

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

Posten 1 Diverse Gesteine, Granit		
1	Schülerspezifische Antworten, z.B.:	
	Hellgraues körniges Gestein mit gut sichtbaren Bestandteilen (Minerale/Kristalle), Einfriedungsmauer, Pilaster, Giebel des Brunnens	=> Granit
	Dunkelrot-graues Gestein mit gut sichtbaren und speziell grossen, rosa Bestandteilen (Minerale/Kristalle), Brunnentrog	=> Granit
	Weisses, sehr feinkörniges Gestein mit feinen grauen Adern, Relief am Brunnen	=> Marmor
	Beiges inhomogen wirkendes Gestein, Rahmen von Relief am Brunnen	=> Kalkstein
	Dunkelgraues, körnig wirkendes Gestein (Pflastersteine)	=> Sandstein
	Weisses, sehr feinkörniges Gestein (Pflastersteine)	=> Marmor
2	Sie sind aus gut sichtbaren Bestandteilen (Minerale/Kristalle) aufgebaut.	
3	<ul style="list-style-type: none"> • Die Minerale im Granit sind stark miteinander verzahnt. • Das Gestein enthält in grosser Menge das harte und sehr witterungsbeständige Mineral Quarz. 	
4	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	<p>Überreste eiszeitlicher Moränen befinden sich an der Front und am Rand der Gletscher hauptsächlich dort, wo ihr Höchststand war (maximale Vereisung).</p> <p>Zusatzinfo: 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: https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2018/11/eiszeitensimulation-macht-gletscherausdehnung-sichtbar.html</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, Kalkoolith	
1	Schalenerhaltung
2	Aussergewöhnlich dicke und schwere Schale
3	<ul style="list-style-type: none"> • Woraus besteht das Sedimentgestein und was verrät dessen Zusammensetzung über dessen Entstehungsort und die Entstehungsbedingungen (z. B. Land oder Wasser, Klima)? • Enthält das Gestein Fossilien? • Wie lebten die fossilen Organismen? • Welche Aussagen sind über deren Lebensraum möglich?
4	<ul style="list-style-type: none"> • Ablagerung als Sedimentgestein • In den Tropen => Daraus abgeleitet die Lage Solothurns zur Zeit der Entstehung des Sediments • In einer eher flachen Lagune • Bevölkert von Schnecken (Nerineen) und Sauriern • Diagenese des Sediments zu einem Gestein
5	<ul style="list-style-type: none"> • Fischeier würden von anderen Tieren aufgefressen oder sie würden verwesen, bevor sie «versteinern» könnten. • Es müssten auch versteinerte Überreste von Fischen zu finden sein.
6	8640 mal
7	<ul style="list-style-type: none"> • Andere Lage der Kontinente • Afrika, Südamerika, Indien und Australien bildeten einen gemeinsamen, riesigen Kontinent (Gondwana). • Beide Amerikas, Afrika, Indien und Australien sind weitgehend in ihren heutigen Umrissen vorhanden, Europa und Asien hingegen nicht. • 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.
8	<ul style="list-style-type: none"> • Bildung von Ooiden, die mit der Entstehung rezenter Ooide verglichen werden können. => Daraus abgeleitet die Entstehungsbedingungen (klimatisch, geografisch) => Daraus abgeleitet die Lage von Laufen zur Zeit der Entstehung des Sediments • Diagenese des Sediments zu einem Gestein
9	Weil Korallen und/oder Schwämme als Fossilien in Sedimentgesteinen gefunden werden, die im Meer entstanden sind.

Posten 3 Sandstein	
1	Die Schichtung ist oft unregelmässig gewellt, nicht horizontal, sondern schräg mit unterschiedlichen Winkeln zwischen den Schichten.
2a	Der Bollinger 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.
2b	Daraus lässt sich ein wichtiger Schluss ziehen: Granite mit rötlichen Feldspäten mussten existiert haben, sie wurden jedoch in der Vergangenheit vollständig aberodiert (abgetragen). Zusatzinfo: Auf der Südseite der Alpen bei Baveno existieren noch heute solche Granite (siehe Posten 7), es dürfte aber unwahrscheinlich sein, dass die Hauptwasserscheide einst so weit im Süden lag, dass die Erosionsprodukte dieser Gesteine heute auf Nordseite der Alpen liegen.

Posten 4 Verrucano	
1	Einzelne, meist eckige, seltener gerundete Komponenten (Kies, Geröll), die in einer feineren Masse schwimmen.

Posten 5 Repetition Sandstein, Alpenkalk	
1	Was: Sandstein Wo: Haus zum Rechberg, Grossmünster

Posten 6 Guber Sandstein			
1		«Zürcher» 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"> Flussdeltas am Rand eines seichten Meeres/Sees nördlich der Alpen, als diese schon sehr hoch waren und stark/schnell verwitterten bzw. erodiert wurden. Kontinuierliche Ablagerung in fließendem Wasser oder am Übergang zu stehendem Wasser (Flussdelta), knapp unterhalb der Wasseroberfläche oder sogar knapp über dem Meeres-/Seespiegel. von Flüssen direkt aus dem Erosionsgebiet im Hinterland herantransportiert und abgelagert 	<ul style="list-style-type: none"> 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. Bereits abgelagertes Material gleitet in Form von Unterwasserlawinen (Trübestrome) in die Tiefsee. Episodische Ablagerung, dazwischen Ruhephasen mit Ablagerung von Ton, der kontinuierlich von Flüssen ins Meer gespült wird.
<p>Gemeinsam: 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 7 Repetition Granit	
1	Was: Granit Wo: Rebekabrunnen (und ev. andere Orte)

Posten 8 Muschelkalksandstein	
1	<ul style="list-style-type: none"> Schichtung mit helleren und dunkleren Lagen (viel / wenig Muschelschalentrümmer) blau-grüne Farbe
2	Im fließenden Wasser, in Flussdeltas, an Stränden

3	<ul style="list-style-type: none"> • Landtiere werden selten direkt nach ihrem Tod von einer schützenden Sedimentschicht zugedeckt, sie sind deshalb viel eher der Verwesung ausgesetzt. • Wenn sie schnell von einer Sedimentschicht zugedeckt werden, dann meist durch Kies oder Geröll, wobei sie weitgehend zermalmt werden. • 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. • 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. • 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.
----------	---

Posten 9 Granit (Typ Schwarzwald)	
1	Was: Granit Wo: Rebekabrunnen, Blaues Täubli (und ev. andere Orte)
2	<ul style="list-style-type: none"> • Schwarze Einschlüsse • Nester von grossen Feldspäten • Feldspäte mit schwarzen, oberflächenparallelen Einschlüssen

Posten 10 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	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung der Tierwelt auf dem Land, die durch Atmung Sauerstoff in CO₂ umwandelte • Entwicklung grosser Mengen von Pilzen und Bakterien, die vom Abbau toter Lebewesen leben und dabei grosse Mengen an CO₂ produzieren. • Häufige und heftige Vulkanausbrüche, wobei grosse Mengen an CO₂ in die Atmosphäre gelangten.
3	Buntsandstein: in fliessendem Wasser oder an Stränden (terrestrische Ablagerung) Solothurner Kalkstein: in stehendem Wasser (Meer, Lagune, in Strandnähe, marine Ablagerung)
4a	Bei der Verwitterung aller Arten von Gesteinen wird Eisen freigesetzt, welches sich mit Sauerstoff zu rotem Eisenoxid (Hämatit, Fe ₂ O ₃) verbindet. Dieses bildet einen roten Belag um die Sandkörner herum.
4b	Eisenoxid ist nur bei trockenen Klimabedingungen stabil, in feuchten Klimaten wandelt es sich in rostbraunes Eisenhydroxid (FeO(OH)) um. => Ausgesprochen trockenes Klima während der Ablagerung des Buntsandsteins.
5	a) kann, muss nicht; b) korrekt; c) das Gegenteil trifft zu
6a	<ul style="list-style-type: none"> • Sand ist das Produkt von Verwitterung, diese greift das Gestein nur unter atmosphärischen Bedingungen, also auf dem Land an (z.B. Niederschlag, Frost). • 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.
6b	Auch Dünen in einer Wüste können sich zu Sandstein verfestigen.

Posten 11 Lindenhof		
1	4	
2	<p>Förderbandfunktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lange anhaltender Vorstoss (viel transportiertes Material) • Abschmelzfront lange an derselben Stelle (Material immer an derselben Stelle deponiert) <p>Pflugfunktion: schneller Vorstoss mit geringer Abschmelzrate</p>	
3	Als Endmoräne:	Als Mittelmoräne:
	Die Hügel könnten Moränenwälle an der Gletscherfront gewesen sein, die später durch Schmelzwasserbäche teilweise weggespült wurden, sodass nur einzelne Erhebungen übrig blieben.	Die Hügel könnten durch Mittelmoränen aufgeschüttet worden sein, die ihr Material an der Gletscherfront abladen.
	Pro: «Klassische» Interpretation der Lage, wird häufig angetroffen bei Seen in langgezogenen, von Gletschern geschaffenen Mulden (Zungenbecken).	Pro: Die Moränenhügel sind die teilweise wie auf imaginären Linien in Fliessrichtung des Gletschers angeordnet. Da die Mittelmoränen meist auf die Gletscheroberfläche beschränkt und nicht sehr mächtig sind, enthalten sie nur begrenzte Mengen an Schutt (Abb. 12), sodass am Ende jeder Mittelmoräne nur verhältnismässig kleine, isolierte Moränenhügel entstehen konnten.
	Kontra: Der See hätte hinter dem Moränenwall als «Staumauer» einen markant höheren Wasserspiegel erreichen müssen als heute, wofür keine Anhaltspunkte zu finden sind.	Kontra: Eher ungewohnte Interpretation

Posten 11 Ergänzung 1	
1	Schülerspezifische Antworten
2	Schülerspezifische Antworten

Posten 11 Ergänzung 2	
1	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kurze Transportwege, da in der nächsten Umgebung von Zürich vorhanden • Im Vergleich mit anderen Gesteinen wie Kalkstein oder Granit weich, deshalb ... <ul style="list-style-type: none"> - mit Handwerkzeugen leicht abbaubar, - auf der Baustelle leicht in Form zu bringen, geeignet für komplexe Steinmetzarbeiten. <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zu weich für grosse Bauwerke bei starker Belastung der Mauern • Steine aus verschiedenen Steinbrüchen sind unterschiedlich hart und witterungsbeständig. • Grosse Porosität => saugt Wasser auf • In den Poren können aus aufgesaugtem Wasser Minerale wie Gips oder Steinsalz kristallisieren, die den Stein oberflächlich abblättern lassen oder sogar sprengen können. • Dadurch hoher Reparaturaufwand, der nie endet und hohe Kosten verursacht.

2	<ul style="list-style-type: none"> • Der Vorteil der kurzen Transportdistanz ist heute nicht mehr zentral, da schwere Güter problemlos über grosse Distanzen transportiert werden können, selbst über die Meere. • Dem Vorteil der leichten Bearbeitbarkeit stehen die Nachteile durch Weichheit, Porosität und Witterungsanfälligkeit gegenüber, die hohe Reparatur- und Instandhaltungskosten verursachen. • Bei neu gebauten Gebäuden spielen komplexe Steinmetzarbeiten heute keine Rolle mehr. • Mit den modernen Werkzeugen der steinverarbeitenden Industrie wie IT-gesteuerte Diamantsägen lassen sich auch harte Gesteine leicht bearbeiten. • Der Landschaftsschutz liesse einen weiteren Abbau im grossen Stil von Sandstein kaum mehr zu. • 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.
----------	---

Posten 12 Kopfsteinpflaster	
1	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.
2	Im fliessenden Wasser gelangten nur Steine aus der Sihl und ihren Nebenbächen nach Zürich (vor dem Bau des Sihlsee-Dammes). Alles Geschiebe, das die Linth und die Zuflüsse des Walensees mittransportieren, wird im Walen- und Zürichsee abgelagert und bleibt dort liegen. Der Linth(-Rhein)gletscher konnte jedoch auch Steine aus einem viel grösseren Gebiet bis nach Zürich transportieren, z.B. aus den Kantonen Glarus und Graubünden (vgl. Posten 4, Abb. 10 bis 13).
3	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. 6, 8). Gewisse Gerölle könnten demnach als Teil dieser Konglomerate aus einem noch viel grösseren Einzugsgebiet stammen.
4	Walen- und Zürichsee sind stehende Gewässer, durch die natürlicherweise kein Geröll transportiert werden kann, dafür braucht es Fliessgewässer.

Posten 13 Rhyolith	
1	Granit (Rebekkabrunnen, Blaues Täubli, Pavillonskulptur Max Bill)
2	Bei einer Staukuppe, da Glutströme Geschwindigkeiten bis zu 400 km/h erreichen können. Düninflüssige Lava aus einem Schildvulkan hingegen fliesst langsamer.
3	Auch der Verrucano wurde in Grabenbrüchen abgelagert, zwar hauptsächlich in Form von Sedimenten, aber es gab auch dort untergeordnet Vulkanismus. Die Entstehung der Bozener Rhyolithen fällt in eine Zeitspanne zwischen 275 und 285 Mio. Jahren vor heute, das ist das Erdzeitalter des Perm. Auch dies passt zum Verrucano, der in den Erdzeitaltern des Perm und Karbon abgelagert wurde.

Posten 14 Kunststein und Repetition Granit	
1	Die grünen Glassplitter deuten auf Kunststein hin (da die Sandsteine als zu verwitterungsanfällig galten, wurden aus Zementmörtel, Sand, Farbpigmenten und weiteren Komponenten wie Glassplittern sehr solide Kunststeine hergestellt).
2	Was: Granit Wo: Rebekkabrunnen, Blaues Täubli, Pelikanstrasse (Kunstwerk Max Bill)

Posten 15/16 Castione Marmor	
1	<ul style="list-style-type: none"> Die Bänderung der Marmore gleicht der Schichtung der Kalksteine, die oft abwechselnd mit tonhaltigeren Lagen (Mergel) abgelagert wurden. Beide sind im Wesentlichen aus dem Mineral Kalzit aufgebaut.
2	Die Kalzitkristalle des Marmors sind viel grösser als jene des Kalksteins.
3	<ul style="list-style-type: none"> Vulkanismus/heisses Magma Heisse Quellen (z. B. 46.5°C in Baden/AG) Geysire (z. B. in Island)
4	<ul style="list-style-type: none"> Kalkstein, der im Meer (also bei geringen Temperaturen an der Erdoberfläche) abgelagert wurde, kann sich nur bei erhöhten Temperaturen in Marmor umwandeln. Solch erhöhte Temperaturen herrschen in grösseren Tiefen in der Erdkruste, das bedeutet, dass der Kalkstein in grössere Tiefen und von dort wieder an die Oberfläche gelangt sein muss. Dies ist nur im Lauf einer Gebirgsbildung durch Subduktion und spätere Hebung möglich. Gibt es kein Gebirge mehr, so ist dieses im Lauf der Zeit komplett aberodiert (abgetragen) worden. Dadurch treten vermehrt auch Gesteine aus grösserer Tiefe ans Tageslicht.

Posten 17 Tessiner Gneis und Kalktuff	
1	Granit
2	Andeutung einer Paralleltexur (Schieferung) in der Zeichnung
3	<p>Gleich:</p> <ul style="list-style-type: none"> Beide Gesteine wandelten sich während der Entstehung der Alpen durch erhöhte Temperatur und durch Druck in metamorphe Gesteine um. Beide befanden sich im Bereich eines seichten Meeres, das ab ca. 250 Mio. Jahren dort entstand, wo die Eurasische und die Adriatische/Afrikanische Platte auseinanderdrifteten. <p>Unterschiedlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> Marmor entstand aus Kalkstein und Mergel, Gneis entstand aus Granit. Der Granit muss viel älter sein als der Kalkstein und der Mergel, denn er war schon vor dem Auseinanderdriften Teil der kontinentalen Kruste Eurasiens. Kalkstein und Mergel hingegen wurden frühestens ab 250 Mio. Jahre dort abgelagert.

Abschluss Kreislauf der Gesteine			
1	Kalkstein	Sedimentgesteine (Ablagerungsgesteine)	
	Sandstein		
	Kalkoolith		
	Verrucano		
	Granit	Tiefengesteine / Plutonite	Magmatische Gesteine
	Rhyolith	Vulkanische Gesteine / Ergussgesteine	
	Gneis	Metamorphe Gesteine	
	Marmor		
2	Muschelkalksandstein, Guber-Sandstein; Sedimentgesteine (Ablagerungsgesteine)		
3	Aufschmelzen		
4a	<p>Je nach Gesteinsart erzählen die Gesteine Geschichten über ...</p> <ul style="list-style-type: none"> - ihre Entstehung, - die Umweltbedingungen und die Lebewelt zur Zeit ihrer Entstehung, - die Lage ihres Entstehungsortes auf der damaligen Weltkugel, - ihr Alter, - die Entstehung von Gebirgen, - die Art und Weise, wie sie an die Erdoberfläche gelangt sind. 		
4b	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.		
4c	Die Erdkruste		