

## Geotrail Luzern, Antworten zu den Fragen

Einführung	
1	Schülerspezifische Antworten
2	Schülerspezifische Antworten
3	Schülerspezifische Antworten
4	<p>Mögliche Antworten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auto/Bus/Eisenbahn: Stahl aus Eisenerz; Aluminium aus Aluminiumerz, Glas aus Quarzsand</li> <li>• Haus: Beton aus Kies; Sand und Zement (gebrannter Kalkstein); Backsteine, Ziegel aus Ton</li> <li>• Frühstück: Geschirr aus Ton</li> <li>• Stromgewinnung: aus Uran (AKW =&gt; elektrischer Strom), Braun- und Steinkohle (im Fall von Stromimporten)</li> </ul>
5	Randsteine, Pflastersteine, Treppentritte, Fassaden von Gebäuden, Skulpturen, Brunnen-tröge, Grabsteine etc.
6	<p>Mögliche Antworten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kupfer =&gt; elektrische Kabel</li> <li>• Gold, Silber, Kobalt, Seltene Erden etc. =&gt; Elektronikbauteile</li> <li>• Lithium, Kobalt =&gt; Batterien und Akkus</li> <li>• Erdöl oder Ölsand =&gt; Kunststoffe („Plastik“), Strassenbeläge, Benzin, Diesel, Heizöl, Grundstoffe für Medikamente</li> </ul>

Posten 1 Aaregranit	
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Minerale im Granit sind stark miteinander verzahnt.</li> <li>• Das Gestein enthält in grosser Menge das harte und sehr witterungsbeständige Mineral Quarz.</li> </ul>
2	Granit kristallisiert aus Schmelzen (Magma) in einer Magmenkammer in 5 bis 25 km Tiefe in der Erdkruste aus, wird durch tektonische Prozesse im Lauf einer Gebirgsbildung an einem konvergierenden Plattenrand herausgehoben und durch Verwitterung und Abtragung weiter freigelegt.

Posten 1 Ergänzung 1	
1	<p>Überreste eiszeitlicher Moränen befinden sich an der Front und am Rand der Gletscher hauptsächlich dort, wo ihr Höchststand war (maximale Vereisung).</p> <p><b>Zusatzinfo:</b> Auch während des Rückzugs entstanden bei länger anhaltendem Verweilen der Gletscherzungen an demselben Ort Moränen. Dies kann mit einem eindrücklichen Video der ETH Zürich veranschaulicht werden: <a href="https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2018/11/eiszeitensimulation-macht-gletscherausdehnung-sichtbar.html">https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2018/11/eiszeitensimulation-macht-gletscherausdehnung-sichtbar.html</a></p>
2	Alle grösseren Seen mit länglicher Form (Zungenbeckenseen)
3	Grosse Mengen an Wasser befanden sich in Form von Eis auf den Kontinenten. Dadurch senkte sich der Meeresspiegel und Teile der Meeresböden fielen trocken.

Posten 2 Solothurner Kalkstein	
1	Schalenerhaltung
2	Aussergewöhnlich dicke und schwere Schale
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Woraus besteht das Sedimentgestein und was verrät dessen Zusammensetzung über dessen Entstehungsort und die Entstehungsbedingungen (z. B. Land oder Wasser, Klima)?</li> <li>• Enthält das Gestein Fossilien?</li> <li>• Wie lebten die fossilen Organismen?</li> <li>• Welche Aussagen sind über deren Lebensraum möglich?</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ablagerung als Sedimentgestein</li> <li>• In den Tropen =&gt; Daraus abgeleitet die Lage Solothurns zur Zeit der Entstehung des Sediments</li> <li>• In einer eher flachen Lagune</li> <li>• Bevölkert von Schnecken (Nerineen) und Sauriern</li> <li>• Diagenese des Sediments zu einem Gestein</li> </ul>

Posten 3 Molassesandstein	
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Landtiere werden selten direkt nach ihrem Tod von einer schützenden Sedimentschicht zugedeckt, sie sind deshalb viel eher der Verwesung ausgesetzt.</li> <li>• Wenn sie schnell von einer Sedimentschicht zugedeckt werden, dann meist durch Kies oder Geröll, wobei sie weitgehend zermalmt werden.</li> <li>• Auf dem Land herrscht kein Sauerstoffmangel wie teilweise auf dem Grund von Gewässern, sodass Überreste von Tieren durch Würmer, Käfer, Bakterien, Pilze etc. schnell abgebaut werden, bevor sie im Sediment eingeschlossen sind.</li> <li>• Auf dem Land werden Wirbeltiere nach ihrem Tod meist von Aasfressern gefressen und ihre Knochen dabei weitherum verteilt. Dadurch wird es schwieriger, vollständige Skelette zu finden.</li> <li>• Wirbellose Wassertiere wie Schnecken und Muscheln haben oft dicke Schalen, die sich gut erhalten. Die Schalen der Landschnecken als einzige schalenbildende Landtiere hingegen sind dünn.</li> </ul>
2	Quarz, Feldspat und Glimmer sind zwar generell häufige Minerale. Im «Granitischen Sandstein» entspricht das Verhältnis dieser Minerale jedoch ziemlich genau der Zusammensetzung von Granit. Die rötliche Farbe der Feldspatkristalle erinnerte die damaligen Namensgeber des Gesteins offenbar noch zusätzlich an Granit, auch wenn rötlicher Granit heute in den Schweizer Alpen eher selten vorkommt, meist ist Granit in den Alpen wie der Aaregranit vom Weybrunnen weiss.
3a	Der Granitische Sandstein kann erzählen, woraus er besteht, unter welchen Bedingungen seine Komponenten (die Sandkörner) entstanden und wie er abgelagert wurde. Er kann aber nicht erzählen, wo das Ursprungsgebiet seiner Komponenten liegt, da heute auf der Nordseite der Hauptwasserscheide keine Granite mit rötlichen Feldspäten mehr vorkommen.
3b	<p>Daraus lässt sich ein wichtiger Schluss ziehen: Granite mit rötlichen Feldspäten mussten existiert haben, sie wurden jedoch in der Vergangenheit vollständig aberodiert (abgetragen).</p> <p><b>Zusatzinfo:</b> Auf der Südseite der Alpen bei Baveno existieren noch heute solche Granite (siehe Posten 5), es dürfte aber unwahrscheinlich sein, dass die Hauptwasserscheide einst so weit im Süden lag, dass die Erosionsprodukte dieser Gesteine heute auf der Nordseite der Alpen liegen.</p>

Posten 4 Buntsandstein			
1	Der Buntsandstein wurde weiter transportiert, da sich die harten, verwitterungsresistenten Quarzkörner, die über weite Strecken transportiert werden können, ohne zerstört zu werden, darin angereichert haben.		
2		<b>Molassesandstein</b>	<b>Buntsandstein</b>
	Farbe	Grau (graubläulich/-rötlich)	Tiefrot
	Alter	28-15 Mio. Jahre	251-243 Mio. Jahre
	Ablagerungsmilieu	Strand eines seichten Meeres, subtropisch	Fliessgewässer/Delta eines sporadisch Wasser führenden Wüstenflusses
	Komponenten	Sand (Quarz, Feldspat, Glimmer)	Fast reiner Quarzsand
	Zementation	Kalzit	Verwachsene Quarzkörner und Eisenoxid
3a	Bei der Verwitterung aller Arten von Gesteinen wird Eisen freigesetzt, welches sich mit Sauerstoff zu rotem Eisenoxid (Hämatit, $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) verbindet. Dieses bildet einen roten Belag um die Sandkörner herum.		
3b	Eisenoxid ist nur bei trockenen Klimabedingungen stabil, in feuchten Klimaten wandelt es sich in rostbraunes Eisenhydroxid ( $\text{FeO}(\text{OH})$ ) um. => Ausgesprochen trockenes Klima während der Ablagerung des Buntsandsteins.		
4	a) kann, muss nicht; b) korrekt; c) das Gegenteil trifft zu		
5a	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sand ist das Produkt von Verwitterung, diese greift das Gestein nur unter atmosphärischen Bedingungen, also auf dem Land an (z.B. Niederschlag, Frost).</li> <li>Sand, in dem fast nur noch Quarzkörner übrig sind, muss über eine grössere Distanz transportiert worden sein, dies geschieht in der grossen Mehrheit aller Fälle durch fliessendes Wasser, das ein Gefälle, also ein Relief benötigt.</li> </ul>		
5b	Auch Dünen in einer Wüste können sich zu Sandstein verfestigen.		

Posten 5 Granit Baveno	
1	Was: Granit Wo: Weybrunnen

Posten 6 Stadtentwicklung	
1	Schülerspezifische Antworten, z.B. Hofkirche, Kapellbrücke, Spreuerbrücke, Museggmauer inkl. Türme, Franziskanerkirche, Zurgilgenturm, Peterskapelle, Rathaus ...
2	Entwicklung Hofquartier, Schweizerhofquai, Nationalquai, Hirschmattquartier, Bruchquartier, Baselstrasse, Ausrichtung Bahnhof

<b>Posten 7 Kopfsteinpflaster</b>	
<b>1</b>	Im Unterlauf eines Flusses, denn je länger die Strecke ist, über die der Fluss die Steine transportierte, desto grösser ist die Wahrscheinlichkeit, dass nur noch harte, widerstandsfähige Steine übrig geblieben sind und die anderen zermalmt wurden.
<b>2</b>	Möglicherweise wurden Steine in den Bächen in der Umgebung von Luzern gesammelt und mit Nauen (Schiffen) in die Stadt transportiert. Alles Geschiebe, das diese Gewässer bis in den See transportieren, wird dort abgelagert und bleibt auch dort liegen. Kaltzeitliche Gletscher konnten jedoch auch Steine aus einem viel grösseren Gebiet bis in die Gegend von Luzern transportieren.
<b>3</b>	Die Gesteine der Molasse (Sandstein und Nagelfluh) wurden vor ca. 20 Mio. Jahren von völlig anderen Flusssystemen, als wir sie heute kennen, geschüttet (vgl. Posten 3, Abb. 7, 13). Gewisse Gerölle könnten demnach als Teil dieser Konglomerate aus einem noch viel grösseren Einzugsgebiet stammen.
<b>4</b>	Der Vierwaldstättersee ist ein stehendes Gewässer, durch das natürlicherweise kein Geröll transportiert werden kann, dafür braucht es Fliessgewässer.

<b>Posten 8 Rhyolith</b>	
<b>1</b>	Granit (Weybrunnen, Genferhaus, Schweizerhofquai)
<b>2</b>	Bei einer Staukuppe, da Glutströme Geschwindigkeiten bis zu 400 km/h erreichen können. Dünnflüssige Lava aus einem Schildvulkan hingegen fliesst langsamer.

Posten 9 Guber Sandstein			
1		«Luzerner» Sandstein	Guber-Sandstein
	Geologische Einheit	Molasse	Flysch
	Korngrösse	Sehr feinkörnig, homogen	Fein- bis grobkörnig, inhomogen
	Begleitgesteine	Konglomerat	Tongestein
	Ablagerungsmilieu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flussdeltas am Rand eines seichten Meeres/Sees nördlich der Alpen, als diese schon sehr hoch waren und stark/schnell verwitterten bzw. erodiert wurden.</li> <li>Kontinuierliche Ablagerung in fliessendem Wasser oder am Übergang zu stehendem Wasser (Flussdelta), knapp unterhalb der Wasseroberfläche oder sogar knapp über dem Meeres-/Seespiegel.</li> <li>von Flüssen direkt aus dem Erosionsgebiet im Hinterland herantransportiert und abgelagert</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kontinentalrand, als die noch jungen, erst im Entstehen begriffenen Alpen sich bereits ein wenig über den Meeresspiegel erhoben, gerade genügend, damit Verwitterung und Erosion Gestein abtragen, an die Küste transportieren und dort als Sand ablagern konnten.</li> <li>Bereits abgelagertes Material gleitet in Form von Unterwasserlawinen (Trübestrome) in die Tiefsee.</li> <li>Episodische Ablagerung, dazwischen Ruhephasen mit Ablagerung von Ton, der kontinuierlich von Flüssen ins Meer gespült wird.</li> </ul>
<p><b>Gemeinsam:</b> Sedimente wie Ton, Sandstein und Konglomerat können nur durch Verwitterung oberhalb des Meeresspiegels (terrestrisch) entstehen und nur an einen Ablagerungsort transportiert werden, wenn die Erdoberfläche ein Gefälle aufweist (egal ob rein durch Schwerkraft oder durch fliessendes Wasser), sie benötigen also zur Entstehung ein Relief. Solche Gesteine deuten somit immer darauf hin, dass die Erdoberfläche zur Zeit ihrer Entstehung über Wasser lag, dass das Entstehungsmilieu also kontinental war, und dass es Erhebungen (Inseln, Hügel, Gebirge) gab.</p>			

Posten 10 Fränkischer Muschelkalkstein	
1	Ein globaler Meeresspiegelanstieg muss dazu geführt haben, dass Wasser nach Mitteleuropa vordringen und das Germanische Becken in ein flaches Meer verwandeln konnte.
2	<p><b>Muschelkalkstein:</b> Strand eines stehenden Gewässers (Meer)</p> <p><b>Buntsandstein:</b> Sporadisch Wasser führendes Fliessgewässer in trockener, wüstenhafter Umgebung</p>

Posten 11 Gneis	
1	Andeutung einer Paralleltextur (Schieferung) in der Zeichnung
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vulkanismus/heisses Magma</li> <li>Heisse Quellen (z. B. 46.5°C in Baden/AG)</li> <li>Geysire (z. B. in Island)</li> </ul>

<b>3</b>	Wo die Kruste dünn ist, gelangt mehr Wärme aus dem Erdmantel in die Kruste, wodurch sie sich leichter erwärmt.
<b>4</b>	1. Phase der Deformation: Schieferung (schafft die Inhomogenität, die notwendig ist, damit sich eine Faltung entwickeln kann) 2. Phase der Deformation: Faltung

<b>Posten 12 Kalkoolith</b>	
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fischeier würden von anderen Tieren aufgefressen oder sie würden verwesen, bevor sie «versteinern» könnten.</li> <li>Es müssten auch versteinerte Überreste von Fischen zu finden sein.</li> </ul>
<b>2</b>	8640 mal
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Andere Lage der Kontinente</li> <li>Afrika, Südamerika, Indien und Australien bildeten einen gemeinsamen, riesigen Kontinent (Gondwana).</li> <li>Beide Amerikas, Afrika, Indien und Australien sind weitgehend in ihren heutigen Umrissen vorhanden, Europa und Asien hingegen nicht.</li> <li>Der Atlantik war nur ein kleiner Ozean zwischen Afrika und Nordamerika, dafür existierte ein riesiger Ozean zwischen Indien und Asien (Neotethys-Ozean), der heute nicht mehr vorhanden ist.</li> </ul>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bildung von Ooiden, die mit der Entstehung rezenter Ooide verglichen werden können =&gt; Daraus abgeleitet die Entstehungsbedingungen (klimatisch, geografisch) =&gt; Daraus abgeleitet die Lage von Laufen zur Zeit der Entstehung des Sediments</li> <li>Diagenese des Sediments zu einem Gestein</li> </ul>
<b>5</b>	Weil Korallen und/oder Schwämme als Fossilien in Sedimentgesteinen gefunden werden, die im Meer entstanden sind.
<b>6</b>	Gneis, hohe Verwitterungsbeständigkeit => besser als Sockelgestein geeignet als der Kalkstein

<b>Posten 13 Repetition Sandstein</b>	
<b>1a</b>	«Luzerner» Sandstein
<b>1b</b>	Hofkirche St. Leodegar, diverse andere Gebäude
<b>1c</b>	Kreuzschichtung
<b>1d</b>	Entstehung im fließenden Wasser, am Strand oder in Deltas

Posten 14 Zerfall Sandstein	
1	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurze Transportwege, da in der nächsten Umgebung von Luzern vorhanden</li> <li>• Im Vergleich mit anderen Gesteinen wie Kalkstein oder Granit weich, deshalb ... <ul style="list-style-type: none"> <li>- mit Handwerkzeugen leicht abbaubar,</li> <li>- auf der Baustelle leicht in Form zu bringen, geeignet für komplexe Steinmetzarbeiten.</li> </ul> </li> </ul> <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zu weich für grosse Bauwerke bei starker Belastung der Mauern</li> <li>• Steine aus verschiedenen Steinbrüchen sind unterschiedlich hart und witterungsbeständig.</li> <li>• Grosse Porosität =&gt; saugt Wasser auf</li> <li>• In den Poren können aus aufgesaugtem Wasser Minerale wie Gips oder Steinsalz kristallisieren, die den Stein oberflächlich abblättern lassen oder sogar sprengen können.</li> <li>• Dadurch hoher Reparaturaufwand, der nie endet und hohe Kosten verursacht.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Vorteil der kurzen Transportdistanz ist heute nicht mehr zentral, da schwere Güter problemlos über grosse Distanzen transportiert werden können, selbst über die Meere.</li> <li>• Dem Vorteil der leichten Bearbeitbarkeit stehen die Nachteile durch Weichheit, Porosität und Witterungsanfälligkeit gegenüber, die hohe Reparatur- und Instandhaltungskosten verursachen.</li> <li>• Bei neu gebauten Gebäuden spielen komplexe Steinmetzarbeiten heute keine Rolle mehr.</li> <li>• Mit den modernen Werkzeugen der steinverarbeitenden Industrie wie IT-gesteuerte Diamantsägen lassen sich auch harte Gesteine leicht bearbeiten.</li> <li>• Der Landschaftsschutz liesse einen weiteren Abbau im grossen Stil von Sandstein kaum mehr zu.</li> <li>• Abbau und Verarbeitung von Steinen sind in der Schweiz durch hohe Löhne und hohe Sicherheitsauflagen sehr teuer und nicht konkurrenzfähig gegenüber Steinen aus Niedriglohnländern, dies trotz deren langen Transportwegen und -zeiten.</li> </ul>

Abschluss    Kreislauf der Gesteine			
1	Granit		
2	Kalkstein	Sedimentgesteine (Ablagerungsgesteine)	
	Sandstein		
	Kalkoolith		
	Granit	Tiefengesteine / Plutonite	Magmatische Gesteine
	Rhyolith	Vulkanische Gesteine / Ergussgesteine	
	Gneis	Metamorphe Gesteine	
3	Aufschmelzen		

<b>4a</b>	<p>Je nach Gesteinsart erzählen die Gesteine Geschichten über ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ihre Entstehung,</li> <li>- die Umweltbedingungen und die Lebewelt zur Zeit ihrer Entstehung,</li> <li>- die Lage ihres Entstehungsortes auf der damaligen Weltkugel,</li> <li>- ihr Alter,</li> <li>- die Entstehung von Gebirgen,</li> <li>- die Art und Weise, wie sie an die Erdoberfläche gelangt sind.</li> </ul>
<b>4b</b>	<p>Die Gesteine enthalten «Sprachelemente», die ihre Geschichte erzählen. Das können z.B. Minerale bzw. ihre chemische Zusammensetzung und Anordnung in magmatischen und metamorphen Gesteinen sein oder die Komponenten, aus welchen Sedimentgesteine bestehen ebenso wie die darin sich befindenden Fossilien.</p>
<b>4c</b>	<p>Die Erdkruste</p>