

Zeitschrift: Die Schweiz = Suisse = Svizzera = Switzerland : offizielle Reisezeitschrift der Schweiz. Verkehrszentrale, der Schweizerischen Bundesbahnen, Privatbahnen ... [et al.]

Herausgeber: Schweizerische Verkehrszentrale

Band: 53 (1980)

Heft: 7: Wasser = Eau =Acqua = Water

Artikel: Das Wasser : Gestalter der "steinigen" Natur = L'eau : matrice de la nature minéralogique

Autor: Wick, Peter

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-773831>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Das Wasser: Gestalter der «steinigen» Natur

Von Peter Wick Photos: P. und W. Studer

Das Wasser ist auf den ersten Blick etwas vom Gewöhnlichsten und Alltäglichsten auf der Erde: in reiner Form eine geruch- und geschmacklose, durchsichtige und farblose Flüssigkeit. Schon eine oberflächliche Betrachtung der physikalischen und chemischen Eigenschaften zeigt uns aber, dass das Wasser ein ganz besonderer «Soft» ist.

Von grosser Bedeutung ist das anormale Verhalten des Wassers bei Temperaturänderungen. Das spezifische Gewicht oder die Dichte der meisten Flüssigkeiten nimmt bei sinkender Temperatur linear zu. Wasser erreicht aber bereits bei 4°C seine maximale Dichte von einem Gramm pro Kubikzentimeter und wird bei weiterer Abkühlung bis 0°C wieder etwas leichter. Diese Anomalie des Wassers wird uns vor allem bei der Eisbildung auf Seen bewusst, weil das im Winter an der Oberfläche auf 4°C abgekühlte Wasser jeweils auf den Grund sinkt und so einerseits die Bildung einer isolierenden Eisschicht fördert, andererseits das totale Zufrieren der gesamten Wassermasse verhindert. Beim Übergang des Wassers zu Eis, unter Normalbedingungen geschieht das bei 0°C, nimmt das Volumen sprunghaft um 9% zu. Diese Volumenzunahme beim Gefrieren hat einen bedeutenden Einfluss auf die landschaftsgestaltenden natürlichen Vorgänge.

Eine weitere besondere Eigenschaft des Wassers ist das Lösungsvermögen. Jedermann weiss, dass Wasser Salz auflöst. Weniger bekannt ist, dass das Wasser in der Natur selbst die gemeinhin als «unlöslich» geltenden Mineralien anzugreifen vermag. In Anwesenheit des überall in der Natur vorkommenden Kohlendioxids (CO₂) finden sich neben den Wassermolekülen (H₂O) noch freie, chemisch ungebundene Ionen, die insbesondere kalkhaltige Gesteine kräftig anätzen und auflösen.

Sind im Wasser pro Liter ein oder mehrere Gramm mineralische Bestandteile gelöst, spricht man von Mineralwasser. Nur indirekt mit dem Mineralgehalt oder mit der Temperatur in Zusammenhang steht die Heilwirkung verschiedener Quellen. Nicht jedes Mineralwasser ist automatisch auch ein Heilwasser. Erst nachgewiesene Heilerfolge bei genau bestimmter Anwendung erlauben die Bezeichnung «Heilquelle».

Wasser ist in der Natur allgegenwärtig: in der Atmosphäre, auf der Erdoberfläche und im Untergrund kommt es in gasförmigen, flüssigem oder als Eis in festem Zustand vor. Ohne Wasser ist jegliches Leben undenkbar. Fast alle Sedimentgesteine, wie Sandsteine und Kalke, welche unsere Gebirge aufbauen, sind im Wasser entstanden. Das Eis der grossen eiszeitlichen Vergletscherungen hat unser Land grundlegend umgeformt. Der direkte und indirekte Einfluss des Wassers bei der Gestaltung der Topographie ist vielfältig. Einige wenige Beispiele seien hier vorgestellt.

Damit die soliden Gesteine abgetragen werden können, müssen sie zuerst aufbereitet und gelockert, das heisst verwittert werden. Bei der Verwitterung ist, wie das Wort schon andeutet, das Wasser wesentlich beteiligt. In den Bergen ist die Frostsprengung die wohl augenfälligste Verwitterungsart. Das Niederschlags- oder Schmelzwasser dringt in die Poren und Klüfte des Gesteins ein. Beim Gefrieren braucht, wie bereits erwähnt, das Wasser mehr Platz und vermag dabei bestehende feine Hohlräume zu erweitern. Beim Auftauen, in der Regel unter der vormittäglichen Sonneneinstrahlung, lösen sich einzelne Gesteinsteile aus der Felswand und stürzen in die Tiefe. Am Fuss lagern sich die Gesteinstrümmel als Gehängeschutt oder eigentliche Schuttfächer ab. Wird dieser Schutt nicht innert nützlicher Frist durch einen zufällig vorbeifliessenden Bergbach weggeführt, ertrinken ehemals stolze Felsbastionen bald buchstäblich in ihrem eigenen Schutt.

Die Frostsprengung ist ein Beispiel von physikalischer Verwitterung, welche in der Regel auf die obersten Partien der Erdkruste beschränkt ist. Im Gegensatz dazu wirkt die chemische Verwitterung auch in die

Tiefe. Die eingangs erwähnte «Kohlesäureverwitterung» schafft durch die Auflösung von Gesteinen eigentümliche Karstlandschaften mit den faszinierenden Karren, Höhlen und Dolinen. Das Wasser hat den kalkigen Felsuntergrund so durchlässig gemacht, dass an der Oberfläche nicht selten ausgesprochener Wassermangel herrscht, wie viele Beispiele im Schweizer Jura zeigen.

Die festen oder gelösten Gesteinsteilchen werden durch das Wasser fortgespült und gelangen im Idealfall nach langer Reise schliesslich ins Meer. Bereits kleinste Wassermengen beginnen bei genügendem Gefälle im Berghang mit der Erosionsarbeit. Fehlt eine schützende Vegetationsdecke, entwickelt sich ein fein verzweigtes Netz von Spülrinnen. Resistenter Gesteine werden dabei langsamer abgetragen als leicht verwitterbare oder lockere Partien. Durch die selektive Verwitterung und Erosion entstehen manchmal skurrile Naturformen. Für den aufmerksamen Beobachter wird dabei der geologische Aufbau des Untergrundes offenbar.

Selbst in scheinbar ruhigen Flüssen sind die Bewegungen des Wassers turbulent. Neben der allgemeinen, flussabwärts gerichteten Fliessrichtung können auch Wasserbewegungen quer dazu beobachtet werden. So vermögen die Flüsse nicht nur in die Tiefe, sondern auch seitwärts in die Breite zu erodieren. Diese Vorgänge werden vor allem bei Prallhängen und Gleithängen von mäandrierenden Wasserläufen deutlich.

Jeder Fluss strebt ein ausgeglichenes Gefälle an. Wasserfälle und Stromschnellen sind Anzeichen für geologisch junge Flüsse, die ihr ausgeglichenes Idealgefälle noch nicht erreicht haben. Selbst in «harten» Gesteinen können sich die Flüsse bis mehr als einen Millimeter pro Jahr eintiefen. Im gleichförmig aufgebauten Gestein entstehen die V-förmigen Kerbtäler. Bei besonders standfesten Felsriegeln verengt sich das Tal zur engen Schlucht.

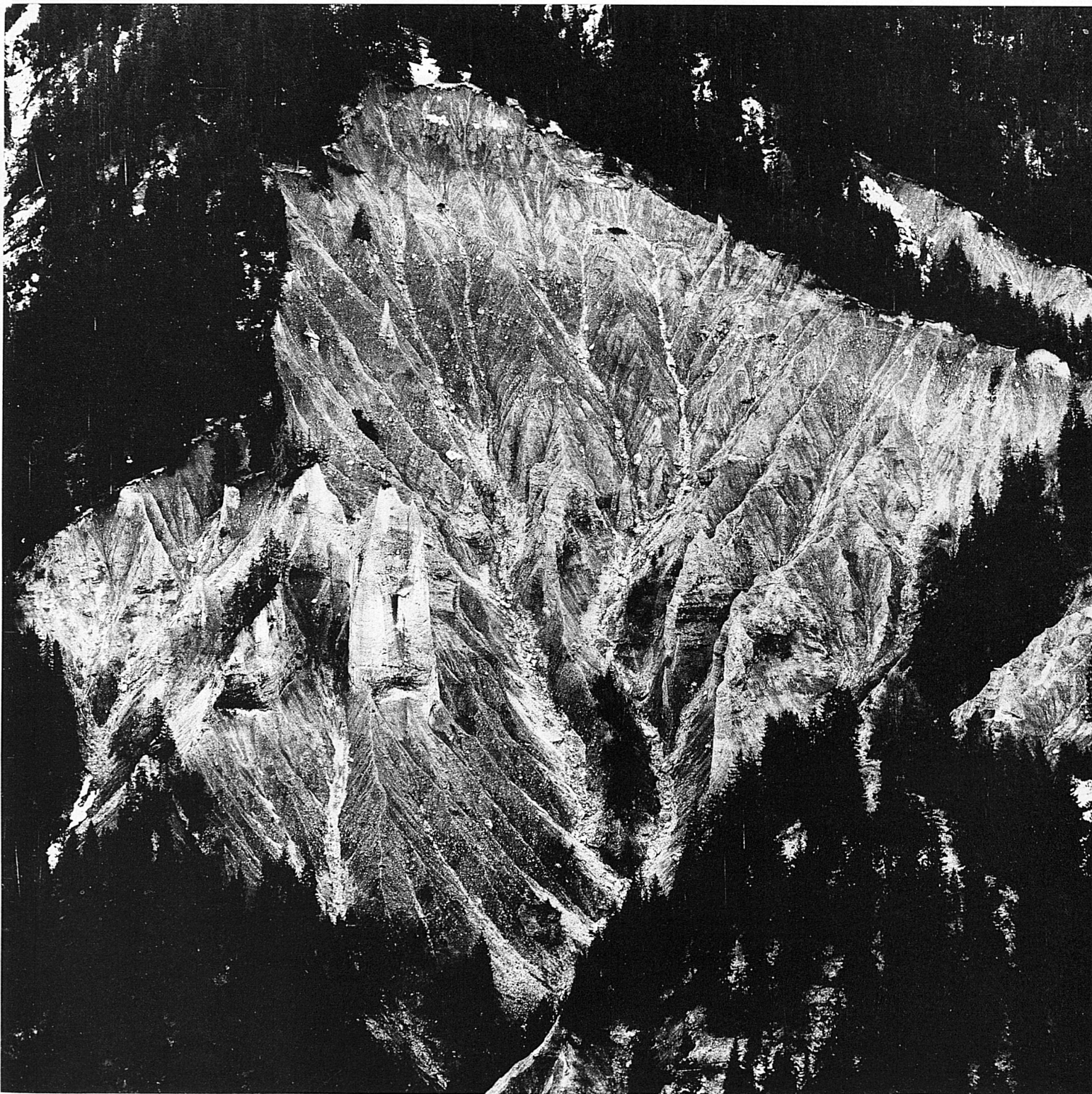
Die Entstehung der imposanten Schluchten ist von Fall zu Fall verschieden. So erklärt man sich die Klusen im Jura dadurch, dass die Flüsse schon am gleichen Ort durchgeflossen sind, als die Juragebirgsketten noch nicht bestanden haben. Während der Auffaltung der Antiklinalen (Schichtgewölbe) vermochte die Tiefenerosion mit der Hebung Schritt zu halten. So führen heute einige Flüsse quer durch die Bergketten hindurch. Auf andere Weise sind viele Schluchten in den Alpen entstanden. Während der Eiszeit haben die Gletscher und die Schmelzwasserflüsse die grossen Haupttäler tiefer erodiert als die Nebentäler. Das Wasser der Seitenbäche überwand am Ende der Eiszeit die entstandene Geländestufe vorerst durch einen Wasserfall. Im Verlaufe der Zeit zersägte der Wildbach den Felsriegel und formte eine tiefe Schlucht.

Mit zunehmender Verflachung erlahmt die Transportkraft des Wassers. Anstelle der Erosion tritt die Sedimentation, das heisst die Ablagerung. Geröll, Sand und Schlamm bleiben im Flussbett liegen. Es bilden sich, hauptsächlich im Unterlauf der Flüsse, breite Schotterflächen. Bei Änderungen in der Wasserführung, die unter anderem durch Klimaschwankungen bedingt sein können, beginnt ein Fluss, der vorher in einer breiten Talsohle sedimentiert hat, vielleicht wieder zu erodieren und gräbt sich dabei in seine eigenen Schotterablagerungen ein. Es entstehen in diesem Fall die für unsere grösseren Alpentäler und für weite Gebiete des Mittellandes typischen Schotterterrassen.

Die im wesentlichen durch das Wasser und durch die Schwerkraft bedingten Vorgänge der Verwitterung, des Schutttransportes, der Erosion und der Ablagerung tragen einerseits unsere Gebirge ab und füllen andererseits Seen und Meere mit dem Gesteinsschutt auf. Würden nicht ständig Kräfte aus dem Erdinneren neue Gebirge aufbauen, wäre die Erdoberfläche «bald» eine langweilige, nur leicht gewellte «Fastebene».

1 Erosionsformen in der Rungser-Rüfi im Schanfigg GR: Im lockeren Moränenmaterial beginnt das Wasser überall dort, wo die schützende Vegetationsdecke fehlt, mit der Erosion. Bei Regen oder während der Schneeschmelze wird im sonst trockenliegenden, fein verzweigten System von Spülrinnen das feine Gesteinsmaterial weggeschafft. Im Erosionstrichter bei Molinis sind einige Erdpfannen zu erkennen

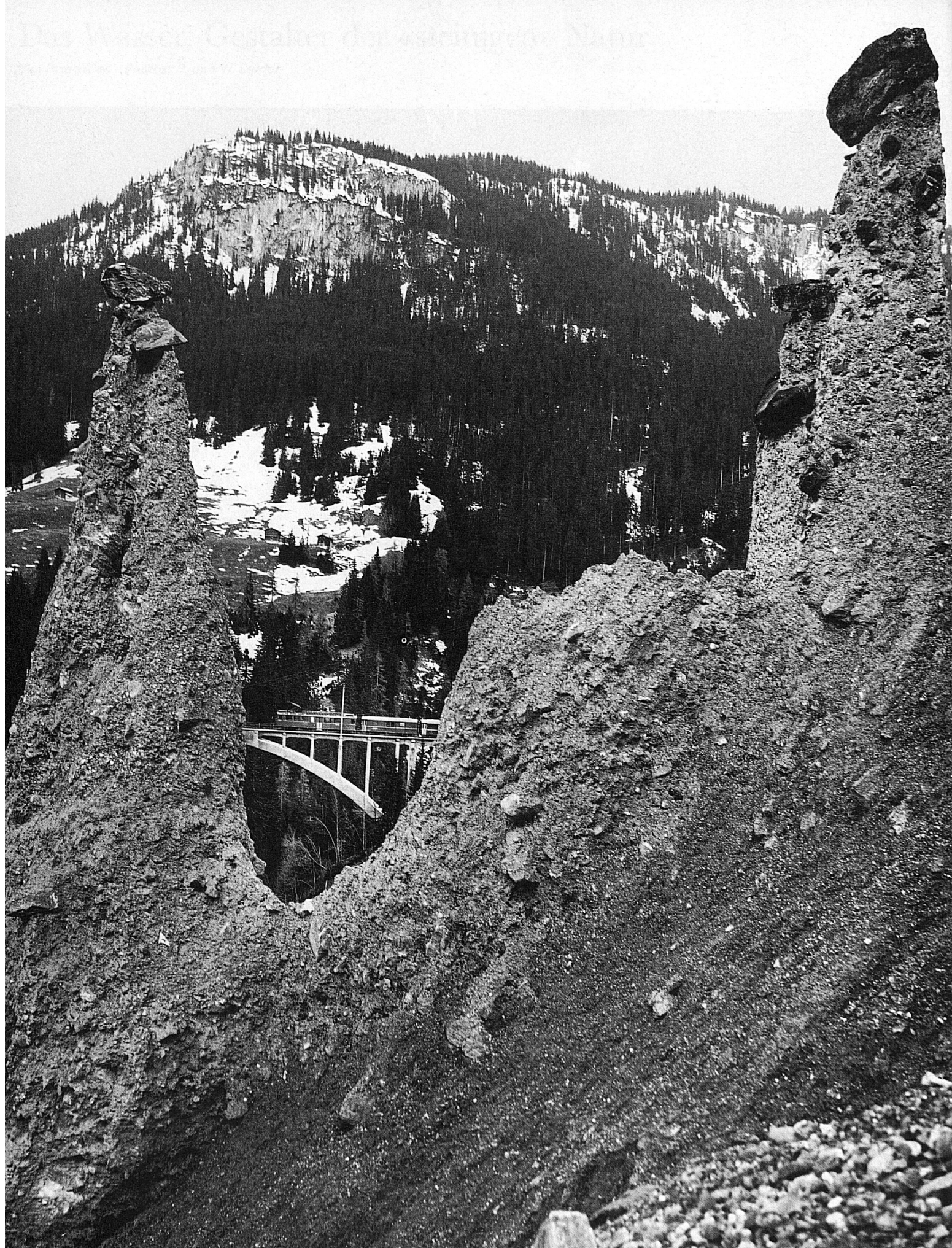
1 Formes d'érosion dans le massif Rungser-Rüfi, Schanfigg GR: Dans les dépôts morainiques non compacts, l'eau commence son activité érosive partout où la couche protectrice de végétation fait défaut. Par temps de pluie ou pendant la fonte des neiges, la terre mêlée de gravillons est emportée dans le réseau très fin de ruisselets, qui sinon est à sec. Dans la cuvette d'érosion près de Molinis, on discerne quelques pyramides de terre



1

1 Forme create dal processo di erosione nei detriti della frana di Rungs, regione dello Schanfigg GR: Nella massa morenica poco compatta le acque iniziano il loro processo di erosione nei punti privi di protezione vegetale. Nel sistema di fitte ramificazioni delle scanalature da dilavamento, solitamente secche, l'asportazione del materiale avviene quando piove o durante il periodo di scioglimento della neve. Nell'imbuto creato dall'erosione nei pressi di Molinis si scorgono alcune piramidi di terra

1 Effects of erosion in the so-called Rungser-Rüfi, a landslide site in the Schanfigg Valley, Grisons: Wherever the protective vegetation cover is absent, the water begins its erosive action in the loose moraine material. In rainy periods and during the melting of the snows the fine material is swilled out of the widely ramified system of channels, which dry out again in good weather. A few earth pyramids or pillars are to be seen in the erosion crater near Molinis



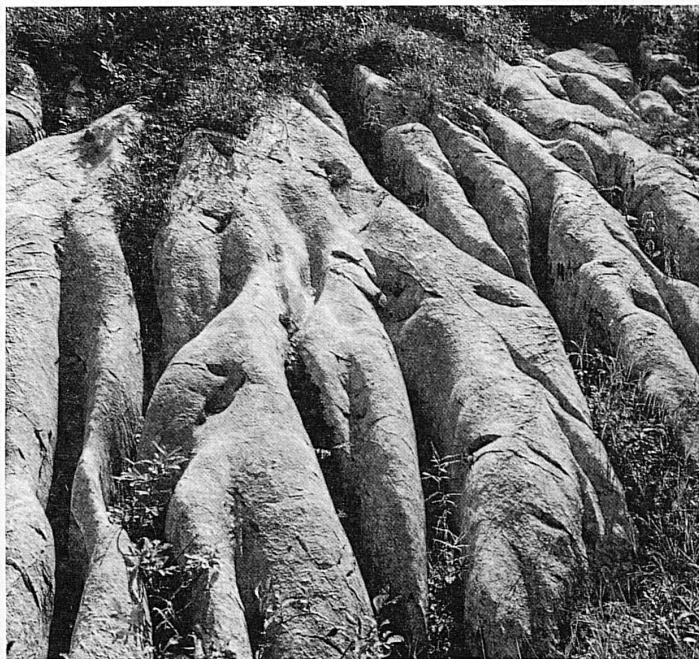
2 Erdpyramiden zwischen Peist und Langwies GR:
Einzelne grössere erratische Blöcke haben den darunterliegenden Moränenschutt vor der Hangspülung geschützt, wobei diese Erdpyramiden entstanden sind. Im Hintergrund überquert die Rhätische Bahn auf der Linie Chur–Arosa den Gründjitobel-Viadukt

2 Pyramides de terre entre Peist et Langwies GR:
De gros blocs erratiques ont préservé les amas morainiques, qui forment ainsi des pyramides. A l'arrière-plan, la ligne Coire–Arosa des Chemins de fer rhétiques traverse le viaduc de Gründjitobel

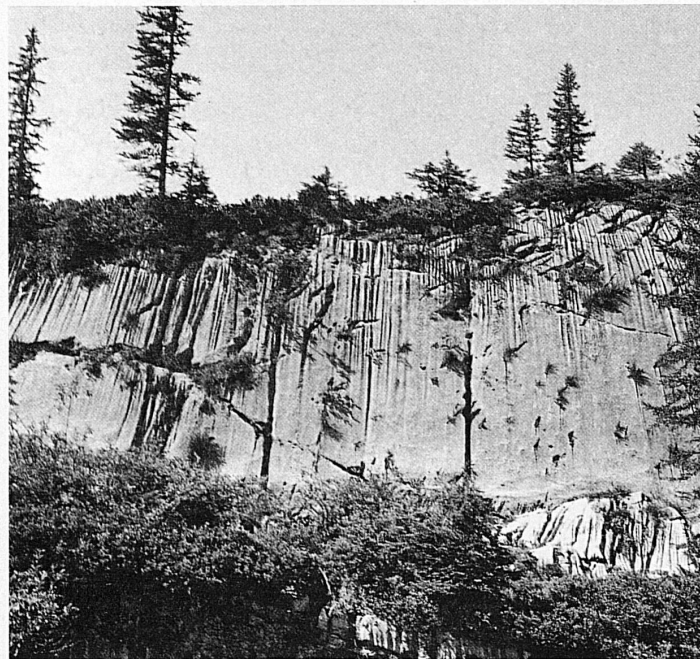
2 Piramidi di terra fra Peist e Langwies GR:
Singoli massi erratici di notevoli dimensioni hanno protetto dal dilavamento i sottostanti detriti morenici favorendo in tal modo la creazione di queste piramidi di terra. Sullo sfondo si scorge una composizione della Ferrovia Retica che sta attraversando il viadotto del Gründjitobel sulla linea Coira–Arosa

2 Earth pillars between Peist and Langwies, Grisons:
A few large erratic boulders have protected the moraine till below them from the washing action of the water, thus producing these earth pillars or "demoiselles". In the background the Chur–Arosa line of the Rhaetian Railway crosses the viaduct over the Gründji Gorge

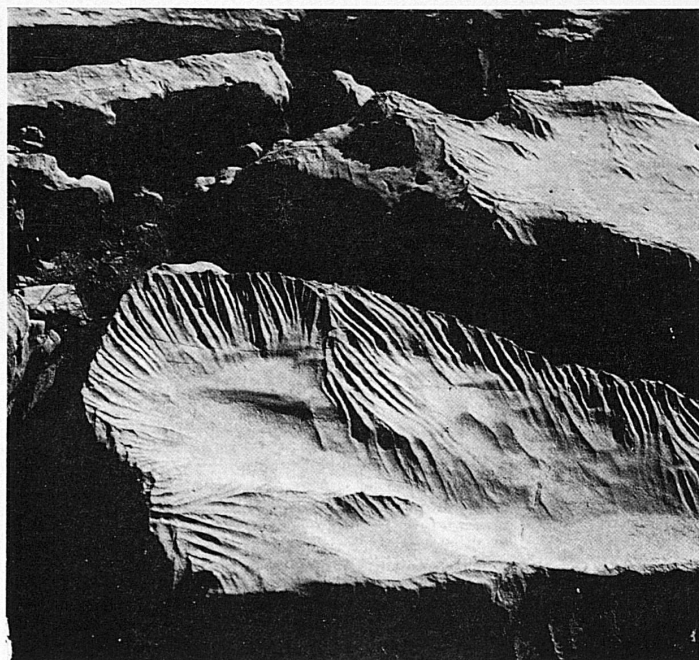
3



Bödenmerenwald/Muotatal
Rundkarren, unter einer Bodenschicht entstanden / lapiés arrondis / solchi carsici arrotondati / rounded karren



Westlich Roggenstöckli/Pragelpass
Wandkarren / lapiés de paroi / solchi carsici parietali / wall karren



Charetalp/Muotatal
Rillenkarren/ cannelures / scanellature carsiche / solution flutes



Twäärenen/Silbern
Trittkarren / lapiés à empreinte de pas / impronte carsiche / heelprint karren

3 Die lösende Wirkung des Wassers (Regen, Schmelzwasser) auf Flächen im reinen Kalk formt Karren und Karrenfelder

3 L'action dissolvante de l'eau (pluie ou fonte des neiges et de la glace) sur des surfaces en pur calcaire forme des lapiés ainsi que des lapiaz

3 L'azione di dissoluzione provocata dall'acqua (pioggia, acqua da scioglimento della neve) determina la creazione di solchi carsici e di campi solcati

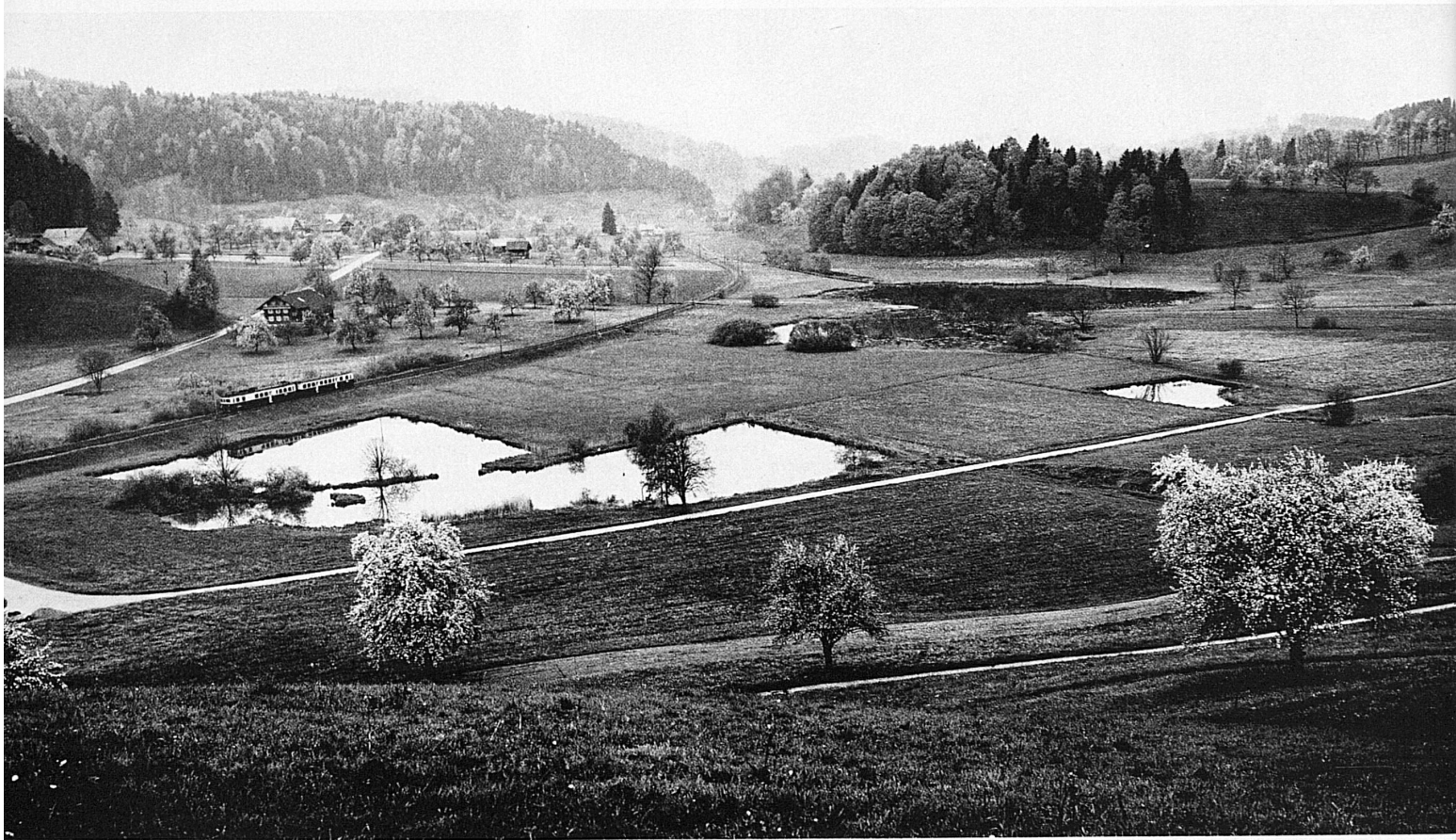
3 The erosive and solvent effect of water (rain, meltwater) on pure limestone surfaces produces the intricately structured terrain known as lapiés or karren

Taltorso zwischen Wolhusen und Willisau LU:

Der eiszeitliche Reussgletscher, der von Luzern her bis gegen Wolhusen vorsties, versperrte dem Wasser aus dem Entlebuch den Weg zur Reuss. Die grossen Schmelzwassermassen fanden bei Wolhusen einen neuen Weg Richtung Norden gegen Willisau und tieften in relativ kurzer Zeit ein breites Tal in die Molasse ein. Beim Tuetenseeli zwischen Wolhusen und Menznau sind die Windungen des ehemaligen mäandrierenden Flusses dank den markanten steilen Prallhängen gut zu erkennen. Nach dem Rückzug der Gletscher erodierte die Kleine Emme bei Wolhusen in die Tiefe und fand ihren Weg nach Osten zur Reuss wieder. Das relativ breite Tal verlor somit sein Einzugsgebiet und wurde trockengelegt. Verschiedene solcher eiszeitlicher Trockentäler dienen heute als Verkehrswege, wie hier für die Vereinigte Huttwil Bahn (VHB)

Valle relitta fra Wolhusen e Willisau LU:

Il ghiacciaio della Reuss, che nel periodo glaciale si era esteso da Lucerna fino a Wolhusen, aveva sbarrato alle acque dell'Entlebuch la via verso la Reuss. Le grandi masse di acqua provenienti dallo scioglimento dei ghiacci si aprirono nei pressi di Wolhusen una nuova via a nord in direzione di Willisau, scavando nella molassa una larga valle in un periodo di tempo relativamente breve. Presso il laghetto di Tueten, fra Wolhusen e Menznau, i meandri dell'ex fiume sono tuttora facilmente riconoscibili grazie ai ripidi pendii che ne costituivano gli argini. Dopo il ritiro dei ghiacciai, il fiume Kleine Emme continuò la sua opera di erosione presso Wolhusen e trovò la sua nuova via verso est fino alla Reuss. La valle, relativamente ampia, perse il suo comprensorio e fu prosciugata. Oggigiorno, diverse valli relitte dell'epoca glaciale servono da vie di comunicazione. Nel nostro caso si tratta della Vereinigte Huttwil Bahn (VHB)



4

Tournant de vallée entre Wolhusen et Willisau LU:

Le glacier de la Reuss, qui pendant les périodes glaciaires s'étendait de Lucerne jusque vers Wolhusen, empêchait les eaux de l'Entlebuch d'aller rejoindre la Reuss. Les grandes masses d'eau de la fonte des neiges s'ouvrirent près de Wolhusen une nouvelle voie vers le nord dans la direction de Willisau et creusèrent une large vallée dans la molasse en un laps de temps relativement court. Près du petit lac de Tueten, entre Wolhusen et Menznau, on reconnaît aisément les méandres de l'ancienne rivière grâce aux berges compactes très caractéristiques. Après le retrait des glaciers, la Petite-Emme a creusé son lit en profondeur près de Wolhusen et a retrouvé son chemin vers l'est jusqu'à la Reuss. La vallée relativement large perdit ainsi son bassin-versant et s'assécha. Ces vallées à sec de l'ère glaciaire servent aujourd'hui de voies de communication. C'est le cas ici pour les Chemins de fer réunis de Huttwil, connus sous le sigle VHB

Relict valley between Wolhusen and Willisau, Canton of Lucerne:

In the Ice Age the Reuss Glacier advanced from Lucerne to the vicinity of Wolhusen and thus blocked the way of the waters flowing from the Entlebuch Valley into the River Reuss. When the snows melted, the masses of water found a new northerly outlet towards Willisau and within a comparatively short space of time washed a broad valley out of the Molasse. The bends of the meandering river can be clearly recognized near the Tuetenseeli, a small lake between Wolhusen and Menznau, because of the conspicuous steep slopes created by the impact of the waters. After the retreat of the glaciers the Lesser Emme eroded a new bed near Wolhusen and found its way back to the Reuss in the east. The relatively broad valley thus lost its catchment area and dried out. Many of these dry Ice-Age valleys are today used as lines of communication; a railway, the Vereinigte Huttwil Bahn, runs through this one

Das Ränggloch bei Luzern:

Unmittelbar bei der Strasse zwischen Kriens und Malters findet sich, verborgen im Wald, die senkrecht eingeschnittene Ränggloch-Schlucht. Sie durchsägt die fast senkrecht stehenden Sandsteinschichten in der westlichen Fortsetzung des Luzerner Sonnenberges. Der Eingang in die Schlucht war früher so eng, dass er bei Hochwasser aus dem Pilatusgebiet durch mitgeführte Bäume und durch Schutt wiederholt verstopft wurde. Das Wildwasser fand einen neuen Weg über Kriens nach Luzern, was in der Stadt während Jahrhunderten mehrmals zu Überschwemmungskatastrophen führte. Erst im 18. und 19. Jahrhundert gelang es dann, durch Erweiterung des Ränggloches (die Sprengspuren sind zum Teil noch heute zu erkennen) und durch gleichzeitige Verbauungen im Oberlauf des Ränggbaches diese Gefahr zu bannen. Naturfreunde haben vor einigen Jahren einen Fussgängersteg über die nur wenige Meter breite Schlucht erstellt und damit das sowohl geologisch wie auch historisch interessante Naturphänomen leicht zugänglich gemacht

La trouée du Rängg près de Lucerne:

Dissimulée dans la forêt près de la route entre Kriens et Malters, s'ouvre la gorge abrupte du Ränggloch. Elle sépare, dans le prolongement ouest du Sonnenberg lucernois, les couches de grès presque perpendiculaires. L'entrée de la gorge était autrefois si étroite qu'elle fut à plusieurs reprises, au moment de la crue dans la région du Pilate, obstruée par les troncs d'arbres et les débris que les eaux charriaient. Mais la rivière s'ouvrit, via Kriens, une nouvelle voie vers Lucerne, qui eut à subir plusieurs fois au cours des siècles des inondations catastrophiques. Ce n'est qu'au XVIII^e et au XIX^e siècle que l'on parvint à conjurer ce danger en élargissant la trouée du Rängg (on peut voir encore aujourd'hui les traces de dynamitage) et en barrant par des constructions le cours supérieur du Rängg. Des amis de la nature ont aménagé il y a quelques années un sentier pédestre à quelques mètres seulement au-dessus de la gorge et ont ainsi rendu aisément accessible ce phénomène naturel intéressant aussi bien géologiquement qu'historiquement

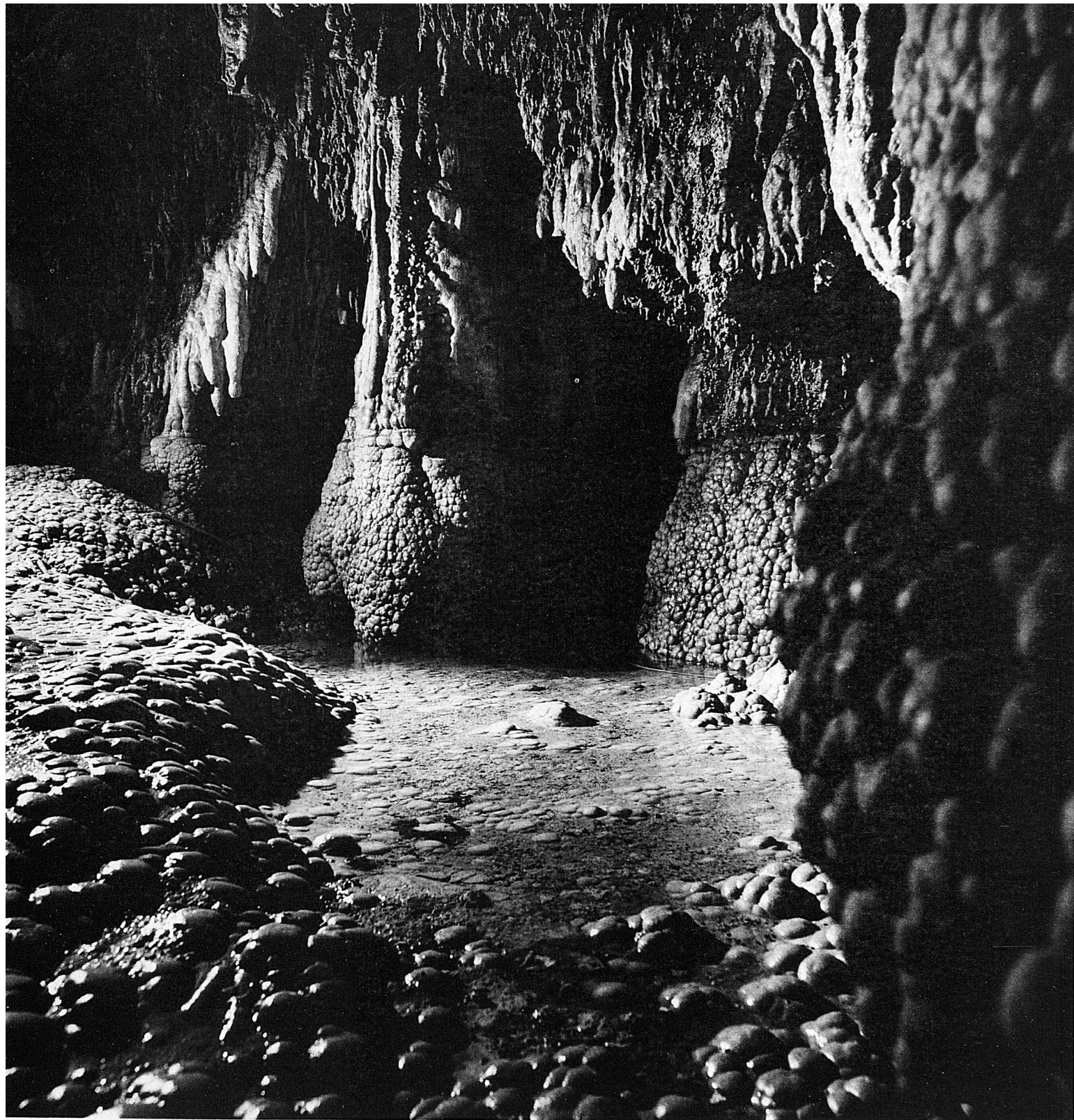
Il Ränggloch presso Lucerna:

Nelle immediate vicinanze della strada fra Kriens e Malters si trova, celata nel bosco, gola verticale del Ränggloch. Essa taglia quasi verticalmente gli strati di arenaria della parte occidentale del Sonnenberg lucernese. L'accesso alla gola era così stretto da essere ostruito in più occasioni dai tronchi d'albero e dai detriti trascinati dalle acque in piena della regione del Pilatus. Le acque selvagge si aprirono una nuova via da Kriens a Lucerna, provocando durante i secoli numerose inondazioni disastrose della città. Solo nel XVIII e nel XIX secolo si riuscì ad ovviare a questo pericolo mediante l'allargamento del Ränggloch (sono tuttora visibili le tracce lasciate dal brillamento delle mine) e la contemporanea costruzione di altri ripari nella parte superiore del Ränggbach. Alcuni anni fa gli amici della natura hanno provveduto alla costruzione di una passerella sopra la gola larga solo pochi metri, facilitando l'accesso a questo fenomeno naturale che è di interesse sia geologico che storico

The Ränggloch Gorge near Lucerne:

Just beside the road from Kriens to Malters, hidden in the woods, lies the Ränggloch Gorge with its vertically cut walls. It saws through the almost perpendicular sandstone strata that are the prolongation of Lucerne's Sonnenberg to the west. The entrance to the gorge was formerly so narrow that at times of high water it was repeatedly choked by tree trunks and detritus carried down from the Pilatus region. The flood waters then took a new route through Kriens to Lucerne, which caused flood disasters in the town on several occasions in the course of the centuries. It was only in the 18th and 19th centuries that the danger was finally averted by widening the Ränggloch (some of the marks left by the blasting are still visible today) and by regulating the upper course of the Rängg stream. Nature-lovers built a footbridge through the gorge, which is only a few metres wide, some years ago, so that this natural phenomenon—of geological as well as historical interest—is now easily accessible





6

Höllgrotten bei Baar ZG:

6 An der rechten Flanke des malerischen Lorzentobels in der Nähe von Zug befindet sich eine der grössten Tuffhöhlen. Diese sind, im Gegensatz zu Karsthöhlen (wie z. B. das Hölloch im Muotatal), nicht durch Kalklösung, sondern durch Kalkablagerungen entstanden. Die an der Schulter der Schlucht zwischen dem Fels und den eiszeitlichen Gletscherablagerungen austretenden Quellen enthalten grosse Mengen gelösten Kalk, der bei der Erwärmung des Wassers beim Austritt an die Oberfläche ausfällt und sich als Kalktuff abgelagert. Unter überhängenden Felspartien oder in der Folge von Rissbildungen durch Bewegungen im Hang entstanden im Verlaufe der letzten 10 000 Jahre ausgedehnte Höhlen mit den charakteristischen Sinterbildungen.

7 Weil sich die Tuffhöhlen nur wenig unter der Erdoberfläche befinden, gelingt es einigen Baumwurzeln, durch das Höhlendach hindurch, quer durch den Hohlraum bis an den Höhlenboden vorzudringen

6 Höllgrotten (grottes d'enfer) près de Baar ZG:

Sur le flanc droit du pittoresque vallon de la Lorze, près de Zoug, se trouve une des plus grandes grottes de tuf. Celles-ci, contrairement aux grottes karstiques (comme le Hölloch dans la vallée de la Muota SZ), ne se sont pas formées par la dissolution, mais par la sédimentation du calcaire. Les sources qui jaillissent dans la gorge entre la roche et les sédiments glaciaires contiennent de grandes quantités de calcaire dissous qui, lorsque l'eau se réchauffe en surgissant à la surface, retombent et se déposent sous forme de tuf calcaire. Au-dessous des parois rocheuses en surplomb, ou par suite de fissures causées par les mouvements de la paroi, de vastes grottes ont apparu au cours des derniers dix mille ans, avec leurs formations caractéristiques de concrétions.

7 Les grottes de tuf se trouvant à une faible profondeur au-dessous du sol, il arrive que certaines racines d'arbres traversent le plafond des grottes et pénètrent jusqu'au fond de la cavité



7

Höllgrotten (grotte dell'inferno) presso Baar ZG:

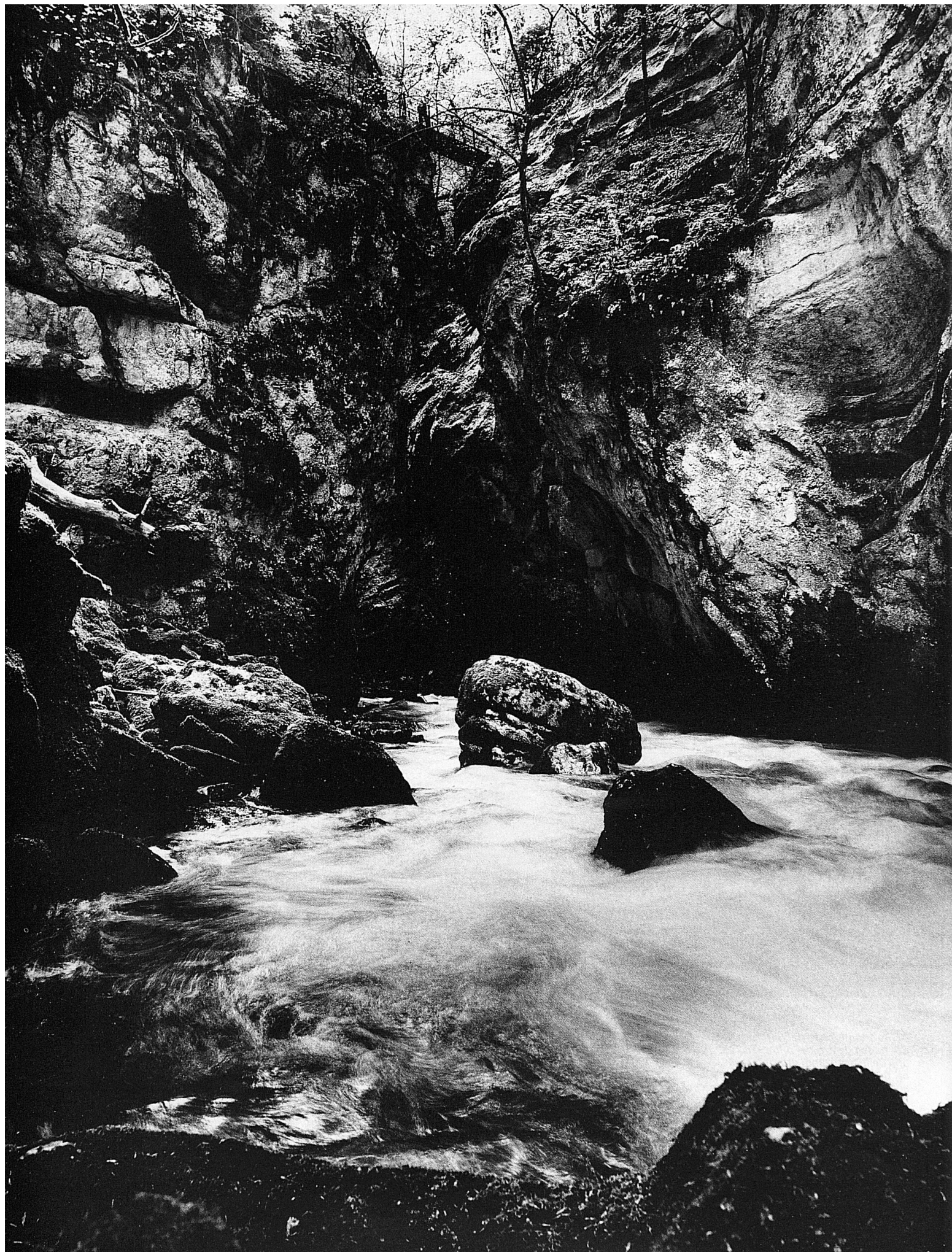
Sul fianco destro del pittoresco vallone della Lorze nei pressi di Zugo si trova una delle più grandi grotte tufacee. Al contrario delle grotte carsiche (come ad. es. quella dell'Hölloch nella valle della Muota), esse non sono sorte dalla soluzione del calcare bensì da un processo di stratificazione del medesimo materiale. Le sorgenti che sgorgano dalla gola fra la roccia e i depositi dell'epoca glaciale contengono gran quantità di calcare disciolto; allorché l'acqua giunge alla superficie essa si riscalda e il calcare si deposita sotto forma di tufo. Sotto le formazioni rocciose e nelle fessure provocate da movimenti tettonici, nel corso degli ultimi 10 000 anni sono sorte vaste grotte con le caratteristiche incrostazioni.

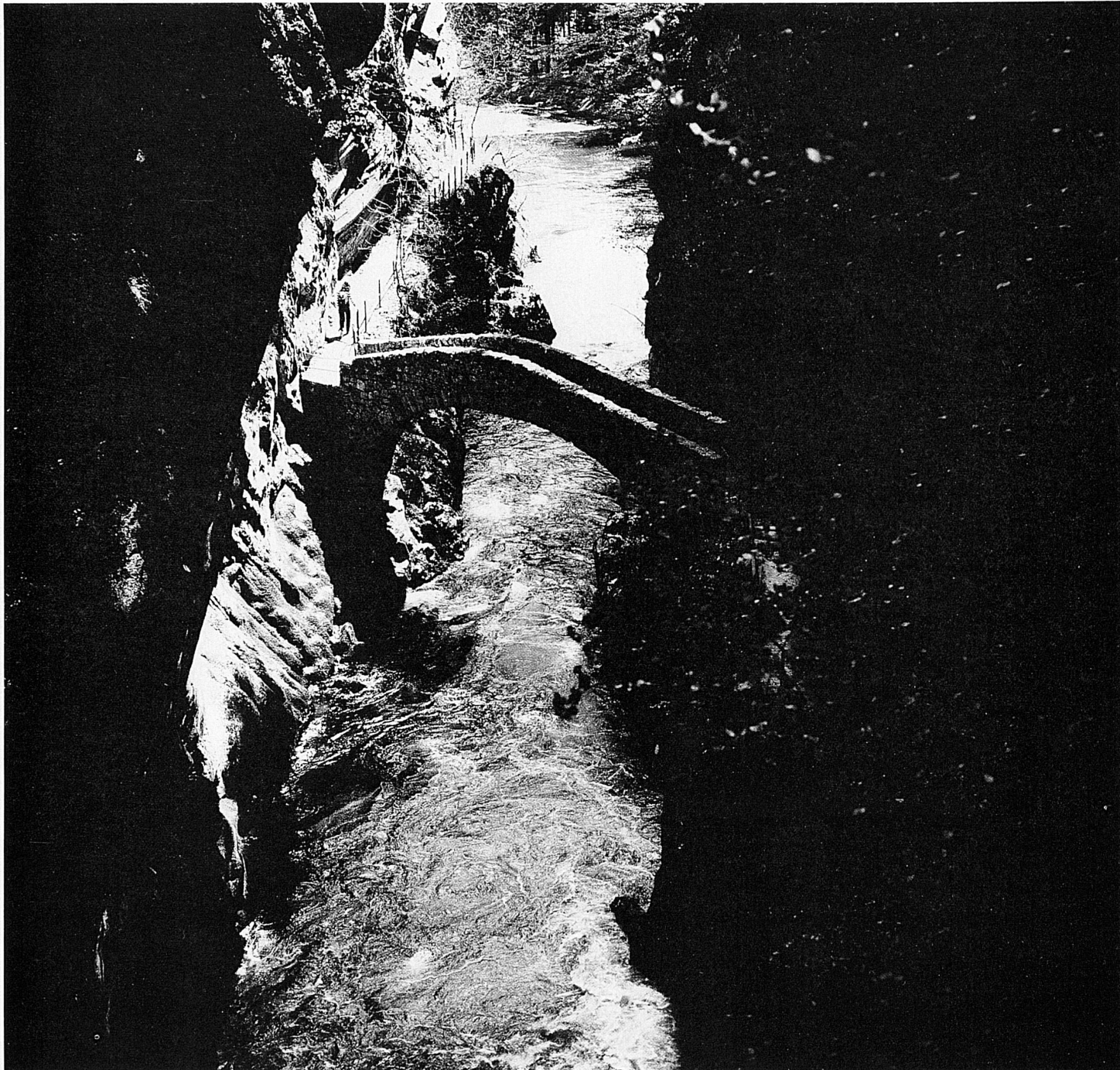
7 Poiché le grotte di tufo si trovano a poca profondità, alcune radici di alberi riescono a perforare la volta della grotta e si spingono attraverso la cavità fino a toccare il suolo

6 The Höllgrotten (Hell Grottos) near Baar, Canton of Zug:

One of the largest of tuff caves is situated in the right-hand flank of the picturesque Lorze Gorge not far from Zug. Unlike karst caves such as the Hölloch in the Muota Valley, those consisting of tuff are not the result of washing-out of the chalk but of the growth of its deposits. The springs rising on the shoulder of the gorge between the rock and the Ice-Age glacier detritus contain large quantities of dissolved lime, which is precipitated when the water grows warmer after emerging from the soil and is then deposited in the form of tuff. Where the water has dripped from overhanging rocks or cracks have formed as a result of movements in the slope, extensive caves with characteristic sinter formations have come into existence over the last 10 000 years.

7 As the tuff caves are not far below the ground it sometimes happens that the roots of trees find their way through the cave roof and then straight down into the soil beneath





Gorges de l'Areuse NE:

Die im Faltenjura durch verschiedene Karstquellen gespiesene Areuse durchbricht die Randkette des Juras in einer eindrucksvollen Klus, bevor sie in den Neuenburgersee mündet. Die Schlucht mit ihren typischen, halbkesselförmigen «Riesentöpfen», Felsunterspülungen und kleinen Felsstürzen ist durch einen malerischen Wanderweg durchgehend erschlossen. Etwas erhöht liegt am linken Talhang die Grotte de Cotencher, eine bekannte Fundstelle aus der Zeit der Höhlenbärenjäger.

L'Areuse, alimentée par différentes sources karstiques du Jura plissé, ouvre dans la chaîne latérale une cluse impressionnante avant d'aller se jeter dans le lac de Neuchâtel. Un chemin pédestre pittoresque permet de traverser de part en part la gorge avec ses «marmites géantes» caractéristiques, ses affouillements et ses éboulements de roches.

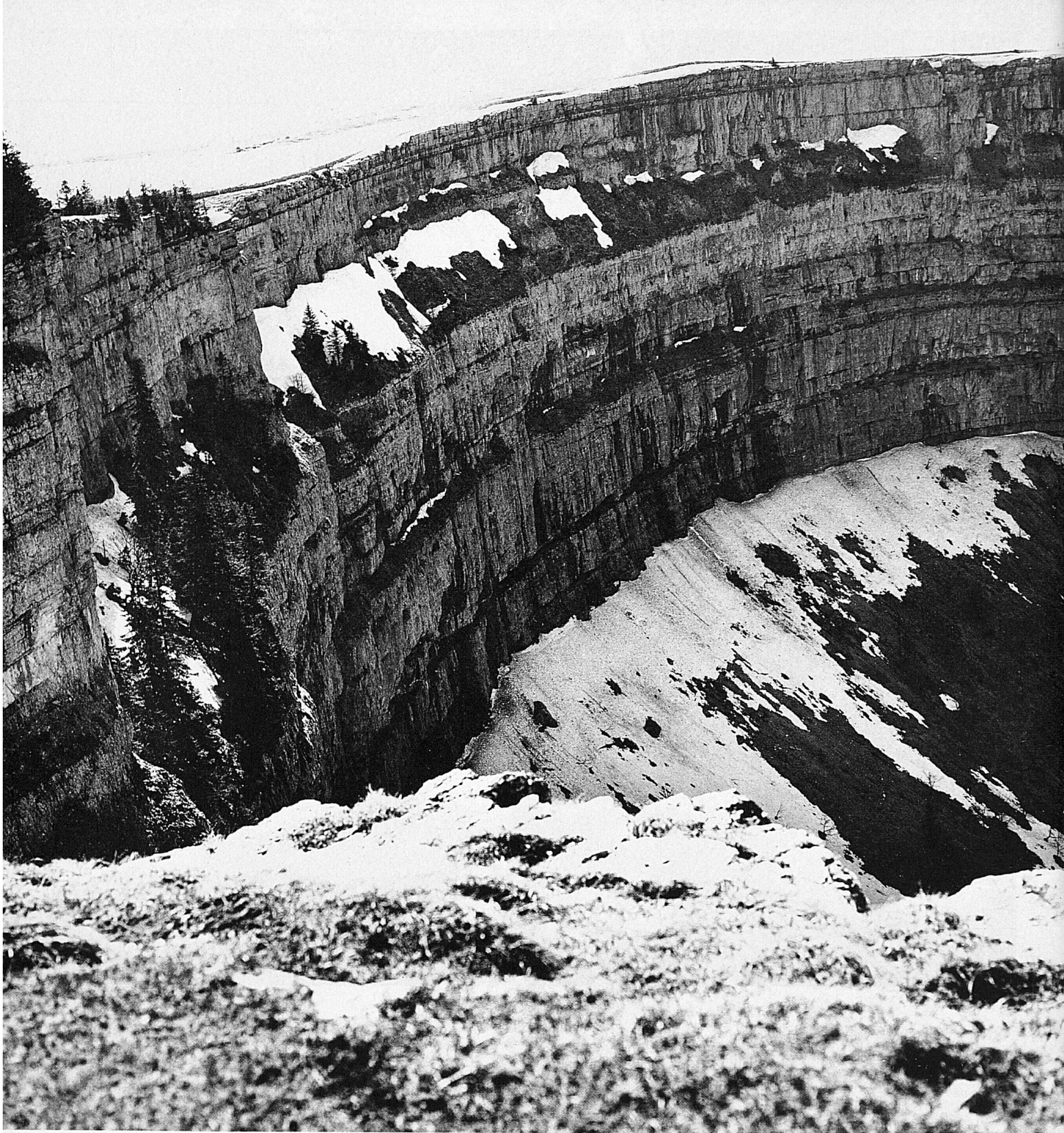
Un peu plus haut, sur le versant gauche de la vallée, est située la grotte de Cotencher, site préhistorique renommé du temps des chasseurs d'ours des cavernes.

Nel Giura a struttura corrugata scorre l'Areuse che è alimentata da diverse sorgenti carsiche; prima di gettarsi nel lago di Neuchâtel, essa si apre una via nella catena limitrofa del Giura formando un'imponente gola. Un pittoresco sentiero escursionistico permette di accedere alla gola nella quale si possono ammirare le tipiche «marmitte giganti», le formazioni rocciose create dal dilavamento e le piccole frane che contraddistinguono il paesaggio.

Il posizione un po' più elevata, sul fianco a sinistra della valle, si trova la grotta di Cotencher, un luogo noto per i reperti preistorici che risalgono all'uomo dedito alla caccia dell'orso delle caverne.

The River Areuse, fed by numbers of karst springs in the Folded Jura, breaks through the border chain in an impressive "cluse" or gorge before flowing into the Lake of Neuchâtel. A picturesque footpath provides access to this gorge along its whole length, with its typical big bowls, eroded overhangs and small rockfalls.

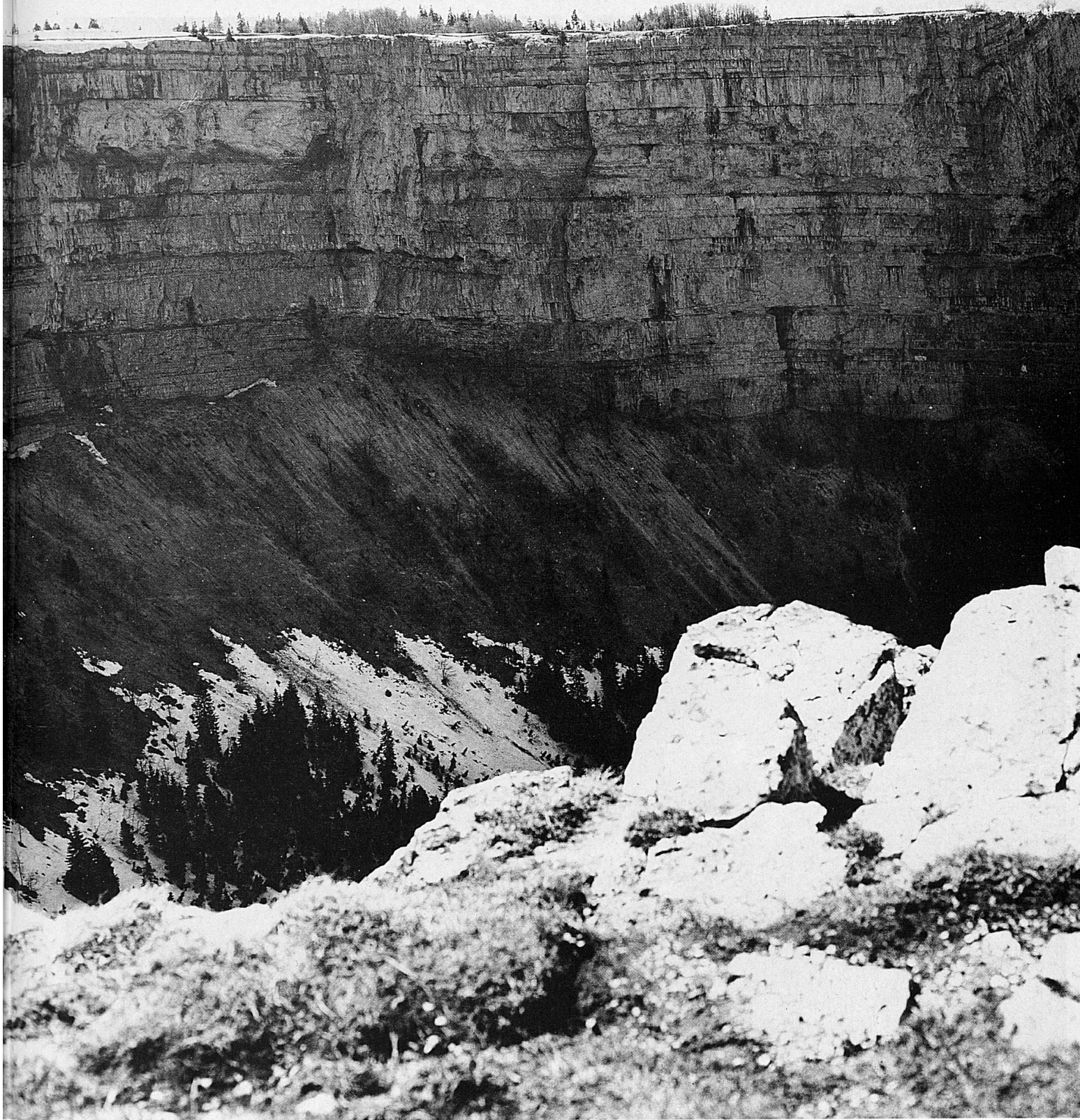
In a somewhat elevated position on the left-hand slope of the valley lies the Cotencher cave, a site where many finds have been made from the days of the cave-bear hunters.



Creux-du-Van NE:

Der Einblick in das mächtige Malmkalk-Gewölbe im imposanten Felszirkus der Creux-du-Van im Val de Travers wurde ebenfalls durch die Arbeit des Wassers möglich. Wahrscheinlich geht dessen Entstehung primär auf einen Einbruch einer gewaltigen Karsthöhle zurück. Während der Eiszeit wurde die dadurch entstandene Nische durch einen kleineren Kargletscher noch ausgeweitet und vertieft. Am Fuss des eindrucklichen Fels-Amphitheaters liegt das beliebte Ausflugsziel «Ferme Robert», welches zugleich Ausgangspunkt für schöne Jura-Wanderungen ist

C'est également à l'action de l'eau que l'on doit le panorama du puissant arc calcaire que forme le cirque rocheux du Creux-du-Van dans le Val-de-Travers. Celui-ci doit probablement son origine à l'effondrement d'une énorme grotte karstique. La doline qui se forma ainsi fut encore élargie et creusée par un glacier. Au pied de cet imposant amphithéâtre rocheux se trouve la «Ferme Robert», but d'excursion apprécié et point de départ de belles randonnées dans le Jura



10

All'opera di erosione delle acque si deve anche la spettacolare volta calcarea giurassica nel grandioso anfiteatro roccioso del Creux-du-Van nella Val de Travers. La sua formazione è probabilmente dovuta in primo luogo al crollo di una gigantesca caverna carsica. Durante l'epoca glaciale la nicchia sorta da tale fenomeno venne ulteriormente approfondita e ampliata dall'opera di ablazione di un piccolo ghiacciaio. Ai piedi dell'imponente anfiteatro di roccia si trova la «Ferme Robert», un luogo prediletto dagli escursionisti dal quale partono invitanti sentieri che conducono attraverso il Giura

The view into the huge malm vault in the impressive rock cirque of the Creux-du-Van in the Val de Travers has also been made possible by the shaping waters. It was probably produced by the collapse of an immense calcareous cave. The resulting niche was broadened and deepened during the Ice Age by a small glacier. At the foot of the awe-inspiring rock amphitheatre lies the «Ferme Robert», a popular destination for tourists and the starting-point of attractive walks in the Jura

57



11

Dreimal Wasserarbeit bei der Steigelfadbalm an der Rigi LU:
Die mächtigen Nagelfluhbänke zeugen von einer gewaltigen alpinen Flussschüttung vor etwa 25 Millionen Jahren. Nach der Hebung der Gesteinsschichten um etwa 3000 m hat die Verwitterung, besonders während des Eiszeitalters (2½ Millionen bis vor 10 000 Jahren), die weichere Mergelschicht ausgewaschen und den Fels unterhöhlt. Heute stürzt ein Wasserfall über die steile Wand und nagt erneut am harten Fels.
In der Höhle (Steigelfadbalm) ob Vitznau fand Dr. Wilhelm Amrein, der damalige Leiter des Gletschergartens Luzern, 1922 Überreste von eiszeitlichen Höhlenbären und Spuren von steinzeitlichen Menschen

Triple action de l'eau près de la Steigelfadbalm, au Rigi LU:
Les puissants bancs pierreux de Nagelfluh témoignent d'un énorme dépôt détritico-alpin d'il y a 25 millions d'années. Après un soulèvement des strates pierreuses d'environ 3000 mètres, l'érosion (surtout pendant l'époque glaciaire qui commença il y a deux millions et demi d'années et prit fin il y a 10 000 ans) a rongé la couche de marne plus tendre et miné la roche. Une cascade se précipite de la falaise abrupte et érode à nouveau la roche dure.
Dans la grotte de Steigelfadbalm au-dessus de Vitznau, Wilhelm Amrein, qui était alors directeur du Jardin des Glaciers à Lucerne, découvrit en 1922 des ossements d'ours des cavernes de l'époque glaciaire et des vestiges d'hommes de l'âge de la pierre

L'eau: matrice de la nature minéralogique

L'eau est à première vue ce qu'il y a de plus ordinaire et de plus banal sur terre: sous sa forme pure, c'est un liquide sans odeur, sans saveur, sans consistance et sans couleur. Cependant, il suffit d'un examen superficiel de ses propriétés physiques et chimiques pour constater qu'elle est encore bien autre chose!

Très importantes sont ses réactions étonnantes aux changements de température. Le poids spécifique ou la densité de la plupart des liquides augmente lorsque la température s'abaisse. Mais l'eau atteint sa densité maximale d'un gramme par centimètre cube déjà à 4 degrés C, et elle devient plus légère lorsqu'on la refroidit encore jusqu'au degré 0. Cette anomalie de l'eau se manifeste particulièrement en hiver par la formation de glace sur les lacs: l'eau refroidie à la surface jusqu'à 4 degrés C descend alors vers le fond et, d'une part, favorise la formation d'une couche isolante de glace et, d'autre part, empêche la masse d'eau entière de geler totalement. Dans la transition entre eau et glace, qui dans les conditions normales a lieu au degré 0, le volume augmente brusquement de 9%. Cette augmentation du volume par congélation exerce une influence considérable sur les phénomènes naturels qui modèlent le paysage.

Une autre propriété particulière de l'eau est son pouvoir de dissolution. Chacun sait que l'eau dissout le sel. Ce que l'on sait moins, c'est que dans la nature l'eau est capable d'attaquer même les minéraux qui passent communément pour «insolubles». En présence de l'anhydride carbonique (CO₂), partout présent dans la nature, il existe, à côté des molécules d'eau (H₂O), des ions libres, chimiquement indépendants, qui rongent notamment les minéraux calcaires et les dissolvent.

Si un ou plusieurs grammes d'éléments minéraux sont en solution dans un litre d'eau, on parle d'eau minérale. L'action thérapeutique des différentes sources n'a qu'un rapport indirect avec la teneur en minéraux ou avec la température. Toute eau minérale n'est pas nécessairement une «eau de santé». C'est seulement si un effet curatif selon un usage exactement prescrit est prouvé, qu'une eau peut être considérée comme une eau de cure.

L'eau est omniprésente dans la nature: dans l'atmosphère, à la surface de la terre et dans le sous-sol, on la trouve sous forme de gaz, de liquide ou de glace. Sans eau, aucune vie n'est concevable. Presque toutes les roches sédimentaires, comme le grès et le calcaire qui constituent nos montagnes, se sont formées au moyen de l'eau. La glace des grandes glaciations de l'époque glaciaire a transformé radicalement notre pays. L'influence directe ou indirecte de l'eau sur la configuration topographique est multiple. Nous n'en donnerons que quelques exemples.

Pour que les minéraux solides puissent être érodés, ils doivent être d'abord imprégnés et désagrégés, c'est-à-dire dégradés. Or l'eau est un facteur essentiel de la dégradation. L'éclatement par le gel, dans les montagnes, en est la manifestation la plus évidente. L'eau des précipitations ou de la fonte des neiges et de la glace pénètre dans les pores et les fissures de la roche. En gelant, elle a – comme nous l'avons dit – besoin de plus d'espace et elle élargit les infimes cavités où elle pénètre. Au dégel, c'est-à-dire généralement aux heures ensoleillées de midi, de petites parcelles se détachent de la roche et roulent vers le fond, où elles s'accumulent sous forme de morceaux d'éboulis. Si ces éboulis ne sont pas emportés par un torrent dans un délai propice, même les plus fières parois de rocher finissent par être littéralement noyées dans leurs propres déjections.

L'éclatement par le gel est un exemple de la dégradation physique, qui se limite en général aux couches supérieures de la croûte terrestre. La dégradation chimique a lieu, au contraire, dans les profondeurs. C'est ainsi que la dégradation par l'acide carbonique, que nous

avons mentionnée au début, crée par la dissolution des minéraux les paysages karstiques avec leurs empreintes fascinantes, leurs grottes et leurs dolines. L'eau a rongé les fondements calcaires au point que souvent elle manque radicalement à la surface, comme on peut le constater en maints endroits dans le Jura.

Les parcelles de roche, solides ou dissoutes, sont entraînées par le courant de l'eau et finissent, dans le meilleur des cas, par parvenir à la mer. Même les plus petits volumes d'eau commencent, lorsque la pente est suffisante, leur travail d'érosion. Faute d'une couche protectrice de végétation, il se forme un réseau très fin de ruisselets. Des roches plus résistantes sont ainsi rongées peu à peu dans leurs parties les plus friables ou les plus tendres. Par la dégradation sélective et l'érosion, des éléments naturels prennent parfois des formes étranges. La structure géologique se manifeste de cette manière à l'observateur attentif.

Même dans des cours d'eau apparemment calmes, les mouvements de l'eau sont turbulents. À côté de la direction générale vers l'aval, on peut également observer des mouvements diagonaux. C'est ainsi que les rivières ont le pouvoir d'éroder le sol non seulement en profondeur, mais aussi latéralement sur les côtés. Ces processus d'érosion sont visibles surtout sur les versants compacts et lisses des cours d'eau à méandres.

Chaque rivière cherche à harmoniser sa déclivité. Les chutes d'eau et les rapides sont les signes de la jeunesse géologique des rivières, qui ne sont pas encore parvenues à une déclivité régulière idéale. Même dans la roche dure, les rivières ont la force d'approfondir leur lit de plus d'un millimètre par an. Dans la roche homogène se forment des sillons en forme de V. Mais lorsque la roche est particulièrement résistante, la vallée s'étrécit et se transforme en une gorge étroite.

L'origine de ces gorges impressionnantes diffère d'un cas à l'autre. On explique, par exemple, les cluses du Jura par le fait que les cours d'eau y coulaient déjà avant la formation des chaînes jurassiques. Dans la période de plissement des anticlinaux, l'érosion en profondeur parvenait à compenser le soulèvement. C'est ainsi que quelques rivières traversent aujourd'hui obliquement des chaînes de montagnes. Dans les Alpes, de nombreuses gorges se sont formées autrement. Pendant l'époque glaciaire, les glaciers et les rivières formées par la fonte des neiges et de la glace ont creusé les grandes vallées centrales plus profondément que les vallées latérales. À la fin de la période glaciaire, l'eau des torrents latéraux franchissait par des cascades le palier qui s'était formé. Mais, au cours des temps, elle rongea l'obstacle de roche et forma une gorge profonde.

À mesure que la déclivité diminue, la force inhérente au courant s'atténue. La sédimentation succède alors à l'érosion. Les éboulis, le sable et le limon se déposent dans le lit de la rivière et l'on voit se former, surtout dans le cours inférieur, de larges amas de cailloutis. Si le cours de l'eau est dévié – ce qui peut être le résultat de fluctuations climatiques – la rivière, qui auparavant formait des sédiments dans un large fond de vallée, commence de nouveau à éroder le sol de son lit, qu'elle creuse à travers ses propres amas de débris. Ainsi se forment les terrasses de galets qui caractérisent nos grandes vallées alpines ainsi que plusieurs vastes régions du Plateau.

Les phénomènes de la dégradation, de l'évacuation des détritiques, de l'érosion et de la sédimentation, dus principalement à l'action de l'eau et de la pesanteur, d'une part, sapent nos montagnes et, d'autre part, remplissent les lacs et les mers de sédiments rocheux. Si les forces des profondeurs géologiques ne faisaient pas surgir constamment de nouvelles montagnes, la surface de la Terre ne tarderait pas à n'être qu'une ennuyeuse pénéplaine à peine, par endroits, légèrement ondulée.

Tre effetti dell'opera delle acque presso la balma di Steigelfad, ai piedi del Rigi LU:

I massicci banchi di puddinga sono una testimonianza del gigantesco materiale depositato dai fiumi alpini all'incirca 25 milioni di anni fa. Gli strati rocciosi si sono accumulati fino ad un'altitudine di 3000 m circa; successivamente la disaggregazione da agenti atmosferici, in particolare durante il periodo glaciale (2½ milioni a 10 000 anni fa), ha dilavato gli strati più molli di marna erodendo la roccia. Ora dalla ripida parete precipita una cascata che continua l'opera di erosione della dura roccia.

Nel 1922 l'allora direttore del Giardino dei ghiacciai di Lucerna, Dr. Wilhelm Amrein, scoprì nella grotta (Steigelfadbalm) sopra Vitznau i resti di orsi delle caverne dell'epoca glaciale e tracce di uomini del periodo della pietra

Three examples of the shaping effects of water near Steigelfadbalm on the Rigi, Canton of Lucerne:

The great banks of nagelfluh bear witness to the enormous deposits laid down by an Alpine river some 25 million years ago. After the rock strata had been uplifted about 3000 metres, the softer layer of marl was washed out by weathering, particularly during the Ice Age (2½ million to 10 000 years ago), and the rock was also hollowed out at the bottom. Today a waterfall cascades down the steep face and again gnaws away at the hard rock.

Dr. Wilhelm Amrein, then director of the Glacier Garden in Lucerne, found remains of Ice-Age cave bears and traces of Stone-Age man in the Steigelfadbalm cave above Vitznau in 1922