

Posten 4: Grossmünster, NO-Ecke des Theologischen Seminars**Verrucano - ein Gestein aus Italien?**

An der Nordostecke des mächtigen Gebäudekomplexes, der aus Grossmünster und Theologischem Seminar besteht, fällt ein ungewöhnlich roter, gerundeter Steinblock von ca. 1 m Höhe auf.

Dieser Stein stellt die Betrachter/innen vor eine ganze Reihe von Fragen, deren Beantwortung erdgeschichtliche wie auch historische Dimensionen enthält:

- Wie ist er entstanden?
- Weshalb ist er rot?
- Wie kam er hierher?
- Wie kommt er zu einem derart «exotischen» Namen, der so gar nicht zur sonstigen geologischen Namensgebung passen will?



Abb. 1: Verrucano

1. Können Sie erkennen, woraus der Verrucano besteht?

Der Verrucano ist mit ca. 300 bis 250 Millionen Jahren eines der ältesten Sedimentgesteine der Schweiz und stammt aus der Zeit des Perm. Dies wissen wir, weil zusammen mit dem Verrucano auch Vulkangesteine entstanden, deren Alter sich mit physikalischen Methoden (radiometrische Datierung, siehe Ergänzung «Geochronologie») bestimmen lässt.



Welche Geschichten erzählt uns der Verrucano?

Die Form der Gerölle, ein Hinweis auf die Ablagerung

Wir haben bei Posten 3 neben dem Sandstein auch Konglomerate kennengelernt (Abb. 6, S. 3), also Ablagerungen aus gerundeten und mehr oder weniger nach Grösse sortierten Geröllen, deren Zwischenräume (Matrix) mit grobem Sand aufgefüllt sind (Abb. 2). Diese wurden von fließendem Wasser über längere Distanzen transportiert (deshalb gerundet) und auf Schuttkegeln am Fuss der noch jungen Alpen abgelagert. Der Verrucano hingegen besteht aus teils eckigen, teils leicht gerundeten Geröllen unterschied-



Abb. 2: Konglomerat, Ofenloch, Kt. St. Gallen



Abb. 3: Verrucano, Kt. Glarus

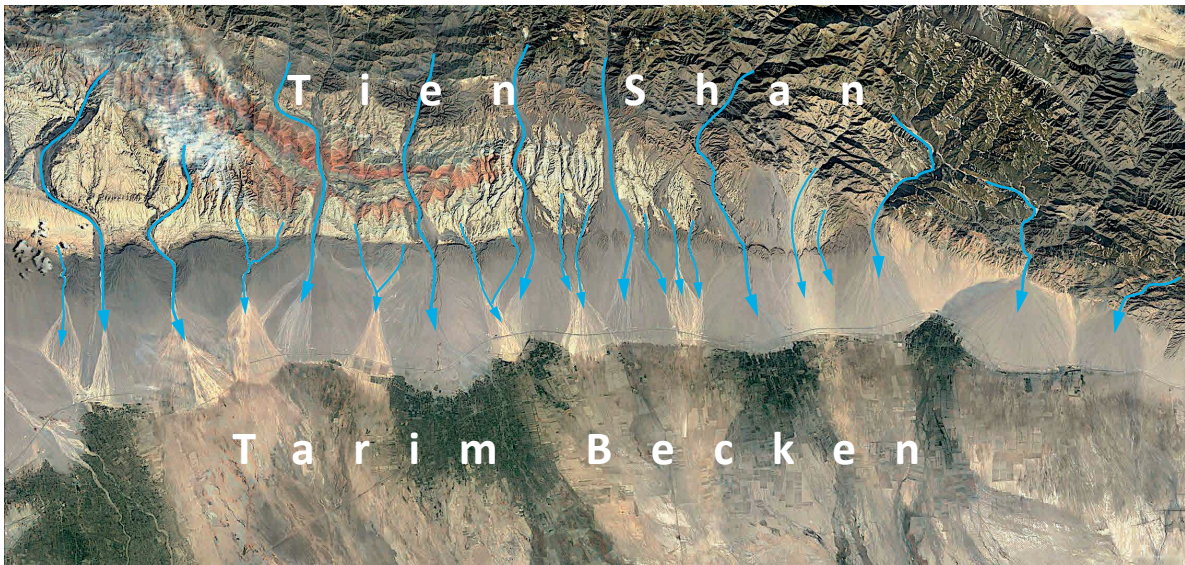


Abb. 4: Schuttfächer am Südfuss des Tien Shan Gebirges in China. Bei heftigen Niederschlägen schwellen die meist kein oder nur sehr wenig Wasser führenden Bäche (blaue Pfeile) zu reissenden Gewässern an, die grosse Mengen an Geschiebe mitreissen und wieder ablagern. Dunkelgrün: landwirtschaftlich genutzte Flächen (Google Earth).

lichster Grösse, deren Zwischenräume mit sehr feinem, ehemals tonig-schlammigem Material ausgefüllt sind, das heute als rote Masse erscheint. Die Gerölle des Verrucano beinhalten im Vergleich zum Konglomerat weniger Gesteinsarten (Abb. 3). Dies alles deutet darauf hin, dass der Verrucano aus Ablagerungsschutt besteht, der nur wenig weit transportiert wurde (eckige Gerölle, kaum Sortierung) und ausschliesslich Gerölle aus der unmittelbaren Umgebung enthält (nur wenige Gesteinsarten). Die Matrix aus tonig-schlammigem Material deutet auf heftige Regenereignisse hin, die innert kürzester Zeit alles mitrissen – von Erde bis zu grossen Steinen – und auf mächtigen Schuttfächern ablagerten (Abb. 4). Solche Ablagerungen werden **Fanglomerate** genannt, abgeleitet von engl. «fan» (Fächer) und lat. «conglomerare» (zusammenhäufen).

Die Entstehung der Alpen und damit eines markanten Reliefs mit grossen Höhenunterschieden (vgl. Posten 3, Abb. 6) setzte erst vor etwa 80 Mio. Jahren ein. Wie ist es also möglich, dass sich vor 300 bis 250 Mio. Jahren auf dem Gebiet der heutigen Schweiz so grosse Schuttkegel bilden konnten? Europa war zu jener Zeit ganz anderen Kräften ausgesetzt: Zwischen 320 und 260 Mio. Jahren entstanden durch die Dehnung der Erdkruste mehrere tausend Meter tiefe Grabenbrüche (Abb. 5), die nach ihrer Entstehungszeit im Verlauf der Erdzeiten Karbon und Perm **Permokarbontröge** genannt werden. In diesen Trögen lagerten sich mächtige Sedimentgesteine ab, z.B. Fanglomerate wie der Verrucano, Sandsteine, Tongesteine und während feuchteren Klimaphasen auch Steinkohle. Vulkangesteine belegen, dass das Aufreissen der Permokarbontröge teils mit intensivem Vulkanismus einher ging. Ein grosser Teil der Permokarbontröge befindet sich heute unter dem Mittelland und Jura, verborgen unter jüngeren Ablagerungen (Abb. 6A). Einige Permokarbontröge wurden über 200 Mio. Jahre später mitsamt den sich darin befindenden Gesteinen von der Alpenbildung erfasst und in den komplizierten Alpenbau integriert. Durch Erosion liegen sie heute teils wieder an der Oberfläche. Verrucano ist also im Gegensatz zu den Konglomeraten der Molasse (vgl. Posten 3, Abb. 6) nicht am Fuss eines Gebirges abgelagert worden, sondern in tiefen Grabenbrüchen. Findet man Verrucano, ist dies somit ein untrügliches Anzeichen für die Existenz eines Permokarbontröges.

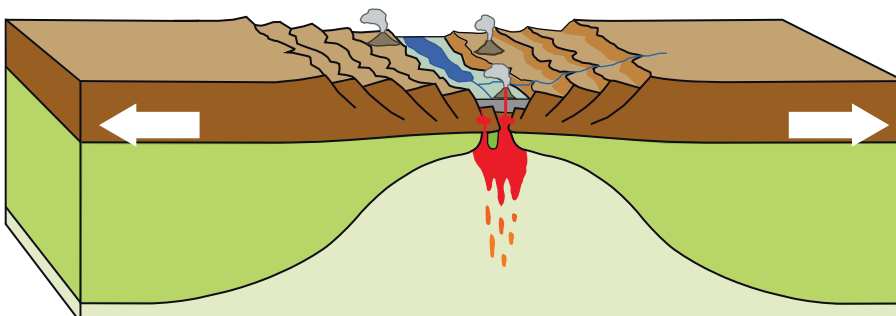


Abb. 5: Modell für die Entstehung der Permokarbontröge. Die Erdkruste wird gedehnt und dadurch ausgedünnt. Deshalb kann Magma bis an die Erdoberfläche dringen. Die Gräben werden mit Sedimenten, unter anderem mit Fanglomeraten aufgefüllt, aus welchen der Verrucano entstand.

Erste Vermutungen zur Existenz von Permokarbontrögen unter Jura und Mittelland gab es schon in den 1960er-Jahren infolge (ergebnisloser) Erdölexploration. Ihre Existenz wurde jedoch erst 1983 bei einer Tiefenbohrung in Weiach (ZH) bestätigt, anlässlich der Suche der NAGRA (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle) nach geeigneten Gebieten für ein Endlager für radioaktive Abfälle. In den Bohrkernen von Weiach wurden auch mächtige Kohleschichten aus der Karbonzeit sowie fossile Landpflanzen wie Farne entdeckt (Abb. 6B). Die Tiefe des Nordschweizer Permokarbontrögs beträgt bei Weiach ca. 2'000 Meter, im westlich angrenzenden Aargau ist der Trog vermutlich über 4'000 m tief (Abb. 7).

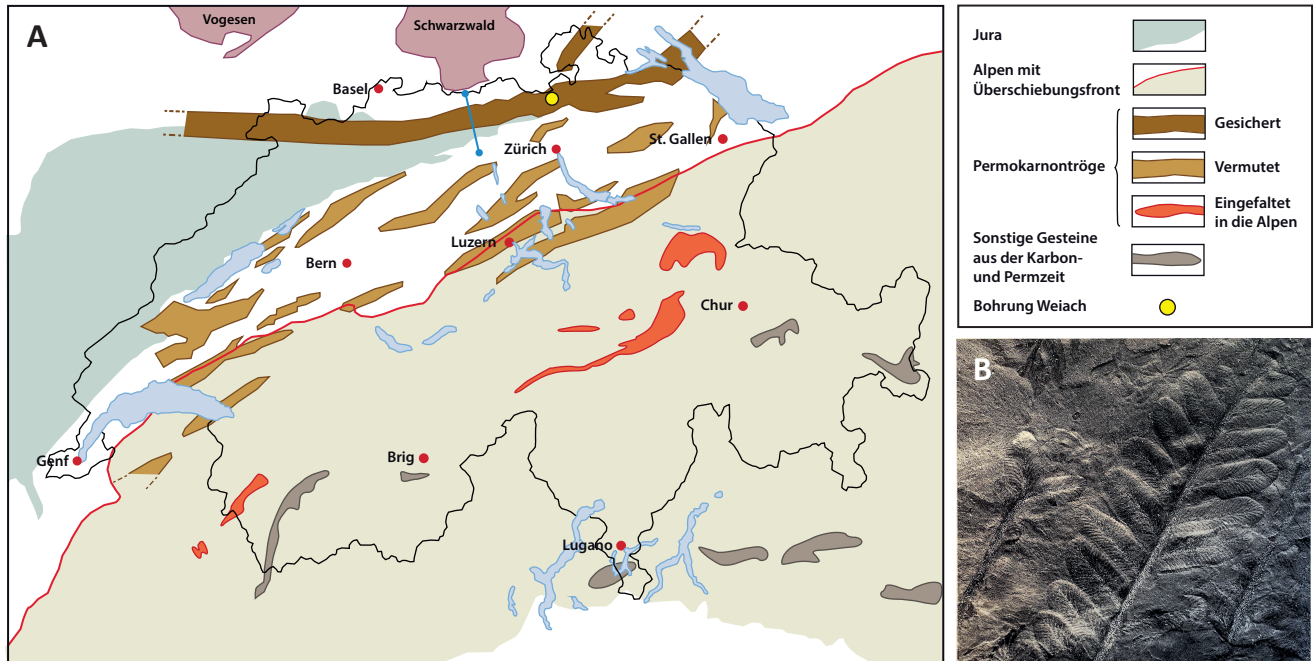


Abb. 6A: Permokarbontröge in der Schweiz. Die rot markierten, in die Alpen eingefalteten Permokarbontröge nördlich und westlich von Chur gelten als Ursprungsgebiet der Verrucano-Blöcke, die in der Region Zürich gefunden werden.

Abb. 6B: Farn, ca. 300 Mio. Jahre alt, aus dem Bohrkern der Bohrung Weiach (Foto NAGRA)

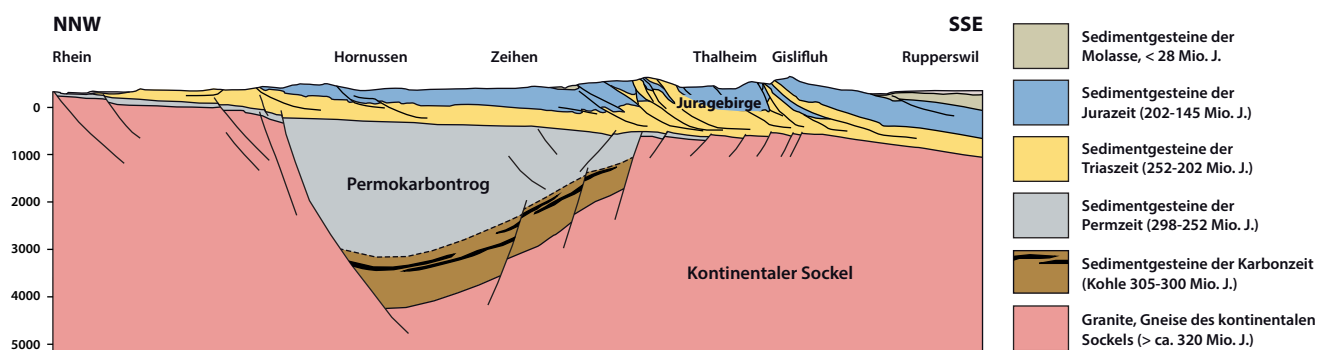


Abb. 7: Profil durch den Nordschweizer Permokarbontrögen im Kt. Aargau entlang der blauen Spur in Abb. 6A. Die Permokarbontröge senkten sich während der Sedimentation ungleichmässig ab, deshalb sind die Sedimentschichten verkippt.

Die rote Farbe des Verrucano, ein Hinweis auf das Klima

Bei der Verwitterung aller Arten von Gesteinen wird Eisen (Fe) freigesetzt, welches sich mit Sauerstoff (O₂) zu rotem Eisenoxid (Hämatit, Fe₂O₃) verbindet. Eisenoxid ist jedoch nur bei trockenen Klimabedingungen stabil, in feuchten Klimaten wandelt es sich in gelb-braunes Eisenhydroxid (vereinfacht: FeO(OH)) um, das in saurem Milieu löslich ist und weggeschwemmt wird (Regenwasser enthält immer einen gewissen Anteil an Kohlensäure: H₂O + CO₂ → H₂CO₃). Eine solch grosse Menge an Eisen, das tausende Meter mächtige Ablagerungen rot zu färben vermag, setzt jedoch auch Perioden mit sehr feuchtem, warmen Klima voraus, das die Verwitterung des Gesteins und damit die Freisetzung von Eisen besonders stark begünstigt. Das Klima zur Zeit der Entstehung des Verrucano muss demnach wechselfeucht gewesen sein, mit langen, trockenen Perioden und kurzen, regnerischen Perioden. Solche Bedingungen herrschen heute z.B. in den wechselfeuchten Tropengebieten Afrikas, Asiens und Südamerikas, wo der Gesteinsunter-



Abb. 8: Laterit-Abbau in Kerala, Indien (Foto Vinayaraj)

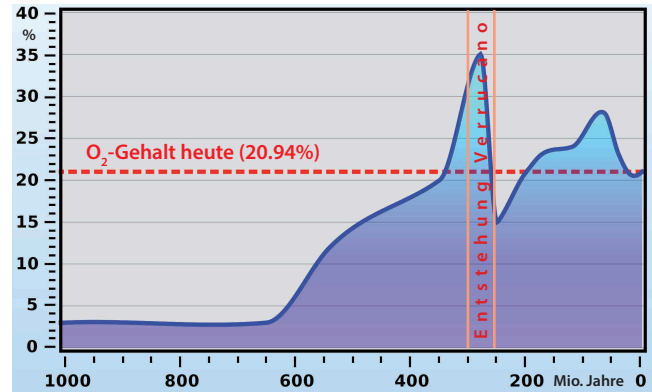


Abb. 9: Schwankungen des O_2 -Gehaltes der Erdatmosphäre in % im Verlauf der letzten 1'000 Mio. Jahre

grund zu rotem Laterit verwittert (Abb. 8). Einerseits lagen jene Teile der Urkontinente, die später zu Mitteleuropa werden sollten, viel weiter südlich als heute am Rand der Tropen, andererseits bildeten damals alle Kontinente eine grosse, zusammenhängende Landmasse. Auf grossen Landmassen ist das Klima trockener und heisser, da die Meeresluft, die über den Ozeanen viel Feuchtigkeit aufnehmen kann, nicht oder nur selten bis tief ins Landesinnere vordringen kann. Zusätzlich war das Klima auch weltweit wärmer und zunehmend trockener. Vor 270 bis 250 Mio. Jahren stieg der CO_2 -Gehalt der Atmosphäre innerhalb von zwanzig Millionen Jahren auf 0.4 - 0.5% an, das sind 10 bis 12 Mal mehr als heute. Dies führte zu einer Erhöhung der Lufttemperatur. Der Anstieg des CO_2 -Gehaltes in der Atmosphäre wird mit der Entwicklung der Tierwelt auf dem Land in Verbindung gebracht, die durch Atmung Sauerstoff in CO_2 umwandelte. Gleichzeitig entwickelten sich auch Pilze und Bakterien, die vom Abbau toter Lebewesen lebten und dabei ebenfalls grosse Mengen an CO_2 produzierten. Auch häufige und heftige Vulkanausbrüche spielten eine Rolle, denn durch Vulkane gelangen grosse Mengen an Gasen in die Atmosphäre, unter anderem auch CO_2 .

Die Atmosphäre musste damals auch einen hohen Sauerstoffgehalt aufgewiesen haben, der die Oxidation des Eisens zu Eisenoxid begünstigte. Das ist keinesfalls selbstverständlich, enthielt die Ur-Atmosphäre vor 4.6 Mrd. Jahren doch noch keinen Sauerstoff. Erst die Entwicklung Photosynthese betreibender Organismen zuerst im Ozean vor ca. 3.5 Mrd. Jahren (erst ab ca. 2.3 Mrd. J. gelangte das O_2 jedoch erstmals in die Atmosphäre) und ab ca. 480 Mio. Jahren auf dem Land führte zu einem Anstieg des O_2 -Gehaltes in der oberflächennahen Erdatmosphäre. Dieser schwankte im Verlauf der letzten Milliarde Jahre sehr stark und war während der Entstehung des Verrucano besonders hoch (Abb. 9).

Zuerst huckepack, dann durch die Luft geflogen.

Wie aber gelangte dieser Verrucano-Block an seinen heutigen Standort? Während vergangener Kaltzeiten¹ beförderten die Alpengletscher grosse Mengen an Sand, Kies und Geröll ins Mittelland. Ein Gletscher funktioniert wie ein Förderband. Stürzt ein Steinblock auf das Eis (1 in Abb. 12), wird er mit dem Eis, das



Abb. 10: Felsblock auf dem Glacier du Tacul bei Chamonix (Frankreich)



Abb. 11: Felsblöcke und Steine auf dem Beichgletscher im Wallis

talwärts fließt, mitgetragen (2 in Abb. 12, Abb. 10, 11), bis er am Ende der Gletscherzunge ankommt. Dort schmilzt das Eis weg und lässt den Steinblock als **Findling** zurück (3 in Abb. 12). Je länger ein Gletscher ist, desto weiter trägt er die Steinblöcke. Der Gletscher trägt jedoch nicht nur Steine auf seinem Rücken zu Tal, er schleppt auch grosse Mengen von Gestein auf der Seite und an seiner Front mit. Die langgestreckten Hügel, die dadurch seitlich und an der Front der Gletscherzunge entstehen, heissen **Moränen**. Schmelzen Gletscher ab, bleiben langgezogene Mulden zurück, die sich oft mit Wasser füllen und Seen bilden. Alle Schweizer Alpenrandseen, einschliesslich des Zürichsees, sind auf diese Weise entstanden.

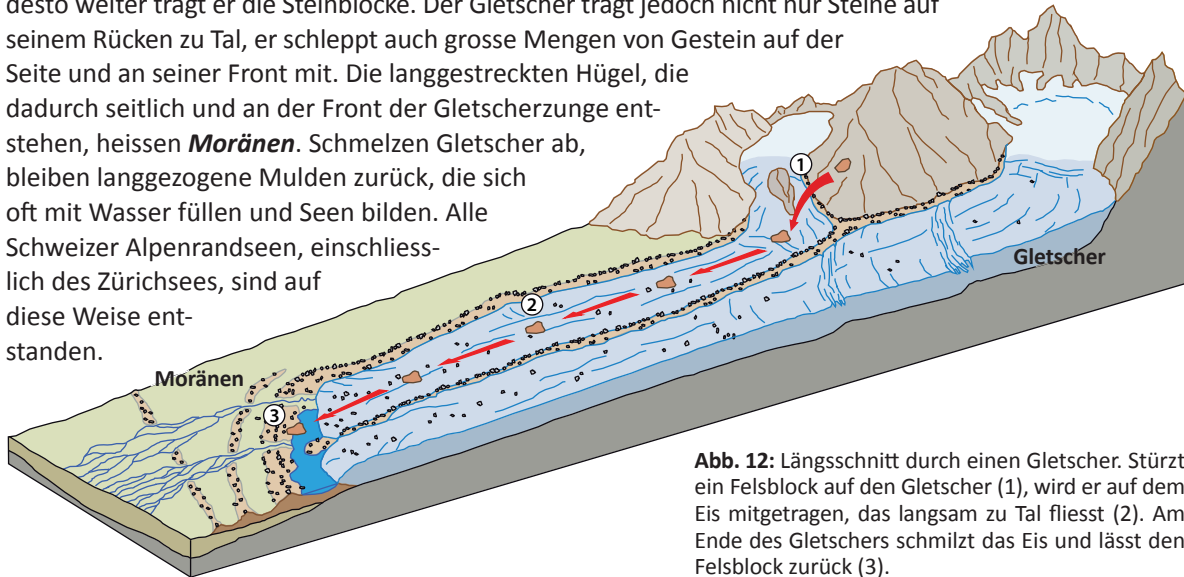


Abb. 12: Längsschnitt durch einen Gletscher. Stürzt ein Felsblock auf den Gletscher (1), wird er auf dem Eis mitgetragen, das langsam zu Tal fließt (2). Am Ende des Gletschers schmilzt das Eis und lässt den Felsblock zurück (3).

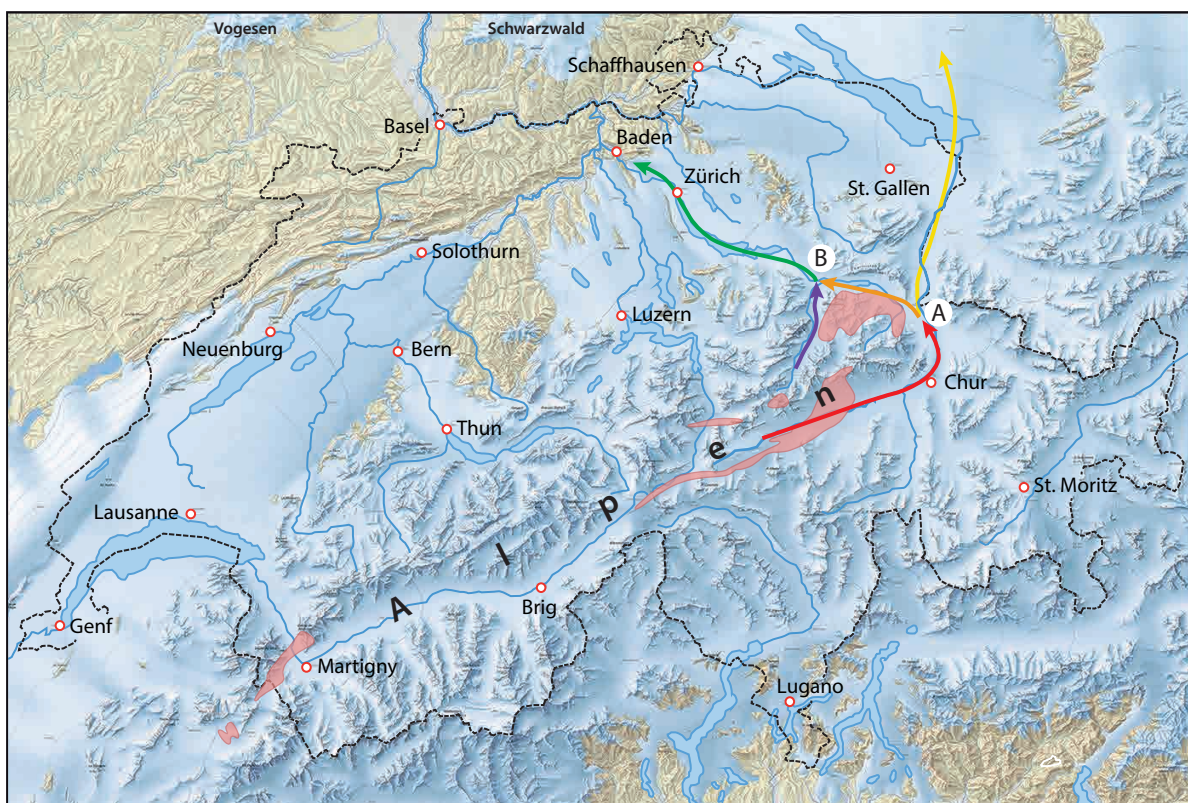


Abb. 13: Maximale Vereisung der Schweiz während der letzten Kaltzeit. Die rote Linie zeigt den Weg, den der Verrucano von seinen Ursprungsorten in den Kantonen Glarus und Graubünden mit den eiszeitlichen Gletschern genommen hat: Aus dem Kanton Graubünden zuerst mit dem Rheingletscher bis zu Punkt A, dort teilte sich der Rheingletscher. Sein Hauptarm (gelb) floss nordwärts in Richtung Bodensee und weiter nach Deutschland. Ein Nebenarm (orange) bog nach links ab und floss westwärts durch das Tal des heutigen Walensees bis zu Punkt B. Dort vereinigte er sich mit dem Linthgletscher aus dem Kanton Glarus (violett), der ebenfalls Verrucanoblöcke mittransportierte und floss mit ihm zusammen als Linth-Rhein-Gletscher (grün) weiter. Ca. 24'000 Jahre vor heute erreichte er seinen Maximalstand bei Würenlos im Kanton Aargau.

Nach dem Abschmelzen der letzten kaltzeitlichen¹ Gletscher war das Mittelland übersät von Findlingen (siehe auch Posten 1) verschiedenster Gesteinsarten, die jeweils identisch waren mit den Gesteinen in den Nährgebieten jener Gletscher, die sie mitgetragen hatten. Im Reusstal beispielsweise dominierten Granite und Kalksteine, im Umland Zürichs fielen vor allem die roten Verrucanos aus dem Gebiet der Glarner und Graubündner Alpen auf (rote Bereiche in Abb. 13). Im Lauf der Besiedelung und durch die

sich ausbreitende landwirtschaftliche Nutzung (Wälder wurden gerodet und in Ackerland umgewandelt) verschwand jedoch die Mehrzahl der Findlinge, sowohl ganz grosse wie auch kleine. Sie wurden zerteilt und als Baumaterial verwendet, da hartes Gestein im Mittelland, dessen Untergrund vor allem aus glazialen (von Gletschern abgelagertem) Lockermaterial besteht, Mangelware war oder mühsam aus Steinbrüchen gewonnen werden musste. Auch beim Pflügen störten Gesteinsbrocken im Acker.

Die letzte Etappe der Reise unseres roten Findlings schliesslich dürfte wirklich aussergewöhnlich gewesen sein: Im Mittelalter wurde er zum Bau des Geissturms verwendet (1397 erstmals erwähnt), eines der unzähligen Türme der alten Befestigungsanlage von Zürich (Abb. 14). Am 10. Juni 1652 schlug ein Blitz in den Turm ein, der als Pulvermagazin diente, wodurch ca. 400 kg Schwarzpulver explodierten. Ein Grossteil des gesprengten Turms und der angrenzenden Stadtmauer ging als Steinregen in der Nähe des Grossmünsters nieder. Dabei flog auch der auf 34 Zentner geschätzte Verrucano-Findling über eine Distanz von etwa 230 m an seinen jetzigen Standort. Kleinere Steine seien zeitgenössischen Schilderungen zufolge über den See bis nach Wollishofen geflogen. Sieben Menschen starben, viele Gebäude der Stadt seien «wie von Kanonenkugeln durchlöchert» gewesen, wodurch ein Schaden von einigen hunderttausend Gulden entstand.

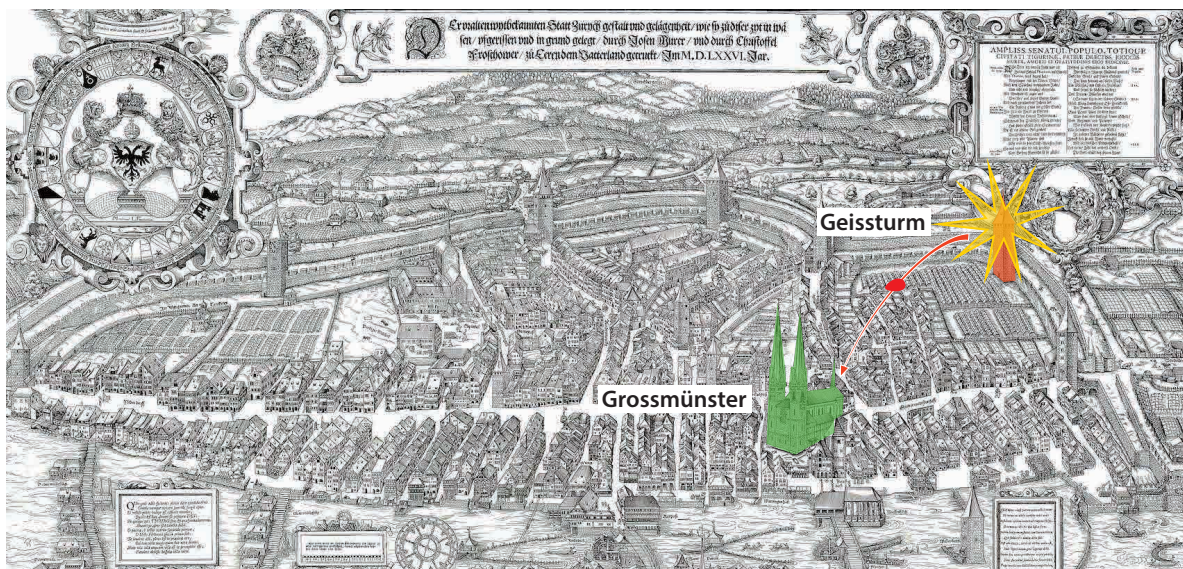


Abb. 14: Ausschnitt aus dem Murerplan, einem Holzschnitt der Stadt Zürich des Glasmalers und Kartografen Jos Murer aus dem Jahr 1576. Originalüberschrift: „Der uralten wytbekannten Statt Zurich gestalt und gelaegenhait/wie sy zuo diser zyt in waesen / uferissen und in grund gelegt / durch Josen Murer / und durch Christoffel Froschauer / zuo Eeren dem Vatterland getruckt / Im M.D.LXXVI. Jar.“

Woher aber dieser exotische Name?

Wir wissen jetzt, dass die Verrucano-Blöcke im Mittelland weder aus Italien noch aus sonst einem fernen Land stammen. Offenbar ist jedoch ihr Aussehen einem Gestein sehr ähnlich, das in der Umgebung von Pisa in der Toscana (Italien) eine Anhöhe namens «Rocca della Verrucca» bildet. Diese ist mit den Ruinen des gleichnamigen Pisaner Kastells Verrucca gekrönt.

Im Jahr 1850 übertrug der Schweizer Geologe Bernhard Studer den in der Toskana von Paolo Savi (Begründer der modernen Geologie in Italien) geprägten Begriff «Pietra verrucana» (Gestein von Verrucca) in leicht abgeänderter Form als «Verrucano» auf vergleichbare Gesteine in den Schweizer Alpen. Ebenso bemerkenswert wie verwirrend ist dabei, dass der Name «Verrucano» nicht – wie es in der Geologie sonst üblich ist – für eine bestimmte Gesteinsart steht, sondern für eine ganze Gruppe von Gesteinen (Sedimentgesteine und Vulkanite), die in demselben Raum, in einem Permokarbondrog, unter ähnlichen Bedingungen und in derselben geologischen Zeitspanne entstanden sind. Dies gilt übrigens nicht für die namensgebenden Gesteine der Rocca della Verrucca, sie sind 10 bis 20 Mio. Jahre jünger als jene in der Schweiz und bestehen nur aus Sedimentgesteinen. Ein nomenklatorisches Unding also, das nach heutigen Massstäben unzulässig wäre, das jedoch historisch bedingt und somit von den Fachleuten akzeptiert ist.

¹ Die Erde befindet sich seit 2.58 Mio. Jahren im Quartären Eiszeitalter. Dabei wechseln sich längere Kaltzeiten (Glaziale) mit kürzeren Warmzeiten (Interglaziale) ab. Was umgangssprachlich als «Eiszeit» bezeichnet wird, ist demnach wissenschaftlich gesehen eine Kaltzeit.