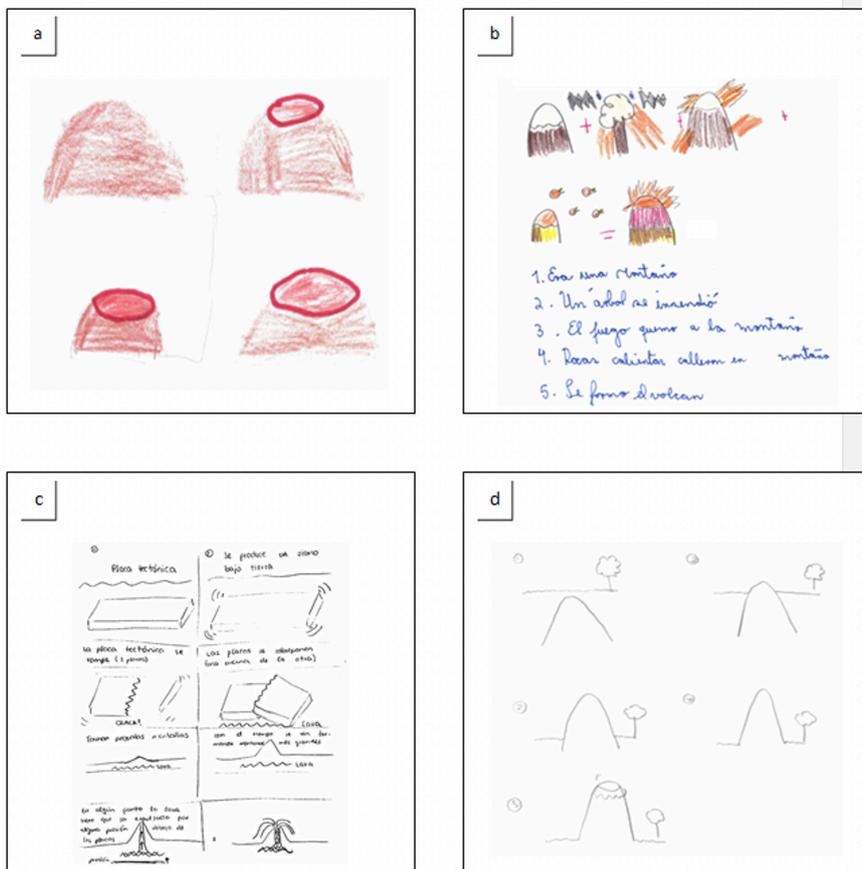


Fig. 16. Ausgewählte Zeichnungen zur Vulkanentstehung von Schülerinnen und Schülern der Deutschen Schulen der 6. Klassen in Quito (a) und Guayaquil (b) sowie der 12. Klassen in Quito (c) und Guayaquil (d) (Quelle: Autoren).

6. Diskussion

Die Untersuchungen im Rahmen dieser Teilstudie konzentrierten sich im Wesentlichen auf das Wissen der befragten Schülerinnen und Schüler zum Aufbau sowie zur Entstehung von Vulkanen/Vulkanismus. Darüber hinaus wurde der Einfluss der Nähe des Schulstandorts zu einem Hochrisikovulkan mit in die Analyse aufgenommen.

Die Ergebnisse der statistischen Analysen dieser Teilstudie zeigen, dass das Wissen über Vulkanen/Vulkanismus sowohl von der Jahrgangsstufe der Schülerinnen und Schüler als auch vom Schulstandort beeinflusst werden kann. Dabei ist zwischen verschiedenen Aspekten des Themas Vulkane/Vulkanismus zu differenzieren:

Aus der durchgeführten Erhebung kann einerseits abgeleitet werden, dass das Wissen zum Aufbau eines Vulkans keine grundsätzlichen Unterschiede aufweist (vgl. Fig. 3 und Fig. 4). Weder die unterrichtliche Behandlung des Themas in der Mittelstufe (vgl. Kap. 3) noch der Schulstandort – mit unterschiedlicher naturräumlicher Distanz zu Hochrisikovulkanen, wie beispielsweise dem Cotopaxi in der Nähe Quitos – führen zu einem höheren Wissen. Es scheint, als gäbe es innerhalb Ecuadors einen einheitlichen und nur schwierig beeinflussbaren Wissensstandard zum Aufbau von Vulkanen. Besonders auffällig ist zudem, dass – unabhängig vom räumlichen Schwerpunkt auf den Galápagos-Inseln im Curriculum der Deutschen Schule in Guayaquil – Schülerinnen und Schüler mit Vulkanen in erster Linie Stratovulkane und nicht Schildvulkane assoziieren (vgl. Fig. 6). Offenbar prägt das Bild der bekanntesten ecuadorianischen Stratovulkane, des Cotopaxi und Chimborazo, das Schülervissen (vgl. Fig. 13).

Aus den Ergebnissen der Zeichnungen zum Vulkanaufbau ergeben sich folgende Aspekte:

(1) In der Zeichnung eines Oberstufenschülers findet sich das Wort Schnee (vgl. Fig. 5c), in einer anderen ist ein Gletscher auf der Kuppe angedeutet (vgl. Fig. 5d). Dieses Ergebnis widerspricht den Resultaten anderer Studien (bei denen allerdings Studentinnen und Studenten befragt wurden), dass

ein Berg mit Schnee auf dem Gipfel kein Vulkan sein kann (vgl. LIBARKIN ET AL. 2005; LIBARKIN 2006; PARHAM JR. ET AL. 2010).

(2) Die Kinder und Jugendlichen stellen sich Vulkane in der Regel eher als Stratovulkane vor (vgl. Fig. 6). Dies ist bei den Schülerinnen und Schülern in Quito nicht ungewöhnlich, da sie in sichtbarer Nähe des Cotopaxi leben, der zu den prägnantesten Stratovulkanen der Erde gehört. In Guayaquil und Umgebung gibt es keine Stratovulkane. Der nächste liegt viele Kilometer weit entfernt. Auch für die Jugendlichen der 12. Klassen in Guayaquil scheint ein Stratovulkan das typische Vulkangebäude zu sein (87,9%).

(3) Die Kinder und auch die Jugendlichen in Quito und Guayaquil haben sehr ähnliche Vorstellungen vom Aufbau eines Stratovulkans. Beim direkten Vergleich der ermittelten Idealtypen fällt auf, dass nur die Schülerinnen und Schüler der 6. Klasse in Quito hinsichtlich der Höhe und der Flankenneigungen deutlicher von denen der anderen Zeichner abweichen (vgl. Fig. 10).

Die Ergebnisse der Kontrollfrage 1 lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

(1) Schlackenkegel sind kegelförmige, relativ ebenmäßige Vulkane, deren abgestumpfte Spitze häufig kraterförmig eingesenkt sind (vgl. SCHMINCKE 2013). Damit ähneln sie einem Stratovulkan, bei dem bei einer Eruption die Kegelspitze weggesprengt wurde. Dies könnte der Grund dafür sein, dass die Kinder und Jugendlichen neben dem Stratovulkan (67,4%) auch dieses Vulkangebäude (67,4%) sehr häufig richtig angekreuzt haben (vgl. Fig. 7).

(2) Der Lavadom und die Caldera wurden nur von wenigen Probanden angekreuzt (vgl. Fig. 7). Dies ist nicht unerwartet, weil diese Vulkantypen weniger häufig sind und zudem komplexere Vulkangebäude darstellen. Da sowohl die Oberstufenschüler in Quito als auch in Guayaquil im Schulunterricht – laut geltenden Lehrplänen – die Vulkantypen Schild- und Schichtvulkan bzw. die Galápagos-Inseln mit den dortigen Schildvulkanen behan-

delt haben müssten, ist ihre Identifikation nur relativ wenigen Probanden gelungen (26,3% bzw. 25,8%) (vgl. Kap. 3).

Das Wissen über die Entstehung von Vulkanen wird von der Jahrgangsstufe und dem Schulstandort gesteuert (vgl. Fig. 14 und Fig. 15). Obwohl an beiden Standorten der Studie (Quito und Guayaquil) die Lehrpläne der Mittelstufe eine ähnliche Behandlung des Themas Vulkanismus vorsieht (vgl. Kap. 3), ist ein eindeutig höheres Wissen bei den Oberstufenschülern in Quito gegenüber denen in Guayaquil festzustellen. Dieser mag mit unterschiedlicher Unterrichtsintensität und -qualität zusammenhängen, jedoch sind auch außerschulische Einflüsse als Gründe denkbar. Die Nähe zum (Hochrisiko-)Vulkan, die bereits in der vorausgehenden ersten Teilstudie (vgl. OTTO ET AL. 2019) als Begründung für Wissensdifferenzen zu Vulkanen/Vulkanismus in Ecuador vermutet wurde, kann dieses höhere Wissen bei Ober-

stufenschülerinnen und Oberstufenschülern erklären. Die Sichtbarkeit sowie die reale und mediale Präsenz des Cotopaxi in der Nähe Quitos mag Schülerinnen und Schüler anregen, bis zum Erwachsenenalter Entstehungsprozesse von Vulkanen, die für den Raum um den Schulstandort zweifelsohne eine Alltagsgefahr darstellen, intensiver zu verinnerlichen. Die Ergebnisse dieser Studie sind – in Ansätzen – vergleichbar mit Erkenntnissen, die CARLINO ET AL. (2008) aus einer empirischen Erhebung ableiteten. In dieser Studie wurden mangelhafte Wissensbestände bei Schülerinnen und Schülern hinsichtlich des Verhaltens beim Ausbruch des Vesuvs eruiert. Auch in der hier ausgewerteten Teilstudie deuten sich Verbesserungspotenziale sowie regionale Disparitäten beim Wissen über vulkanologische Themen an (vgl. OTTO ET AL. 2019; zum Thema Wissen über Tsunamis vgl. EDLER ET AL. 2020).

7. Reflexion der Untersuchung

Bereits die Ausführungen von SCHULER (2015) zeigten, dass die Erstellung von thematischen Bildern von Schülerinnen und Schülern sehr unterschiedlich gemeistert werden. Dies wurde durch die vorliegende Studie bestätigt. Es gibt Lernende, die sehr präzise und detailreich zeichnen, andere besitzen in dieser Hinsicht dagegen nur sehr eingeschränkte Talente. Auch die Auswertung von Schülerzeichnungen birgt oftmals Probleme, die es zu minimieren galt. Die zusätzlich im Messinstrument eingesetzten Fragen bo-

ten jedoch ein Kontrollinstrument, durch das die Robustheit von Effekten aus den erzielten Ergebnissen untermauert werden konnte.

Die Ergebnisse dieser zweiten Studie beziehen sich ausschließlich auf die Deutschen Schulen in Quito und Guayaquil. Diese gehören zu den Eliteschulen Ecuadors. Insofern können die hier erzielten Resultate nur eingeschränkt – wenn überhaupt – auf die Schülerinnen und Schüler der staatlichen Schulen im Land übertragen werden (s.u.).

8. Ausblick

Innerhalb einer umfangreichen Gesamtstudie zeigen – gemeinsam mit den neben bereits kürzlich veröffentlichten Ergebnissen einer ersten Teilstudie (vgl. OTTO ET AL. 2019) – die Ergebnisse der vorliegenden Teilstudie, dass Schülerinnen und Schüler der Deutschen Schulen in Ecuador bei komplexeren Sachverhalten zu Vulkanen und Vulkanismus offenbar durch die räumliche Lage zu bekannten Hochrisikovolkanen (v.a. Cotopaxi, in der Nähe Quito) geprägt werden. Wissensabfragen, die sich auf (prozedurales) Wissen konzentrieren, können Schülerinnen und Schüler in Quito,

d.h. im Einflussbereich des Cotopaxi, signifikant besser beantworten.

Weitere Teilstudien der Gesamtstudie sollen zukünftig Aufschluss geben, ob auch die georäumliche Lage staatlicher ecuadorianischer Schulen zu Vulkanen das Wissen sowie Alltagsvorstellungen von Schülerinnen und Schülern signifikant beeinflusst. Wäre dies der Fall, ließe sich der bisher identifizierte Zusammenhang zwischen der Lage zu Vulkanen und Wissensanreicherung in erweitertem Maße bestätigen. Entsprechend könnten in weiteren Studien flächendeckend – und über die Eliteschulen in Qui-

to und Guayaquil hinaus – Empfehlungen für die Anpassung der Schulcurricula abgeleitet werden, die eine Optimierung nationaler Standards zum in Ecuador hochrelevanten Bildungsthema

Vulkane/Vulkanismus ermöglichen könnten. Dies umfasst perspektivisch ebenfalls die Erarbeitung von Empfehlungen für die unterrichtspraktische Umsetzung.

Literatur

- AGUILERA, E., & DUEÑAS, W. (2007). *The Explosive Eruptions of the Volcano Tungurahua of July and August 2006*. Quito: Proyecto Descentralización y Desarrollo Local.
- AGUILERA, E., PARESCHI, M.T., ROSI, M., & ZANCHETTA, G. (2004). [Risk from Lahars in the Northern Valleys of Cotopaxi Volcano \(Ecuador\)](#). *Natural Hazards*, 33, 161–189.
- BAALMANN, W., FRIEDERICH, V., WEITZEL, H., GROPENGIESSER, H., & KATTMANN, U. (2004). Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung – Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 7–28.
- BACHILLERATO INTERNACIONAL (2014). [Geografía](#). (23.09.2020).
- BARBERI, F., COLTELLI, M., FRULLANI, A., ROSI, M., & ALMEIDA, E. (1995). Chronology and Dispersal Characteristics of Recently (Last 5,000 Years) Erupted Tephra of Cotopaxi (Ecuador): Implications for Long-Term Eruptive Forecasting. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 69, 217–239.
- CARLINO, S., SOMMA, R., & MAYBERRY, G. (2008). Volcanic Risk Perception of Young People in the Urban Areas of Vesuvius: Comparisons with Other Volcanic Areas and Implications for Emergency Management. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 172, 229–243.
- CERCA, M., TOULKERIDIS, T., & CONCHA-DIMAS, A. (2005). *First Results about the Structural Setting and Emplacement Model of the Cotopaxi Volcanic Complex, Ecuador*. Chapman Conference on the Effects of Basement, Structure, and Stratigraphic Heritages on Volcano Behaviour, Tagaytay City, Philippines, 2015, p. 36.
- DEUTSCHE SCHULE QUITO (DSQ) (2012a). [Lehrplan für das Fach Geographie. Primaria](#) (23.09.2020).
- DEUTSCHE SCHULE QUITO (DSQ) (2012b). [Lehrplan für das Fach Geographie. Secundaria](#) (23.09.2020).
- DUIT, R. (2008). Zur Rolle der Schülervorstellungen im Unterricht. *geographie heute*, 265, 2–6.
- EDLER, D., OTTO, K.-H., & TOULKERIDIS, T. (2020). Tsunami Hazards in Ecuador - Regional Differences in the Knowledge of Ecuadorian High-School Students. *Science of Tsunami Hazards*, 39, 86–112.
- EGNER, H. (2008). Warum konnte das nicht verhindert werden? Über den (Nicht-)Zusammenhang von wissenschaftlicher Erkenntnis und politischen Entscheidungen. In C. FELGENTREFF & T. GLADE (Hg.), *Naturrisiken und Sozialkatastrophen* (S. 421–433). Berlin, Heidelberg: Springer.
- FELGENTREFF, C., KUHLCHE, C., & WESTHOLT, F. (Hg.) (2012). *Naturereignisse und Sozialkatastrophen*. *Forschungsforum Öffentliche Sicherheit*, Band 8. Berlin: Springer.
- FREYMULLER, J. T., KELLOGG, J. N., & VEGA, V. (1993). Plate Motions in the North Andean Region. *Journal of Geophysical Research*, 98, 53–64.
- GROPENGIESSER, H., & MAROHN, A. (2018). Schülervorstellungen und Conceptual Change. In D. KRÜGER, I. PARCHMANN & H. SCHECKER (Hg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 49–68). Berlin: Springer.
- IGEPN (INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL) (2015a). [Daily Reports of Cotopaxi Volcano in 2015 of the Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional](#). (23.09.2020)
- IGEPN (INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL) (2015b). *Special Reports of Cotopaxi Volcano in 2015 of the Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional*. (<http://www.igepn.edu.ec/informes-volcanicos/cotopaxi/coto-especiales/coto-e-2015>) (23.09.2020)
- KATTMANN, U., DUIT, R., GROPENGIESSER, H., & KOMOREK, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und

- Entwicklung. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, 3, 3-18.
- LA CONDAMINE CH. M. (1751). *Diario del Viaje al Ecuador, republ. in 1986*. Quito: Publitécnica.
- LEPENNEC, J.-L., JAYA, D., SAMANIEGO, P., VAN DER PLICHT, J., YEPES, H., HALL, M. L., RAMÓN, P., MOTHE, P., & EGRED, P. J. (2004). *A Reconstruction of the Historical Eruption of Tungurahua Volcano, Ecuadorian Andes*, IAVCEI General Assembly : Volcanism and its Impact on Society, Pucón, Chile, 14-19.11.2004. Pucón: IAVCEI.
- LIBARKIN, J. C. (2006). College Student Conceptions of Geological Phenomena and Their Importance in Classroom Instruction. *Planet*, 17, 6-9.
- LIBARKIN, J. C., & ANDERSON, S. W. (2005). Assessment of Learning in Entry-level Geoscience Courses: Results from the Geoscience Concept Inventory. *Journal of Geoscience Education*, 53, 394.
- MERZ, B. (2015). Naturrisiken. In G. WEFER & F. SCHMIEDER (Hg.), *Expedition Erde - Spannendes und Wissenswertes aus den Geowissenschaften* (S. 104-107). Bremen: Selbstverlag.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN (2014). *Currículo de EGB y BGU. Ciencias Naturales*. Quito: Ministerio de Educación (23.09.2020).
- MÖNTER, L., & OTTO, K.-H. (2017). The Concept of Disasters in Geography Education. *Journal of Geography in Higher Education*, 42, 1-15.
- OTTO, K.-H. (2009). Von Naturrisiken und Sozialkatastrophen - zur didaktischen Neukonzeption eines traditionellen Themas im Geographieunterricht. *Geographie und ihre Didaktik | Journal of Geography Education*, 37, 29-48.
- OTTO, K.-H. (2016). Nach der Katastrophe ist vor der Katastrophe! Zur Bedeutung der Katastrophenvorsorge im kompetenzorientierten Geographieunterricht. *Geographie aktuell und Schule*, 38, 13-24.
- OTTO, K.-H., TOULKERIDIS, T., ZACH, I., & EDLER, D. (2019). Eine empirische Studie zum Wissen von Schülerinnen und Schülern über aktive Vulkane und Schutzmaßnahmen in Ecuador. *Zeitschrift für Geographiedidaktik | Journal of Geography Education (ZGD)*, 47, 1-23.
- PARHAM JR. T. L., CERVATO, C., GALLUS JR W. A., & LARSEN, M. (2010). The InVEST Volcanic Concept Survey: Exploring Student Understanding about Volcanoes. *Journal of Geoscience Education*, 58, 177-187. DOI 10.5408/1.3544298
- REINFRIED, S. (2008). Schülervorstellungen und Lernen von Geographie. *geographie heute*, 265/266, 8-12.
- REINFRIED, S. (2010). Lernen als Vorstellungsänderung: Aspekte der Vorstellungsfor-schung mit Bezügen zur Geographiedidaktik. In S. REINFRIED (Hg.), *Schülervorstellungen und geographisches Lernen - Aktuelle Conceptual-Change-Forschung und Stand der theoretischen Diskussion* (S. 1-31). Berlin: Logos Verlag.
- REINFRIED, S. (2015). Wissen erwerben und Einstellungen reflektieren. In S. REINFRIED & H. HAUBRICH (Hg.), *Geographie unterrichten lernen. Die Didaktik der Geographie* (S. 53-57). Berlin: Cornelsen.
- SCHMINCKE, H.-U. (2013). *Vulkanismus. 4. Unveränderte Auflage*. Darmstadt: WBG.
- SCHMIDT-WULFFEN, W. D. (1980). Die Dürre im Sahel - Erscheinungsbild, Ursachen, Auslöser, Auswirkungen. *geographie heute*, 1, 24-48.
- SCHMIDT-WULFFEN, W. D. (1982). Katastrophen: Natur- und Sozialkatastrophen. In L. JANDER, W. SCHRAMKE & H.-J. WENZEL (Hg.), *Metzler Handbuch für den Geographieunterricht. Ein Leitfaden für Praxis und Ausbildung* (S. 137-143). Stuttgart: J. B. Metzler.
- SCHULER, S. (2011). *Alltagstheorien zu den Ursachen und Folgen des globalen Klimawandels - Erhebung und Analyse von Schülervorstellungen aus geographiedidaktischer Perspektive*. Bochum: Europäischer Universitätsverlag.
- SCHULER, S. (2015). Schülerzeichnungen im Unterricht. Wie man geographische Schülervorstellungen mit Zeichnungen diagnostizieren und verändern kann. *Praxis Geographie*, 45, 9-13.
- SODIRO L. (1877). *Relación Sobre la Erupción del Cotopaxi Acaecida el Día 26 de Junio, de 1877*. Quito: Imprenta Nacional.
- TOULKERIDIS, T. (2006). *New, Efficient Educative Prevention for Ecuador's Volcano Cotopaxi. Cities On Volcanoes 4 (COV4)*, Quito, Ecuador, May-June 2004. Quito: COV.
- TOULKERIDIS, T. (2010). *Volcanic Hazard Preparedness in Ecuador. Cities On Volcanoes 6 (COV6)*. Teneriffa, Spain, May-June 2010. Tnereiffa: COV.

UN (UNITED NATIONS) (2019). [Sustainable development Goals. 4 Quality Education](#). (23.09.2020).

UNESCO (UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION) (2014). [Roadmap for Implementing the](#)

[Global Action Program on Education for Sustainable Development](#) (23.09.2020).

WOLF, T. (1878). *Memoria Sobre el Cotopaxi y su Ultima Erupción Acaecida el 26 de Junio de 1877*. Guayaquil: Imprenta de El Comercio.