PRAKTISCHE ANLEITUNG FÜR GEOPARK-FÜHRER

CORRADO VENTURINI

ISBN 978-88-940394-1-2

Interreg
Italia-Österreich
European Regional Development Fund

Geoparco delle Alpi Carniche
Geopark Karnische Alpen

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA
DIREZIONE CENTRALE AMBIENTE ED ENERGIA
Servizio geologico

Corrado Venturini
www.corradoventurini.it

PRAKTISCHE ANLEITUNG FÜR GEOPARK-FÜHRER

Geo-Exkursionen. Was soll ich erklären und wie erkläre ich es am besten?

Geopark Karnische Alpen

Interreg Italia-Österreich
European Regional Development Fund

Geoparco delle Alpi Carniche
Geopark Karnische Alpen

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

UTI della CARNIA

UTI CANAL DEL FERRO

UDINE MUSEI | MUSEO FRIULANO DI STORIA NATURALE

UNESCO Organisation der Vereinten Nationen für Bildung, Wissenschaft und Kultur
Karnische Alpen UNESCO Global Geopark

NATURMUSEUM SÜDTIROL
MUSEO SCIENZE NATURALI ALTO ADIGE
MUSEUM NATÛRA SÜDTIROL
BIODIVERSITY CENTER

ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088

Autor (Texte, Fotografien, Zeichnungen)
Prof. Corrado Venturini
Alma Mater Studiorum - Universität Bologna
Fakultät für Biologie, Geologie- und Umweltwissenschaften

Projektleiter
Ing. Fabrizio Fattor
Leiter des Geologischen Dienstes, Generaldirektion für Umwelt und Energie der Autonomen Region Friaul-Julisch Venetien

Ansprechpartner für den Geologischen Dienst, RAFVG
Dott.ssa geol. Sara Bensi und Dott.ssa geol. Chiara Piano
Geologischer Dienst, Generaldirektion für Umwelt und Energie der Autonomen Region Friaul-Julisch Venetien

Verlagskoordination
Genossenschaft Cramars, Tolmezzo

Übersetzungen
Petra Haag

Druck
Druckerei Cortolezzis, Paluzza

ISBN
978-88-940394-1-2

Im Rahmen des vom europäischen Programm für territoriale Zusammenarbeit Interreg V-A Italien-Österreich 2014-2020 GeoTrAC - Grenzübergreifender Geopark der Karnischen Alpen finanzierten Projekts hat der Geologische Dienst der Autonomen Region Friaul-Julisch Venetien in Zusammenarbeit mit seinen Partnern, insbesondere dem Friaulischen Museum für Naturkunde (Lead Partner) und der Interkommunalen Gebietsunion Carnia (UTI), dieses Handbuch für die Ausbildung der Geopark-Führer des Geoparks Karnische Alpen gefördert. GeoTrAC sieht die Schaffung eines grenzübergreifenden Geoparks vor, um das Bewusstsein für das außerordentliche geologische Erbe dieses Gebiets zu stärken und dieses auch in touristischer Hinsicht zu fördern. Das Handbuch ist auch zur Vervollständigung des im September 2018 in Zusammenarbeit mit der Genossenschaft Cramars und dem Geologischen Dienst RAFVG veranstalteten Ausbildungskurses für Geopark-Führer entstanden, an dem Prof. Corrado Venturini, Dott. Giuseppe Muscio und Ing. Fabrizio Fattor als Dozenten mitgewirkt haben.
Ein besonderes Dankeschön gebührt Giuseppe Muscio, Cristiana Agostinis und Daniela De Prato als „Herz" des Geoparks Karnische Alpen, sowie Sara Bensi und Chiara Piano vom Geologischen Dienst RAFVG für das Lektorat des Handbuchs. Großer Dank geht auch an Annalisa Bonfiglioli für ihre perfekte und unabdingbare Rolle in der Koordination und Regie.

REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA
DIREZIONE CENTRALE AMBIENTE ED ENERGIA
Servizio geologico

*Corrado Venturini
www.corradoventurini.it

PRAKTISCHE ANLEITUNG FÜR GEOPARK-FÜHRER

Geo-Exkursionen. Was soll ich erklären und wie erkläre ich es am besten?

Geopark Karnische Alpen

Alma Mater Studiorum - Universität Bologna
* Fakultät für Biologie, Geologie- und Umweltwissenschaften



Foto M. Casanova

INHALT

Einleitung 7

1) Planung einer geologischen Exkursion 9

2) Verhältnis Geopark-Führer/Exkursionsteilnehmer 15

3) Material, Instrumente und Strategien 21

4) Grundkonzepte der Geologie 33

5) Ein geologisches Paradigma 85

6) Geologie des Geoparks Karnische Alpen 89

7) Geo-Exkursionen: Anregungen und Tipps 99

Schlussfolgerungen 146

Ordnungspolitischer Anhang 147



Foto M. Casanova

EINLEITUNG

„Wer von Ihnen hat keinen Führerschein?“ Ich nehme an niemand. *„Und wer von Ihnen hat jemals gedacht, dass es für ein sicheres und aufmerksames Autofahren ausreichen würde, den Gebrauch der Gangschaltung, Bremsen und Kupplung zu erlernen und vielleicht noch ein paar Fahrstunden zu nehmen?“* Auch in diesem Fall nehme ich mit größter Wahrscheinlichkeit an, dass niemand diese Frage bejaht.

Genauso wird es - auch wenn Sie an den von Experten geführten Wanderungen teilnehmen - nicht ausreichen, den Inhalt dieser Anleitung zu lesen und sich diesen auch einzuverleiben, um sich in selbstständige und sichere Geopark-Führer zu verwandeln. Geopark-Führer, die nicht nur dazu in der Lage sind, Situationen und Kontexte darzulegen, sondern vor allem dazu, die immer zahlreicheren Fragen der passionierten Exkursionsteilnehmer zu beantworten, die Sie mit ebensolcher Leidenschaft unter ihre Führung und ihren Schutz nehmen werden.

Die ganz persönliche, komplette Umwandlung braucht Zeit. Sie ergibt sich aus der direkten Erfahrung, die Sie im Laufe von Dutzenden von Ihnen selbst in völliger Autonomie im Regionalgebiet geführten Wanderungen sammeln werden.

Zurückkommend auf den einleitenden Vergleich wird jedem von Ihnen dennoch der Inhalt dieser wenigen Seiten den metaphorischen Weg zeigen, den Sie mit starkem Willen und großem Einsatz beschreiten sollen. Es ist ein sehr schmaler Weg, der Ihnen hier gezeigt wird, und Sie haben die Aufgabe, diesen mit Hartnäckigkeit und Begeisterung zu verbreitern und weiterzuempfehlen und auch für jene geeignet und begehbar zu gestalten, die im Laufe der kommenden Jahre genau Sie als Geopark-Führer für ihre Entdeckungsreise durch dieses Gebiet und seine wunderbaren geologischen Geheimnisse wählen werden.



1

PLANUNG EINER GEOLOGISCHEN EXKURSION

In den meisten Fällen werden Sie bei Ihren Führungen Material verwenden, zeigen und analysieren, das Sie aus Forschungsarbeiten oder Entdeckungen anderer Personen entnommen haben. Das bedeutet demnach, dass die Assimilation der Bibliografie bzw. der bereits vorhandenen Studien zu Ihrer Vorbereitung gehört und dabei zu beachten ist, dass für den Großteil der geologischen Situationen des *Geoparks Karnische Alpen*, mit dem sich diese Anleitung befasst, im weiteren Sinne sowohl wissenschaftliche Publikationen als auch populärwissenschaftliches Material über dieselben geologischen Daten und Prozesse existieren. Und das macht Ihnen das Leben um einiges einfacher.

Sehr oft (und das macht mich besonders glücklich!) erfordern es die Umstände, dass ich mich selbst in die Rolle des *Geopark-Führers* versetze und eine Gruppe durch die geologische Evolution eines bestimmten Bereichs führe (Abb. 1). Ganz abgesehen von der Tatsache, dass ich eine privilegierte Position inne habe, weil ich immer Kontexte und Situationen beschreibe und erkläre, über die ich selbst geforscht habe, möchte ich hier versuchen, zu erklären, wie ich mich verhalten würde, wenn ich eine Gruppe für eine Führung durch Sektoren zugeordnet bekäme, die ich leider nur oberflächlich kenne. Ich gehe nach Punkten vor. Sie vereinfachen das Verständnis und die Aufnahmefähigkeit.

Abb. 1
Das Gelände kann während der Exkursion zur einem Klassenraum ohne Außenwände werden. Bergmassiv Hohe Warte-Kellerspitzen.



Abb. 1

a) Die Karten

Eingangs versuche ich, die Auszüge der topographischen und geologischen Karten des von der Exkursion betroffenen Bereichs in verschiedenen Maßstäben zu erhalten (Abb. 2).
Dazu kann es sicher nützlich sein, sich die Kartenwerke und Daten von der Website der Autonomen Region Friaul-Julisch Venetien und insbesondere die topographischen Karten (CTRN) in verschiedenen Maßstäben von den Webseiten IRDAT FVG (Infrastruttura Regionale dei Dati Ambientali e Territoriali - Regionale Infrastruktur für Umwelt- und Gebietsdaten) unter folgendem Link herunterzuladen
http://www.regione.fvg.it/rafvg/cms/RAFVG/ambiente-territorio/conoscere-ambiente-territorio/
Das für die Region FJV im Digitalformat verfügbare geologische Kartenwerk befindet sich hingegen auf der Website des Geologischen Dienstes unter dem Link
http://www.regione.fvg.it/rafvg/cms/RAFVG/ambiente-territorio/tutela-ambiente-gestione-risorse-naturali/FOGLIA201/

b) Die bibliografische Forschung

Ich sammle danach die entsprechenden wissenschaftlichen und gemeinverständlichen Veröffentlichungen und halte sie getrennt voneinander. Sie werden mir als wichtiges Material für verschiedenste geologische Themen dienen, die für diesen Sektor behandelt werden: Sequenzstratigraphie (das Substrat, Kap. 4, XI), Leitfossilien, sedimentologische Daten, eventueller Vulkanismus, Quartärbedeckung (Bedeckung, Kap. 4, XI), tektonische und morphologische Deformationen, Erdrutsche, anthropogene Einflüsse usw.

c) Die populärwissenschaftlichen Veröffentlichungen

Zuerst lese ich die gemeinverständlichen Arbeiten, da sie dazu in der Lage sind, mir kurz und bündig eine korrekte, vereinfachte Version der Merkmale und der Evolution des gegenständlichen

Abb. 2
Auszüge aus topografischen (a) und geologischen (b) Karten, wobei die geologischen Karten auf der Grundlage der topografischen Karten erarbeitet werden.

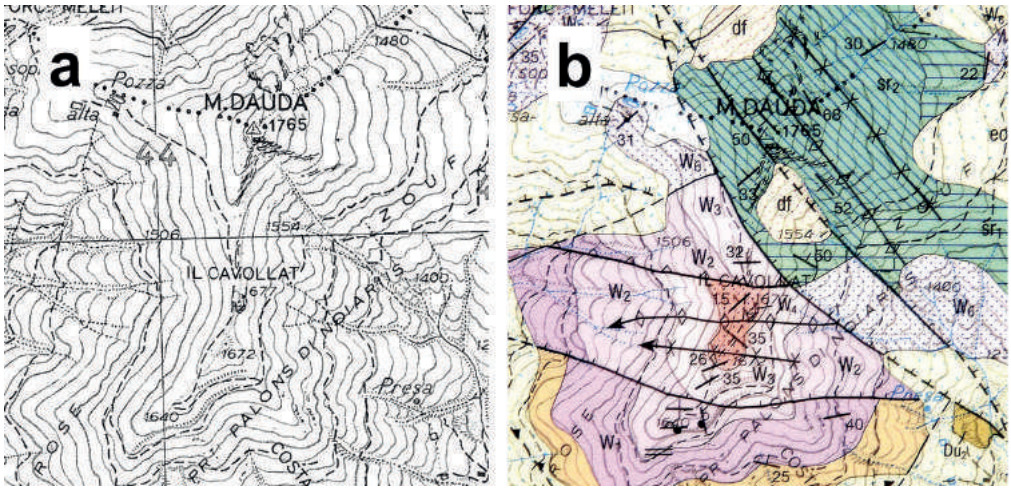


Abb. 2

Gebiets zu liefern. In diesem Fall ist es wichtig, die Lektüre gezielt auszuwählen (es ist ein bisschen wie im Internet, wo man auch nicht immer zuverlässige Daten findet, ganz im Gegenteil!). Bevor man sich so richtig auf den Lesestoff stürzt, ist es empfehlenswert, zu prüfen, ob der Sponsor der Veröffentlichung geologisch akkreditiert ist (Regionen, Museen mit geowissenschaftlichen Abteilungen, Geologischer Dienst usw.) oder nicht.
Sollte Ihnen die Beurteilung schwer fallen, fragen Sie einen Experten. Es genügt eine E-Mail an das Friulanische Naturgeschichtliche Museum oder an den Geologischen Dienst der Region oder einfach an mich, um keine Zeit und Energie in Lektüre zu verschwenden, die sich als wenig produktiv oder im schlimmsten Fall sogar als irreführend erweisen kann.

d) Die wissenschaftlichen Veröffentlichungen

Erst, nachdem ich die gemeinverständlichen Arbeiten bezüglich der für die Exkursion relevanten Themen und Orte gelesen habe, vertiefe ich mich in die Studie der wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Die darin enthaltenen Daten und Interpretationen fügen sich nach und nach in das vereinfachte und deshalb leicht merkbare Wissen ein, dass ich mir dank der populärwissenschaftlichen Beiträge aneignen konnte.

e) Die verwendbaren Daten

Beim Lesen der wissenschaftlichen Veröffentlichungen markiere ich die „interessanten" Daten, die ich während der Exkursion verwenden könnte. Als „interessant" halte ich persönlich Daten, die folgende Merkmale aufweisen könnten: a) sie sind auch für „Nicht-Geologen" verständlich; b) ich halte sie für den Verlauf der Exkursion wichtig, die ich gerade vorbereite; c) sie machen die Führung nicht schwerfällig; d) sie erwecken die Neugier des Zuhörers; e) sie vervollständigen und bereichern die Evolution des Sektors, so wie ich sie präsentieren möchte.

f) Wie viel werde ich erzählen?

Beim Lesen der Bibliografie berücksichtige ich stets, dass das Verhältnis zwischen den Erkenntnisse, die ich aus den gemeinverständlichen Arbeiten gewinne und dem, was ich meinen Exkursionsteilnehmern wirklich erzählen werde, um die 80 % liegt. Im Gegenteil dazu liegt die Menge der wissenschaftlichen Daten, die ich verwenden und vor allen Dingen verständlich machen kann (was unabdingbar ist) unter 20 %. In Anbetracht dieser Prozentzahlen sollten wir uns stets vor Augen halten, dass die populärwissenschaftlichen arbeiten fast immer aus den wissenschaftlichen Veröffentlichungen abgeleitet werden.

g) Nicht-geologische Informationen

Ich informiere mich auch über eventuelle, für das Gebiet der Exkursion relevante, nicht-geologische Themen (Archäologie, Geschichte, Architektur, Landwirtschaft usw.), über die ich während der Führung gegebenenfalls spreche und für die ich - sofern die Strecke direkt am betroffenen Ort vor-

beiführt - einen kurzen Besuch plane. Beispielsweise wären zu nennen die Ausgrabungen von Iulium Carnicum (Abb. 3).



Abb. 3

h) Der Streckenverlauf der Exkursion

Wenn ich erst einmal mir selbst die geologische Evolution des betroffenen Sektors klargemacht habe und die Position der repräsentativsten Daten am Gelände ausfindig machen konnte, ist es für mich an der Zeit, den Streckenverlauf der Exkursion vom logistischen Standpunkt aus gesehen zu organisieren. Dabei müssen die folgenden Anforderungen erfüllt werden: **a)** Die Strecke muss an einem Tag zu bewältigen sein (maximal 7-8 Stunden); **b)** Entsprechend der zurückzulegenden Streckenlänge und den zu bewältigenden Höhenmetern müssen auch angemessene Pausen vorgesehen werden; **c)** Die Strecke muss zu den Stellen führen, an denen man die besprochenen Daten mit der Hand anfassen kann, und zu Aussichtspunkten, die einen Gesamtüberblick ermöglichen; **d)** Es sind, sofern möglich, strategische Pausen (Kaffeepause, WC usw.) einzuplanen, die oft dazu dienen, die „Batterien wieder aufzuladen" und somit wieder aufmerksam und konzentriert bei der Sache sein zu können; **e)** Zudem wird der Treffpunkt (Beginn der Exkursion) beinahe immer mit dem Ende der Exkursion übereinstimmen, um ohne Zeitverlust und weiteren Energieaufwand (die sowieso schon aufgebraucht wurde), die Fahrzeuge zu erreichen.

Abb. 3
Ausgrabungen von Iulium Carnicum, dem heutigen Zuglio.

i) Der Entwurf des Streckenverlaufs

Nun zeichne ich den Entwurf des Streckenverlaufs samt den vorgesehenen Haltepunkten auf einer Fotokopie einer topographischen Wanderkarte ein. Ich informiere mich, ob am geplanten Treffpunkt genügend Parkplatz vorhanden ist, auf dem die Exkursionsteilnehmer ihre Fahrzeuge den ganzen Tag lang (vorzugsweise ohne Parkgebühren) abstellen können.

j) Die einzelnen Haltepunkte

Ich nummeriere die einzelnen Haltepunkte auf der Wanderkarte und beschreibe auf einem Blatt Papier zusammenfassend deren Inhalt. Das heißt: **I)** Was zeige ich? **II)** Wie interpretiere ich das? **III)** Welche (einfache) Fragen kann ich den Exkursionsteilnehmern stellen? **IV)** Welches Material nehme ich mit, um es vorzuzeigen und zu verwenden (Salzsäure, Vergrößerungsglas, Kompass, Zeichnungen, Fotos usw.)? **V)** Welche weiteren Experimente kann ich den Teilnehmern vorschlagen?

k) Der Zeitplan

Danach plane ich ungefähr die Zeiten für die einzelnen Haltepunkte und eventuellen Fragen der Exkursionsteilnehmer. Ich kalkulierte auch die Zeit, die ich bis zum nächsten Haltepunkt benötige, wobei ich mich nie auf ein hohes Schritttempo basiere. Beachten Sie, dass ein unerfahrener Geopark-Führer seine Zeiten mindestens um 20 % unterschätzt.

l) Das Lunchpaket

Ich suche eine geeignete Stelle für die Mittagspause aus, während der die Teilnehmer etwas essen können. Ich versuche, diese Pause so weit wie möglich zu einer angemessenen Uhrzeit (ca. 13:00 Uhr) zu planen und prüfe, dass die ausgewählte Stelle auch angemessen ist. Der Platz sollte vorzugsweise eine gute Aussicht bieten bzw. sich an einer offenen Stelle oder am Wasser befinden bzw. in der heißen Sommersaison schattig sein oder aber, sofern möglich, in der Nähe einer Raststätte befinden.

m) Der Flyer

Nachdem ich alle logistischen und wissenschaftlichen Details festgelegt habe, erarbeite ich mit Photoshop oder einem anderen Grafikprogramm einen Flyer im A4 Format, auf dem ich den Streckenverlauf auf einer topographischen Wanderkarte (mit Maßstabangabe) inklusive folgender Details angebe: Treffpunkt (mit Parkplatz!),



Abb. 4
Beispiel für einen Flyer mit dem Streckenverlauf einer Geo-Exkursion.

geologische Haltepunkte, nicht-geologische Haltepunkte, Mittagspause. Ich füge noch - gut ersichtlich - den wichtigsten Ortsnamen, das Datum, die Uhrzeiten und die Ziele der Exkursion hinzu (Abb. 4).
Sollte noch genügend Platz sein, ist es empfehlenswert, das Regionalgebiet oder den Geopark anzugeben (klein) und die Position der Exkursion zu markieren. Zudem gebe ich den Namen des Geopark-Führers der Exkursion sowie die Körperschaft bzw. Körperschaften an, die die Schirmherrschaft der Initiative übernehmen (Region, Gemeinde, Gemeindeverbände, Alpenverein, Geopark usw.).
Nun ändert sich die Perspektive, aus der alles betrachtet wird: die Exkursion, die Exkursionsteilnehmer und deren Geopark-Führer. Jetzt habe ich Ihnen gezeigt, wie man beispielsweise einen Streckenverlauf erarbeitet und in eine Exkursion verwandelt. Nun ist es notwendig, über die Einstellungen und Verhaltensweisen der Geopark-Führer gegenüber ihren Exkursionsteilnehmern zu sprechen.

2

VERHÄLTNIS GEOPARK-FÜHRER/ EXKURSIONSTEILNEHMER

Haben Sie noch nie erlebt, dass Sie einer Konferenz, einem Dokumentationsfilm oder einer Erklärung im Fernsehen zuhören, bei denen eine bestimmte Erscheinung oder ein physikalischer, chemischer oder natürlicher Prozess erklärt wird, und Sie bemerken, dass nicht alles geklärt oder ausdrücklich erläutert wurde? Ich weiß, oft ist Ihnen das nicht passiert. Aber es ist vorgekommen. Es kommt deshalb selten vor, weil derjenige, der eine Konferenz oder einen Dokumentarfilm organisiert bzw. eine Erklärung erarbeitet, dies bei voller Kenntnis der Fakten tut, ohne zu improvisieren und sich vor allem vor Augen hält, welche Fehler zu vermeiden sind. Aber Erfolgsgarantie gibt es keine. Teilweise handelt es sich um dieselben Fehler, die auch ein *Geopark-Führer* nie begehen sollte, wenn er neugierige und wissenshungrige Exkursionsteilnehmer begleitet. Es handelt sich dabei sozusagen um transversale Fehler, was bedeutet, dass sie sich nicht direkt auf den erklärten Stoff beziehen, sondern auf die Art und Weise, wie das Wissen und die Inhalte übermittelt werden. Um solche Fehler zu vermeiden, gibt es eine wirklich gute Methode: Versuchen Sie, bei der Vorbereitung Ihrer „Vorträge" - ganz egal, ob sie für eine geführte Wanderung, ein Museum oder eine *Auditorium* gedacht sind - sich selbst „zuzuhören" und so zu tun, als ob sie nichts oder nur wenig über dieses Thema wissen würden.

Versuchen wir also zu entdecken, was zu vermeiden ist und berücksichtigen Sie stets, dass ihr Publikum nie ein Fachpublikum sein wird, ganz im Gegenteil. Es kann häufig vorkommen, dass sich unter ihren Zuhörern jemand befindet, der glaubt, über die Materie Bescheid zu wissen und konzeptuelle Fehler mitbringt, die Ihre Erklärungen stören könnten.

Deshalb liste ich hier ein paar gute Tipps für ein allgemeinverständliches Lehrverhalten auf, die bei der Begleitung der Exkursionsteilnehmer auf einer gewissen Strecke zu berücksichtigen sind bzw. was, wie bereits gesagt, *zu vermeiden* ist.

a) Spontanes Verhalten

Der erste Eindruck, den sie machen, ist immer grundlegend. Er entscheidet den Grad der Empathie, den sie mit den Personen, die sie einen ganzen Tag lang begleiten werden, erreichen können. Seien Sie natürlich, spielen Sie keine Rolle. Auch wenn ein spontanes Verhalten Ungenauigkeiten und Fehler mit sich bringen kann, stößt es viel eher auf Anerkennung als auf Ablehnung.

b) Widmen Sie sich allen

Sprechen Sie ruhig und stellen Sie sicher, dass alle ihre Stimme hören können (bei großen Gruppen muss ein Megaphon verwendet werden). Versuchen Sie, die ganze Gruppe anzusehen, und vermeiden Sie es, sich auf nur wenige Personen zu konzentrieren. Viele würden sich ausgeschlossen fühlen.

c) Verschieben Sie auf später

Versuchen Sie, durch Ihr Verhalten das „Wissen zu teilen". Es soll kein „wer weiß mehr" -Wettbewerb werden. Dies gilt auch, wenn Sie unter den Teilnehmern auf Personen treffen, die sich durch ihr überdurchschnittliches Wissen profilieren möchten. In diesen Fällen ist die beste Einstellung, den Beitrag zu wertschätzen, und dennoch dafür zu sorgen, dass keine zu spezifischen oder vertieften Erklärungen und Analysen stattfinden, die die anderen Teilnehmer ausschließen und deren Aufmerksamkeit mindern würden.

Abb. 5
Exkursionsteilnehmer am Lago Dimon, über Ligosullo (VII. Geoday, Fachverband der Geologen der Region FVG; 2006).



Abb. 5

Es ist immer gut, den Austausch auf einen späteren Zeitpunkt zu verschieben (unter vier Augen, eventuell während einer Pause) und dies damit zu begründen, dass die kompakte Aufmerksamkeit der gesamten Gruppe erhalten bleiben soll, da nicht alle in der Lage sind, zu fachspezifischen Diskussionen zu folgen.

d) Populärwissenschaftliche Enzyme

Jeder *Geopark-Führer*, jeder Fachmann, hat seinen eigenen Charakter und seine persönliche Art und Weise im Umgang mit anderen Menschen. Der eine ist scheuer (wie ich zum Beispiel anfangs, und zwar lange Zeit), der andere etwas unsicher, der dritte wiederum etwas verschlossener oder aber auch etwas distanzierter. Aber ausnahmslos alle sind in der Lage, zu lächeln. Versuchen Sie, mit ihrem Lächeln Vertrauen, Zuverlässigkeit und Bereitwilligkeit zum Zuhören zu erwecken.
Beim Verdauen von Speisen spielen die Magensäfte eine wesentliche Rolle. Würden wir diesem aus verschiedensten Komponenten bestehenden Magensaft die *Verdauungsenzyme* nehmen, würde die komplette Assimilation stark in Mitleidenschaft gezogen und somit viel aufwendiger, schwieriger und komplexer werden. Achten Sie darauf, dass Ihr Lächeln Sie stets als *populärwissenschaftliches Enzym* begleitet und machen Sie reichlich Gebrauch davon.

e) Einfache und kurze Sätze

Sprechen Sie die Wörter deutlich aus und verwenden Sie wenige Nebensätze. Vermeiden Sie demnach

diese typischen „*Schachtelsätze*“ , in denen der zweite Satz den ersten erklärt, der dritte zur Unterstützung dient und erst der vierte Satz eine Rechtfertigung liefert! Es ist immer schwierig, solchen Erklärungen zu folgen und insbesondere im Außenbereich, wo sowohl die landschaftlichen Elemente als auch alle anderen Exkursionsteilnehmer einen Ablenkungsgrund darstellen können.

f) Unterschiedliche Geschwindigkeiten

Sollten Sie auf einer Wanderung eine große Gruppe führen, kann es auch vorkommen, dass Sie gemeinsam mit einem Teil der Gruppe einige Minuten vor den langsameren Gehern einen Haltepunkt erreichen (Abb. 5). Diese Wartezeit könne sie auf zwei verschiedene Weisen nutzen: Entweder Sie beantworten die Fragen der einzelnen Personen oder sie beginnen mit der vorgesehenen Erklärung, die dann aber den „Nachzüglern“ wiederholt werden muss, wovon auch diejenigen profitieren, die die Erklärung noch einmal anhören möchten, um sie besser zu verstehen und sich die Inhalte besser merken zu können.

g) Übermitteln Sie Empfindungen

Viele von Ihnen, vielleicht alle, sind der Meinung, dass Ihre Aufgabe als Fachmann und *Geopark-Führer* darin liegt, Wissen zu übermitteln.
Ich würde es etwas anders formulieren. Ihr eigentliches Ziel muss darin liegen, *über das Wissen Gefühle zu vermitteln*. Das Wissen wird im Fall der Verbreitung zum Vehikel. Ein besonderes Vehikel, das nach der Exkursion nicht verschwindet, sondern dazu bestimmt ist, sich in Kultur und Interesse zu entwickeln. Es ist Nahrung für hungrige Köpfe.

h) Zeigen Sie Enthusiasmus

Dies ist eine Konsequenz des Punkts g. Sie werden mich sicherlich fragen, wie sie *Empfindungen übermitteln* können, weil Sie intuitiv davon ausgehen, dass es viel einfacher ist, reines Wissen zu übermitteln. Die Antwort ist einfacher als Sie denken.
Es ist ausreichend, aber gleichzeitig unabdingbar, dass dieses Wissen, das Sie übermitteln möchten, für Sie selbst ein Grund zur *Begeisterung*, zum *Erstaunen* und zur *emotionalen Beteiligung* ist. Hier ein Beispiel zum besseren Verständnis. Dasselbe Drehbuch wurde zwei unterschiedlichen Regisseuren in die Hand gegeben und jeder der beiden hatte die Aufgabe, seinen eigenen Film zu drehen. Beide arbeiten - einer nach dem anderen - mit denselben Schauspielern und der gleichen Kulisse. Der erste Regisseur ist von der Geschichte angetan. Er kann es kaum erwarten, mit den Dreharbeiten zu beginnen.
Er verbringt seine Tage damit, sich szenische Lösungen vorzustellen und auszuwählen und innovative Kamerastrategien zu entwickeln. Der zweite Regisseur macht einfach seinen Job. Für ihn ist das Drehen eines Films eine Arbeit wie jede andere, die ihm sein tägliches Brot einbringt. Es ist zwecklos, die beiden Produkte oder sogar den Publikumserfolg miteinander zu vergleichen. Und dennoch ist es die gleiche Geschichte. Nur die.

i) Langweilen Sie Ihr Publikum nie

Ein *Geopark-Führer* muss viele Sorgen haben, die er alle unter Kontrolle haben muss, ohne dies zu spüren zu geben. Eine seiner wichtigsten Sorgen ist die, dass er die Exkursionsteilnehmer nicht langweilen darf. Um dieses Ziel zu erreichen, wird Ihnen einerseits die im Laufe der Jahre gesammelte Erfahrung sehr nützlich sein, aber auch einige unmittelbare, rasche und dennoch aussagekräftige Tipps sind notwendig.

Und hier sind sie: **a)** Anstatt langer Vorträge mit zu viel Inhalt ist es zu bevorzugen, viele Haltepunkte einzulegen, an denen man nach und nach Informationen hinzufügt; dabei kann sich ihr Publikum auch körperlich etwas ausruhen; **b)** Die „mündlichen" Erklärungen sind oft zu abstrakt für „Nicht-Fachleute" , auch wenn es sich um passionierte Zuhörer handelt, und müssen deshalb mit konkreten Erfahrungen untermauert werden (Kap. 3, h); **c)** Seien Sie nie zu ernst (im Gegenteil!) und zeigen Sie bei Gelegenheit ruhig etwas Selbstironie; **d)** Beziehen Sie Ihre Exkursionsteilnehmer stets durch gezielte Fragen ein, auf die Sie natürlich keine Antwort verlangen, denn die Antwort werden Sie selbst geben. Die Exkursionsteilnehmer dürfen sich nie geprüft oder beurteilt fühlen, und zwar weder von Ihnen noch von den anderen Anwesenden (nie!). Sorgen Sie dafür, dass Ihre Exkursionsteilnehmer selbst das Material und die Instrumente benutzen. Fordern Sie dazu auf, besondere (mit Sicherheit vorhandene) Elemente in der *Bedeckung* und im *Substrat* zu suchen (bei ausreichenden oder zahlreichen Aufschlüssen, die allen Teilnehmern ein befriedigendes Ergebnis gestatten).

j) Arten von Exkursionsteilnehmern

Beachten Sie außerdem immer, dass Sie bei den oben angeführten Punkten stets mit einer wesentlichen und präliminären Frage konfrontiert werden. Diese Frage müssen Sie sich jedes Mal stellen, wenn Sie eine Exkursion organisieren bzw. leiten: *„Wie werden meine Exkursionsteilnehmer diesmal sein?"* Und nur so erzielen Sie ein optimales Ergebnis: tarieren Sie Ihre Erklärungen auf das Wissen und die Allgemeinkultur der Personen aus, die sich Ihrem Wissen anvertrauen, um etwas zu lernen und ... Gefühle übermittelt zu bekommen.

Zum Beispiel könnten Sie es mit Schulklassen zu tun haben (kommt häufig vor). In diesem Fall müssen Sie, sobald Sie als Geopark-Führer beauftragt werden, mit dem für Geowissenschaften zuständigen Lehrer Kontakt aufnehmen.

Je nach Vorwissen der Schüler und deren Alter - von der Grundschule bis zu den letzten Klassen Oberstufe (Abb. 6) - müssen Sie die Informationen programmieren, die Sie übermitteln möchten.

Das Programm muss im Schultyp entsprechen, mit dem Sie zu tun haben. Und beachten Sie, dass in einer Schulklasse immer ein paar „Zwangs-Exkursionsteilnehmer" mit dabei sind.

Das sind Schüler, die diese Exkursion als „lockeren Ausflug" betrachten und durch ihr geringes Interesse am Fach

eher nicht dazu geneigt sein werden, Ihnen zuzuhören und im schlimmsten Fall zur Bekämpfung ihrer eigenen Langeweile versuchen werden, die Klassenkameraden mit witzigen Wortmeldungen, Gelächter und Kommentaren jeder Art abzulenken. Normalerweise gibt es nicht mehr als zwei oder drei „Unverbesserliche" pro Gruppe/Klasse, aber ihre Auswirkungen können verheerend sein. Sie können mit der „Fankurve" eines jeden Fußballstadions verglichen werden, die einfach nicht wegzubringen ist.

Ich empfehle Ihnen, diese Personen zu neutralisieren, indem Sie sie in erster Person miteinbeziehen. Zum Beispiel, indem Sie ihnen die Fotografien (Kap. 3, e) anvertrauen, die Sie sich dann immer geben lassen, wenn Sie sie während der Erklärungen der Gruppe zeigen möchten. Überreichen Sie Ihnen auch die Instrumente (Vergrößerungsglas, Kompass, Fläschchen mit der Salzsäure usw.) und laden Sie sie dazu ein, jeweils als erste den von Ihnen vorgeschlagenen Versuch durchzuführen. Sie werden sicherlich Erfolg haben.

Noch ein häufig auftretender Fall: Es kann vorkommen, dass Ihre Gruppe aus Personen aus ganz unterschiedlichen Altersklassen mit unterschiedlichen Grundkenntnissen besteht und diese sowohl aus der Region als auch von außerhalb der Region anreisen. Bindemittel dieser interessanten *Mischung* ist ein gemeinsamer Aspekt: die Leidenschaft für „geologische Dinge" (andernfalls hätten sie sich nicht an Sie gewandt).

Genau auf diesem gemeinsamen Interesse für die Geschichten, die uns der Boden erzählt, müssen Sie aufbauen. Vereinfachen Sie Ihre Erklärungen, ohne jemals banal zu wirken. Leicht gesagt. Aber nicht unmöglich umzusetzen. Wir sehen uns in einem der nächsten Kapitel bezüglich der Übermittlung der Inhalte (Kap. 3) an, wie vorzugehen ist.

Die ausgeprägte Verschiedenartigkeit der Teilnehmer finde ich jährlich bei den regionalen *Geodays* (der XIX. Geoday fand erst kürzlich statt). Jedes Mal nehmen mindestens 20 bis höchstens 100 extrem unterschiedliche Personen an der Exkursion teil. Unterschiedlicher geht es gar nicht.

Und trotzdem verabschieden wir uns jedes Jahr zufrieden voneinander (ich konnte schon viele gute Freundschaften auf den regionalen *Geodays* schließen), weil ich eben der Bereitwilligkeit der Personen zum Zuhören arbeite. Die Teilnehmer sind zufrieden, weil sie von den Geschichten angetan waren, ich bin zufrieden, weil ich vom Gebiet erzählt habe und den Personen, die sich einen Tag lang mir anvertraut haben, unerwartete Aspekte für Kopf und Herz mitgegeben habe.



Abb. 6

Abb. 6
Schulklasse bei einer Geo-Exkursion zu den „Laghetti di Timau" (2010, Projekt „edu-geo"; www.edu-geo.it).

Informationen & Gefühle: Diese Wortkombination muss in Ihren Exkursionen zu einem einzigen Wort verschmelzen. So wie Bed & Breakfast!
Nachdem ich jetzt über die Organisation einer geologischen Exkursion gesprochen und kurz das Verhältnis zwischen den *Geopark-Führern* und ihren Exkursionsteilnehmern angerissen habe, ist es nun an der Zeit, über die zur Erreichung wirkungsvoller Ergebnisse notwendigen Modalitäten zu sprechen. Das heißt über die Ergebnisse, die sowohl die Exkursionsteilnehmer als auch ihre *Geopark-Führer* zufriedenstellen (Abb. 7).

Abb. 7
Exkursionsteilnehmer am Schwemmkegel „Rivoli Bianchi" bei Tolmezzo (Juli 2018, erster Kurs für Geopark-Führer, Geologischer Dienst der Region FVG).



Abb. 7

3 MATERIAL, INSTRUMENTE UND STRATEGIEN

Nun werde ich Ihnen im üblichen Aufzählungsstil einige Tipps geben, die ich für diesen Zweck als nützlich und leicht anwendbar halte. Ich werde die Auflistung in zwei Einheiten unterteilen, wobei sich die eine mit dem *Material* und den *Instrumenten* und die andere mit den *Strategien* befassen wird.

MATERIAL UND INSTRUMENTE

a) Salzsäure

Nehmen Sie ein Fläschchen 10%-ige HCl (Salzsäure) mit, also die normale, im Supermarkt erhältliche Chlorwasserstoffsäure. Das Fläschchen sollte eine Dosiervorrichtung haben. Kennzeichnen Sie das Fläschchen mithilfe eines Permanentmarkers mit dem bekannten Gefahrenzeichen! Sie werden die Säure für ein Experiment an einem Aufschluss verwenden, um dessen Zusammensetzung zu ermitteln (Karbonat oder Silikat). Im zweiten Fall gibt es keine chemischen Reaktion. Im ersten Fall hingegen wird CO_2 freigesetzt (Abb. 8).

Es ist hinzuzufügen, dass es zwei grundlegende Typen des sogenannten Karbonatgesteins gibt: Kalke ($CaCO_3$) und Dolomite (Ca, Mg) $(CO_3)_2$. Während die Reaktion mit dem Kalkstein wirklich kolossal ist, wie in der Fritteuse (das müssen Sie gesehen haben!), ist sie auf den Dolomitsteinen extrem gering oder sogar nicht vorhanden.

Außer, man zerbröselt eine Stück Dolomitstein und lässt ein paar Tropfen Säure auf das Pulver fallen. In diesem Fall ist es Aufbrausen garantiert, weil die Säure auf eine riesige Oberfläche einwirkt: die Oberfläche aller Staubkörnchen.

Somit wird in diesem Fall die geringfügige Reaktion der Säure mit den Dolomitsteinen durch eine enorme, auf einen winzigen Raum konzentrierte Oberfläche hochgespielt.

Abb. 8
Wirkung von HCl (Salzsäure, 10%-ig) auf Kalkgestein. Das Aufbrausen wird durch die Freisetzung von CO_2 (Kohlendioxid) bewirkt.



Abb. 8

Wenn Sie - unter uns gesagt - hingegen ein Silikatgestein pulverförmig zerbröckeln, also ein Gestein, das vorwiegend aus Silizium (Si) besteht, und HCl drauftropfen, wird absolut nichts passieren.
Noch eine Erläuterung dazu (Sie könnten danach gefragt werden): *„Was setzt die chemische Reaktion zwischen kalkhaltigen Ablagerungen und Salzsäure (egal, ob reine oder verdünnte Salzsäure) frei?“* Es wird nicht nur CO_2 freigesetzt, sondern auch H_2O und geringe Mengen an Calciumchlorid ($CaCl_2$).

b) Der Kompass

Wenn Sie Geologie studiert haben, besitzen Sie sicherlich einen entsprechenden Kompass, den Sie während Ihres Studiums gekauft haben. Nehmen Sie diesen Kompass als *Geopark-Führer* immer mit zu ihren Exkursionen (Abb. 9).



Abb. 9
Der Kompass eines Geologen, immer mit Neigungsmesser ausgestattet.

Abb. 9

So wie es für die Salzsäure (HCl) der Fall ist, kann es für viele Ihrer Exkursionsteilnehmer interessant sein, zu erfahren, wie dieses Instrument zur Orientierung zwischen den verschiedenen Schichten verwendet wird (und nicht nur, um den Norden anzuzeigen). Ganz besonders interessant ist für den Laien das *Klinometer* (der Neigungsmesser), das nur wenige mit einem Kompass in Verbindung bringen bzw. wissen, dass sich solch ein Gerät im Kompass befinden kann.

c) Der Spiegel im Kompass

Es kann vorkommen, wirklich schöne und interessante (sedimentologische oder tektonische usw.) Stellen an der Wand vorzufinden, die nur wenige Meter entfernt sind. In diesen Fällen können Sie die einzelnen Strukturen ziemlich genau herzeigen, indem Sie den Reflex des Kompass-Spiegels einfach auf den Aufschluss richten. Natürlich funktioniert diese Technik nur dann, wenn die Sonne günstig steht.

d) Das Vergrößerungsglas

Natürlich kann eine Felsaufschluss sowohl makroskopische als auch mikroskopische Besonderheiten aufweisen. Für die makroskopischen Besonderheiten ist ein Vergrößerungsglas mit mindestens zwölffacher Vergrößerung ausreichend (zumindest sagten das meine Professoren, als ich Geologie studierte, und heute kann ich Ihnen das nur so weiter empfehlen). Nehme Sie ein Vergrößerungsglas bzw. zumindest 3 Vergrößerungsgläser mit. Damit verhindern Sie, dass beim Weiterreichen des Vergröße-

rungsglases lange Wartezeiten entstehen und damit unvermeidbare Ablenkungen auftreten.
Dasselbe Prinzip gilt auch für „weit entfernte" Elemente. Nehmen Sie auch ein Fernglas mit (in diesem Fall reicht eines), das Sie bei Bedarf benutzen können. Das Fernglas sowie auch der Kompass können sich auch bei allfälligen Gefahrensituationen als nützlich erweisen.

e) Fotos, Zeichnungen und Skizzen

Sollte es entlang der Strecke notwendig sein, gut sichtbar, aber unzugängliche Felswände bzw. ein Panorama oder aber auch entfernt gelegene Gegenstände zu beschreiben, würde ich Ihnen empfehlen, auch nur schwarzweiß-Abbildungen davon (im A3 Format und nicht kleiner) mitzunehmen. Es sollten Fotografien sein, die Sie genau an der Stelle gemacht haben, an bzw. von der Sie einzelne geologische Objekte und/oder ein besonderes Panorama zeigen möchten. Wenn Sie über das entsprechende Foto verfügen, haben Sie die Möglichkeit, alle nennenswerten Details präzise auf dem Foto zu zeigen. Ich kann Ihnen versichern, dass dadurch alles unmittelbar verständlicher wird.
Am besten ist es, Sie verwenden plastifizierte Abbildungen, damit sie vor Verschleiß und Regen geschützt sind! Es sind Laminiergeräte am Markt erhältlich (mit entsprechenden Plastikfolien im Format A4 und A3), die ungefähr € 20 kosten. Ich selbst habe mir so ein Gerät vor Jahren einmal zugelegt und benutze es immer wieder zu diesem Zweck (Abb. 10).

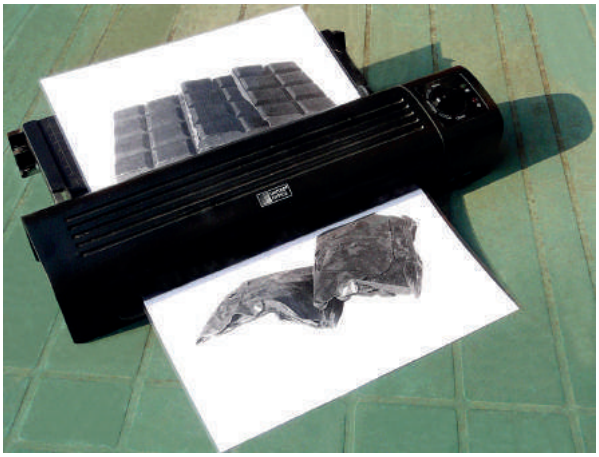


Abb. 10

Verwenden Sie für Ihre Erklärungen vor Ort nicht nur Fotografien, sondern auch Zeichnungen, Skizzen, geologische Karten (sehr vereinfachte Karten!), geologische Querschnitte und jedes andere grafische Material, das Sie finden können. Das Internet sowie im Papierformat vorhandenes, populärwissenschaftliches Material stellen eine unerschöp!

STRATEGIEN

f) Nicht mehr als drei Auswahlen

Sollte im Rahmen einer Erklärung der Bedarf bestehen, eine Klassifikation oder Alternativen zu einer Lösung vorzubringen, sollten Sie darauf achten, dass nie mehr als drei Ansätze bzw. Möglichkeiten vorhanden sind, besser noch, wenn es nur zwei sind. Weiß oder schwarz. Weiß, schwarz oder grau. Für das menschliche Gehirn steigt die Schwierigkeit, eine Lösung zu finden, bei mehr als drei Auswahlmöglichkeiten exponentiell an. Um die Aufmerksamkeit sinkt entsprechend.

Abb. 10
Laminiergerät für Blätter im A3 Format.

g) Verstehen und dann weitermachen

Dies kann als eine Konsequenz des vorhergehenden Punkts angesehen werden. Seit einigen Jahren nennt man dies *nachhaltige Information*. Es handelt sich um einen grundlegendes Konzept für die mündliche und schriftliche Weitergabe von Wissen, egal, ob dieses in Form von Exkursionen oder innerhalb von Museen geschieht. In Ihrem Fall müssen die Personen, die Ihrer Exkursion folgen, Sie beobachten und Ihnen zuhören, stets das Gefühl haben, dass die Informationen, die Sie ihnen übermitteln, für sie verständlich sind. Nur so sind die Personen dazu motiviert, weiterhin zuzuhören und Ihnen volle Aufmerksamkeit zu schenken.

h) Durch Beispiele erläutern

Mein Tipp: erläutern Sie so viel wie möglich durch Beispiele. *„Was bedeutet das?“* Um den „Nicht-Fachleuten“ die Bedeutung gewisser Daten, eines Prozesses, der Beziehung zwischen Ursache und Wirkung zu erklären, ist es oft vorteilhaft, Beispiele aus dem täglichen Leben zu nennen bzw. bekannte, allgemein benutzte Gegenstände zu verwenden. Ein Beispiel allen anderen voran (wenn Sie sich ein bisschen anstrengen, werden sie Dutzende Beispiele finden, die Sie für den Großteil der Themen und Kontexte der Geowissenschaften benutzen können): die *Muren*.

Bitte beachten Sie, dass jedes verwendete Beispiel nicht unbedingt konkret umgesetzt werden muss, um wirkungsvoll zu sein, es reicht eine Beschreibung mit angemessenen Worten völlig aus. Nachdem es sich um Gegenstände und Kontexte aus dem täglichen Leben handelt, wird es für die Zuhörer einfach sein, sich bildlich vorzustellen, was Sie mit Wörtern und Gesten beschreiben (aber diesen Tipp werden wir später wieder aufgreifen, wenn wir über die *Coleman-Methode* sprechen; Kap. 3, k).

Aber kehren wir einen Moment zu den *Muren* zurück, um darzulegen, was ich unter einer *Erläuterung durch Beispiele* verstehe. Ich gehe davon aus, dass meine Leser die Bedeutung des Ausdrucks *Mure* kennen: Was gibt es Besseres als ein Glas Honig, das auf eine zur Simulation von Tälern und Gebirgen etwas zerknüllte Titelseite einer Wochenzeitschrift (die normalen Seiten sind zu dünn) geleert wird? Aber das reicht noch nicht aus.

Bevor Sie den Honig (Abb. 11) wie Regen auf das Relief tropfen lassen, verteilen Sie darauf auch verschieden große Brotkrümel, Rosinen und - um wirklich zu übertreiben - auch Mandel- und Nussstücke (samt der Schale). wie der Honig in seiner nicht ganz langsamen Talfahrt, die dennoch wesentlich langsamer als ein Wasserlauf erfolgt, ganz mühelos sowohl kleine



Abb. 11
Honig kann zum Beispiel ganz konkret die Beförderung von Feststoffen (Muren) darstellen, die typisch für die Schwemmkegel sind.

Abb. 11

als auch riesengroße Fragmente in sich aufnimmt, nimmt auch die Mure die Felsbrocken und -teile auf, die sie entlang ihres Streckenverlaufs vorfindet.

i) Kurz zusammenfassen

Versuchen wir, ein Gebirgsgebiet zu betrachten, in das ihre zukünftigen Exkursionen führen werden. Beginnen wir damit, herauszufinden, was wir Geologen sehen und versuchen wir, die Evidenzen so kurz wie möglich zusammenzufassen. Alles, was uns umgibt, kann immer in nur zwei Kategorien zusammengefasst werden: *Substrat* und *Bedeckung* (merken Sie sich für die Zukunft diese wichtige Unterscheidung).
Zum *Substrat* gehören die mehr oder weniger antiken sowie mehr oder weniger deformierten Gesteinsfolgen. Zur *Bedeckung* hingegen zählen die mehr oder weniger neuen Ablagerungen (vorwiegend nicht zementiert, d. h. locker), die aufgrund ihrer Beschaffenheit das Gestein des *Substrats* abdecken. Im Allgemeinen kann eine *Bedeckung* logischerweise in Talböden oder am Fuße großer, spröder und zerbröckelter Felswände in maximaler Konzentration auftreten. In raren Fällen ist die Kontaktstelle zwischen den beiden sichtbar. Häufig ist diese Stelle durch die Vegetation verdeckt bzw. liegt weit unter der topographischen Oberfläche.
Substrat und *Bedeckung*: Diese Unterteilung muss für Ihre Zuhörer zu einem konzeptuellen Fixpunkt werden. Es sind zwei Welten, die zwar übereinander liegen, und dennoch Lichtjahre voneinander entfernt sind. Zwischen ihnen liegt oft eine in Dutzenden oder Hunderten Millionen Jahren quantifizierbare Zeitspanne. Während dieser Zeit fanden zuerst die Vergrabungen (bezogen auf das Gestein des *Substrats*) statt, worauf Schubbewegungen der Erdkruste, Deformationen und Erhebungen und letztendlich gewaltige Erosionen und allgemeine Bergrutsche folgten.
Innerhalb des Geoparks ist der Großteil der *Bedeckung*, auf die Sie treffen werden, zwischen 18.000 (übereinstimmend mit der raschen Gletscherschmelze im Würm, Kap. 4, XI) und der heutigen Zeit gelegen. Im Gegenteil dazu sind die Gesteine im *Substrat* desselben Gebiets ungefähr zwischen 460 und 200 Millionen Jahre alt (Paläozoikum und Teil des Mesozoikums).
Ich könnte Ihnen nun einen archäologischen Vergleich mit einem Standort des Geoparks selbst empfehlen. Sollte der Weg einer Ihrer zukünftigen Exkursionen dort vorbeiführen, besuchen Sie den Standort und ziehen Sie die geologische Parallele, die ich Ihnen vorschlage.
Wir befinden uns in Zuglio (But-Tal), dem antiken *Iulium Carnicum*, einer blühenden römischen Stadt, die 452 n. Chr. von Attila zerstört wurde und erst in den vergangenen Jahrhunderten wieder auferstanden ist. Wo man heute auch nur gräbt, kommen unter den modernen Bauten die alten Ruinen und Zeugen einer weit zurückliegenden Vergangenheit zum Vorschein. Sie sind das *Substrat*, auf dem sich in neueren Zeiten die *Bedeckung* gebildet hat, was mit der Entstehung der heutigen Ortschaft Zuglio gleichzusetzen wäre. Die Geschichte der Ortschaft Zuglio und die des *Iulium*

Carnicum sind sehr unterschiedlich. Ihre Spuren sind fassbar (Mauern, Säulen, Mosaikböden, Straßen, Wasserbauten usw.), sind heute übereinander geschichtet und berühren sich. Auswirkungen und Geschichten, die sowohl physisch als auch zeitlich leicht voneinander getrennt werden können. Und das auch von Nicht-Archäologen. So wie in der *Bedeckung* in Zuglio (die neueren Gebäude) in den Wänden oft die antiken Steine des *archäologischen Substrats* verwendet wurden, „überarbeitet und verwandelt" auch die *geologische Bedeckung* (neuere Ablagerungen) einen Teil der Gesteine, die das *geologische Substrat* darstellen. In Fragmente, Körner und Teilchen reduzierte Gesteine wurden dem Relief entrissen und am Fuße der Felswände bzw. in den Talböden verbreitet.
Kurz gesagt, muss Ihnen noch eine beispielhafte Erläuterung (Sie selbst können ganz alleine neue Beispiele finden) gelingen, dass ihre Zuhörer, die keine Geologen sind, ebenfalls klar zwischen *Substrat* und *Bedeckung* unterscheiden können. Diese beiden geologischen Fachausdrücke müssen auch in den Wortschatz ihrer Exkursionsteilnehmer aufgenommen werden.

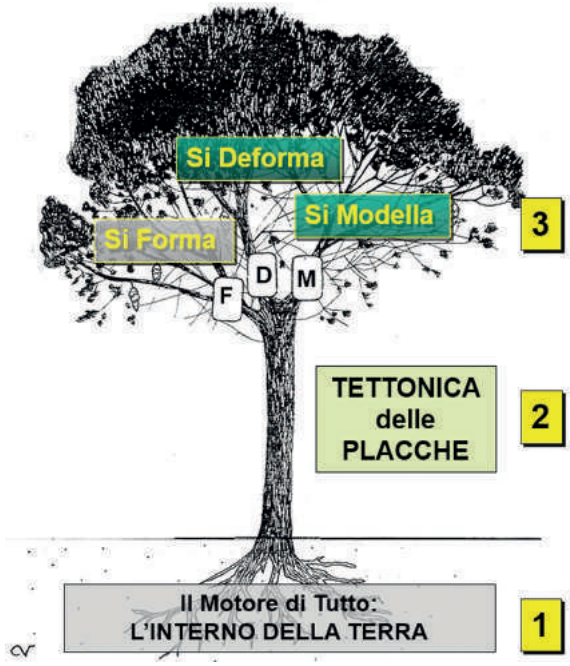


Abb. 12
Der Wissensbaum der Geologie.

Abb. 12

j) Hierarchisierung

Ich erlaube mir, Ihnen einen Tipp zu geben. Diesen Tipp wende auch ich jedes Mal an, egal, ob ich eine Exkursionen leite, die anwesenden Personen in ein geologisches Gespräch einbinde oder meine Unterrichtseinheiten organisiere und aufbaue: *„Hierarchisieren Sie immer die Informationen, die Sie übermitteln möchten. Organisieren Sie sie in der Form eines Baums. Mit einem Stamm, ein paar Ästen, wovon jeder seine Zweige hat und das entsprechend Laub trägt."*
Die Hierarchie vereinfacht die Verinnerlichung und hilft uns gleichzeitig dabei, erhaltene Informationen ohne Durcheinander wieder aufzurufen und neue Informationen hinzuzufügen (Abb. 12).
Fehlt die Hierarchie, verwandelt sich Ihr Wissen in einen Strauch. Jeder Zweig sieht aus wie alle anderen. Und jedes Mal, wenn Sie etwas in ihrem *Straucharchiv* suchen, werden Sie sich zwischen den vielen gleichen Zweigen verirren, was Ihre Suche fehlschlagen lässt. In diesem unglücklichen Fall wird die Verwendung des Wissens (bzw. der Informationen, die Sie aufgenommen haben oder gerade aufnehmen) sofort ungenau und schwierig. In der Folge wird es gelinde gesagt

unwahrscheinlich, dass man sich die Informationen einprägt.

Für Sie als *Geopark-Führer* bedeutet das Hierarchisieren der Informationen, die Sie während einer Geo-Exkursion übermitteln möchten, oft, auf verständliche Weise „eine Geschichte zu erzählen". Und wie jede richtige Geschichte, wird auch Ihre Geschichte einen Anfang (die ältesten Gesteine, denen Sie begegnen) und ein Ende (das derzeitige Aussehen des Gebiets) haben. Dazwischen finden unglaublich viele Informationen Platz.

Wie Sie bereits gesehen haben, wählen Sie selbst, *was Sie nicht sagen*. Nach einer einleitenden Selektion müssen Sie alles Übriggebliebene hierarchisieren. Und dazu gibt es viele unterschiedliche Methoden, die wir uns hier eingehender betrachten möchten. Ohne auf den Inhalt einzugehen, nehme ich ein konkretes Beispiel und nutze es als idealen Übungsplatz für die Verbreitung.

Ich werde versuchen, die *Geo-Exkursion Cima Sappada - Sappada* (Abb. 13) zu vivisezieren, deren Themen von den Geometrien der organogenen Riffe der Trias über die Turbiditschichten desselben Zeitalters, die alpinen Deformationen zur Vergletscherung im Würm und Spätwürm, die im Paläozoikum entstandenen und während des Quartärs (Oberes Pleistozän und Holozän) verschwundenen Paläo-Seen bis hin zu den Flusserosionen reichen. Möchte noch jemand etwas hinzufügen? Diese Exkursion ist wirklich reich an Dingen, die gezeigt und begreiflich erklärt werden müssen.

Wenn wir dann noch bedenken, dass all das an nur einem Tag übermittelt werden muss, wird alles noch komplizierter (aber nur vermeintlich). Hinzu kommt noch, dass Sie beachten müssen, dass Ihre Exkursionsteilnehmer sowohl vom Alter als auch von der geologischen Bildung her sehr unterschiedlich und verschiedenartig sein können. Ein wahrer Prüfstand!

Die „Geschichte" , die wir erzählen müssen, ist komplex. Aber wie auch jede andere Geschichte, kann auch diese bzw. muss sie zusammengefasst werden. Auch eine Zusammenfassung ist eine ganz besondere Art und Weise, Informationen hierarchisch zu ordnen. Es ist so, als ob man den als eingehende Metapher verwendeten großen Baum in einen *Bonsai verwandeln* würde, um ihn aus der Nähe zu betrachten. Nachstehend erkläre ich meine Vorgehensweise. Sie können sich aber mit der Zeit und mit Ihrer Erfahrung unterschiedliche Vorgehensweisen erarbeiten, die mindestens gleich so gut funktionieren, wenn nicht sogar besser.

Der *Treffpunkt* eignet sich für die Präsentation des Inhalts (und der Logistik) der Exkursion. Bitte beachten Sie folgende Faustregel: „*In der Kürze liegt die Würze*". Ich gestatte Ihnen zwischen sieben und zehn Minuten, aber nicht mehr. Über dieses Limit hinaus würden Sie bei den Anwesenden auf Taubheit stoßen. Die Informationen müssen kurz und bündig gehalten werden und dennoch in der Lage sein, alle bzw. den Großteil der Kapitel der gesamten Geschichte zu nennen.

Wir befinden uns also am Treffpunkt der Exkursionsteilnehmer im Zentrum von Cima Sappada, in der Nähe eines großen Parkplatzes. Die sieben

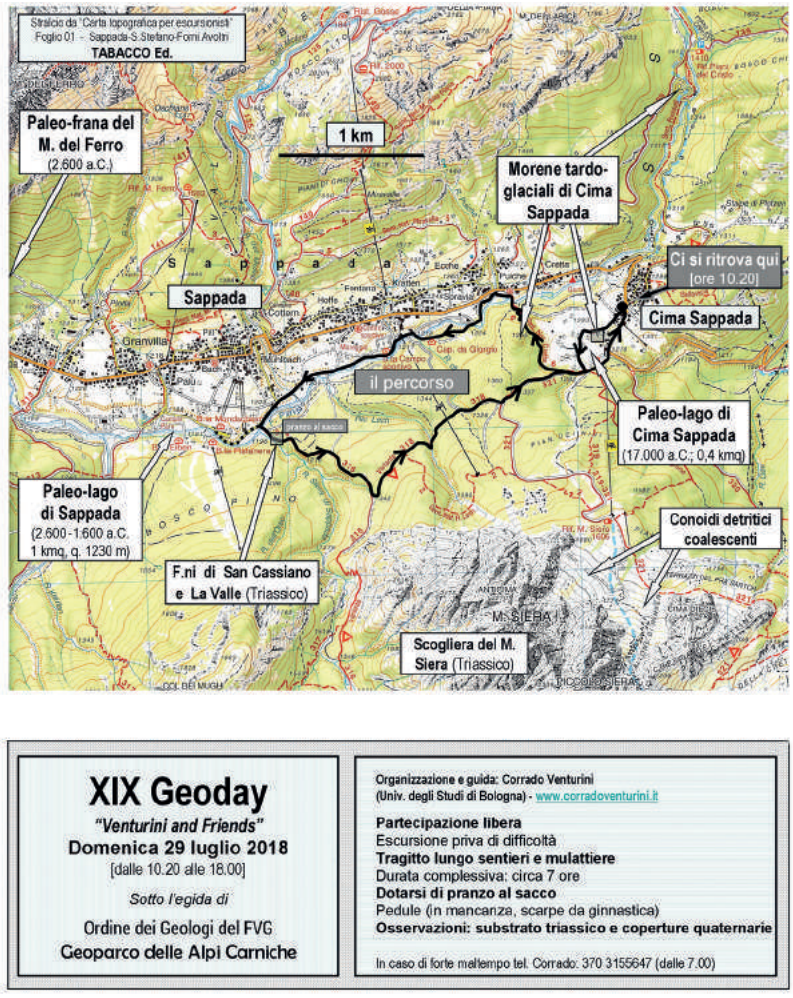


Abb. 13

Minuten (inklusive der Logistik-Informationen dürfen es auch acht werden) könnten demnach dazu verwendet werden, die Gruppe willkommen zu heißen und die Ziele des gemeinsam zu verbringenden Tags festzulegen (Abb. 13). Sehen wir uns um, lassen wir unseren Blick langsam auf 360° schweifen. Versuchen wir, alles was wir sehen, in wenige wichtige Kategorien zusammenzufassen.

Die Nicht-Geologen könnten vorschlagen: Vegetation (Wiesen und Felder) und Felswände.

Das Auge des Geologen hingegen empfiehlt: Stufen und Erhebungen (mit Wiesen und Wäldern bekleidet) einerseits und Bereiche mit mittlerem bis starkem Gefälle (bekleidet mit Wäldern oder nacktem Fels) auf der anderen. Beobachten Sie, wie die erste „Kategorie" - Stufen und Erhebungen

Abb. 13
Im Flyer dieser Exkursion sind auch die Ziele kurz zusammengefasst. Sie stellen die Themen der einzelnen Haltepunkte dar.

- in den niedrigeren Höhenlagen konzentriert ist, während die zweite Kategorie dicke Wände eines enormen Behältnisses mit extrem unregelmäßigen Konturen zu formen scheint. Unser Behältnis ist nichts anderes als das felsige, von Fluss- und Gletschererosionen ungleichmäßig eingeschnittene und modellierte *Substrat*.
Der spärliche „Inhalt" des Behälters, der sich konzentriert am Behälterboden angesammelt hat, besteht hingegen aus jüngeren Ablagerungen, der so genannten *Bedeckung*. Diese ist auf die Zeit zurückzuführen, zu der sich die letzten Gletscher vom Boden unseres Behältnisses zurückgezogen haben und Oberflächengewässer an ihre Stelle getreten sind. verschiedene Gebirgsbäche mit ihrer Gerölllladung, die regelmäßig in den Talböden hinterlassen und verbreitet wurde.
„Das Alter der Gesteine des Substrats*?"* Um die 230 Millionen Jahre (Trias). *„Das Alter der* Bedeckung*?"* Von vor 16.000 Jahren bis hin zu unseren Tagen, Jahrhundert auf/Jahrhundert ab (Quartär). Hier treffen zwei unterschiedliche Welten aufeinander: Vergleichbar mit einer *Tortenform* und dem *Teig* (nur ganz wenig Teig), der eingefüllt wird, sich am Boden der Tortenform ansammelt und nur leicht entlang der Tortenformwände runterrutscht.
Beim *Substrat* und der *Bedeckung* handelt es sich um weit entfernte und vollständig voneinander abweichende Geschichten (Kap. 4, XI). Ebenso unterschiedlich wären die Geschichte der *Tortenform* mit dem dafür verwendeten Material, der Verarbeitung, dem Industriewerk, in der sie ihre Gestalt angenommen hat, und die Geschichte des *Teigs*, der natürlich sein ganz eigenes Leben lebt. Nur einen Unterschied gibt es: In der Geologie besteht nahezu die Gesamtheit der *Bedeckung* aus abgekratzten, zerbröckelten, sich von den Felswänden des Behältnisses abgelösten Blöcken, Fragmenten und Partikeln. Und das soll man sich stets vor Augen führen.
Das *Substrat* behält uns in diesem Sektor (Sappada) oft steile Felsen vor, die sich, wie in den meisten Fällen, in der Meeresumgebung gebildet haben. Vom tiefen Meer einer tropischen Umgebung (vor 230 Millionen Jahren befand sich die Region Friaul-Julisch Venetien ungefähr auf 15° nördlicher Breite) bis hin zu einem mitteltiefen Meer. Die Ablagerungen der *Bedeckung* erzählen hingegen von den Gletschern, die, bevor sie sich endgültig aus der Gegend um Sappada zurückzogen, kurze Raststationen eingelegt haben und dadurch bogenförmige Moränenablagerungen (stadiale Moränen) gebildet haben.
Das ist noch nicht alles. Weitere Ablagerungen der *Bedeckung* erzählen auch vom Entstehen und Verschwinden einiger Seen (zwei Paläo-Seen). Einer davon lag genau hier, in Cima Sappada, der andere See bedeckte den Boden des Beckens von Sappada. Diese Paläo-Seen entstanden aus sehr unterschiedlichen Gründen und zu sehr unterschiedlichen Zeiten. Und zwar der eine vor 16.000 Jahren (Cima Sappada) und der andere circa 2.600 v. Chr. (Sappada). Wie Sie sehen können, tarnen sie sich heute wunderbar. Nur ein Geologe kann sie mit Sicherheit erkennen und die kristallklaren Gewässer von anno dazumal erahnen.

Die Ablagerungen der *Bedeckung* beenden ihre Geschichte mit der Aggressivität des Flusses Piave, der genau über Cima Sappada entspringt. Diese Aggressivität hat in den letzten tausenden Jahren einen Teil der Moränen- und Seenablagerungen abgetragen und zerstört und somit die Geologen sowie Nichtgeologen etwas verwirrt.
Ende Ihrer sieben Minuten. Sagen Sie nichts mehr, es wäre jetzt unnütz und würde den Großteil der Teilnehmer einfach nur mit Informationen überlasten. Denken Sie immer daran, dass Ihr Publikum das erste Mal Ihren „Erzählungen" zuhört. Schließen Sie sie nicht gleich kurz, wo sie gerade erst den Stecker eingesteckt haben!

k) Die Gestik (Coleman-Methode)

Ein *Geopark-Führer*, der während der Exkursionen bei seinen Erklärungen nicht gezielt und motiviert gestikuliert, ist wie ein Orchesterleiter, der seinen Dirigierstab nur mit minimalen, beinahe unsichtbaren Handbewegungen bewegt. Ich bitte Sie eingehend, die Dynamiken, die uns die Geologie darbietet, bei der Erklärung der verschiedenen geologischen Prozesse langsam zu mimen.
Alles bzw. fast alles kann in der Geologie mithilfe der *Coleman-Methode* dreidimensional dargestellt werden. Diese Methode wird „*Coleman-Methode*" genannt, weil „Coleman" dem italienischen „Con le mani" („Mit den Händen") ähnelt. Und ich kann

Abb. 14
Die Coleman-Methode ist auch während der Exkursion sehr hilfreich.



Abb. 14

Ihnen versichern, dass durch den Einsatz dieser Methode vieles verständlicher wird.

Sie selbst werden anhand Ihrer Kenntnisse eines geologischen Prozesses, einer Erscheinung oder einer Reihe von am Gebiet vorhandenen Auswirkungen intuitiv genau wissen, wie Sie deren Dynamik unter Zuhilfenahme der *Coleman-Methode* am besten darstellen.

Zum Beispiel können Sie einfach mit den Händen die Bewegungen der in einen Absetzungsprozess verwickelten Partikel (das Herabfallen feinster Partikel in ein ruhiges Gewässer) oder die Strömung hin zu den Meeres- oder Seetiefen während eines Suspensionsstroms mimen und leicht verständlich machen.

Oder Sie können, ebenfalls mit derselben Methode, sehr realistisch und mit szenischem Effekt die Dynamik der tektonischen Überlappung großer Felsvolumen während der Kompressionen in einer Orogenese (Kap. 4, IX) oder auch das Vorschreiten eines Seeufers bzw. die Entstehung einer Flussterrasse (Kap. 4, XVII) oder aber die Bewegung zweier Bruchflügel einer Verwerfung (Kap. 4, VII) erklären (Abb. 14).

Die Miteinbeziehung des gesamten Körpers in diese Gestik kann sich für die Erklärung noch komplexerer Fälle als nützlich erweisen. Michael Jacksons *Moonwalk* zeigt beispielsweise die Zuflüsse in eine Gletscherzunge während des Rückzugs derselben. Beachten Sie, dass die Gletscherzuflüsse und der Rückzug der Gletscherfront in entgegengesetzte Richtungen verlaufen (Kap. 4, XII) und deshalb meistens schwer verständlich sind.



Foto L. Coradazzi

4 GRUNDKONZEPTE DER GEOLOGIE

Um die Geologie des äußeren Nordostens von Italien und insbesondere der Karnischen und Kärntner Alpen zu verstehen, ist die Erarbeitung einer Reihe von Grundkonzepten und deren Anwendung auf die geologische Umgebung vor Ort unverzichtbar. Die Übermittlung dieses Wissens durch die *Geopark-Führer* an ihre Exkursionsteilnehmer hängt direkt von der korrekten Anwendung dieser Konzepte und der Verwendung entsprechender Strategien ab, die deren Verständnis erleichtern und fördern.
Im Anschluss finden Sie eine Aufzählung der als unverzichtbar anzusehenden geologischen Grundkonzepte. Für jedes Konzept werde ich eine mögliche Strategie vorstellen, um es auch einem breiten Publikum aus geologiebegeisterten Nichtgeologen verständlich zu machen. Der Reihe nach gehe ich hierbei auf folgende Punkte ein:

***I)** Erdzeitalter. **II)** Materialisierung des Erdzeitalters. **III)** Paläoumgebungen. **IV)** Absolutes und relatives Alter. **V)** Paläomagnetismus und Paläobreiten. **VI)** Schrägschichtungen. **VII)** Verwerfungen. **VIII)** Synsedimentäre Tektonik. **IX)** Orogenese. **X)** Tektonische Schuppen. **XI)** Substrat und Bedeckung. **XII)** Vergletscherung und Eiszeiten. **XIII)** (Glaziale) Exaration und (fluviale) Erosion. **XIV)** Flussanzapfungen. **XV)** Paläo-Erdrutsche und Erdrutsche. **XVI)** Paläoseen und Stauseen. **XVII)** Flussterrassen. **XVIII)** Schutt- und Schwemmkegel.*
Das Verständnis dieser Konzepte ist die Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Ausführung Ihrer Tätigkeit als *Geopark-Führer*. Wenn Sie diese Seiten lesen, kennen Sie bereits die Buchstaben des *geologischen Alphabets*, das Sie Ihrem Publikum gegenüber verwenden werden. In diesem Kapitel setzen wir diese Buchstaben zu Wörtern mit einer besonderen Bedeutung zusammen.
Anschließend lernen wir, aus diesen Wörtern Sätze zu bilden, die bestimmte Situationen beschreiben und die Entwicklung und Entstehung der geologischen Veränderungen eines Gebiets im Laufe der Zeit wiedergeben können. Hierbei müssen wir uns immer das Ziel vor Augen halten, nicht nur Wissen zu vermitteln, sondern auch und vor allem ein Gefühl von Begeisterung und Bewunderung zu erzeugen.

I) Erdzeitalter

Der Begriff ist direkt mit der Geologie verbunden: ihre Erzeugnisse - vom gesamten Planeten Erde bis hin zum winzigsten Sedimentkörnchen - entstehen, überstehen und verwandeln

sich über unvorstellbar lange Zeiträume im Vergleich zu denen der Menschen. Wir erwachsenen Menschen können uns (geistig) problemlos durch tausende Jahre geschichtlicher und archäologischer Zeiten bewegen. Ohne große Anstrengung und mit relativer Leichtigkeit ordnen wir unsere neolithischen Vorgänger auf einem gedachten Zeitstrahl ein. Versuchen wir jedoch, uns auf demselben Zeitstrahl das Zeitalter von Lucy (Menschenaffe, der vor über drei Millionen Jahren in Zentralafrika lebte) oder die spätere indoeuropäische Diaspora ihrer direkten Nachfahren vorzustellen und einzuordnen, bekommen wir Schwierigkeiten.

Wenn man dann versucht, sich eine Art *Kalender der Erde* genauer vorzustellen, die Zeiten, in denen in Osoppo Nashörner herumspazierten (vor etwa fünf Millionen Jahren) oder sogar als sich im Tal des Wildbachs Uqua die Schalen der heute ältesten Fossilien der italienischen Halbinsel ansammelten (vor 460 Millionen Jahren), da kann einem schon ganz schwindelig werden, und die meisten von uns werden sagen *„Ich komme nicht mehr hinterher...“*. Das ist der Punkt, an dem viele bereits in der ersten Runde das Handtuch werfen und ihren Geist gegenüber weiteren geologischen Informationen verschließen.

Um zu vermeiden, dass Exkursionsteilnehmer frühzeitig das Interesse verlieren, sind Strategien nötig, um die geologische Zeit auch Nichtgeologen näher zu bringen und sie mit ihr vertraut zu machen. Hierzu möchte ich Ihnen zwei sehr unterschiedliche, gezielte Strategien aufführen.

Die erste besteht darin, sich die Erde mit ihrer ewigen Dynamik (der inneren, nicht wahrnehmbaren sowie der äußeren, für alle sichtbaren Dynamik) als enormen Organismus vorzustellen, der sich langsam und konstant verändert. Aufgrund seiner Größe werden auch die Veränderungen nur extrem langsam sichtbar. Wenn man unsere Zeit mit der unseres Planeten vergleicht, entspricht eine Million „Lebensjahre“ der Erde nur einem Jahr im Leben eines Menschen.

Somit könnten wir zum Beispiel vereinfacht sagen, dass die ältesten *Sedimentgesteine* der Region Friaul-Julisch Venetien und der gesamten italienischen Halbinsel ... 460 *Standardjahre* alt sind. Durch den Vergleich verschiedener Zeitalter können wir auf einen Begriff getrost verzichten, der ganze Generationen abschreckt und aufgeben lässt: „Millionen“.

Die zweite Strategie kann alternativ oder ergänzend zur ersten angewandt werden. Hierbei geht es darum, den mehr oder weniger alten bzw. mehr oder weniger frühen Gesteinsgruppen zeitliche Adjektive zuzuordnen. Indem man sich auf das Alter der Sediment- und Vulkangesteinsablagerungen bezieht, die das Skelett Nordostitaliens bilden, kann man diese in *früheste, frühe, uralte, alte, jüngere und jüngste* unterteilen (Abb. 15).

Die *frühesten* Ablagerungen können auf das Paläozoikum (vor circa 460-320 *Standardjahren*) zurückgeführt werden und sind vor der *variszischen Orogenese* der Karnischen Alpen entstanden. Die *frühen* Ablagerungen (circa 310-200 *Standardjahre* alt) umfassen jene nach der *variszischen*

Orogenese und reichen bis zum Ende der Trias, genauer gesagt, von den für die Gegend um das Nassfeld typischen Gesteinen bis hin zu denen, die fast den gesamten Monte Amariana bilden.
Die *uralten* Ablagerungen (circa 200-50 *Standardjahre* alt) sind hingegen die des übrigen Teils des Mesozoikums (Jura und Kreide) sowie die des ersten Teils des darauf folgenden Känozoikums (Paläozän).
Die *alten* Ablagerungen (50-2 *Standardjahre* alt) überdecken den übrigen Teil des Känozoikums. Die im geologischen Sinne *jüngeren* Ablagerungen reichen bis circa 12.000 Jahre zurück und entsprechen dem berühmten Pleistozän (Quartär). Der letzte Begriff der *jüngsten* Ablagerungen bezieht sich auf jene, die uns am nächsten liegen. Sie haben sich im Holozän (dem letzten Teil des Quartärs), ungefähr in den letzten 12.000 Jahren der Erdgeschichte gebildet.

II) Materialisierung des Erdzeitalters

Dieses Konzept muss unbedingt von Ihnen vermittelt und von Ihren Zuhörern verstanden werden. Ihr Gegenüber muss sich bewusst sein, dass alle Ablagerungen, ob Sediment oder Vulkangestein, auch eine physische Materialisierung der Zeit darstellen.
Jedes Mal, wenn jemand eine Gesteinsschicht berührt, wird eine besondere *Zeitmaschine* aktiviert, die in der Lage ist, die Person einzusaugen und ein paar tausend bis hunderte Millionen Jahre in die Vergangenheit zu transportieren.
Das Gefühl ähnelt dem, wenn Sie ein Foto Ihrer Urgroßeltern auf einer Straße im Ortszentrum genau betrachten. Man begibt sich auf eine Art persönliche Reise durch die Zeit. Im Falle der Gesteine kommt noch die taktile Erfahrung hinzu. Die Geologie lässt uns die fernste Vergangenheit des Gebiets, das wir durchqueren, „berühren".

Abb. 15
Empirische Tabelle der den stratigraphischen Abfolgen des nordöstlichen Alpensektors zugewiesenen Zeitalter.

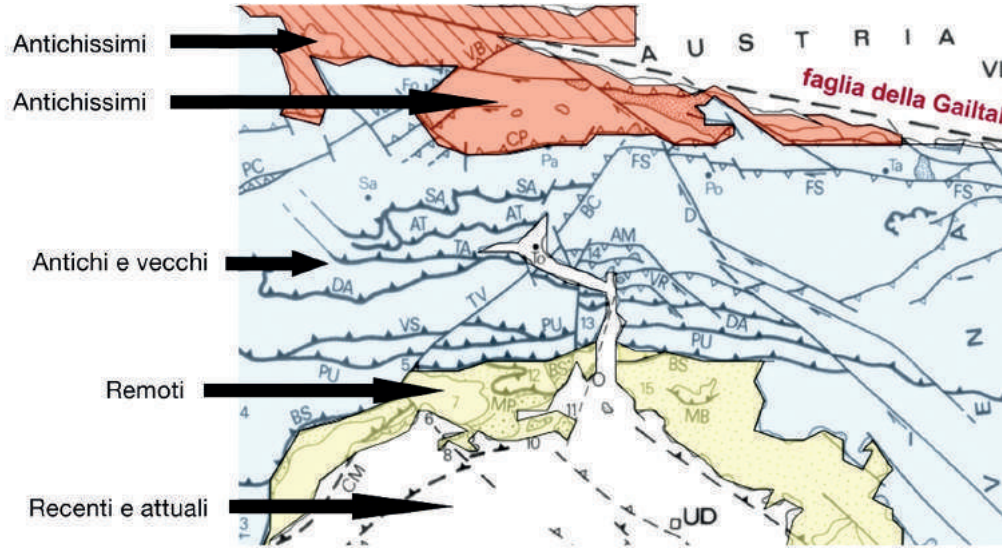


Abb. 15

Die Zeit materialisiert sich, sie verwandelt sich in einen dreidimensionalen Gegenstand. Wenn Sie sich auf einem Felsen abstützen oder ein Stück von ihm in der Hand halten, berühren Sie körperlich die fernste Vergangenheit der Erde und erwecken sie in Ihrer Hand zum Leben. Diese Erfahrung müssen Sie Ihren Exkursionsteilnehmern ermöglichen und buchstäblich offenbaren.

Und das ist noch nicht alles. Von meiner Freundin Sara, die ebenfalls Geologin ist, habe ich erfahren, dass Steine auch Paläogerüche einschließen können, die in dem Moment erzeugt wurden, als sie entstanden sind. Zerschlagen Sie vor den Augen Ihrer Exkursionsteilnehmer einen Stein und fordern Sie sie auf, ihn wie eine Kristallkugel zu betrachten, in der man Szenen aus der Vergangenheit sehen kann.

Ermuntern Sie sie dann, an der Oberfläche zu riechen, auf die Sie soeben mit dem Hammer geklopft haben. Es werden Gerüche freigesetzt, die für Millionen Jahre in einem Stück Zeit gefangen waren und nur darauf gewartet haben, in genau diesem Moment enthüllt und befreit zu werden.

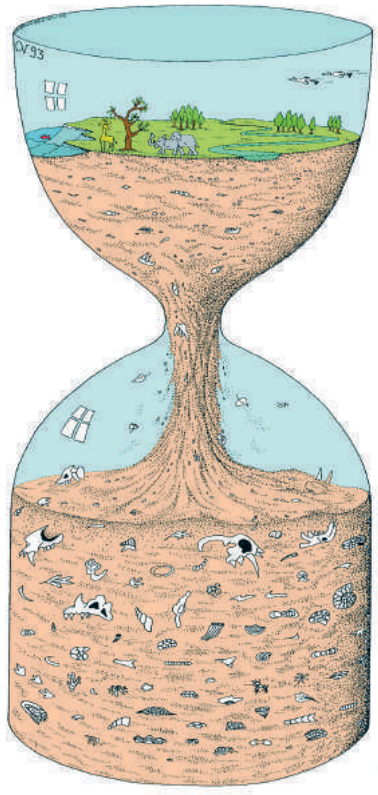


Abb. 16

Veranschaulichung, die das Konzept der derzeitigen Umgebung, die geologische Zeit und die Verwandlung der geologischen Momente in einem dreidimensionalen Archiv vereint.

Abb. 16

III) Paläoumgebungen

Dieses wichtige Konzept muss Ihren Exkursionsteilnehmern unbedingt verständlich gemacht werden, damit sie die Geheimnisse entdecken können, die im Gestein eingeschlossen sind. Anhand der vielfältigen Eigenschaften der Gesteinsfolgen kann man auch nach hunderten Millionen Jahren sehr präzise die Landschaft oder Umwelt rekonstruieren, in der sich diese Ablagerungen gebildet haben (Abb. 16).

Zum Beispiel kann es vorkommen, dass eine Schichtenfolge, auch wenn Sie sich in unseren Augen heute in Gebirge verwandelt hat, eine ferne Vergangenheit enthüllt, in der jede Schicht einmal der Grund einer tropischen Lagune war. Das ist innerhalb des Geoparks nicht ungewöhnlich, zum Beispiel, wenn man die Sedimentabfolgen des Devons und der Trias betrachtet.

Dasselbe Konzept gilt auch umgekehrt und wird so noch verständlicher. Man muss sich nur die Zukunft der Flussablagerungen - Schichten und Bänke aus Kies, Sand und Schlick - der heutigen friulanischen Ebene in ein paar dut-

zend Millionen Jahren vorstellen. Sie werden aussehen wie Ansammlungen von Zementschichten, nunmehr aufgeworfen und unterschiedlich verformt durch das Voranschreiten der Deformationsfront der Alpen in Richtung Süden.
Wer in ferner Zukunft noch in der Lage sein wird, aus dem Gestein zu „lesen", wird die heutige Flusslandschaft und die Flussrichtung der alten Flüsse von heute rekonstruieren können. All diese Informationen gewinnt er durch genaue Betrachtung der durch die Zeit überlieferten und weitergetragenen Eigenschaften der Schichtenfolgen.
Paläoumgebungen sind also die Umgebungen der vergangenen Zeit. Ebenso wie sie sind unsere heutigen Umgebungen durch die Ansammlung verschiedenster Ablagerungen entstanden, um eines Tages die Paläoumgebungen der Zukunft zu werden.

IV) Absolutes und relatives Alter

Diese komplexen Konzepte müssen vereinfacht und anhand von Beispielen erläutert werden, damit Ihre Teilnehmer sie verstehen können (Kap. 3, h, i). In diesem Fall wenden wir das Konzept des Alters am Beispiel zweier Bäume an, die derselben Art angehören und im selben Garten gewachsen sind, aber zu unterschiedlichen Zeiten. Wir alle können intuitiv erkennen, welcher der beiden zuerst gewachsen ist. Ohne spezifische Messungen anzustellen, leiten wir es aus dem Durchmesser und der Höhe der Stämme und dem Umfang der Baumkronen ab: *„Dieser hier ist älter als der andere."* Das festgestellte Alter ist relativ.
Man kann sogar, ebenfalls anhand der genannten Eigenschaften, in etwa ableiten, zu welcher Zeit der Baum ursprünglich entstanden ist. *„Dieser Baum könnte aus der Zeit vor dem letzten Weltkrieg stammen."* Es handelt sich ebenfalls um ein relatives Alter, das man versucht, anhand von Indizien, die auf absoluten und allgemein bekannten Anhaltspunkten beruhen, auf einer Zeitleiste einzuordnen.
Um nun am Beispiel desselben Baums vom *relativen Alter* zum *absoluten Alter* überzugehen, müsste man den Baumstamm mit einem Kernbohrer aufbohren und seine Ringe zählen. Anhand der Anzahl der Ringe könnten wir das *absolute Alter* des Baumes bestimmen. Nur so können wir feststellen: *„Er ist 91 Jahre alt"* oder *„Er stammt aus dem Jahr 1927"*, was letztendlich dasselbe bedeutet. Das *absolute Alter* ist eine Zahl, die man - je nach untersuchtem Material - auf verschiedene Arten bestimmt. Bei magmatischem Gestein (und einigen Sedimentgesteinen) bestimmt man das Alter beispielsweise anhand des *radioaktiven Zerfalls*.
Viele von Ihnen werden sich jetzt fragen, ob es angebracht wäre, wo wir schon beim Thema sind, tiefer darauf einzugehen. Ich würde hiervon aus folgenden Gründen abraten: Denken Sie daran, dass Sie auf einer Exkursion sind und dass von den Anwesenden nur wenige daran interessiert sind. Nicht jeder versteht die Erklärung auf Anhieb und somit müssten Sie sie wiederholen. Ähnliche Themen erzeugen außerdem Zweifel und Fragen, die ganz nach dem *Matrjoschka*-Prinzip wieder weitere Fragen nach sich ziehen. Daher ist es viel ratsamer, ein Buch im Kopf zu haben (kein wissenschaftliches Werk,

sondern ein gemeinverständliches), das Sie in diesem Fall empfehlen können. So werden alle Teilnehmer zufrieden sein.

An diesem Punkt eine allgemeine Empfehlung von mir: Überlegen Sie sich für jedes komplexe Thema, auf das Sie bei einer Exkursion stoßen könnten (es wird Ihnen nicht schwer fallen, diese im Voraus zu erkennen), eine Leseempfehlung. Denken Sie daran, sie sollte allgemeinverständlich sein, es sei denn, Sie können bei der Person, die nachfragt, von überdurchschnittlichen Vorkenntnissen ausgehen.

Kommen wir nun wieder auf das *relative* und *absolute Alter* zurück, um das Thema abzuschließen. Im Großteil der Fälle kann das Alter von *Sedimentgesteinsfolgen* nicht mit der Methode des *radioaktiven Zerfalls* bestimmt werden. Die Methode beruht buchstäblich auf einer statistischen Berechnung, nämlich wie viele Atome (Isotope) innerhalb von bestimmten Mineralien sich im Lauf der geologischen Zeit in andere „Atomarten" verwandelt haben. All dies geschieht davon ausgehend, dass jede „Atomart", die dazu neigt, sich zu verwandeln, sich durch eine präzise und wohlbekannte *Halbwertzeit* auszeichnet.

Diese bezeichnet die Zeit, die vergeht, bis die Hälfte der betrachteten Atome sich durch die Abgabe von Energie (direkt mit der *Radioaktivität* verbunden) in eine andere „Atomart" verwandelt hat. Je mehr Zeit vergeht, desto weniger der ursprünglichen Atome finden wir. Stark vereinfacht, können wir aus dem Verhältnis der Anzahl der ursprünglichen Atome und der Anzahl der verwandelten Atome das numerische Alter des Gesteins, also sein *absolutes Alter*, ableiten, zum Beispiel 75 Millionen Jahre.

Bei magmatischen Gesteinen werden die Umwandlungsprozesse in dem Moment aktiviert, wenn das Magma fest wird und die verschiedenen Mineralien

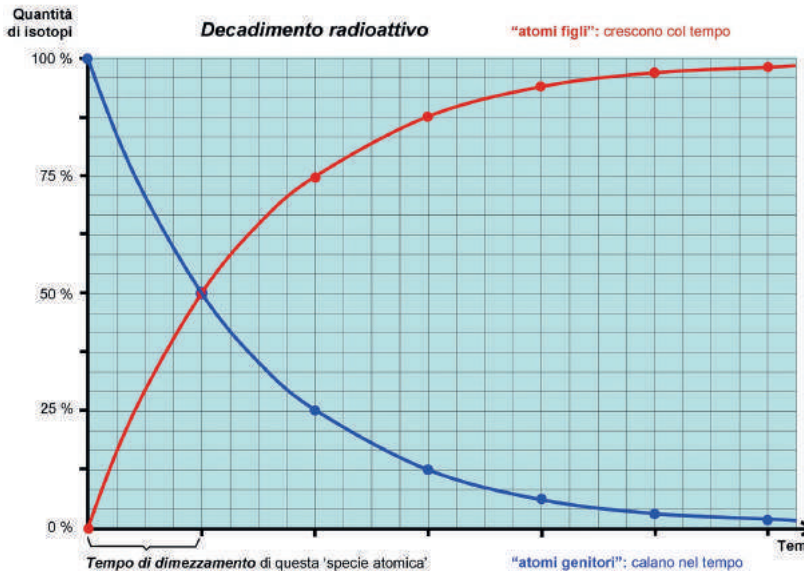


Abb. 17
Kurven des radioaktiven Zerfalls. Auf der Ordinate sind die Isotope in % dargestellt, auf der Abszisse die Zeit. In der Vertikalen muss die Summe der Werte der beiden Kurven (ursprüngliche Atome und neu entstandene Atome) immer 100 % betragen.

Abb. 17

entstehen, die die Ablagerung oder Anhäufung bilden. In diesem Moment beginnt der *radioaktive Zerfall* (Abb. 17). Jedoch ist Vorsicht geboten: Versuchen Sie jetzt, Folgendes zu lesen und selbst die richtige Antwort zu geben. *„Wenn wir das absolute Alter der Ablagerung einer sandigen Ebene, die inzwischen zu Sandstein geworden ist, feststellen wollen, warum ist es dann ein Widerspruch, deren Sandkörner zu verwenden, selbst wenn sie aus Mineralien gebildet sind, die unserem Fall entsprechen (also Atome enthalten, die „sich verwandeln"?"* Die Antwort ist einfach: Auf diese Art würden wir nur das Alter (in Millionen Jahren) der Mineralien und des magmatischen Gesteins erhalten, aus dem die Körner durch Abbröckeln und Erosion abgetrennt wurden, nicht aber das Alter der Sedimentablagerung.

Ein Beispiel: Es ist, als würden wir in einem Artefakt aus Pappmaschee, inmitten der unzähligen Zeitungsausschnitte, aus denen es besteht, einen kleinen Fetzen mit einem noch lesbaren Datum (Oktober 1986) finden. Dennoch wissen wir mit Sicherheit, dass der Gegenstand selbst Ende der 90er Jahre entstanden ist. Es gilt also für das *Sedimentgestein* wie für das Pappmaschee, dass das wahre Alter der Bestandteile höher ist als das Alter seiner tatsächlichen Entstehung. Und an dieser Stelle kommt für viele Arten von *Sedimentgestein* das *relative Alter* ins Spiel, das viel leichter zu bestimmen ist, da es sich auf den paläontologischen Inhalt bezieht, und zwar auf die Fossilien.

„Was bedeutet es also, das Alter einer Folge von Sedimentgesteinen (den meistverbreiteten Gesteinen des Geoparks) zu bestimmen?" Es bedeutet, anhand der darin vorhandenen Fossilien festzustellen, dass diese Schichten älter oder jünger als andere Schichtenfolgen sind, die Fossilien anderer Arten oder Sorten enthalten. Jetzt bleibt nur noch ein Zweifel auszuräumen, aber kein geringer. *„Wie kann man, ausschließlich anhand ihres paläontologischen Inhalts feststellen, dass eine bestimmte Schichtenfolge sich im Campanium, also vor circa 75 Millionen Jahren [absolutes Alter, das der Oberkreide zugeordnet werden kann], abgelagert hat?"*

Hier kommt das unendliche Archiv an Informationen ins Spiel, das Geologen, Paläontologen und Geophysiker aus aller Welt in über einem Jahrhundert zusammengetragen haben. Es enthält Informationen über *absolutes* und *relatives Alter*, die durch die Untersuchung von Gesteinsfolgen des gesamten Planeten gewonnen worden sind.

Auch und vor allem jene, in denen sich mehr oder weniger alte Sedimentschichten (*relatives Alter*) mit vulkanischen Ebenen (*absolutes Alter*) abwechseln. Unter genau diesen Umständen wird es möglich, die beiden verschiedenen Konzepte von Alter gegenüberzustellen, indem man das „relative" kalibriert und auf den Maßstab der absoluten Zeit überträgt. Auf diese Weise entstand die sogenannte *chronostratigraphische Tabelle* (Abb. 18), auf der die *relativen Altersangaben* stratigraphischer Abfolgen (Juragesteine enthalten andere Fossilien als Gesteine aus der Kreide) parallel zu deren *absoluten Altersangaben* dargestellt sind, beispielsweise die, die der Grenze zwischen Jura und Kreide sowie deren jeweiligen Unterteilungen zugeordnet werden.

Abb. 18
Chronostratigraphische Standardtabelle, Stand 2018.

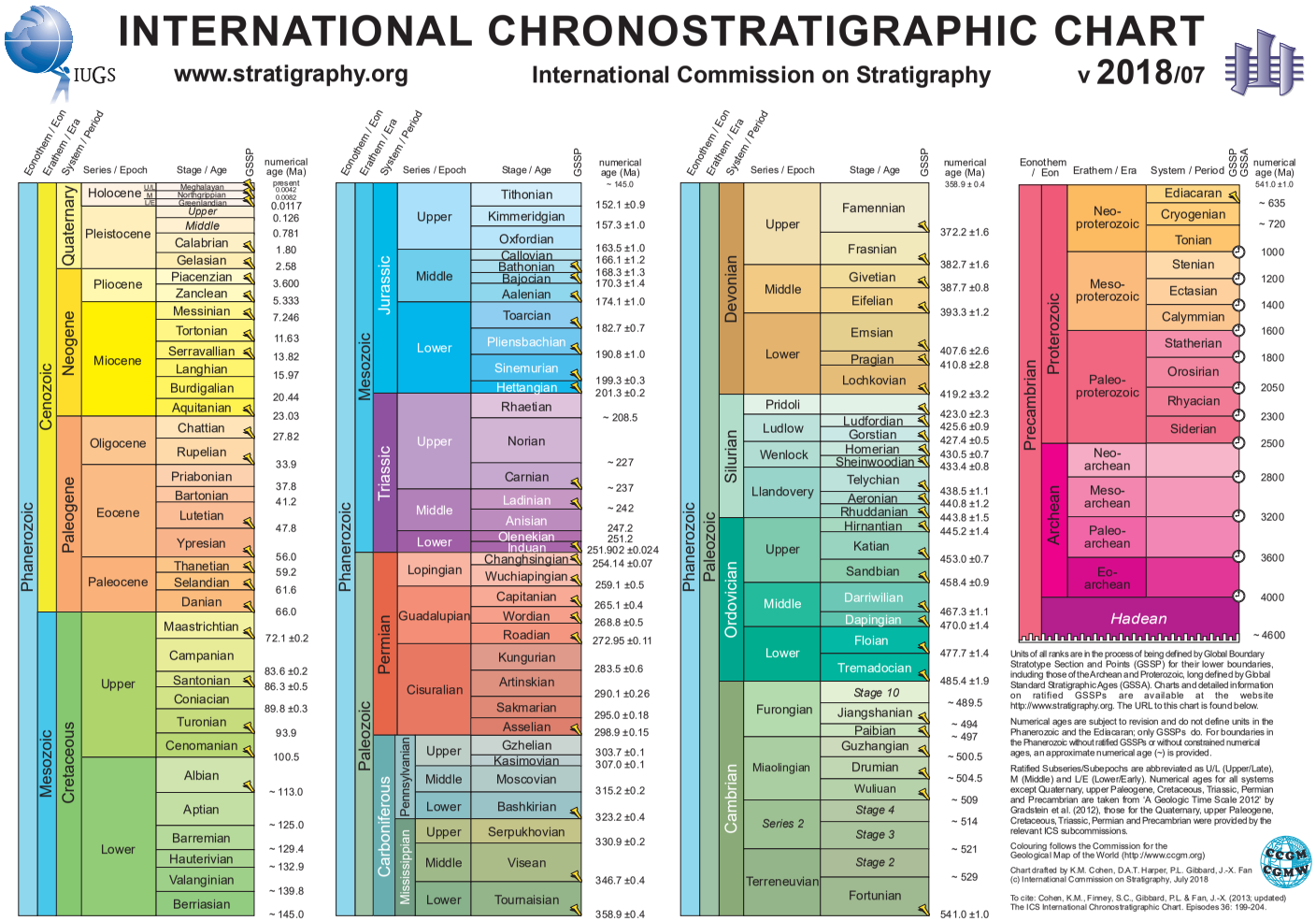
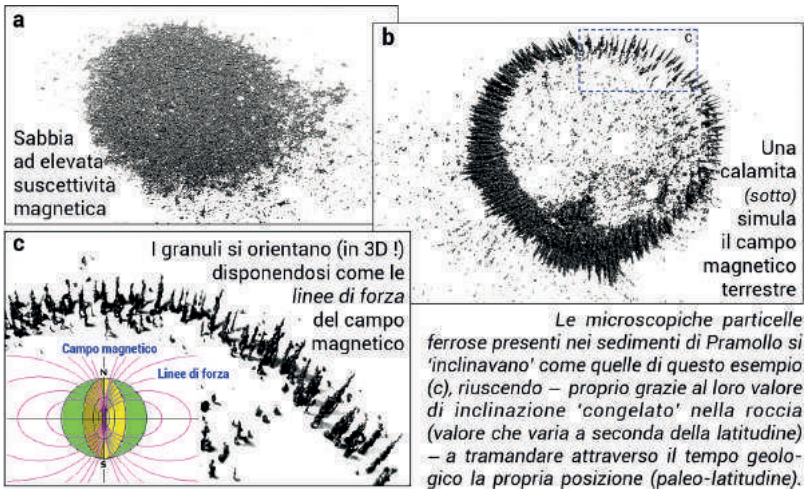

INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART
IUGS
www.stratigraphy.org
International Commission on Stratigraphy
v 2018/07
Eonothem / Eon
Erathem / Era
System / Period
Series / Epoch
Stage / Age
GSSP
numerical age (Ma)
Phanerozoic
Cenozoic
Quaternary
Holocene
Meghalayan
Northgrippian
Greenlandian
Pleistocene
Upper
Middle
Calabrian
Gelasian
Neogene
Pliocene
Piacenzian
Zanclean
Miocene
Messinian
Tortonian
Serravallian
Langhian
Burdigalian
Aquitanian
Paleogene
Oligocene
Chattian
Rupelian
Eocene
Priabonian
Bartonian
Lutetian
Ypresian
Paleocene
Thanetian
Selandian
Danian
Mesozoic
Cretaceous
Upper
Maastrichtian
Campanian
Santonian
Coniacian
Turonian
Cenomanian
Lower
Albian
Aptian
Barremian
Hauterivian
Valanginian
Berriasian
Jurassic
Upper
Tithonian
Kimmeridgian
Oxfordian
Middle
Callovian
Bathonian
Bajocian
Aalenian
Lower
Toarcian
Pliensbachian
Sinemurian
Hettangian
Triassic
Upper
Rhaetian
Norian
Carnian
Middle
Ladinian
Anisian
Lower
Olenekian
Induan
Paleozoic
Permian
Lopingian
Changhsingian
Wuchiapingian
Guadalupian
Capitanian
Wordian
Roadian
Cisuralian
Kungurian
Artinskian
Sakmarian
Asselian
Carboniferous
Pennsylvanian
Upper
Gzhelian
Kasimovian
Middle
Moscovian
Lower
Bashkirian
Mississippian
Upper
Serpukhovian
Middle
Visean
Lower
Tournaisian
Devonian
Upper
Famennian
Frasnian
Middle
Givetian
Eifelian
Lower
Emsian
Pragian
Lochkovian
Silurian
Pridoli
Ludlow
Ludfordian
Gorstian
Wenlock
Homerian
Sheinwoodian
Llandovery
Telychian
Aeronian
Rhuddanian
Ordovician
Upper
Hirnantian
Katian
Sandbian
Middle
Darriwilian
Dapingian
Lower
Floian
Tremadocian
Cambrian
Furongian
Stage 10
Jiangshanian
Paibian
Miaolingian
Guzhangian
Drumian
Wuliuan
Series 2
Stage 4
Stage 3
Terreneuvian
Stage 2
Fortunian
Precambrian
Proterozoic
Neo-proterozoic
Ediacaran
Cryogenian
Tonian
Meso-proterozoic
Stenian
Ectasian
Calymmian
Paleo-proterozoic
Statherian
Orosirian
Rhyacian
Siderian
Archean
Neo-archean
Meso-archean
Paleo-archean
Eo-archean
Hadean
GSSA
Units of all ranks are in the process of being defined by Global Boundary Stratotype Section and Points (GSSP) for their lower boundaries, including those of the Archean and Proterozoic, long defined by Global Standard Stratigraphic Ages (GSSA). Charts and detailed information on ratified GSSPs are available at the website http://www.stratigraphy.org. The URL to this chart is found below.
Numerical ages are subject to revision and do not define units in the Phanerozoic and the Ediacaran; only GSSPs do. For boundaries in the Phanerozoic without ratified GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (~) is provided.
Ratified Subseries/Subepochs are abbreviated as U/L (Upper/Late), M (Middle) and L/E (Lower/Early). Numerical ages for all systems except Quaternary, upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian and Precambrian are taken from 'A Geologic Time Scale 2012' by Gradstein et al. (2012), those for the Quaternary, upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian and Precambrian were provided by the relevant ICS subcommissions.
Colouring follows the Commission for the Geological Map of the World (http://www.ccgm.org)
Chart drafted by K.M. Cohen, D.A.T. Harper, P.L. Gibbard, J.-X. Fan
(c) International Commission on Stratigraphy, July 2018
To cite: Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J.-X. (2013; updated) The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204.

Abb. 18



Le microscopiche particelle ferrose presenti nei sedimenti di Pramollo si 'inclinavano' come quelle di questo esempio (c), riuscendo – proprio grazie al loro valore di inclinazione 'congelato' nella roccia (valore che varia a seconda della latitudine) – a tramandare attraverso il tempo geologico la propria posizione (paleo-latitudine).

Abb. 19

Abschließend möchte ich noch eine Überlegung mit Ihnen teilen. Wenn Sie die *chronostratigraphischen Tabellen* aus verschiedenen Jahren miteinander vergleichen, werden Sie wahrscheinlich voneinander abweichende *absolute Altersangaben* finden, wenngleich die Abweichungen nur gering sind. Dies liegt hauptsächlich daran, dass *absolute Altersangaben* das Ergebnis fortlaufender Analysen sind, die mit der Zeit immer weiter verfeinert werden und an den im Gestein enthaltenen „Atomarten" durchgeführt werden. Die Werte werden also mit der Zeit und den Fortschritten der Forschung immer präziser.

V) Paläomagnetismus und Paläobreiten

Dies ist weiteres Grundkonzept, das Sie unbedingt klären und sich vor Augen halten müssen. Es wird Ihnen nützlich sein, wenn Sie Gesteine aus dem *Substrat* vor sich haben, die in tropischen oder sogar äquatorialen Paläoumgebungen entstanden sind. Im Geopark geschieht dies auf etwa zwei von drei Exkursionen.

Paläobreite bedeutet *„die in der geologischen Vergangenheit von einem bestimmten Gebiet belegte Breite"*. Die Sedimentfolgen am Nassfeld haben sich beispielsweise zwischen den Meeren, Deltas und Flüssen von vor circa 300 Millionen Jahren (im späten Karbon) auf dem auf dem äquatorialen Breitengrad 4° Nord gebildet. Heute liegen sie auf 46° Nord. Eine nicht gerade unwesentliche Reise. Frage eines Exkursionsteilnehmers (oder auch von Ihnen): *"Wer sagt das? Mit welchen Daten können wir das untermauern?"* Die Daten liefert uns der Paläomagnetismus. Darauf müssen wir näher eingehen, aber ohne zu fachlich zu werden (niemals!). Einmal mehr helfen uns hier, wie beim *radioaktiven Zerfall*, die Inhalte einiger bestimmter Mineralien weiter.

In diesem Fall handelt es sich um Mineralien, die Eisen (Fe) enthalten. *„Warum ausgerechnet sie? "* Weil sie auf submolekularer Ebene auf das

Abb. 19
Die Orientierung der Eisenfeilspäne in einem Magnetfeld zeigt die Verteilung der Kraftlinien des Magnetfelds selbst in 3D an.

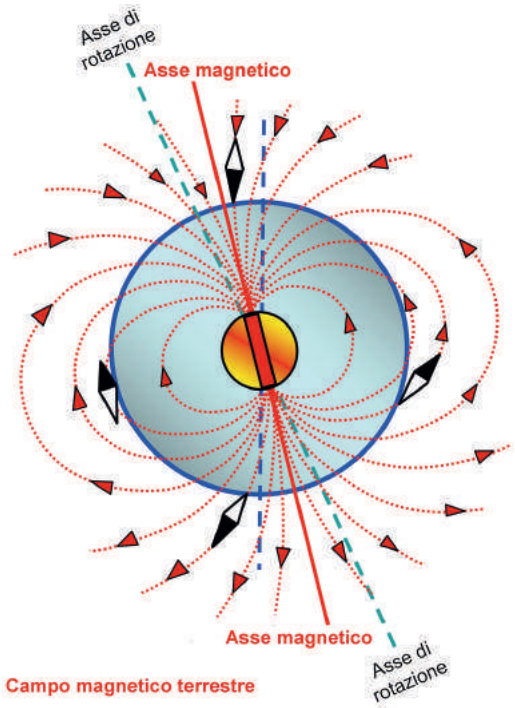


Abb. 20

Magnetfeld der Erde reagieren, das sich seit der Entstehung des Planeten nach der Unterteilung in Kern und Mantel gebildet hat. Die *Fe-Partikel* sind so empfindlich, dass sie sich wie mikroskopisch kleine Kreiselkompasse ausrichten, als wären sie magnetische Nadeln, und sich der Flussrichtung des *Erdmagnetfeldes*, der Zeit, entsprechend aufrichten (Abb. 19).

Je näher sich die *Fe-Partikel* enthaltenden Ablagerungen am Äquator befinden, desto weniger neigen sie sich (Abb. 20). Anhand der im Inneren der eisenhaltigen Mineralien gespeicherten Neigung kann man mit einer Gleichung ganz einfach die Paläobreite ermitteln. Dann muss man sie nur noch dem Alter des Gesteins gegenüberstellen, wonach die räumlich-zeitliche Einordnung abgeschlossen ist.

Abb. 20
Magnetfeld der Erde, dargestellt durch seine Kraftlinien. Die Kompasse (weiße und schwarze Rauten) orientieren sich dementsprechend.

Abb. 21
Idealer Querschnitt einer Schuttablagerung (Schotter und Blöcke), in dem die Schrägschichtung gut hervorgehoben wird.

Nun möchte ich noch ein Beispiel aufführen, um ein wichtiges Detail zu klären. Vergleichen wir Gestein mit, sagen wir, einem Wald. Die einzelnen Mineralien sind in unserem Beispiel also die verschiedenen Baumarten. Es handelt sich um viele Nadelbäume und wenige Laubbäume. Letztere sind die Mineralien, die Eisenatome enthalten und auf das *Erdmagnetfeld* reagieren. Im Falle des Waldes kann das *Magnetfeld* mit einer sanften Brise verglichen werden, die konstant in die gleiche Richtung weht. Den Stämmen und Ästen der Laubbäume macht das nichts aus, sondern nur den breitesten Blättern. Das heißt den innersten „Domänen" der eisenhaltigen Mineralstoffe - unseren *Fe-Partikeln* - die sich tief in der molekularen Struktur verbergen.

VI) Schrägschichtungen

Ich möchte noch einmal darauf hinweisen, dass wir uns, wenn wir von *Sedimentablagerungen* sprechen, mit dem Begriff sowohl auf Sedimente (also noch nicht verhärtete Ablagerungen wie zum Beispiel Geröll, Kies, Sand, Schlamm, usw.) beziehen, als auch auf Gestein. Wenn ich Sie fragen würde (oder Sie wiederum Ihre Exkursionsteilnehmer): *„Stimmt die Behauptung, dass Sedimentablagerungen sich immer in horizontalen Schichten oder Bänken ablagern?"*, würden Sie vermutlich alle zustimmen, ohne darüber nachzudenken. Die Wahrheit wird Sie allerdings überraschen. Es gibt zahlreiche Landschaften (und Paläoumgebungen), die uns eines Besseren belehren. Man muss nur wissen, wo man sie suchen muss. Ziehen wir auch in diesem Fall ein Beispiel heran.

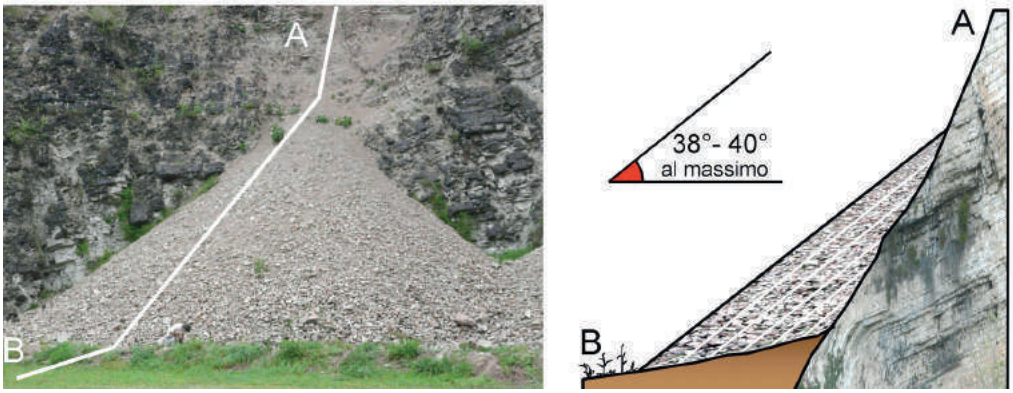


Abb. 21

Nehmen Sie einen - unbedingt großen - Laib Weißbrot und lassen Sie ihn trocken und bröselig werden. Schneiden Sie ihn in zwei Hälften und legen Sie ihn mit der Schnittfläche auf einen Tisch, sodass er eine stabile Erhebung darstellt. Beginnen Sie jetzt, ihn mit einer Muskatreibe in Richtung des Gipfels zu zerbröseln. Ganz feine Brösel. Beobachten Sie, wie sie sich am Fuß der „Brotwand" ansammeln. Sie bilden eine geneigte Ansammlung, die an den Fuß des „Brotberges" gebettet liegt.

Nehmen Sie jetzt eine andere Reibe. Je gröber die Reibe, desto größer die Brösel. Es bilden sich neue Ablagerungen, die sich über die vorangegangen legen. Auch diese sind um 38-40° geneigt. Wie sie fallen und sich ansammeln, ist allein durch die Schwerkraft gesteuert. Weder spielt fließendes Wasser eine Rolle, noch Eis oder Wind. Ihre Neigung entspricht dem sogenannten natürlichen *Schüttwinkel*, der je nach Material variiert (und dennoch immer durchschnittlich steil ist). Kommen wir nun vom Beispiel zur geologischen Realität. Am Fuß steiler, brüchiger Felsabhänge befinden sich *Schutttrampen,* die durch die „Felsbrösel" entstanden sind. Die Neigung ihrer Oberfläche (etwas weniger als 40°) in Richtung Tal entspricht der der neuesten Schuttschichten, die auch als einzige sichtbar und nicht verdeckt sind. Dieselbe Neigung trifft jedoch auch auf die vorherigen und die ältesten

Abb. 22
Schräggeschichtete Ablagerung von Seesedimenten (Obermiozän/Unterpliozän). Ponte Racli, bei Meduno (PN).

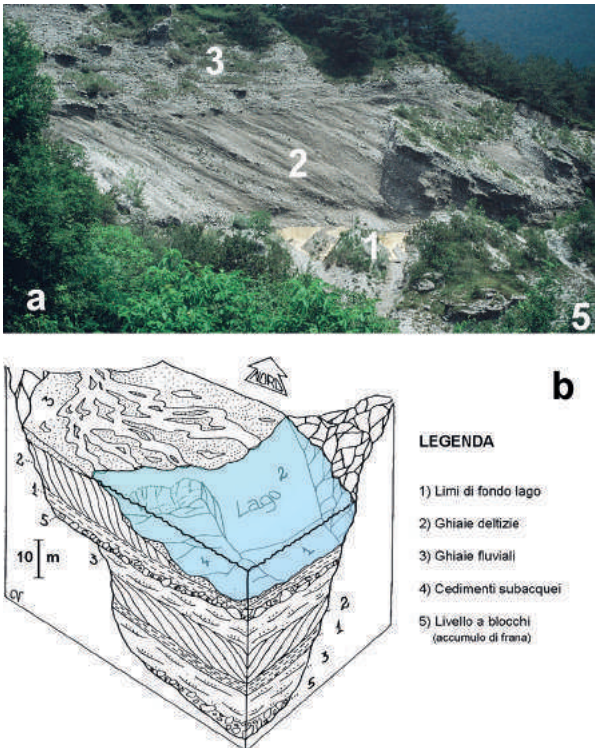


Abb. 22

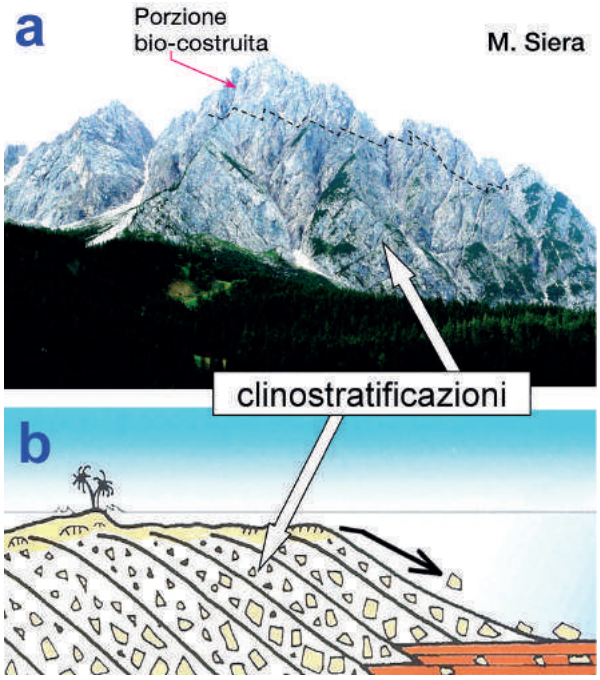


Abb. 23

Ablagerungen zu, die unter den neuen verborgen liegen (Abb. 21).

Schichten, die sich bereits geneigt bilden, werden als schräggeschichtet bezeichnet, ihre besondere Art der Schichtung als *Schrägschichtung*. Sie ist eine der charakteristischsten Eigenschaften von *Schuttrampen*, die sich immer (aber nicht nur) am Fuß großer Dolomitsteinwände befinden, da es sich dabei um sehr sprödes und daher brüchiges Gestein handelt.

Die *Schrägschichtung* ist jedoch auch in Unterwasserumgebungen verbreitet, sowohl im Meer als auch in Seen. In Seen erweisen sich Ablagerungen von Deltas als spektakuläre Beweise hierfür, auch wenn sie nahezu immer von begrenztem Umfang sind (Abb. 22). Um auf umfangreichere *Schrägschichtungen* in der Größe ganzer Gebirgserhebungen zu stoßen, müssen wir uns in alten Meeressedimenten auf die Suche begeben, und zwar in Deltaablagerungen ebenso wie in *organogenen Riffen*. Je älter sie sind, desto eher können sie durch Schubbewegungen der Erdkruste (Kap. 4, IX) angehoben und durch Fluss- und Gletschererosionen (Kap. 4, XIII) aufgedeckt worden sein.

Bleibt noch zu erörtern, wie und wo es bei *organogenen Riffen* zu großen schräggeschichteten Bereichen kommt. Der Begriff *Riff* bezeichnet eine „Konstruktion", die sich aus biogenem Material zusammensetzt, also wenn aus dem Mineralienskelett von Organismen (denken Sie hierbei beispielsweise an Korallen, aber auch andere lebende Organismen) ganze Unterwasserkathedralen aus Fels entstehen, die enorme Ausmaße annehmen können. Das Riff der der Karnischen Alpen ist im fernen Devon herangewachsen und hat eine Dicke von 1200 Metern erreicht! Um weitere Riffe von solchem Ausmaß zu finden, müssen wir in der Zeit bis zur Mitteltrias zurückgehen. In den *Riffen* der Trias sind die besten Beispiele für *Schrägschichtungen* erhalten geblieben (Abb. 23).

Nur ein Teil des *organogenen Riffs* ist schräggeschichtet, nämlich der äußere Bereich, der zum offenen, tiefen Meer zeigt. Würden wir idealerweise ein *Riff* sezieren, fänden wir im mittleren Bereich den *biogenen* Teil: den Teil, in dem die Organismen leben, die das *Riff* erbaut haben, das schlagende Herz des „Systems Riff".

Zwischen ihm und den dahinter liegenden, flacheren Landteilen erstreckt sich die Lagune. In diesem geschützten Bereich bilden sich feine, kalkige Sedimente, die sich in horizontalen Schichten ablagern.

Abb. 23
Die Schrägschichtungen des organogenen Riffs aus der Trias, am Monte Siera (gesehen von Cima Sappada).

Auf der anderen Seite ist der *biogene* Teil des Riffs zum offenen, tiefen Meer hin gerichtet und dadurch der Gewalt der Sturmfluten ausgesetzt.
Der biogene Teil wächst unaufhörlich, wird aber - wenn auch nur teilweise - durch die Kraft der Einschläge von Sturmwellen sowie die Einwirkung von Meereswirbeltieren (Schildkröten, Fische mit Rostrum und andere), die sich von den winzigen Organismen des Riffs ernähren, zerbröckelt. Die Fragmente, die vom Mineraliengerüst (aus Kalk) des *Riffs* abgerissen werden, rutschen kontinuierlich in die Tiefe hinab. Die Ansammlung dieser größeren und kleineren Fragmente erzeugt letztendlich enorme *Schuttrampen*, und zwar unter Wasser. Wie die *Schuttrampen* auf dem Land sind auch sie schräggeschichtet. Spektakuläre Beispiele hierfür im Geopark sind die *Schuttkegel* des Monte Siera, die von Cima Sappada aus gut sichtbar sind.

VII) Verwerfungen

Für Sie als *Geopark-Führer* konkretisiert sich das Konzept der *Verwerfungen* in besonders vielen Exkursionen, bei denen Sie sich mit dem *Substrat* befassen. Glauben Sie mir, wenn Sie Ihren Exkursionsteilnehmern den Aufschluss einer antiken Verwerfung am Boden zeigen können und dazu noch auf einfache und unmittelbare Weise die Bewegung der beiden Gesteinsschollen erklären können, werden Sie auch bei Nicht-Experten auf große Begeisterung stoßen.
Die Erläuterung dieses Themas für Geologie-Neulinge kann sich als einfach, aber auch als sehr schwierig erweisen. Ihre Exkursionsteilnehmer werden keine Verständnisprobleme haben, wenn Sie ihnen erklären, dass man unter einer Verwerfung *eine Bruchstelle (einen Sprung) versteht, die sich innerhalb des Gesteins entwickelt hat und die einen der beiden Bruchflügel oder aber auch beide in Bewegung versetzt hat.* Schwieriger wird es dann, wenn Sie versuchen werden, Ihrem Publikum verständlich zu machen, dass es unterschiedliche Typen oder Familien von Verwerfungen gibt. Beachten Sie dabei, dass Sie zur Erklärung der wenigen, notwendigen Konzepte auch genau wissen müssen, was Sie nie erklären sollten. Diese Überlegung gilt auch für alle anderen Thematiken.
Beginnen wir nun mit der klassischen

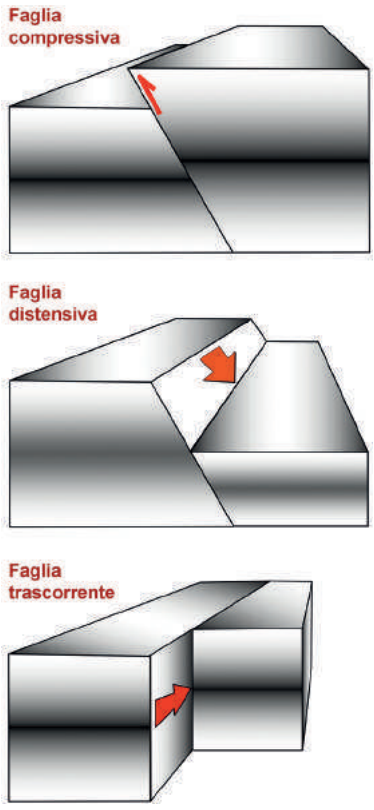


Abb. 24
Die drei klassischen Arten von Verwerfungen: Kompressionsbrüche (Aufschiebungen und Überschiebungen), Abschiebungen und Blattverschiebungen.

Abb. 24

Einteilung der *Verwerfungen,* wie wir sie in jedem Geologiehandbuch finden: *Kompressionsbrüche (Aufschiebungen und Überschiebungen), Abschiebungen* und *Blattverschiebungen.* Diese Einteilung basiert auf die Wirkung auf das Volumen des Gesteins, das durch die Brüche deformiert wird: Kompressionen, Extensionen, Neutralität (Abb. 24).

Wie jede andere Klassifizierung darf auch diese keines der Elemente ausschließen! Alle in der Natur auftretenden *Verwerfungen* müssten einer dieser drei Typologien angehören. Ansonsten schaffen Sie unter Ihren Zuhörern nur Verwirrung.

Versuchen wir nun, eine geologische Karte aus irgendeinem Bereich der Alpen zu verstehen. Neben den drei beschriebenen Verwerfungstypen scheint sich noch ein weiterer Typ einzureihen, der zudem auch häufig vorkommt.

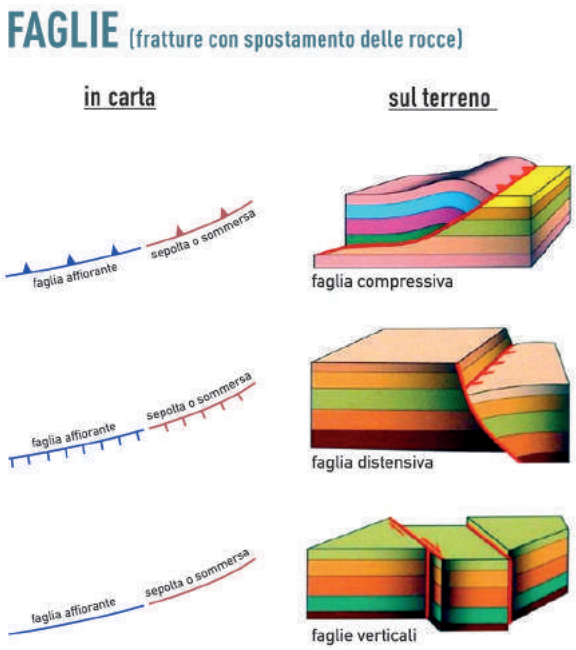


Abb. 25
Die Verwerfungen können auch aufgrund ihrer Geometrie eingeteilt werden. (Venturini, Pantaloni & Persico, 2018).

Es handelt sich um senkrechte *Störungsoberflächen*, deren Schollen nicht wie bei den *Blattverschiebungen* horizontal, sondern vertikal verschoben sind. *„Gut",* werden Sie meinen, *„dann sind es eben kompressive oder extensive Verwerfungen".* Mein Einwand: *„Nein, sicher nicht, denn mit einer senkrechten Ausrichtung der Störungsebene wird sich das Gesteinsvolumen trotz der Bewegung der beiden Schollen weder zusammenstauchen noch erweitern. Da bleibt nur noch ein Verhalten übrig: die Neutralität."* Sie werden bemerken, dass diese Verwerfungen keiner der vorgesehenen Kategorien zugewiesen werden können. Schluck! Da haben wir doch glatt einen Bug im System entdeckt. Und zwar dort, wo es unmöglich erschien. Von nun an wird es für Sie paradoxerweise schwierig, diese Dinge zu erklären, weil Sie wissen wie sie funktionieren. Jetzt haben wir glatt im Toto gewonnen, aber den Spielschein verloren! Da müssen wir also Abhilfe schaffen, und zwar, indem wir die *Verwerfungen* von einer anderen Perspektive aus betrachten: Konzentrieren wir uns auf ihre Geometrie.

Nur so geht unsere vorhergehende und extrem nützliche Einteilung in *Kompressionsbrüche (Überschiebungen und Aufschiebungen)*, *Abschiebungen* und *Blattverschiebungen* nicht verloren.

Und hier kommt uns die *Hierarchisierung* (Kap. 3, j) zu Hilfe.

Folgt man ausschließlich einem geometrischen Kriterium, können ALLE *Verwerfungen* in nur zwei Systeme unterteilt werden: *schräge Verwerfungen* und *senkrechte Verwerfungen*.

In der Tat ist das schon ein guter, für alle verständlicher Anfang, da dieses

Abb. 25

Kriterium keine der *Verwerfungsarten* ausschließt. Und nun zur Erläuterung der beiden Gruppen:
Bei den *schrägen Verwerfungen* sind die zwei klassischen Typen erkennbar: die *Kompressionsbrüche* (Stauchungen) und die *Abschiebungen* (Extensionen).
In der zweiten Gruppe, jener der senkrechten Verwerfungen, können wir *Blattverschiebungen* mit der typisch horizontalen Bewegung und die *neutralen Verwerfungen* mit senkrechter Bewegung erkennen (Abb. 25). Und das ist auch schon alles. Nun entscheiden Sie, was Sie Ihren Exkursionsteilnehmern erzählen wollen, wenn Sie explizit nach den *Verwerfungen* gefragt werden. Versuchen wir nun, einige für die Erklärungen in der Natur nützliche Unterscheidungen zu machen. *Verwerfungen* können verschiedenartig aussehen und Sie können mit Ihren Exkursionsteilnehmern unterschiedliche Beobachtungen anstellen. Erinnern Sie sich daran, dass sich der Großteil der Verwerfungen, die im Aufschluss erkennbar sind, unter der Erdoberfläche gebildet hat, und zwar in einer Tiefe zwischen vielen hunderten Metern und 10-12 km. Das man sie heute sozusagen „griffbereit" vorfindet, ist nur darauf zurückzuführen, dass die Gesteinsmassen, in denen sie enthalten sind, teils durch Erosion zerstört wurden und demnach die Brüche an das Tageslicht getreten sind. Bei aufgeschlossenen Bruchflächen haben Sie zwei Möglichkeiten: Entweder es handelt sich um Verwerfungen, die als Linien in der Felswand angeschnitten sind, oder es handelt sich um Teile von Bruchoberflächen.
a) *In der Wand sichtbare Verwerfungen.* In diesen Fällen kann man im besten Fall die Verschiebung zwischen den beiden durch die Verwerfungslinie getrennten Schollen sehen. Der *Versatz der Verwerfung* ist - einfach ausgedrückt - die Verschiebung zwischen zwei ursprünglich in Kontakt stehenden Punkten.
Um diesen Versatz bestimmen zu können, muss an der einen oder anderen Bruchlinie eine Schicht, eine Ebene oder ein anderes Merkmal erkennbar sein, das vor der Verschiebung eine durchgehende Struktur darstellte. Beachten Sie stets, dass Sie einen zweidimensionalen Querschnitt der Gesteinsmasse betrachten, was zu Vereinfachungen führen könnte.



Abb. 26
Durch eine Verwerfung verschobene und zerbröckelte Gesteinsfolge.

Abb. 26

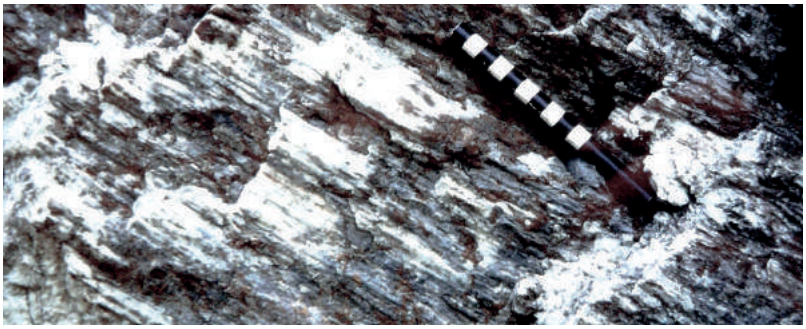


Abb. 27

b) *In der Wand sichtbare Verwerfungen.* Es kann vorkommen, dass die Anwesenheit der Verwerfungsfläche erkennbar ist, ohne dass der Versatz sichtbar ist. Das ist beispielsweise dann der Fall, wenn die Bewegung zwischen den beiden Bruchflügeln das Gestein zutiefst zerbröckelt hat und somit eine Störungszone entstehen hat lassen (Abb. 26). In diesen Fällen ist am Fuße der oberflächlichen Verwerfungsfläche und der Felswand ein mehr oder weniger großer *Schuttkegel* sichtbar, an dem sich das Geröll durch die Schwerkraft ansammelt (Kap. 4, XVIII).

c) *Verwerfungsflächen.* Es ist keine Seltenheit, auf aufgeschlossene und von der Nähe aus sichtbare Verwerfungsflächen zu stoßen, die meistens durch die Anwesenheit von Calcit oder etwas seltener durch Quarz erkennbar sind, denn beide sind weiß und buchstäblich in einer millimeterdünnen Schicht auf die antike Bewegungsfläche gestrichen. Es handelt sich hierbei um Mineralstoffe, die dank der in den Tiefen der Brüche der Gesteinsmassen zirkulierenden Fluide an die damals aktive Bruchlinie herangezogen wurden. Entlang dieser Bruchlinie lagerten diese Fluide dann ihren Mineralgehalt ab, der sich kristallisierte und kleine Leerräume sowie Unregelmäßigkeiten versiegelte. Es ist kein Zufall, dass diese Calcit- oder Quarzschichten gestreift aussehen. Die während des progressiven Heranwachsens der Mineralstoffe entstandenen Streifen zeigen die Richtung der antiken Verschiebung der beiden Bruchflügel mit extremer Präzision an. Und das ist noch nicht alles. Wenn Sie sich die Verwerfungslinie genau ansehen, werden Sie bemerken, dass im Calcit (oder im Quarz) kleine, im rechten Winkel zu den Bewegungsschichten angeordnete Stufen vorhanden sind (Abb. 27).

Diese Stufen zeigen Ihnen die Bewegungsrichtung an. In anderen Worten erzählt die Verwerfung einfach alles über sich selbst, wie sich der Bruchflügel bewegt hat und wie die antike Verwerfungsfläche durch Erosion oder Abriss des Bruchflügels selbst zum Vorschein gekommen ist.

„Hoppla, ich habe Ihnen noch gar nicht gesagt, wie das alles zu verstehen ist!" Die Methode ist ganz leicht zu verstehen und noch viel einfacher ist es, sie Ihren Exkursionsteilnehmern weiterzugeben. Stellen Sie sich einfach vor, die Calcit- oder Quarzstufen runtersteigen zu müssen.

Abb. 27
Verwerfungsflächen mit Streifen (zeigen die Bewegungsrichtung an) und mit Calcitstufen (zeigen die Bewegungsrichtung des fehlenden Bruchflügels an: hier nach links).

Die Abstiegsrichtung entspricht der Bewegung des Bruchflügels, den es nicht mehr gibt, den, der durch die Erosion abgetragen wurde.
Hier können Sie die *Coleman-Methode* (Kap. 3, k) verwenden, indem Sie das Herabsteigen der Stufen mit zwei Fingern (Zeige- und Mittelfinger) simulieren, als ob Sie diese gestreifte und gestufte Ebene begehen würden. Letztendlich sollten Sie Ihren Exkursionsteilnehmern auch erzählen, dass die Geologen eben dank der statistischen Analyse dieser Daten die Richtung der großen Schubbewegungen der Erdkruste präzise festlegen können. Zum Beispiel auch die Schübe, die zur Entstehung und zum Wachstum der Ostalpenkette geführt haben.
Noch eine letzte Kuriosität: *„Wie kann festgestellt werden, ob es sich bei den auf der Verwerfungslinie vorhandenen (kristallisierten) Mineralien um Calcit oder Quarz handelt?"* Beide sind weiß, aber Calcit lässt sich leichter einritzen (nehmen Sie immer einen Stahlnagel mit); Quarz hingegen ist viel härter und resistenter. Wenn Sie Salzsäure (Kap. 3, a) verwenden, räumen Sie sofort jeglichen Zweifel aus und zwar - aufgrund der weiten Verbreitung von Calcit auf den Verwerfungsflächen - meist auf spektakuläre Weise.

d) *Verwerfungsflächen.* In raren Fällen ist die Bruchfläche dermaßen durch die Bewegung der beiden Blöcke abgeschliffen, dass sie - sofern sie an die Oberfläche tritt - im Auge des Nichtgeologen wie eine vom Menschen „polierte" Fläche aussieht (Abb. 28).
Und dennoch ist alles wunderbar natürlich. Es ist kein Zufall, dass solche gleichmäßigen und perfekt zugeschliffenen Verwerfungsflächen (ohne Calcit und Quarz bzw. ohne Streifen und Stufen), die sich in der Natur über tausende Quadratmeter erstrecken, als *Spiegelharnisch* oder *Spiegel* bezeichnet werden.
Ein perfekter Schliff, den die Natur durch das Aufeinanderstoßen verschiedener Gesteinsmassen entstehen lässt. Der Anblick solcher Spiegel ist eher selten, dennoch möglich.

VIII) Synsedimentäre Tektonik

Dieses Thema können Sie als nebensächlich betrachten, es ist jedoch von Vorteil zu wissen, dass es existiert. Das liegt daran, dass es bei wenigen, aber bedeutenden Gelegenheiten sehr nützlich sein kann. Den meisten ist seine Bedeutung nicht klar. Versuchen wir sie gemeinsam zu entschlüsseln.
Der Begriff *Tektonik* stammt aus dem Griechischen *tectos* (Gebäude) und bedeutet *„die Architektur der in einem Stück Gestein vorhandenen Deformationen"*. Das Adjektiv „sedimentär" scheint



Abb. 28
Typischer Spiegelharnisch.

Abb. 28

auf den ersten Blick das Gegenteil der Deformationen zu sein, da es sich auf die Ansammlung einer Schichtenfolge bezieht.
Die Vorsilbe *syn-* (Miteinander, Zusammenwirken) schafft Ordnung und rechtfertigt den scheinbaren Kontrast der beiden gegenteiligen Begriffe.
Synsedimentäre Tektonik wird also für Bereiche verwendet, in denen spröde Deformationen (in diesen Fällen durch Krustendehnung entstandene Verwerfungen) wirken, die in der Lage sind, kleinräumige Landstücke abzusenken und dadurch große Mengen von Sedimenten anzulocken. Es handelt sich hierbei um Bereiche von wenigen bis hin zu tausenden Quadratkilometern.
Unter diesen Umständen bilden sich weiträumige „absinkende Bereiche", die von fast ununterbrochen aktiven *Verwerfungen* umgrenzt sind. Das Gebiet um Nassfeld - Lanza mit seiner Abfolge aus dem Perm/Karbon von vor 310-270 Millionen Jahren befindet sich am östlichen Rand des Geoparks und ist das eklatanteste Beispiel hierfür (Abb. 29).
Es ist aber nicht das einzige Beispiel. Im westlichen und mittleren Teil des Geoparks gibt es in den Felsbereichen aus der Zeit zwischen dem Oberperm und der Trias weitere klare Beispiele für *synsedimentäre Tektonik*. Zu ihnen gesellen sich jene aus der Jura, die sich besonders im Bereich Monte Verzegnis - Monte Lovinzola häufen. Besonders erwähnenswert ist bei Letzterem eine Bruchwand, auf der die spektakulären Spuren des Phänomens gut sichtbar sind.
Ganz zu schweigen von den Spuren *synsedimentärer Tektonik* aus der Abfolge im Devon und Karbon des karnischen Paläozoikums. Besonders hervorzuheben ist aufgrund ihrer klaren Sichtbarkeit und leichten Erreichbarkeit die des verlassenen Steinbruchs im Kalkstein aus dem Unterkarbon in Malpasso, in der Nähe der Alm „Casera Pramosio bassa" (Abb. 30).

Abb. 29
Kurze Zusammenfassung der synsedimentären Tektonik, die die Evolution im Bereich um das Nassfeld im Oberkarbon (und Unterperm) gefördert und bedingt hat.

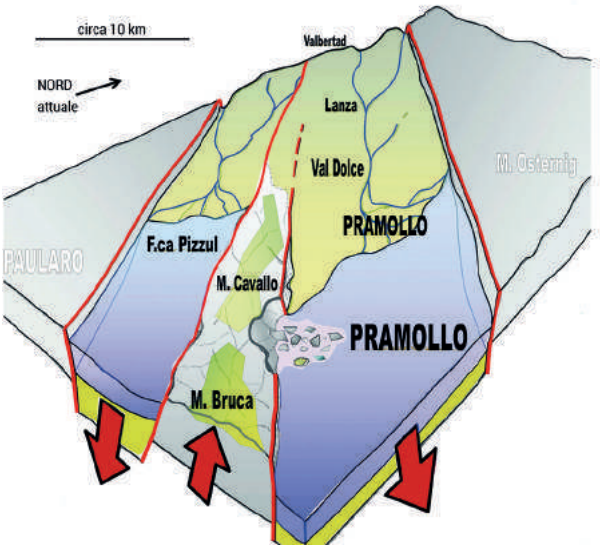


Abb. 29

IX) Orogenese

Die Orogenese ist eines der Themen, die im Geopark auf keinen Fall vernachlässigt werden dürfen, sofern sich Ihre Exkursion nicht ausschließlich mit der *Bedeckung* (den während des Quartärs angesammelten Ablagerungen) befasst. Sollte es hingegen um Gesteinsfolgen aus dem Paläozoikum (Ordivizium - Karbon) gehen, müssen wir sogar auf zwei Arten der Orogenese eingehen, nämlich die *variszische* und die *alpidische* Orogenese.
Der Begriff Orogenese stammt aus dem Griechischen und bedeutet *Gebirgsbildung*. Nicht alle Gebirge auf diesem Planeten sind jedoch durch Oroge-

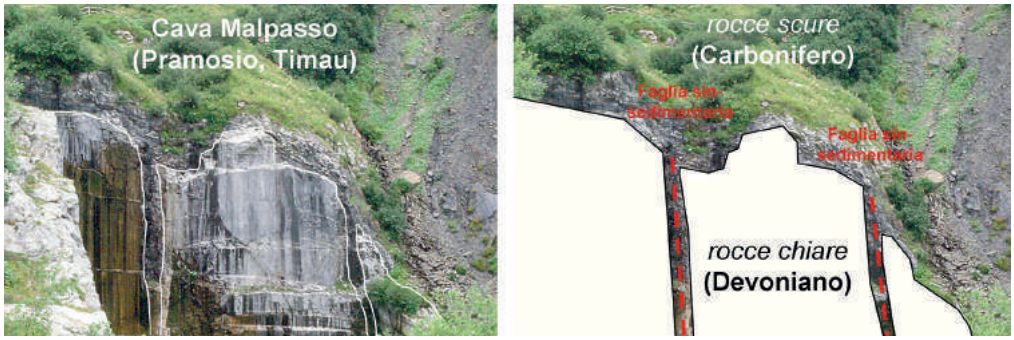


Abb. 30

nese entstanden. Im Geopark (und in der gesamten Gebirgskette der Alpen) kann dies jedoch gerechtfertigter Weise angenommen werden.
Bei der Gebirgsbildung treffen zwei mit kontinentaler Kruste bedeckte Lithosphärenplatten aufeinander. Sie stoßen mehr oder weniger frontal zusammen. Ihr Drift hat dazu geführt, dass sie zusammengestoßen sind und sich eine Platte unter die anderen geschoben hat. Dadurch haben sich Erhebungen durch Deformation gebildet, genauer gesagt *Falten* und *Verwerfungen*.
Denken Sie immer daran, dass die äußere Form der Erhebungen, also der Berge, keine Folge der Deformation ist. Ganz im Gegenteil. Sie ist eine direkte Folge der Einwirkung der Oberflächengewässer (auch von Eis, wenn vorhanden), minimal von Wind und, nicht zu vergessen, von schleichenden, sehr diffusen chemischen Veränderungen. Deformationen können die Erosionen höchstens „lenken", indem sie sie entlang bestimmter Abschnitte oder Flächen konzentrieren. Hierfür können wir uns die Oberfläche einer *Verwerfung* vorstellen, deren Bewegung das Gestein der beiden sich berührenden Schollen zertrümmert und zermahlen hat.
Dort, wo die *Verwerfung* die Oberfläche erreicht, entblößen ihre „Bruchflügel" einen Bereich, der viel erosionsanfälliger ist als das umliegende Gebiet (vgl. Abb. 26). Hier stoßen prasselnder Regen und das fließende Wasser aus den Wildbächen auf fruchtbaren Boden.

X) Tektonische Schuppen

Dieses Konzept ist direkt mit der Orogenese, dem in der Region Friaul-Julisch Venetien deformierten *Substrat* und insbesondere mit dem *Geopark Karnische Alpen* verbunden. Ohne die *Überschiebungen* und *Aufschiebungen* gäbe es keine *tektonischen Schuppen*. Ja, denn jede einzelne *Schuppe* stellt das Gesteinsvolumen (jeder Gesteinsart) zwischen zwei *Aufschiebungen/Überschiebungen* dar.
Eine Reihe dieser parallel zueinander stehenden und sich ähnelnden Verwerfungen beschreibt die wahllose Anhäufung einer Gesteinsfolge, die sich in einer Reihe von „tektonischen Ziegeln" organisiert. Ein Ziegel über dem anderen, einer nach dem anderen. Die Gesamtwirkung ist eine Stauchung der ursprünglichen Ausdehnung der Gesteinsfolge.

Abb. 30
Synsedimentäre Tektonik in der Gesteinsfolge aus dem Paläozoikum in Pramosio, über Timau. Kontakt zwischen hellem Gestein (Kalkgestein, Devon) und dunklem Gestein (Hochwipfel, Karbon). Die Abschiebungen, die ca. im Übergang zwischen Devon und Karbon frühe dunkle Ablagerungen, die sogenannten Sedimentschichten - ein klassisches Element der synsedimentären Tektonik - gebildet haben, sind hier klar ersichtlich.

Vom Standpunkt der Deformation aus gesehen, kann das Gerüst der Alpen und der Karnischen Voralpen kurz als eine Ansammlung von zum Großteil nach Süden ausgerichteten „tektonischen Ziegeln“ beschrieben werden (Abb. 31).

Im Allgemeinen sind die *Verwerfungen*, die diese *tektonischen Schuppen* begrenzen, „stufenförmige“ Oberflächen. Mit ihrem Auftreten sind beachtliche horizontale Stauchungen und bedeutende Erhebungen der Gesteinsvolumen in oberflächlichere Positionen verbunden. Ein interessantes Beispiel dafür finden wir im Geopark in der *Sauris-Verwerfung* (Abb. 32).

Gleichermaßen können *tektonische Schuppen* auch durch Verwerfungen mit einem großen Winkel (etwa 60°) begrenzt werden. Diese sind rarer als die zuvor genannten *stufenförmigen Verwerfungen,* bewirken nur schwache horizontale Stauchungen, aber dafür starke Erhebungen. Die wichtigste Verwerfung dieser Art innerhalb des Geoparks ist die *Verwerfung Comeglians-Paluzza-Paularo (Com-Pa-Pa-Verwerfung)*.

XI) Substrat und Bedeckung

Alles, was uns umgibt, kann immer in nur zwei Kategorien zusammengefasst werden: *Substrat* und Bedeckung (merken Sie sich diese wichtige Unterscheidung immer).

Zum *Substrat* gehören die mehr oder weniger antiken sowie mehr oder weniger deformierten Gesteinsfolgen. Zur *Bedeckung* hingegen zählen die mehr oder weniger neuen Ablagerungen (vorwiegend nicht zementiert, d. h. locker), die aufgrund ihrer Beschaffenheit das Gestein des *Substrats* abdecken. Im Allgemeinen kann eine *Bedeckung* logischerweise in Talböden oder am Fuße großer, spröder und zerbröckelter Felswände in maximaler Konzentration auftreten. In raren Fällen ist die Kontaktstelle zwischen den beiden sichtbar. Häufig ist diese Stelle durch die Vegetation verdeckt bzw. liegt weit unter der topographischen Oberfläche.

Substrat und *Bedeckung:* Diese Unterteilung muss für Ihre Zuhörer zu einem konzeptuellen Fixpunkt werden. Es sind zwei Welten, die zwar übereinander liegen, und dennoch

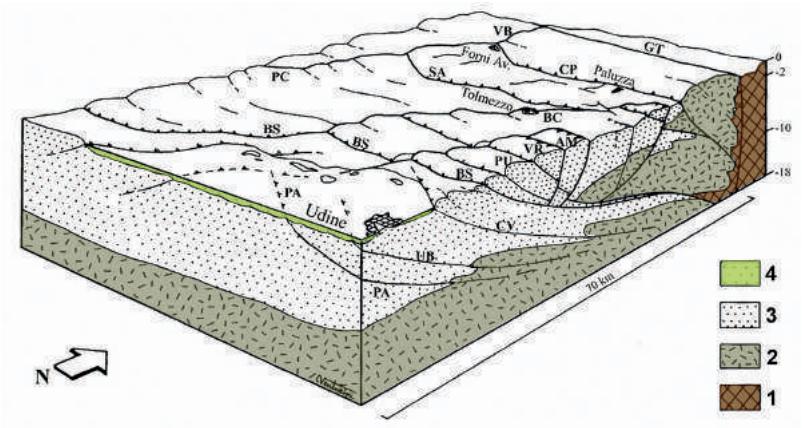


Abb. 31

Alpidische Orogenese. Vereinfachtes Deformationsmodell des friulanischen Sektors. Die Überschiebungen und Aufschiebungen und dazugehörigen, großteils nach S ausgerichteten tektonischen Schuppen sind gut erkennbar. 1) Variszisches Fundament mit Metamorphose (Ordovizium/Devon); 2) Variszisches Fundament ohne Metamorphose (Oberordovizium/Karbon); 3) Spätvariszische und alpidische Folgen (Oberkarbon/Känozoikum); 4) Jüngere Bedeckung (Quartär).

Lichtjahre voneinander entfernt sind. Zwischen ihnen liegt oft eine in Dutzenden oder Hunderten Millionen Jahren quantifizierbare Zeitspanne. Während dieser Zeit fanden zuerst die Vergrabungen (bezogen auf das Gestein des *Substrats*) statt, worauf Schubbewegungen der Erdkruste, Deformationen und Erhebungen und letztendlich gewaltige Erosionen und allgemeine Bergrutsche folgten.

Innerhalb des Geoparks ist der Großteil der *Bedeckung*, auf die Sie treffen werden, zwischen 18.000 (übereinstimmend mit der raschen Gletscherschmelze im Würm, Kap. 4, XII) und der heutigen Zeit gelegen. Im Gegenteil dazu sind die Gesteine im *Substrat* desselben Gebiets ungefähr zwischen 460 und 200 Millionen Jahre alt (Paläozoikum und Teil des Mesozoikums).

Ich könnte Ihnen nun einen archäologischen Vergleich mit einem Standort des Geoparks selbst empfehlen. Sollte der Weg einer Ihrer zukünftigen Exkursionen dort vorbeiführen, besuchen Sie den Standort und ziehen Sie die geologische Parallele, die ich Ihnen vorschlage.

Wir befinden uns in Zuglio (But-Tal), dem antiken *Iulium Carnicum,* einer blühenden römischen Stadt, die 452 n. Chr. von Attila zerstört wurde und erst in den vergangenen Jahrhunderten wieder auferstanden ist. Wo man heute auch nur gräbt, kommen unter den modernen Bauten die alten Ruinen und Zeugen einer weit zurückliegenden Vergangenheit zum Vorschein. Sie sind das *Substrat,* auf dem sich in neueren Zeiten die *Bedeckung* gebildet hat, was mit der Entstehung der heutigen Ortschaft Zuglio gleichzusetzen wäre.

Die Geschichte der Ortschaft Zuglio und die des *Iulium Carnicum* sind sehr unterschiedlich. Ihre Spuren sind fassbar (Mauern, Säulen, Mosaikböden, Straßen, Wasserbauten usw.), sind heute übereinander geschichtet und berühren sich. Auswirkungen und Geschichten, die sowohl physisch als auch zeitlich leicht voneinander getrennt werden können. Und das auch von Nicht-Archäologen.

So wie in der *Bedeckung* in Zuglio (die neueren Gebäude) in den Wänden oft die antiken Steine des *archäologischen Substrats* verwendet wurden, „überarbeitet und verwandelt" auch die *geologische Bedeckung* (neuere Ablagerungen)

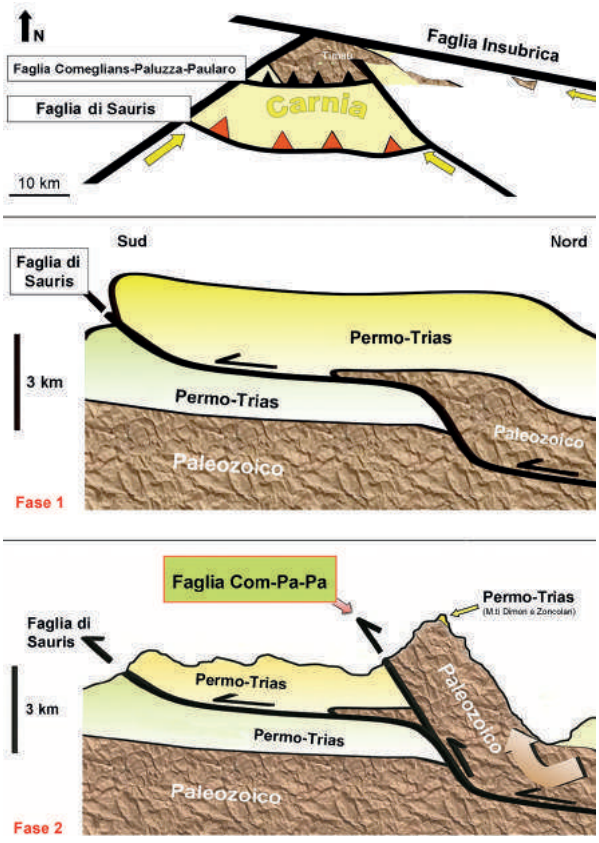


Abb. 32
Die Sauris-Verwerfung und ihre direkte „Emanation": Die Com-Pa-Pa-Verwerfung (Comeglians-Paluzza-Paularo).

einen Teil der Gesteine, die das *geologische Substrat* darstellen. In Fragmente, Körner und Teilchen reduzierte Gesteine wurden dem Relief entrissen und am Fuße der Felswände bzw. in den Talböden verbreitet.
Kurz gesagt, muss Ihnen noch eine beispielhafte Erläuterung (Kap. 2, h) - Sie selbst können ganz alleine neue Beispiele finden - gelingen, dass ihre Zuhörer, die keine Geologen sind, ebenfalls klar zwischen *Substrat* und *Bedeckung* unterscheiden können. Diese beiden geologischen Fachausdrücke müssen auch in den Wortschatz ihrer Exkursionsteilnehmer aufgenommen werden.

XII) Vergletscherung und Eiszeiten

Der Begriff Vergletscherung hebt das Bestehen und Anhalten von klimatischen Bedingungen hervor, die dazu in der Lage sind, dicke Eisschichten zu bilden, deren Auswirkungen auf das Gebiet auch heute noch sichtbar sind. Im Besonderen können wir jene erkennen, die - vielleicht fälschlicherweise - als Eiszeiten definiert werden. Sie stellen jene Zeitintervalle dar, in denen Temperaturen herrschten, die für viele der höheren Organismen, die auf dem Land leben, als entschieden kalt anzusehen sind.
Um in der jüngeren Erdgeschichte (in etwa in den letzten 600 Millionen Jahren, die mit dem Äon Phanerozoikum übereinstimmen) eine Eiszeit vor dem so genannten „Quartären Eiszeitalter" zu finden, mit der zuerst der *Homo habilis*, danach der *Homo erectus* und letztendlich der *Homo sapiens* zu tun hatten, muss man bis ins Paläozoikum zurückgehen, und zwar in die Zeit zwischen dem Karbon und dem Perm.Diese Eiszeit dauerte über 30 Millionen Jahre lang, ein Zeitraum, im dem unterschiedliche klimatische Ereignisse auftraten. Zu jener Zeit lag der Nordosten Italiens am Äquator, weit entfernt von den Gletscherentstehungszentren. Und dennoch machte sich auch in dieser Entfernung die Vergletscherung spürbar.
„Wie?" werden Sie fragen, neugierig wie Ihre Exkursionsteilnehmer. Durch die Veränderungen des Wasserspiegels der Ozeane, die wiederum durch regelmäßige Expansionen und Schrumpfungen der weitreichenden Eisdecke, die - damals wie auch heute - die Landteile der Antarktis bedeckte, bedingt waren. Die Schwankungen des Meeresspiegels - um viele Dutzende Meter - sorgte für eine Verlagerung der Küstenlinie einmal seeseitig (*Regression*), ein anderes Mal wieder in Richtung Land (*Transgression*) und veränderte somit die Art der Ablagerungen (Fluss-, Delta- und Meeresablagerungen), die sich übereinander und nacheinander ansammelten.
Die jeweiligen Gesteine, die während des Oberkarbons und des Unterperms (ca. vor 310 bis 280 Millionen Jahren) abgelagert wurden, sind heute am Nassfeld, im Norden von Pontebba wunderbar sichtbar. Sie sind der Zeuge für diese frühe Eiszeit und sind in ganz Italien nur in der Region Friaul-Julisch Venetien erhalten.
Man darf nicht glauben, dass während einer Eiszeit immer nur raues Klima herrscht. Ganz im Gegenteil. Aber die etwas mäßigeren und in einem gewissen Sinne „ertragbaren" Zeiten, die die kalte Phase regelmäßig unterbrechen, sind zeitlich immer sehr beschränkt.

Im Vergleich zu den kalten Perioden sind sie wirklich nur sehr kurz. Ein in den mittleren bis hohen Breitengraden und/oder in Höhen über der Grenze des ewigen Eises durch extreme Bedingungen gekennzeichnetes *Glazial* dauert durchschnittlich um die 100.000 Jahre, kann aber auch nur 40.000 Jahre dauern (Abb. 33).

Alles hängt von astronomischen, ozeanischen, geologischen und atmosphärischen Zusammenhängen mit einem komplizierten Ineinandergreifen und Interagieren verschiedener Variablen ab. Von der Exzentrik der Erdumlaufbahn bis hin zu den Veränderungen der Achsenneigung; von der Intensität der Sonnenstrahlung bis hin zur Anwesenheit und Anzahl der Sonnenflecken (für einige Forscher von großer Bedeutung); von der Verteilung der kontinentalen Landmassen und deren Höhe über dem Meeresspiegel bis hin zu den Veränderungen der wichtigsten Ozeanströme; vom längeren Verweilen von Hochdruckgebieten über den Wassermassen der Ozeane bis hin zur beschleunigten Schmelze weiter *Permafrostgebiete* mit ihrer konzentrierten Emission des Treibhausgases CH_4 (Methan), das viel schädlicher als das CO_2 (Kohlendioxid) ist.

Kehren wir aber zurück zur Einschätzung der Dauer, dieses Mal aber jene der *Interglaziale*. Sie haben mit ihrem milden Klima die Kraft gehabt, die Übermacht der *glazialen Perioden* zu unterbrechen, die unseren ältesten Vorfahren in der jüngeren Vergangenheit der Geschichte unseres Planeten mehrmals die Hoffnung auf „eine bessere Welt" genommen hatten und sie zu schmerzhaften Anpassungen und/oder Migrationen gezwungen hatten.

Ein *Interglazial* dauert im Allgemeinen zwischen 10.000 und 15.000

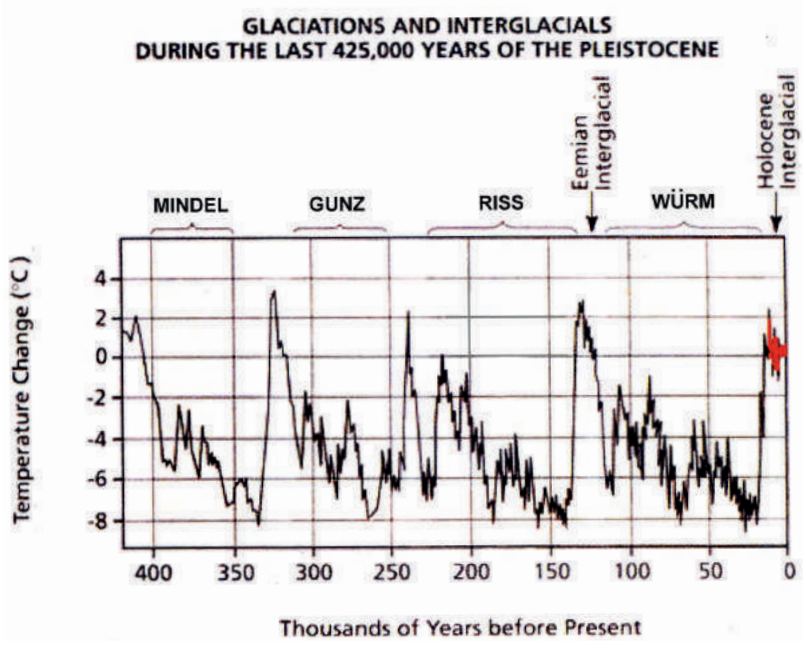


Abb. 33

Abb. 33
Quartäre Eiszeiten und Verlauf der Durchschnittstemperaturen. (Daten der T° des Vostok-Eiskerns; aus Hansen, 2004 geändert).

Jahre. Eine Tatsache, die einen zum Nachdenken anregt. Wenn wir uns vor Augen führen, dass die aktuelle Warmzeit (Interglazial) vor 11.700 Jahren begonnen hat und die bisher letzte Kaltzeit - die nunmehr vor 125.000 Jahren begonnene *Würm-Eiszeit* - unterbrochen hat, wird uns klar, dass der Countdown bis zum nächsten *Interglazial* bald dem Ende zuneigen könnte.

Die Überlegung geht noch weiter. Folgt man dem, was derzeit in den Medien - dem Resonanzkörper eines Teils der Klimatologen - berichtet wird, also der Annahme, dass eine enge Verbindung zwischen der CO_2-Konzentration und der Erhöhung der durch-schnittlichen Temperatur auf der Erde besteht, könnte es sein, dass wir es eines Tages - sofern dieser Zusammenhang wirklich wahr ist (es gibt immer noch dahingehende Zweifel) - den CO_2-Emissionen zu verdanken haben werden, dass das Eintreten der nächsten Kaltzeit oder gar Eiszeit verhindert oder auch nur hinausgezögert wird.

Das *Quartäre Eiszeitalter* ist nunmehr allen bekannt und wird von allen anerkannt. Wenige wissen jedoch, dass dessen Beginn seit einigen Jahren im Laufe eines Weltkongresses der Wissenschaftler zurückverlegt wurde und damit auch die Grenze zwischen Pliozän und Quartär. Somit ist man von 1.800.000 Jahre auf die derzeitigen 2.600.000 Jahre gekommen. Zwei Millionen und sechshunderttausend Jahre, während denen sich beginnend mit einem progressiven, langsamen Herabsinken der mittleren globalen Temperaturen, einige lange kalte und sehr kalte Zeiten mit kurzen warmen oder „anders kalten" Zeiträumen abwechselten.

Die im europäischen Alpenraum bekannten, lang anhaltenden, sehr kalten Klimaphasen sind vier bzw. sechs. Bis vor einem Jahrzehnt wurden sie mit den Namen sechs Schweizer Wildbäche benannt, und zwar der alphabetischen Reihenfolge nach von der ältesten bis hin zur jüngsten Glazialperiode: Biber, Donau, Gunz, Mindel, Riss und Würm. Derzeit wird aufgrund der unsicheren Zuordnung der jeweiligen Auswirkungen auf das Gebiet bevorzugt, sich mit Gewissheit und Sicherheit nur auf das Letzteiszeitliche Maximum, das sogenannte LGM (Last Glacial Maximum) zu beziehen; oder noch besser auf das ALGM (Alpine Last Glacial Maximum), das sich eher auf unsere Gebiete bezieht.

Dies trifft mit der maximalen Eisausdehnung der Würmzeit überein. Die Würmzeit ist in unseren Alpenlandschaften durch die Anwesenheit dicker Eisschichten geprägt, deren Ausläufer entsprechend einer auf den unterirdischen Ablagerungen der oberen friulanischen Ebene basierenden Annahme vor ca. 30.000 Jahren bis Udine und sogar noch weiter reichten (Abb. 34).

Im *Geopark Karnische Alpen* füllten die Würmgletscher jedes Tal und bedeckten - unter Ausnahme der höchsten und steilsten Berge - alle Berggipfel. Die höchsten Berge ragten wie Felsinseln (*Nunataks*) aus der Eisdecke hervor. Die Gletscher-Schneegrenze lag um die 1.300 m (heute liegt sie um die 3.000 m). Die Eisdicke nahm zum Zentrum der Gebirgskette hin, im grenzübergreifenden Gebiet, zu und erreichte bis 1.500 m.

Aufgrund der *quartären Bedeckung*, die Sie in den Karnischen Alpen vorfinden werden, müssen Sie die klimatischen

Veränderungen zwischen der maximalen Ausdehnung der Würmzeit und der Gegenwart kennen. Die Gletscherschmelze erfolgte - wie immer - schnell. In nur wenigen Jahrhunderten nahmen die Oberflächengewässer wieder das gesamte Gebiet in Besitz. Die höchsten Berge waren, damals wie heute, nicht über 2.800 Meter hoch.

Während der Höhepunkt der Würmeiszeit vor ungefähr 22.000 Jahren festgelegt werden kann, liegt die rasche Gletscherschmelze nun bereits 18.000 Jahre zurück.

In diesem Fall muss sich ein *Geopark-Führer* noch bevor er über die Erklärungen nachdenkt, die er seinen Exkursionsteilnehmern geben kann, in die Situationen versetzen, deren Wirkungen er erläutern wird. Dazu muss er dazu in der Lage sein, die Variablen zu verstehen, die zu den verschiedenen Zeiten die natürliche Umwelt und deren teils radikale Verwandlungen bedingt haben.

Versuchen wir gemeinsam, uns das Aussehen und die Zustände des soeben von den Würmgletschern befreiten Geoparkgebiets vorzustellen und zu entdecken. Bevor Sie jetzt weiterlesen, versuchen Sie, selbstständig das Szenarium nachzubilden, das die Karnischen Alpen vor 18.000-17.000 Jahren prägte (also nach der Gletscherschmelze).

Stellen Sie sich vor, eine Fotografie der Landschaft zu jener Zeit vor sich zu haben und beschreiben Sie diese. Versuchen Sie es bevor Sie weiterlesen. Genau das hätten Sie berücksichtigen müssen.

Es fehlte jegliche Vegetation. Wo die Gesteinsfolgen nicht sichtbar sind (nur an Steilhängen vorhanden), ist

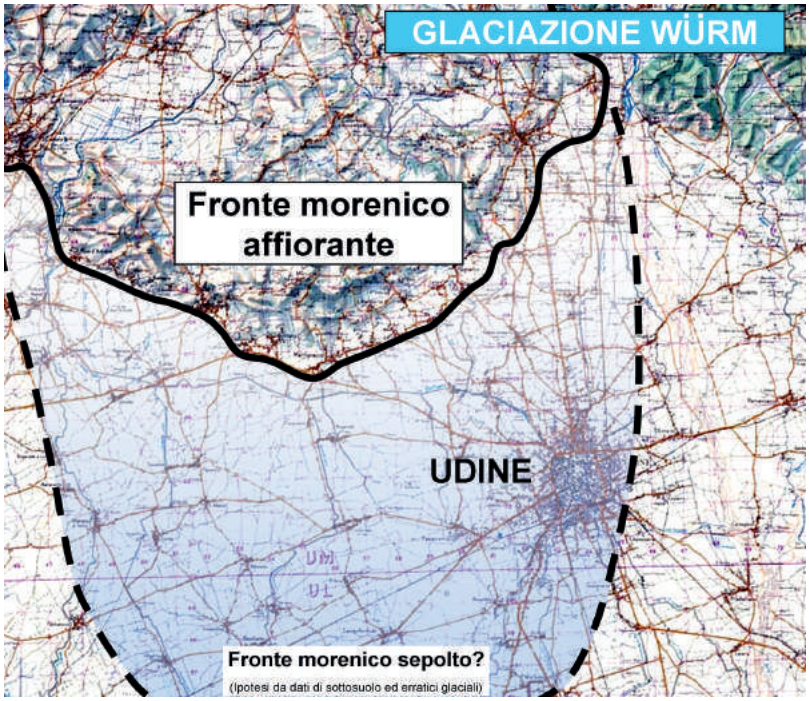


Abb. 34
Maximale Ausdehnung der Würm-Kaltzeit im Friaul: zwei Annahmen in Gegenüberstellung.

Abb. 34

das Gelände durch eine Moränendecke (*Grundmoräne*) bedeckt, die während der Eisschmelze liegen geblieben ist. Sie kann zwischen ein paar Dezimetern und einigen Metern dick sein. Es handelt sich um Schlamm, in dem unterschiedlich große Felsfragmente bis hin zu Blöcken mit mehr als einem Kubikmeter Größe eingeschlossen sind, die der Gletscher bis zu seiner Schmelze in sich trug.

Darüber hinaus können wir für das damalige Szenarium auch annehmen, dass der rasche Klimawandel die Konzentration von Wasserdampf erhöhte und somit häufig zu extremen Niederschlägen, also zu reichlichen und konzentrierten Regenfällen führte.

Nicht zu vernachlässigen ist auch der durch den raschen Gletscherrückzug bewirkte Effekt, der zu einer diffusen Instabilität des *Substrats* führte, was an jenen Stellen, an denen die Gesteine sowieso schon brüchig waren, ausgeprägter war. Daraus ergab sich die Tendenz zu einer „Landhebung", die wissenschaftlich als *Postglaziale Landhebung* (glacial rebound) bezeichnet wird, die Sie sich so wie den „Effekt der Matratze" vorstellen kann, nachdem Sie vom Bett aufgestanden sind.

„Welche durch die rasche Gletscherschmelze im Würm verursachten Auswirkungen auf das Gebiet sind als vorhersehbar?" Das Auftreten von Wasserläufen (Bäche und Wildbäche), die in der Lage sind, große Materialmengen (Grundmoränenablagerungen) gemischt mit großen Mengen an Geröll zu mobilisieren, das kontinuierlich von den ausgesetzten und brüchigen Felswänden abbricht (*Schuttrampen und -kegel)*. Verbreitete und große Erdrutsche.

Daraus ergeben sich jeweils die breiten Erdrutschmassen (Kap. 4, XV) und die großen, sich ständig weiterentwickelnden alluvialen Fächer (*Schwemmkegel*) (Abb. 35). Das ist aber noch nicht alles. Zwischen der Gletscherschmelze (vor 18.000 Jahren) und der Gegenwart fand etwas Besonderes statt, man

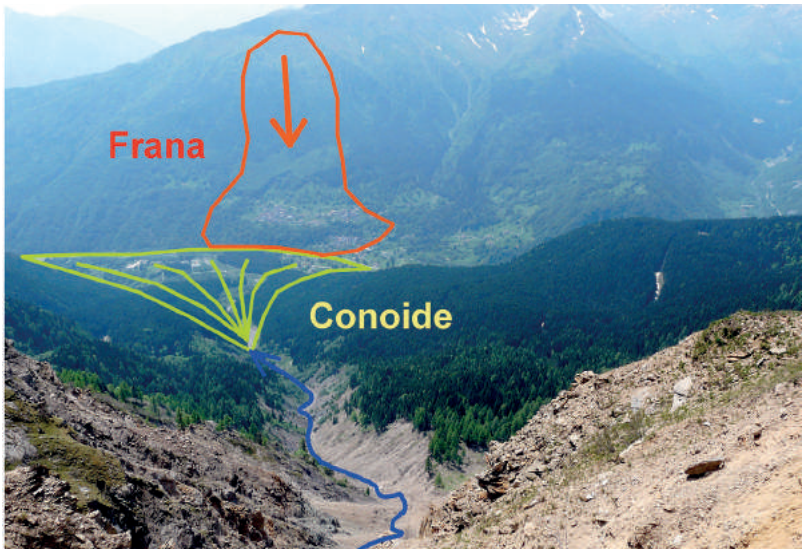


Abb. 35
Die beiden Arten von Ablagerungen, die die frühreife Evolution des Gebiets nach der Gletscherschmelze im Würm prägten (im Spätwürm und danach): große Erdrutschansammlungen und breite Schwemmkegel.

Abb. 35

könnte sagen, ein „Nachschlag“ der Würm-Kaltzeit.

Ja, denn nach der Schmelze der Würmgletscher und nach nicht einmal zweitausend Jahren gemäßigten Klimas, das die spärliche Bevölkerung, die während der Eiszeit gezwungen gewesen war, von den Gebirgstälern in die obere friulanische Ebene zu ziehen, schon aufatmen ließ, ist irgendetwas mit den globalen Durchschnittstemperaturen schiefgelaufen. Die Gletscher-Schneegrenze sank drastisch auf 1.750 Meter ü.d.M., was weit entfernt von den 1.300 m im Würm war. Diese Daten weisen darauf hin, dass wieder tiefe, keineswegs aber eiszeitliche Temperaturen herrschten.

Laut *Kalender der Erde* fand dies vor ungefähr 16.000 Jahren statt. In den darauffolgenden 4.000 Jahren gab es eine Trendwende der globalen Durchschnittstemperaturen, die nach und nach anstiegen. Dieser Anstieg erfolgte schubweise.

Jedem kleinen Temperaturanstieg folgte eine kurze, wenige Jahrhunderte dauernde Pause. Somit wurde die Grenze zwischen Pleistozän und Holozän erreicht, was diesem „Nachschlag“ - wissenschaftlich als Spätwürm bekannt - ein Ende setzte und „unser“ *Interglazial* einleitete.

Im Geopark verschoben die „schubweisen“ Erhöhungen der Durchschnitttemperatur die *Gletscher-Schneegrenze* immer weiter nach oben. Somit gelangte man im Laufe von circa 4.000 Jahren von 1.750 m auf 2.050 m, danach auf 2.200, 2.350 und 2.450 m: Dies war die letzte Stufe des Spätwürms vor Eintreten der postglazialen Zeit, die auf vor 11.700 Jahre (Beginn des Holozäns) datiert werden kann (Abb. 36).

Dies gilt sozusagen als Zusammenfassung dafür, was ausschließlich unter dem Gesichtspunkt der Temperaturen passierte. Sie als *Geopark-Führer* interessieren parallel dazu auch die faszinierenden Auswirkungen, die diese ganz besondere Endphase der *Würm-Kaltzeit* erzeugt hat, denn genau diese Analyse der entsprechenden Auswirkungen hat eine genaue Rekonstruktion der späteiszeitlichen Evolution im Gebiet des Geoparks ermöglicht.

Versetzen wir uns also wieder einmal imaginär um ca. 16.000 Jahre in die Vergangenheit zurück. Die durchschnittlichen Temperaturen sanken

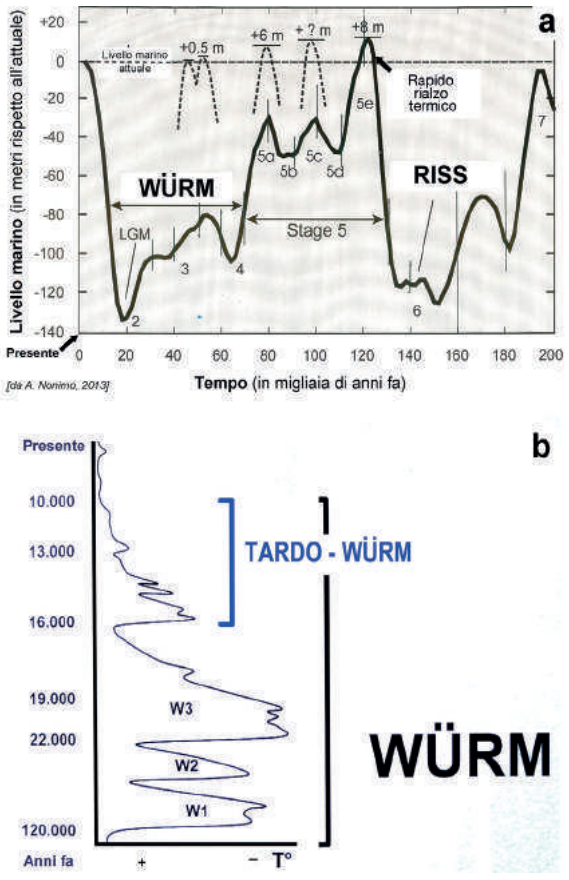


Abb. 36
Die Eiszeit im Spätwürm: der „Nachschlag“ der Würm-Kaltzeit.

Abb. 36

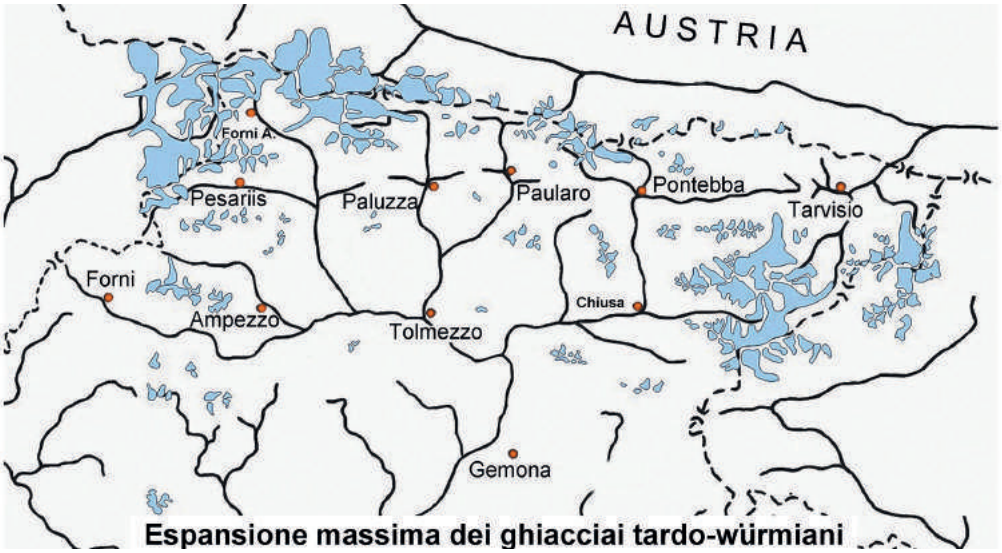


Abb. 37

drastisch, aber dennoch nicht dramatisch ab.

Mit der Gletscher-Schneegrenze, die sich um die 1.750 m ü.d.M. stabilisiert hatte, konnten sich nur die höchsten Bergmassive (vorzugsweise mit einem Felsbecken und nach Norden ausgerichtet) in neue Eisproduzenten verwandeln.

Bitte beachten Sie, dass das „Eis der Gletscher" nichts anderes ist, als die letzte Verwandlung der nach und nach angehäuften Schneemassen. Dieser Schnee bewirkt mit seinem Gewicht, dass die Luft, die während der nachfolgenden Schneefälle in den tieferen Schichten eingelagert wurde, langsam abweicht. Im Geopark zählt man für diesen Zeitraum (Beginn des Spätwürms) ungefähr 150 Gletscherentstehungszentren, die auf 250 ansteigen, wenn man die gesamten Karnischen und Julischen Alpen in Betracht zieht (Abb. 37).

Unter den Zentren des Geoparks sind ungefähr zehn aufgrund des erzeugten Eisvolumens und der Ausbreitung der dazugehörigen *Gletscherzunge* nennenswert. Mit dem Begriff *Gletscherzunge* wird der distale Ausläufer eines Gebirgsgletschers bezeichnet, der dazu in der Lage ist, sich langsam nach unten zu bewegen und sich weit unter die Gletscher-Schneegrenze hinaus zu verbreitet.

Die vorderste Front der *Gletscherzunge* ist jene Position, in der zur gegebenen Zeit ein Gleichgewicht zwischen dem ankommenden und dem abschmelzenden Eis herrscht. Bleibt die durchschnittliche Temperatur über einen gewissen Zeitraum stabil, ist auch die Position der Gletscherfront stabil. Das bewirkt, dass der gesamte in und auf der *Gletscherzunge* vorhandene Schutt entlang des Außenumfangs ausgeschleust wird. So entstehen die *bogenförmigen Endmoränen*.

Durch ihre Position und die Ausrichtung der Konkavität können die Extension, die Form und die Grenze der *Gletscherzunge* in einem gewissen

Abb. 37
Verteilung der Gletscherentstehungszentren im Spätwürm in den Karnischen und Julischen Alpen.

Gebiet und zu einer gewissen geologischen Zeit rekonstruiert werden.
In den glücklichsten Fällen können wir heute in ein und demselben Tal oder Hang, in denen sich seinerzeit eine Gletscherzunge aus dem Spätwürm befand, mehrere *bogenförmige Endmoränen* auf verschiedenen Höhen erkennen. Sie sind der direkte und einzige Beweis für diesen „Nachschlag" der Vergletscherung im Würm und des fortschreitenden Endes derselben (Abb. 38).
Nun muss der *Geopark-Führer* zwei weitere Aspekte kennen, die mit dieser Art von Gletscherablagerung zusammenhängen. Der erste Aspekt ist sehr einfach und auch für die Exkursionsteilnehmer leicht verständlich.
Es kommt nicht selten vor, dass die Moränenbögen aus dem Spätwürm unvollständig sind. Sie wurden durch die erosive Kraft der Oberflächenwasser, die anstelle des Eises traten, verstümmelt. Die Position der restlichen, von der Erosion verschont gebliebenen Ablagerungen vereinfacht die komplette Rekonstruktion der ursprünglichen Ablagerung.
Der zweite Aspekt ist etwas komplexer. Während Ihrer Exkursionen können Sie auf diesen Aspekt ganz nach Ihrem Ermessen und zum von Ihnen ggf. als angemessen betrachteten Zeitpunkt eingehen.
Nachstehend finden Sie eine kurze Erklärung, wie Sie ausgehend von der Position einer gewissen Akkumulation einer Moränenfront auf die Gletschergrenze und demnach auch auf das Alter schließen können. Wenn wir auf irgendeine bogenförmige Endmoräne treffen, könnte ich Sie fragen: *„Wie können wir sicher sein, dass diese dem zweiten Stadium (Gletscher-Schneegrenze = 2.050 m) oder dem ersten Stadium (Gletscher-Schneegrenze = 1.750 m), bzw. dem dritten Stadium (Gletscher-Schneegrenze = 2.200 m) angehört?"*

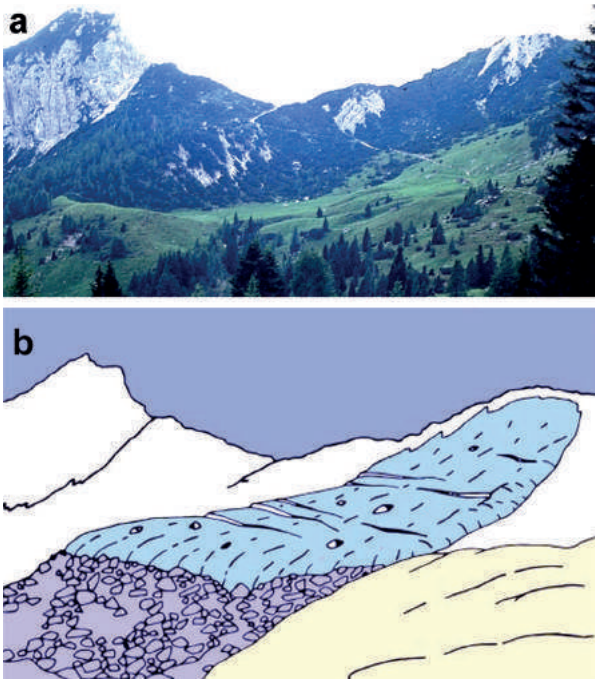


Abb. 38

Sie dürfen nicht glauben, dass eine Akkumulation in hohen Höhenlagen automatisch bedeutet, dass sie den jüngeren Stadien des Glazials angehören, also denen mit hoher *Gletscher-Schneegrenze.* Ganz im Gegenteil. Die Position der Akkumulation der Endmoräne (oder *stadialien Moräne*) hängt nicht nur von der *Gletscher-Schneegrenze*, sondern auch von der Höhe der Berggipfel ab, die das *Glazialbecken* bildeten, in dem die Gletschereisentstehung stattfand.
Ich kenne Ablagerungen dieser Art auf jeweils 1.600 und 750 m Höhe, die aber gleichzeitig während desselben

Abb. 38
Zeugen der kurzen Eiszeit im Spätwürm. Endmoräne an der Zirkelspitze (Monte Cerchio), an der östlichen Grenze es Geoparks.

Stadiums, also dieses „Nachschlags“ entstanden sind. Im ersten Fall erreichten die Gipfel des *Glazialbeckens* nicht einmal 2.000 m Seehöhe, während sie im zweiten Fall um die 2.800 m lagen.

Um Ihre Zweifel auszuräumen, gibt es eine Methode, die zu Beginn des vergangenen Jahrhunderts vom italienischen Geografen Olinto Marinelli erarbeitet wurde. Diese Methode kann für mittelgroße bis kleine Gletscher angewandt werden, wie sie eben im „Nachschlag“ im Würm aufgetreten sind. Ich vereinfache Ihnen die Erklärung mit reellen Ziffern, damit Sie die Vorgehensweise besser und rascher verstehen können. *Erster Schritt:* Ermitteln Sie die Höhenlage des unteren Endes der Endmoränen-Ablagerung, deren *Gletscher-Schneegrenze* Sie festlegen möchten (z.B. 750 m). *Zweiter Schritt:* Legen Sie mithilfe einer topografischen Karte fest, von wo aus das Eis sich hierher bewegt haben kann. *Dritter Schritt:* Nehmen Sie die Höhe des höchsten Felsgipfels des Beckens (z.B. 2.750 m).

Vierter Schritt: Ermitteln Sie (mit einer einfachen Berechnung) die gleich weit entfernte Höhenlage zwischen den beiden zuvor ermittelten Maßen (1.750 m) und schon haben Sie die *Gletscher-Schneegrenze* (Abb. 39).

Um nun festzulegen, welchem Stadium die betrachtete Moränenablagerung angehört, ist dieser letzte Wert mit den verschiedenen bekannten Werten der diversen *Gletscher-Schneegrenzen* zu vergleichen.

Nachdem das Stadium bekannt ist, können Sie auch das Zeitalter der Entstehung festlegen (vor 16.000 bis 11.700 Jahren). Beachten Sie, dass Sie im Zusammenhang mit diesen Erklärungen in unterschiedlichen Tälern oft auf *bogenförmige Endmoränen* stoßen werden, die zwar gleichaltrig sind, also während derselben *Gletscher-Schneegrenze* entstanden sind, sich dennoch in ganz unterschiedlichen Höhenlagen befinden können.

Abb. 39
Schematische Darstellung der Berechnungen für die Gletscher-Schneegrenze für eine gewisse Endmoräne. Diese Methode gilt für nicht sehr große Gletscher.

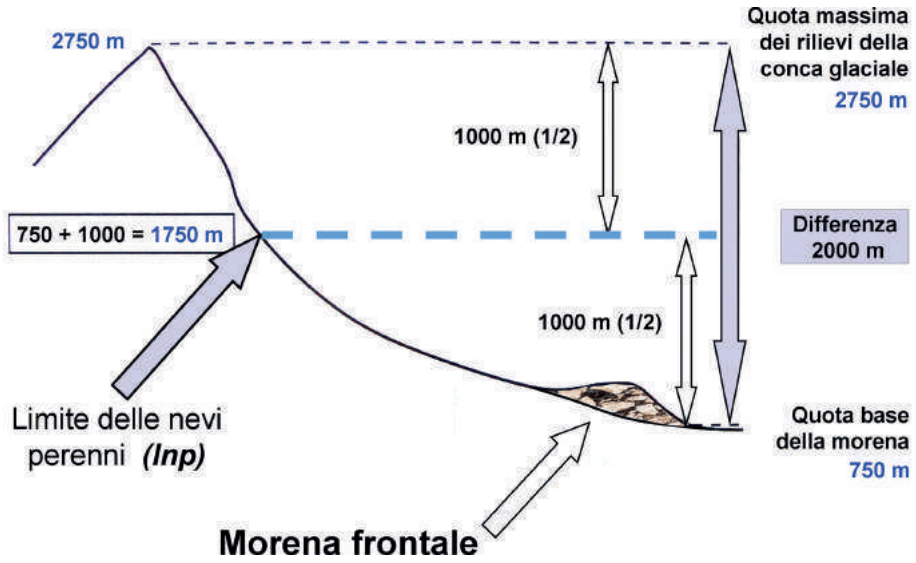


Abb.39

XIII) (Glaziale) Exaration und (fluviale) Erosion

Um diese natürlichen Prozesse besser zu verstehen und später erklären zu können, stellen Sie sich dieses Mal ein kompaktes Stück Parmesankäse vor, dem Sie die Rinde abschneiden. Der Käsebrocken muss mindestens fünf Kilogramm wiegen und soll aussehen, wie eine Art Gebirge, wenn Sie ihn vor sich auf den Tisch legen. Beginnen Sie jetzt, mit der Spitze eines Messers, eine leichte Rille in den Käse zu ritzen, von den oberen Bereichen bis hinunter zu den unteren.
Wenn Sie die Rille einmal eingeritzt haben, vertiefen Sie sie, bis sie zu einem tiefen Einschnitt geworden ist. Das Profil des Schnittes (im Querschnitt) ist V-förmig und erinnert an die Form der Einschnitte von Bächen und Flüssen im Gebirge. Ihr Messer hat genauso gewirkt wie steile Wasserläufe, die ihre Trasse immer weiter vertiefen und deren Grund dank regelmäßiger Untergrabungen und Einstürze entlang der Ufer mehr und mehr erweitern.
Sie haben gerade eine Erosion durch in Flussbetten verlaufendes Wasser, genauer gesagt durch die Einwirkung von Bächen, Wildbächen oder Flüssen auf Gebiete mit mittlerem bis hohem morphologischem Gefälle (aus der Ebene gemessene Höhenunterschiede) simuliert.
Wechseln wir das Szenario, aber bleiben wir bei unserem Parmesanbrocken. Suchen Sie sich jetzt eine dieser Reiben, die es früher gab (damals gab es keine anderen). Sie erkennen Sie daran, dass die Reibefläche halbzylindrisch geformt ist. Genau so eine brauchen Sie. Jetzt (nach langer Suche) reiben Sie mehrere Dutzend Male über die vorherige Bachbettfurche, bis sich ihre Beschaffenheit verändert.
Am Ende dieses Vorgangs wird ihr kleines Flusstal nicht mehr wiederzuerkennen sein. Der Talboden, der immer noch nach unten geneigt ist, wird jetzt (im Querschnitt) breit und flach sein. Die neuen Ufer, die in der geologischen Realität Felswände sind, sehen jetzt steil und überhängend aus. Die Stelle, wo sie auf den Talboden treffen, ist im Querschnitt geformt wie ein riesiges U. Nichts erinnert mehr an die vorige Erosion durch Wildbäche oder Flüsse, die wir mit dem Messer nachgestellt haben.
Ich muss Ihnen nicht erklären, dass Sie mit der Reibe die Wirkung eines sich über ein Berggebiet bewegenden Gletschers simuliert haben. Zum Beispiel über das Gebirge des *Geoparks Karnische Alpen*. Im ersten Experiment (Messer, Gebirgsbach/Fluss) war die Erosion linear, im zweiten hingegen (Reibe, Gletscher) war sie auf eine Fläche bezogen.
Die Erosion durch Gletscher ist derart besonders, dass für sie nicht ohne Grund ein eigener Begriff geschaffen wurde, der diese Einwirkung auf Flächen anstatt entlang gerader Linien betont und herausstellt. Zu Recht wird sie nicht „Gletschererosion" genannt, sondern *Exaration* - ein Begriff, der die Rolle des Gletschers impliziert.
Wenn Sie also solch ein für durch vorrückende Gletscher geprägte Täler typisches U-Profil suchen, lassen Sie idealerweise gleich alle sogenannten postglazialen Ablagerungen (d.h. die *Bedeckung*) weg. Denn das U-Profil darf morphologisch gesehen ausschließlich durch die durch Gletscher bedingte Ausschürfung entstanden sein.

Ich betone diesen Umstand, da bei der Bestimmung von „U-Profilen“ oft fälschlicherweise auch Oberflächen der häufig vorkommenden Schuttrampen (Kap. 4, XVIII) mitgezählt werden, die zweifellos nach der Vergletscherung entstanden sind.

Bevor wir dieses Thema abschließen, möchte ich noch auf eine andere Art der Erosion eingehen, die mit Oberflächenwasser verbunden ist. Es handelt sich um die Erosion durch nicht geführtes Wasser. In bestimmten Umgebungen, in denen lose, nicht zementierte und dadurch für Erosion anfällige Ablagerungen vorherrschen, darf der Effekt prasselnder Regenfälle nicht unterschätzt werden. Hierauf bezieht sich auch die Bezeichnung *Oberflächenabfluss* (Abb. 40).

Wenn Sie eines Tages Exkursionen zum Thema *„Bedeckung“* organisieren, können Sie sich mit den entsprechenden Effekten vertraut machen. Eine Erosion durch starke Regenfälle (nicht geführtes Wasser) findet üblicherweise statt, wenn die *Bedeckung* „frei liegt“, seltener hingegen, wenn sie mit grasiger Vegetation bewachsen ist. Sie hat hingegen keinerlei Auswirkungen, wenn die Bedeckung dicht mit Büschen oder Wäldern bewachsen ist.

Im Fall der „frei liegenden“ *Bedeckung* (oder auch bei *Substrat* aus losem Material wie Lehm), findet eine ausgedehnte, flächenhafte Erosion statt. Sie bedeutet die fortschreitende, langsame Vertiefung der offen liegenden Oberfläche, indem loses Material weggespült wird. Die berühmten *Erdpyramiden* und die nicht weniger bekannten *Badlands* sind Beispiele dieser besonderen Form von

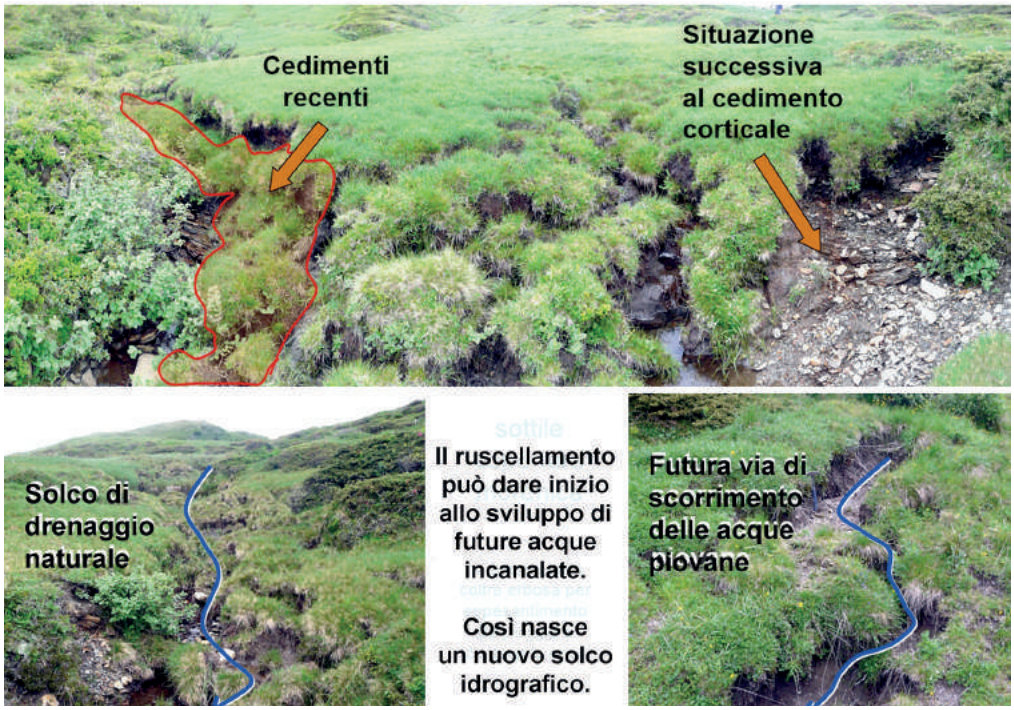


Abb. 40
Evidente Auswirkungen des Oberflächenabflusses auf einer mit niedriger Vegetation sowie einer Grasdecke bewachsenen Bedeckung.

Erosion, die durch den *Oberflächenabfluss* von Regenwasser verursacht wird (Abb. 41).

Jetzt müssen wir nur noch klären, wie es trotz grasbewachsener Oberfläche zu einer Erosion durch Regenfälle kommen kann. In der Tat ist es, als würde jemand bei einem starken Gewitter trotz wasserfester Regenkleidung (in der richtigen Größe natürlich) nass werden.

Um das zu erklären, muss man nur, wie immer, alle möglichen Variablen des Systems in Betracht ziehen und sich dabei Gedanken über *Ursache* und *Wirkung* machen. Versuchen wir es gemeinsam.

Es regnet stark. Massenhaft prasselnder Regen. Stundenlang, ununterbrochen. Der Regen fällt auf eine große Wiese. Die Wiese ist nicht ganz horizontal, auf ihr befinden sich mehrere Gefälle, die teils zu steilen Abhängen mit bis zu 60° Neigung werden (typische Merkmale der *Terrassierung*, vgl. Kapitel 4, XVII).

Die grasige Vegetation ist gleichmäßig und flächendeckend. Der Boden hat sich auf einer unzusammenhängenden Ablagerung (*Bedeckung*) gebildet, die einige bis viele Meter stark ist. Sie scheint Schutz vor eventuellen Zerrüttungen zu bieten. Ein Teil des Wassers fließt über das Gras in Richtung tiefer liegender Flächen und wird zum Teil vom Boden aufgenommen. Je länger und stärker der Regenfall, desto höher die vom Boden aufgenommene Menge. Schließlich ist der Boden gesättigt und das Wasser dringt durch die Poren der unterliegenden, lockeren Ablagerungen. Jetzt überlegen Sie, welche Auswirkungen und Ausmaße dies haben kann.

Der Boden, der so viel Wasser aufnimmt, bis er gesättigt ist, wird sehr

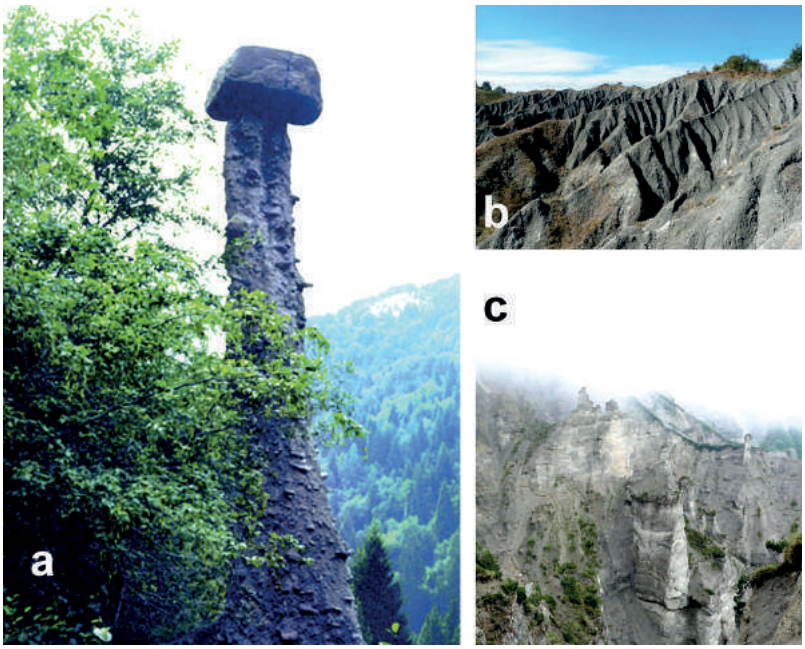


Abb. 41
Drei Effekte des Oberflächenabflusses: Erdpyramiden (Fielis, bei Zuglio), Badlands aus Ton (Emilianischer Apennin) und Felstürme (Monte di Rivo, oberhalb von Arta Terme).

Abb. 41

schwer. Es ist nicht schwierig, vorauszusagen, dass an manchen steilen Stellen oder Bereichen die Schwerkraft dafür sorgt, dass Teile der Wiese und des Bodens abrutschen. Es müssen nicht unbedingt weitläufige Bereiche sein. Es genügen schon wenige Risse in der Grasdecke, um die unterliegende Bedeckung für Erosion anfällig zu machen (Abb. 42).

Ähnliche Prozesse bilden die Grundlage für spätere stärkere Erosionen. In einigen Fällen ist dies der erste Schritt, mit dem sich das Oberflächenwasser einen zukünftigen Fließweg sucht. Es ist die beginnende Entstehung eines der unendlich vielen Gebirgsbäche, der sich, wenn ihn nichts daran hindert, mit der Zeit in eine markante Furche verwandelt, die sich schnell weiter vertieft (vgl. Abb. 40).

Und hier, während sich dieses Phänomen weiter entwickelt, kommt ein weiteres Konzept ins Spiel: die *rückschreitende Erosion*. Hierbei handelt es sich um eine lineare (also durch Flüsse oder Wildbäche bedingte) Art von Erosion, die sich typischerweise schnell ausdehnt, und zwar rückwärts, indem sie sich in Quellrichtung vertieft (Kap. 4, XIV). Für uns - an die Besiedlung von Gebieten gewöhnte Menschen - stellt diese wie *rückschreitende Erosion* einen der schnellsten und heimtückischsten Angriffe des hydrografischen Netzes auf die „Statik" der Umwelt, der Umgebung in der wir leben, dar.

Zu oft vergessen wir, dass die zentrale Eigenschaft unseres Planeten dessen Eigendynamik ist, und zwar sowohl die oberflächliche als auch die tiefer liegende. Auf der Erde sind wir nicht etwa die Protagonisten einer einfachen, unbewegten Momentaufnahme. Wir leben in einem Einzelbild, das Teil eines langen Films ist. Ein Film, der manchmal und sehr mühsam verlangsamt werden kann, für den es jedoch keine „Standbild"-Funktion gibt.



Abb. 42
Auswirkungen des Oberflächenabflusses auf einer lockeren, grasbewachsenen Bedeckung (und entsprechendem Boden). Dioor (Paularo).

XIV) Flussanzapfungen

Wer die Geologie nicht praktiziert, sondern nur ihren Erzählungen lauscht, kann sich oft kaum vorstellen, dass aus einem Gebirge, das von Tälern und Bächen zerfurcht ist, in - wenn auch ferner - Zukunft eine flache Ebene werden könnte.
Auch ein Kind im Vorschulalter kann sich beim Beobachten seiner Eltern noch nicht vorstellen, dass sie mit der Zeit altern und sich langsam verändern werden. Es ist unvorstellbar, dass sie eines Tages werden wie die Großeltern, die in der unerfahrenen Vorstellung des Kindes bereits so alt geboren worden sind, wie es sie kennt.
Ein Kleinkind hat nur eine beschränkte Vorstellung von Zeit und kann sich nur kleine Einheiten wie Tage oder höchstens Jahreszeiten vorstellen. Der Versuch, ihm das Konzept von einem Jahrzehnt oder noch schlimmer einem Jahrhundert verständlich zu machen, würde aber mit großer Sicherheit scheitern.
Auf dieselbe Art können sich Erwachsene, die nicht daran gewöhnt sind, in sehr langen Zeitintervallen zu denken, nicht vorstellen, was mit einer Landschaft im Laufe von Tausenden oder Millionen Jahren passieren kann. Sie können nur dem vertrauen, was ihnen erzählt wird.
Das wird nicht immer so bleiben. Jedes Kind wird mit dem Sammeln von Erfahrungen geistig erwachsen. Wer sich für „geologische Dinge" begeistert, wird immer lesen und sich über die Themen informieren, die ihm am Herzen liegen. Und eines Tages versteht dieses Kind dann das langsame Fließen der geologischen Zeit und der Veränderungen, die sie auf der Erdoberfläche und dem Meeresgrund mit sich bringt.
Im Bereich der morphologischen Veränderungen von Gebirgslandschaften gibt es größere und kleinere Formen von Erosion, nicht wahrnehmbare und katastrophale, unbedeutende und kolossale. Jede davon bedeutet einen kleinen Schritt oder einen riesigen Sprung auf dem Weg zu den zukünftigen geologischen Veränderungen einer Landschaft.
Flussanzapfungen müssen als riesige Sprünge angesehen werden. Wenn sie stattfinden, kann sich das Aussehen eines gesamten Berggebietes radikal verändern. Durch *Flussanzapfungen* werden die Oberflächenabflüsse verändert oder sogar komplett verdreht und die Hydrografie ganzer Täler verändert (Abb. 43). Solche Veränderungen finden sehr schnell, aber nicht unvorhersehbar statt. Die Vorbereitung einer Umgebung auf eine *Flussanzapfung* und deren progressive Veränderung finden sehr langsam statt. Der *Geopark Karnische Alpen* enthält hierfür einige vorbildliche Beispiele (das obere But-Tal und Ampezzo, um nur einige besonders eklatante Beispiele zu nennen). Das Vorhandensein



Abb. 43
Hydrografische Veränderungen durch eine eindeutige Flussanzapfung im Quartär (Fluss Natisone, Julische Alpen).

dieser Beispiele, zusammen mit vielen weiteren und oft einzigartigen geologischen und morphologischen Besonderheiten, die innerhalb des Geoparks zu sehen sind, machen ihn zu einer unabkömmlichen Schulungsstätte, in der diese Phänomene allgemeinverständlich erklärt werden können. Aus genau diesem Grund präsentieren wir Ihnen den Park als solch exzellente Gelegenheit.

„Aber was bedeutet denn nun Flussanzapfung?“ Bevor ich Ihnen diese Frage beantworte, kann ich schon einmal vorwegnehmen, dass der Vorgang in unserer Berglandschaft noch weitere Konzepte mit sich bringt, nämlich *Wasserscheiden, Paläo-Erdrutsche* und *rückschreitende Erosion.* In solchen Fällen ist eine einzige Abbildung mehr wert als 1.000 Worte. Nicht ohne Grund empfehle ich immer und immer wieder, dass Sie als *Geopark-Führer* die Erläuterungen Ihrer Touren (Kapitel 3, e) IMMER mit genügend Bildern (Zeichnungen, Skizzen, topographischen Karten, Fotos usw.) untermauern sollen. Sie bieten einen bedeutenden Mehrwert für jede Exkursion und stellen sicher, dass die Situationen und Konzepte, die Sie mit Worten erklären, auch wirklich verstanden werden. Kommen wir jetzt auf die *Flussanzapfung* und ihre Entstehung zurück.

Die *Flussanzapfung* stellt eine einschneidende Veränderung in die Hydrografie eines Gebiets dar. Ein Wildbach oder Fluss (in unserem Fall im Gebirge) verübt einen Erosionsangriff auf einen Bergkamm *(Wasserscheide*), der ihn von einem anderen Wasserlauf trennt. Am Ende des Angriffs hat sich in der Wasserscheide ein Durchgang zwischen den beiden Wasserläufen gebildet. Durch die morphologische Veränderung wird der eine Wasserlauf das Wasser des anderen für sich beanspruchen. Der erste Flusslauf zapft also den anderen an und stiehlt ihm einen Teil des Wassers, vom Punkt der Anzapfung bis ganz hinauf zu seiner Quelle, so weit entfernt sie auch liegen mag (Abb. 44).

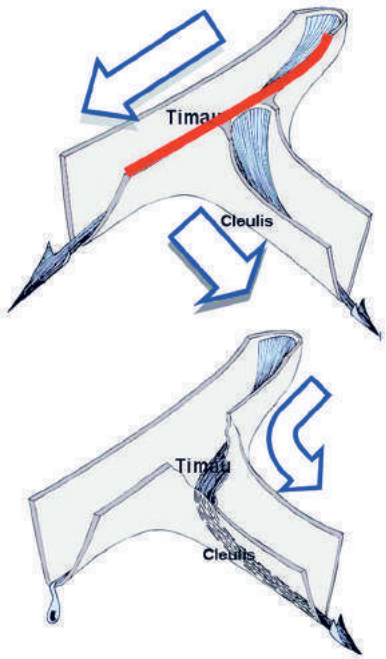


Abb. 44

„Warum entsteht eine solche Flussanzapfung?“ Dies kann aufgrund starker rückschreitender Erosionen im Quellbereich des „erobernden Flusses“ geschehen, oder auch durch plötzliche Bergrutsche an der Wand der Wasserscheide, die den „eroberten“ vom „erobernden“ Fluss getrennt hat.

Abb. 44
Die im Quartär stattgefundene Flussanzapfung zwischen Cleulis und Timau.

Im letzteren Fall beziehe ich mich konkret auf den hydrografischen Status des oberen But-Tals. Großen Einfluss hatten hier die Gletscher, von denen das Gebiet regelmäßig überzogen war. Ihre Aufgabe war es, das Tal von dem durch Erdrutsche entstandenen Schutt zu befreien und es hierdurch der *rückschreitenden Flusserosion* nach der Eisschmelze zu ermöglichen, den neuen Talabschnitt schnell und definitiv zu erobern.

„Woran erkennt man, dass eine Flussanzapfung stattgefunden hat?“ Die Spuren, die eine *Fluss-anzapfung* auf einem Gebiet hinterlässt, sind oft unterschiedlich und vielfältig.

Der Anzapfungspunkt wird fast immer durch eine plötzliche Haarnadelkurve im neuen Flussverlauf gekennzeichnet. Da sich Zuflüsse in der Regel wie „Fischgräten“ in den Hauptfluss einschleusen, ist ein Flusslauf (von dem man vermutet, dass er angezapft wurde), in den sich ein Zufluss, sagen wir, andersherum einfügt, ein weiteres Indiz dafür, dass eine Anzapfung stattgefunden haben könnte (Abb. 45, Rio Gaier).

Halten Sie sich außerdem vor Augen, dass die *rückschreitende Erosion* nicht nur im Bereich der ehemaligen Wasserscheide gewirkt hat, sondern sich auch entlang des angezapften FFlussbett-abschnittes fortgesetzt hat. Dort kann man jetzt zum Teil die Überreste der einstigen Talsohle erkennen, die von der Erosion verschont geblieben sind. Sie sehen aus wie kleine, nahezu flache Bereiche entlang der Talseiten, die im Verhältnis zur neuen Talsohle „erhöht“ liegen. Viele davon sind zwischen Timau und dem Rifugio Marinelli zu sehen.

XV) Paläo-Erdrutsche und Erdrutsche

Der Begriff *Erdrutsch* ist Ihnen allen bekannt. Die meisten von Ihnen können sich zudem vorstellen, dass die allgegenwärtige Schwerkraft in dem Moment, wenn ein Erdrutsch oder Bergsturz stattfindet, die Oberhand über andere, der instabil gewordenen Anhäufung „innewohnende“ Kräfte gewonnen hat. Mit letzteren kennen sich die meisten von uns weniger aus. Sie sind von Fall zu Fall sehr unterschiedlich. Einen ersten interessanten Unterschied kann man zwischen dem (felsigen) *Substrat* und der (lockeren) *Bedeckung* feststellen (Kap. 4, XII). Eine Ausnahme bilden die Lehm- bzw. Sandablagerungen aus dem Präquartär, die sich im Fall von Erdrutschen wie eine *Bedeckung* verhalten, obwohl sie

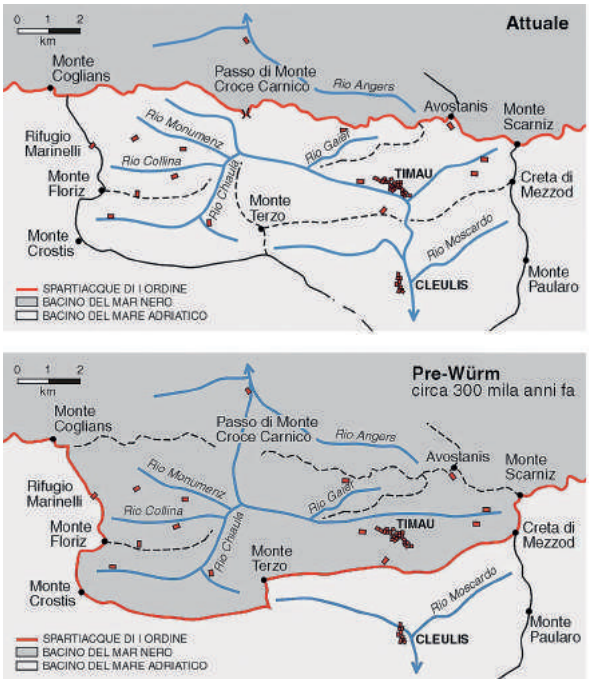


Abb. 45
Hydrografische Veränderungen aus dem Quartär, im oberen But-Tal.

Abb. 45

zum *Substrat* gehören. Wie dem auch sei, mit ihnen müssen wir uns nicht auseinandersetzen, da sie im Geopark nicht vorhanden sind.

Erinnern Sie Ihre Exkursionsteilnehmer dennoch daran, dass Sie ihnen keine Einteilung der Arten von Erdrutschbewegungen erklären müssen. Nichts schreckt so sehr ab und dämpft das Interesse der Zuhörer wie Einteilungen in zahllose Unterarten und Bezeichnungen. Das gleiche gilt für die verschiedenen Arten von Vulkanausbrüchen, auf die wir aber nicht genauer eingehen müssen. Beschränken Sie sich stattdessen darauf, die möglichen „Kräfte" und die potenziellen „Schwächen" eines *Substrates* oder einer *Bedeckung* zu präsentieren, wenn sie einem Bergrutsch ausgesetzt sind.

Beginnen wir mit dem *Substrat*, das im Geopark gewöhnlich in Form von Felsen aus dem Paläozoikum und der Trias auftritt. Wenn das Relief trotz teils abschüssiger Wände massiv, d.h. frei von Schichtung ist, und auch keine Brüche (und/oder Verwerfungen) vorhanden sind, können wir es als stabil und im Gleichgewicht gegenüber eventuellen größeren Bergrutschen ansehen. Zumindest auf der Leiste der menschlichen Zeitzählung. Es ist jetzt nicht schwer abzuleiten, dass geschichtete Oberflächen mit ihren unvermeidlichen Gesteinsvariationen (parallel zur Schichtung), und vor allem ihre Bruchebenen und/oder Verwerfungsflächen die „Schwachstellen" des Felsmassivs sind.

Ein von steilen Wänden und Abhängen umgrenztes Relief ist wie ein Auto, das auf einer leichten Steigung geparkt ist. Die wichtigste Bedingung für größtmögliche Stabilität (und Sicherheit) ist die angezogene Handbremse. Die Handbremse stellt die „innere Reibung" des Autos dar, die stärker ist als die Schwerkraft. Die Handbremse zu lösen wäre, als würde man dem Gebirgsmassiv die Schichtungen, die wechselnde Lithologie (oder Felsarten) und vor allem Brüche hinzufügen. Für die Stabilität einer Felsmasse sind zahlreiche, eng beieinander gelegene Brüche weniger gefährlich als grobmaschig verteilte und eventuell

Abb. 46
Nordhang des Monte Toc mit den evidenten Schichten, die den Abriss und Abrutsch zum Stausee Vajont bewirkt haben.



Abb. 46

nach außen hin geneigte. Erstere verursachen lediglich den Abgang kleiner, oberflächlicher Mengen von Material, die einfache *Schuttrampen* am Fuß der entsprechenden Felswände bilden. Breit gefächerte Brüche lösen hingegen eine beträchtliche und plötzliche Ablösung großer Felsmassen aus. Auch die Schichtung hat gemeinsam mit der Art der Geisteins und der Ablagerung einen Einfluss auf das Gleichgewicht eines Felsmassivs. Man bedenke nur die Katastrophe der Vajont-Staumauer in Longarone und die Schichtung des Monte Toc (auf dem sich die Abrissnische befand), die gefährlich in Richtung des Staubeckens geneigt war (Abb. 46). Und halten Sie sich einmal vor Augen, dass schon 10° mehr Neigung gereicht hätten, um jedes Risiko der Senkung zu vermeiden und sich gleichzeitig vor Ignoranz und Fahrlässigkeit zu schützen. Wie anfällig ein Felsmassiv für Erdrutsche oder Bergstürze ist, hängt von der Neigung seiner Schichtenfolgen im Verhältnis zur Neigung des Abhanges selbst ab. Sind die Schichten parallel zum Abhang angeordnet, sind sie anfälliger für Erdrutsche.

Sind die Schichten jedoch entgegen der Neigung des Felsens ausgerichtet (sie schneiden also den Hang), ist der Fels stabil gegenüber Erdrutschen. Ein dritter Fall ist, dass die Schichten im Gegensatz zur Hangneigung mehr oder weniger horizontal angeordnet sind. In diesem Fall besteht ein Risiko nur dann, wenn die Neigung geringer ist als die der Böschung (oder des Hanges, der sie schneidet) (Abb. 47).

Erklären Sie auch in diesen Fällen Ihren Exkursionsteilnehmern die verschiedenen potenziellen Situationen und beziehen Sie sich jedes Mal auf die realen Bedingungen, die Sie vorfinden. Im Angesicht eines konkreten Beispiels kann man ein Phänomen am besten beleuchten. So haben Exkursionsteilnehmer anschließend die Möglichkeit, das Gelernte selbst anzuwenden, was ein extremes Erfolgserlebnis für sie darstellt.

Machen Sie bei Exkursionen im Gelände auf die drei „Elemente" eines Erdrutsches aufmerksam: das *Abrissgebiet*, die (mehr oder weniger breite) *Sturzbahn* der abgerissenen Masse und das *Ablagerungsgebiet*. Erörtern Sie gemeinsam mit Ihren Exkursionsteilnehmern, ob



Abb. 47
Verschiedene Verhältnisse zwischen der Schichtung und dem morphologischen Hang. Nur eine von ihnen gibt Stabilitätsprobleme.

es nur ein oberflächliches *Abrissgebiet* war oder tiefe Kerben in das Relief des Hanges gerissen hat. War nur die *Bedeckung* involviert, oder auch das darunter liegende *Substrat*? Schauen Sie gemeinsam, ob das Abrissgebiet „frisch" aussieht, also erst vor kurzem entstanden ist, oder schon vor Jahrhunderten oder Jahrtausenden. Ist es schon „vernarbt", also nicht mehr aktiv (ein Zeichen hierfür ist oft die ausgedehnte Vegetation), oder sieht es noch nach einer „offenen Wunde" im Gelände aus (Abb. 48)?

Hier noch eine letzte interessante Beobachtung: Suchen Sie gemeinsam mit Ihren Exkursionsteilnehmern bei jeder Besichtigung eines *Abrissgebietes* - egal, ob „offen" oder „vernarbt" - nach dem *Ablagerungsgebiet*. Wenn keines vorhanden ist, ist dies ebenfalls eine sehr wichtige Feststellung, denn auch sein eventuelles Verschwinden ist ein bedeutender Teil der Entwicklung der vorliegenden Landschaft. Im *Geopark Karnische Alpen* kann man das Fehlen eines *Ablagerungsgebietes* am Fuß des Monte di Rivo und Monte Cucco bei Paluzza beobachten, aber auch am Fuß der Erhebung von Flaudona im Pesarina-Tal und unter Illegio, oberhalb von Tolmezzo.

Je einfacher ein *Erdrutsch* und sein *Ablagerungsgebiet* von einem einfachen geologieinteressierten Teilnehmer erkannt werden können, desto wahrscheinlicher ist es, dass der *Erdrutsch* sich vor nicht allzu langer Zeit ereignet hat. Wird der *Erdrutsch* jedoch ausschließlich vom Geologen entdeckt und als solcher erkannt und sind Erklärungen notwendig, um ihn auch für Laien erkennbar zu machen, kann man davon ausgehen, dass es sich um einen *Paläo-Erdrutsch* handelt, also einen *Bergsturz*, der in ferner Vergangenheit, gewöhnlich vor vielen Jahrtausenden stattgefunden hat.

Abb. 48
Erdrutsche können unterschiedlich und vielfältig klassifiziert werden. Für Ihre Exkursionsteilnehmer ist es ausreichend, die Abrissnische und das Ablagerungsgebiet (sofern noch vorhanden) zu erkennen.



Abb. 48

XVI) Paläoseen und Stauseen

Strenggenommen haben alle Seen, ob künstliche Staubecken oder natürlich entstandene Becken, mehr oder weniger ausgeprägte Barrieren, die sie definieren und begrenzen. Bei natürlichen Seen können solche Barrieren zum Beispiel in Form von durch *Exaration* entstandenen Schwellen aus Fels auftreten (im Geopark finden Sie klassische Beispiele hierfür in den kleinen Seen Avostanis und Dimon zwischen Paluzza, Ligosullo und Timau). Sie können aber auch das Ergebnis bestimmter, mehr oder

weniger schneller und plötzlicher Prozesse sein. Schauen wir uns gemeinsam diese Prozesse einmal an und suchen wir nach den Ursachen, die entlang einer Talsohle eine Unterbrechung einer Fluss- oder Wildbachbewegungen, welche grundlegend für die Entstehung eines natürlichen Staubeckens gewisser Ausmaße sind, bewirken können (Abb. 49).

Eine erste Möglichkeit hierfür wäre die Gletscheraktivität und, um genauer zu sein - und auf die Gegebenheiten im Geopark Bezug zu nehmen - die Ablagerung der *bogenförmigen Endmoränen*, die während des „Nachschlags" der Würm-Kaltzeit stattfand. Moränenbögen, die beim Rückzug der Gletscherzunge, aus denen sie entstanden sind, oft perfekte Barrieren für das Schmelzwasser der Gletscher bildeten. Als mustergültiges Beispiel kann ich Ihnen hier den *Paläosee* von *Cima Sappada* im Friaul ans Herz legen.

Einige von Ihnen, die solche Moränenablagerungen aus der Nähe gesehen haben, könnten mir jetzt widersprechen und sich fragen, wie Ansammlungen aus Felsbrocken und Geröll (und daher von sehr poröser Konsistenz), die Abflüsse einer Talsohle blockieren können. Die Erklärung liegt in der tatsächlichen Beschaffenheit der Gletscherablagerungen. Direkt unterhalb der oberflächlichen Abschnitte der Ansammlung sind die Lücken mit kompaktem Gletscherlehm gefüllt, der das Material komplett undurchlässig machen. Das Erscheinungsbild der Oberfläche der Ablagerung, die keine feinen Partikel enthält, war der Auswaschung durch starke Regenfälle ausgesetzt und kann daher nicht als repräsentativ für die gesamte Ansammlung angesehen werden.

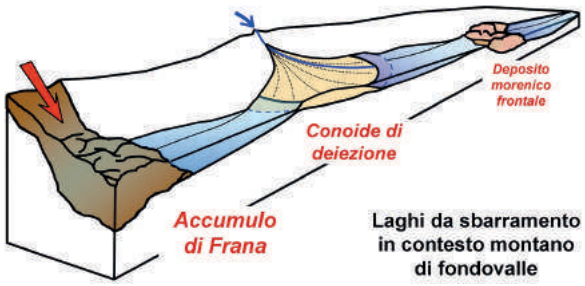


Abb. 49

Eine zweite Möglichkeit, wie ein Flussbett (in einer Talsohle zwischen Bergen) in einen prächtigen See verwandelt werden kann, ist das schnelle Vorrücken (*Progradation*) und Verdicken (*Aggradation*) eines *Schwemmkegels* (Kap. 4, XVIII). Hierbei handelt es sich um einen Schwemmfächer, der von einem Nebenfluss mit (extrem!) hohem Schutttransport in den Hauptfluss abgeladen wird. Das beste Beispiel vor Ort ist der *Paläosee* von *Cleulis* und *Timau*.

Die dritte und letzte Möglichkeit ist die schnellste und plötzlichste Art, wie aus dem Nichts ein natürlicher See zwischen Bergen entstehen kann: ein *Bergsturz*. Wenn der Talabschnitt eng ist, kann das *Ablagerungsgebiet* in der Talsohle Hindernisse mit einer Höhe von bis zu über hunderten Metern erzeugen (so hoch wie der Markusturm in Venedig). Das soeben entstandene Seebecken ist ebenso tief. Auch hierfür gibt es im Geopark zahlreiche Beispiele: den *Paläosee* von *Sutrio* und *Paluzza* sowie den in *Sappada*, den *Paläosee* in *Paularo* sowie einen weiteren im Ort *Laghetti*, oberhalb von *Timau*.

Ihr Verschwinden verdient ein eigenes Kapitel. Denn von diesen Seen besteht heute keine Spur mehr. Ausschließlich für uns Geologen ist noch

Abb. 49
Ursachen für die Entstehung von Gebirgsseen.

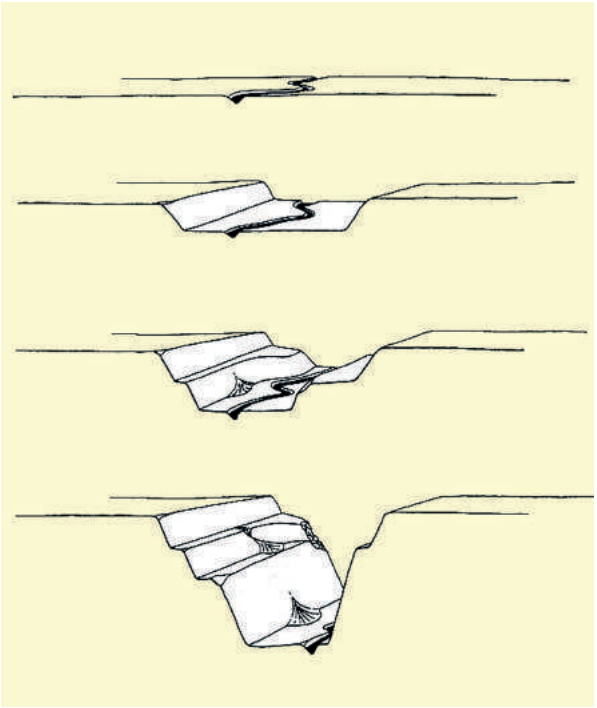


Abb. 50

Abb. 50
Progressive Entwicklung der Flussterrassen. Sie sind je nach Stadium von oben nach unten der Reihe nach angeordnet.

erkennbar, dass sie einst existiert haben (nicht umsonst werden sie Paläoseen genannt). Stumm berichten uns ihre Überreste von dem, was einmal war: das Hindernis (oder ein Teil davon), das die Entstehung des Sees und vor allem die Ablagerung von Seesedimenten ermöglicht hat. Ein Hindernis, das oft von den folgenden Erosionen durch Flüsse und Wildbäche verstümmelt worden oder unter neueren Ablagerungen vergraben ist.
Ein natürlicher See wird geboren, er altert und stirbt letztendlich. Er verschwindet. Über die verschiedenen Umstände seiner Geburt haben wir gesprochen. Sein Altern und Sterben hingegen ist nur auf zwei Arten möglich: vorzeitig oder an Altersschwäche. Im ersten Fall ist die Barriere eingestürzt, bevor die von den Abflüssen transportierten Ablagerungen (Kies, Sand und Schlamm) das Becken füllen konnten. Im zweiten Fall verendet der See durch Verschüttung und verwandelt sich in eine sumpfige, seichte Ebene.
Die sehr interessante Beschreibung dessen, was im Anschluss passiert, finden Sie im folgenden Kapitel (Kap. 4, XVII). Es handelt sich um die natürliche Evolution eines Gebietes, das sich im Laufe von hunderten bis tausenden Jahren von einer Talsohle in einen See, und anschließend durch seine Füllung in eine sumpfige Schwemmebene entwickelt hat.

XVII) Flussterrassen

Ein Fluss oder Wildbach, der in seine eigenen Ablagerungen schneidet und so mit der Zeit sein Bett vertieft, geht hierbei fast immer schubweise vor. Hierdurch entsteht ein Einschnitt in Stufen, die immer tiefer werden und aus Abschnitten mit geringer Neigung (Terrassen) auf verschiedenen Ebenen bestehen, die durch steile Abhänge miteinander verbunden sind. Die Höhe der Abhänge zeugt vom Umfang der verschiedenen erosiven Vertiefungen. Die fast horizontalen Bereiche hingegen entsprechen mehr oder weniger ausgedehnten erosionsfreien Phasen (Abb. 50).
Im Geopark findet man die besten Effekte von *Terrassierung*, wenn die Flusserosionen auf die mächtigen Schwemmansammlungen der Talsohle treffen. Die idealen Voraussetzungen herrschen in Übereinstimmung mit Ablagerungen von Seesedimenten, also in den Ablagerungen, die von Zuflüssen angespült worden sind,

die mit ihren Mündungsarmen auf das Hindernis zufließen, das die Entstehung des Sees ermöglicht hat.
Mit der Zeit verwandelt sich der See in eine Art Schwemmebene. *„Was ist der Unterschied zwischen dieser Talsohle und ihrem vorherigen Zustand, bevor der See entstand?“* Nach der Ablagerung von Seesedimenten fließt der Fluss oder Wildbach, dessen Wasser durch ein Hindernis (Moränenablagerung, *Schwemmkegel*, *Ablagerungsgebiet von Erdrutschen*) blockiert wurde, nun etwas höher und dadurch sehr nahe am Rand des natürlichen Staudamms.
Unter diesen Umständen genügt ein plötzliches Hochwasser und der kurzzeitig höher liegende Wasserlauf kann die Kante des Hindernisses problemlos übertreten. Wenn man sich diese Szene vorstellt, könnte man denken, *„Wenn das Hochwasser einmal vorbei ist, geht das Wasser wieder zurück und alles kehrt wieder in den Normalzustand zurück. Die Schwemmebene wird wieder sumpfig und der Wasserlauf lässt langsam nach und staut sich ... Alles wird wieder wie vorher.“* Im Gegenteil: Ich versichere Ihnen, nichts wird mehr wie vorher sein.
Gehen Sie in Ihrer Vorstellung wieder zu dem Moment zurück, in dem das Hochwasser über den Rand des Hindernisses, des natürlichen Staudamms, der jahrtausendelang die Ansammlung von Schlamm, Sand und Kies in enormen Ausmaßen ermöglicht hat, tritt. Fügen Sie dieser Vorstellung jetzt noch physikalische Gesetze hinzu und Sie werden das Ganze mit anderen Augen sehen. Was Sie jetzt sehen, sind Wassermassen, die in schwindelerregender Geschwindigkeit am äußeren Abhang des Ablagerungsgebietes herunterstürzen. Einen Abhang, dessen durchschnittliche Neigung um die 30° beträgt.
Die Flussgeschwindigkeit ist enorm hoch und aggressiv gegenüber der Ablagerung. Es genügen wenige Stunden, um die Auswirkungen sichtbar zu machen. Die Wassermassen des überschwemmten Flusses haben eine tiefe, abfallende Furche erzeugt. Das ist noch nicht alles. Es ist, als wäre die Büchse der Pandora geöffnet worden. Nichts wird mehr wie vorher sein (Abb. 51).
Wenn das Hochwasser vorüber ist, vertieft der normale Abfluss den Einschnitt weiter. Jegliche Wasserzufuhr wird ab sofort in diesen Einschnitt kanalisiert und aufgrund dessen Steigung immer schneller fließen, was ihre erosive Wirkung noch steigert.

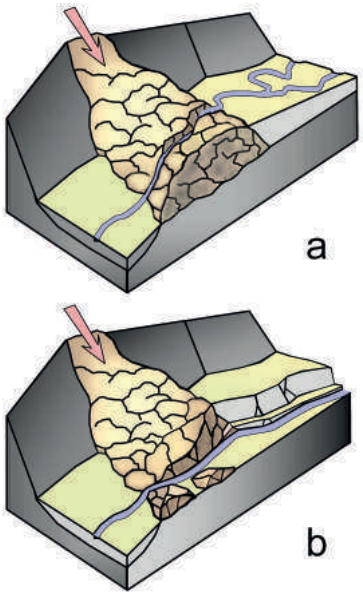


Abb. 51

Abb. 51
Einschnitt in das Hindernis, das zur Entstehung des Sees geführt hat und die nachfolgende Entwicklung der raschen rückschreitenden Erosion auf Kosten des Erdrutsches und der Ablagerungen im Delta und im See.

Und das war noch immer nicht alles.
Die Erosion verstärkt sich nicht nur entlang der Erdrutschmasse, sondern breitet sich „nach hinten“ aus und greift dadurch die Ablagerung von Seesedimenten an, die an sich unzusammenhängend und dadurch anfällig für Erosion ist. Das Einschneiden wird schubweise fortgesetzt, wobei sich Momente intensiver Aktivität mit längeren Pausen abwechseln, die durch innere Widerstände in der heterogenen Ablagerung des Erdrutsches bedingt sind.
Die logische Konsequenz dieses Erosionsprozesses ist die *Terrassierung* der Seeablagerungen sowie die teilweise oder - bei schmalen Tälern - komplette Entfernung der Bergsturzmasse. Im Geopark finden wir sehr anschauliche Beispiele hierfür in Paularo, zwischen Sutrio und Paluzza sowie in Sappada.

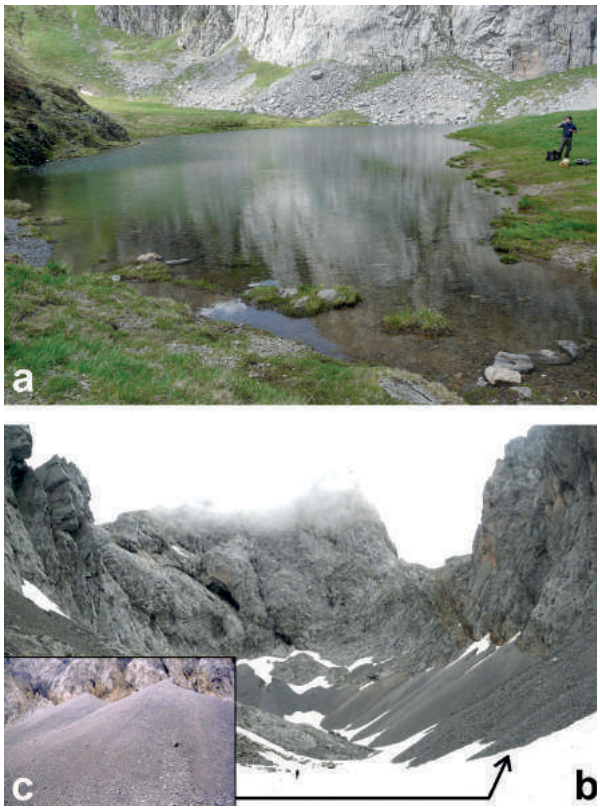


Abb. 52
Die zusammenwachsenden Schuttkegel am Lago Avostanis (a), am Hocheck (Creta di Timau) und an der Basis der Kellerspitzen (La Chianevate) (b, c).

Abb. 52

XVIII) Schutt- und Schwemmkegel

Schutt- und Schwemmkegel sind typische Ablagerungen der *Bedeckung* und sind einfach an ihrer charakteristischen Fächerform erkennbar, wobei ihre Spitze höher liegt als der Außenumfang. Der Begriff ist eine allgemeine Bezeichnung, die auch ähnliche Phänomene umfasst, die über verschiedene, je nach Akkumulationsprozess entstandene Neigungswinkel (nie über 40°) verfügen.
Im Geopark, der sich durch eine Gesamtheit aus Tälern und Erhebungen auszeichnet, finden sich *Schuttkegel* und *Schwemmkegel* sowie eine weitere Zwischenform.
Schuttkegel entstehen durch die kontinuierliche Ansammlung von Felsbrocken, die sich von ausgesetzten und brüchigeren Bereichen von Felswänden lösen. Sie zeugen von unaufhörlichem Abbröckeln und der Ansammlung von Schutt auf einem begrenzten Gebiet. Es kann vorkommen, dass angrenzende *Schuttkegel* sich so stark erweitern, dass sie die Fransen ihrer Fächer überlagern (zusammenwachsende *Schuttkegel*) (Abb. 52).
Wenn Sie ein Stück trockenes Brot auf den Tisch legen und mit einem Messer an seiner Oberfläche kratzen, sammeln sich die Brösel nach demselben Prinzip an. Auf beide Ablagerungen, sowohl die aus Felsbrocken, als auch die aus Brotkrümeln, wirkt dieselbe Kraft: die Schwerkraft.

In keinem der beiden Fälle ist eine Flüssigkeit involviert, um die abgelösten Brocken auf eine breitere Fläche zu verteilen. Sie häufen sich alle am Fuß des Bereichs an, in dem sie entstanden sind. Und sie sind alle *schräggeschichtet* (Kap. 4, VI), also schon bei ihrer Entstehung geneigt. Ihre typische Neigung entspricht dem sogenannten *Schüttwinkel*, also dem Winkel, in dem sich die Bruchstücke absetzen und ein Gleichgewicht finden, wenn sie durch die Schwerkraft auf den Boden fallen. Ist eine steile Felswand gleichmäßig von Brüchen durchdrungen, bildet sich eine *Schuttrampe* (Abb. 53).

Wechseln sich hingegen entlang einer Felswand brüchigere mit weniger brüchigen und weniger instabilen Bereichen ab, konzentriert sich die Ansammlung der Bruchstücke auf begrenzte Gebiete, also entstehen *Schuttkegel*. Beide Ergebnisse, *Schuttrampen* und *Schuttkegel*, weisen eine Neigung von höchstens 38° bis 40° auf.

Eine interessante Feststellung ist, dass die einzelnen Schuttfragmente dieser Ablagerungen immer sehr kantig sind. Der fehlende Abschliff ist darauf zurückzuführen, dass das Geröll nicht weit transportiert wurde und daher keinem mechanischen Abrieb ausgesetzt worden ist.

Akkumulationen dieser Art sind sehr porös und die Zementation, die sie mit der Zeit verbinden könnte, reicht kaum aus, um die großen Leerräume zwischen den einzelnen Gesteinsbrocken zu verschließen.

Außerdem wird der Gesteinsstaub, der beim Aufprall des Absturzes entsteht, durch regelmäßige Regenfälle in die Tiefen der Ablagerung gespült und dort verteilt.



Abb. 53

Wenn Sie auf Ihren Exkursionen auf solche Ablagerungen treffen, die durch die Schwerkraft (und ganz ohne den Einfluss von Wassertransport) entstanden sind, ist es interessant, Ihre Exkursionsteilnehmer auf die Verteilung der unterschiedlich großen Fragmente hinzuweisen. Die größeren befinden sich am Grund des Fächers, die feineren hingegen an der Spitze. Dies ist auf die höhere kinetische Energie der großen Brocken zurückzuführen, wodurch sie bis an den äußeren Rand der Ablagerung rollen.

Schwemmkegel sind eine andere Form der fächerartigen Ablagerungen, die man in Gebirgslandschaften findet. Ein Wildbach, der eine große Menge Geröll transportiert, lässt einen Teil seiner Ladung zurück, wenn er auf ein breiteres Tal mit geringerem Gefälle trifft.

Anstatt das Geröll einfach an der Mündung ungeordnet liegen zu lassen, verteilt der Bach seine Ladung auf den gesamten, am Ausgang seines Nebentals verfügbaren Raum. Auch auf diese Art entstehen fächerförmige Ablagerungen mit Gefälle in Richtung Tal.

Abb. 53
Klassische Schuttrampe an der Basis von Felswänden aus extrem brüchigem Dolomitstein. Verwerfung Fella-Sava, bei Malborghetto.

Das Gefälle ist jedoch geringer (10°-15°) als das der vorigen Ablagerungen. Dennoch fordere ich Sie heraus, einen dieser Schwemmkegel bis zur Spitze zu besteigen, ohne dabei außer Atem zu kommen. Es gibt *Schwemmkegel* mit einer Reichweite von wenigen hundert Metern und solche mit mehr als einem Kilometer Reichweite. Der *Schwemmkegel* „Rivoli Bianchi" bei Tolmezzo ist der zweitgrößte noch aktive in Europa (Abb. 54).

Die Bezeichnung dieser besonderen Schwemmfächer (*Schwemmkegel*) geht auf ihre Form und den besonderen Akkumulationsprozess der Ablagerungen zurück. Der Name scheint seltsam für einen alluvialen Fächer, also durch einen Fluss abgelagertes Material. Nehmen wir also den Begriff *Kegel*. Die Ablagerung ist an sich nicht kegelförmig, ebenso wenig wie der *Schuttkegel*. Ihre geometrische Form erinnert jedoch entfernt an einen Kegel. Es ist ein wenig, als bezeichnete man etwas als rund oder rundlich. Es besteht ein gewisser Unterschied, und dieser wird durch die Endung verdeutlicht.

Abb. 54
Schwemmkegel „Rivoli Bianchi", bei Tolmezzo (Foto aus den 30er-Jahren).



Abb. 54

Der Ausdruck „Schwemm-" hingegen kommt einfach vom Verb „anschwemmen", was im Deutschen leicht verständlich ist. Diese Schwemmkegel entstehen und wachsen hauptsächlich durch die regelmäßige, kontinuierliche und plötzliche Ablagerung von Schwemmmaterial (Murgänge, Schlammströme, *Schuttströme*), das dort angeschwemmt wird, wo das Wasser über seine natürliche Furche hinaustritt.

Es handelt sich hier um Unterteilungen, die wir Menschen auf der Grundlage von aus der Natur gewonnenen Informationen festlegen. Die Natur erschafft jedoch manchmal auch Formen, die keiner der beiden beschriebenen Kategorien entsprechen. In diesen Fällen handelt es sich um Mittelding zwischen *Schutt-* und *Schwemmkegeln*. Sie sind zu verschiedenen Zeiten durch die Verteilungs- und Ansammlungsmechanismen beider Formen entstanden: durch alleinige Schwerkraft sowie durch das Fließen von Wasser.

Derartige *Grenzfälle* entstehen durch regelmäßige schwerkraftbedingte Ansammlungen, deren jüngste Ablagerungen jedoch durch starke Regenfälle mobilisiert und an der Oberfläche der Ablagerung umverteilt werden. Es ist also möglich, dass der plötzliche Zufluss von Wasser in den engen Kanälen, über die das Geröll antransportiert wird, und in den oberen Bereichen der *Schuttkegel* so stark wird, dass er die Poren des bereits in Trockenperioden durch Schwerkraft angesammelten Sediments sättigt. Die Sättigung „erleichtert" die am oberflächlichsten gelegenen Sedimente und kann sie aufgrund der Neigung

der Ablagerung (um die 40°) mühelos instabil machen und mit hoher Geschwindigkeit in die Tiefe befördern (Abb. 55).

Am Abhang des Kegels können Wasser- und Geröllströme sichtbar werden, die gebremst und angehalten werden, wenn das Wasser, das den mobil gemachten Schutt trägt, von der großflächigen porösen Masse der tiefer liegenden Bereiche absorbiert wird. Es sei darauf hingewiesen, dass ähnliche Vorgänge auch auf der Oberfläche von *Schwemmkegeln* ausgelöst werden können. Dies geschieht, wenn die Ablagerungen ausschließlich aus Geröll bestehen und keinen Schlamm enthalten.

Nach dieser allgemeinen Abhandlung möchte ich ausgehend von einem konkreten Beispiel veranschaulichen, wie ein *Geopark-Führer* während einer Exkursion vorgeht.

Unser Objekt ist ein klassischer *Schwemmkegel*: der *Schwemmkegel des Rio Randice* (Piano d'Arta, But-Tal), auch als *Alzeri-Schwemmkegel* bezeichnet. *„Wie gehe ich am besten vor, um die Geschichte der Entstehung solcher und vieler anderer Schwemmkegel auf verständliche und vor allem interessante Art darzustellen?"* In erster Linie, indem Sie Ihren Teilnehmern die *Anhaltspunkte*, also die sichtbare *Wirkung* im Gelände zeigen. Diese sind nötig, um die *Ursachen* zu verstehen, die ihre Entstehung eingeleitet und verursacht haben. Denken Sie immer daran, auf *Strategien* zurückzugreifen, um die gewünschten Resultate zu erreichen. Die erste Strategie ist diesmal die *Hierarchisierung* (Kapitel 3, j).

Wenn Sie von *Bedeckung* sprechen (Kapitel 3, i), führen Sie Ihren Exkursionsteilnehmern umgehend vor Augen, dass die entsprechende Beschaffenheit (also die Gesamtheit der Oberflächen, die eine Ablagerung umgeben), in jedem Fall auf nur zwei mögliche Ursprünge zurückgeführt werden kann: sie ist entweder positiv (*konstruktiv*) oder *negativ* (*destruktiv*). In anderen Worten ist sie entweder durch das Zurücklassen einer Akkumulation oder Ablagerung (*positive/konstruktive Oberflächen*) oder durch die erosive Abtragung (*negative/destruktive Oberflächen*) von vorherigen Ablagerungen entstanden (Abb. 56).

Beschränken Sie sich jedoch nicht auf diese Unterscheidung, auch wenn sie wichtig und grundlegend ist. Bitten Sie ihre Teilnehmer jedes Mal, wenn

Abb. 55
Schuttkegel mit oberflächlicher Mure. Ortschaft Laghetti, bei Timau.



Abb. 55



Abb. 56

Sie bei Ihren Touren auf neue Geomorphologien treffen, ihren Ursprung zu entziffern: *positiv* oder *negativ*. Auf diese Art können Sie Ihre Teilnehmer wunderbar aktiv in die Entdeckung der Evolution des Geländes einbinden. Außerdem ist es eine gute Taktik, um ihre Aufmerksamkeit zu gewinnen. Sie verwandeln sie von passiven Beobachtern in direkte Protagonisten auf ihrer Reise durch die Zeit.

Abb. 56
Veranschaulichung von morphologisch positiven (konstruktiven) und negativen (destruktiven) Oberflächen in der Quartärbedeckung. Schwemmkegel „Rivoli Bianchi", bei Tolmezzo

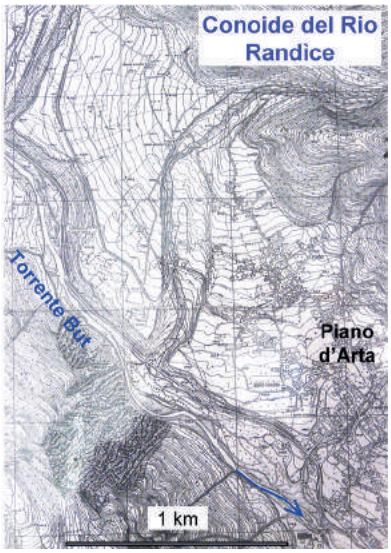


Abb. 57

Abb. 57
Der Schwemmkegel am Rio Randìce (Piano d'Arta) ist auch auf der topografischen Karte perfekt erkennbar.

Kommen wir wieder auf den Rio Randice und seinen *Schwemmkegel* zurück. Seine Entwicklung muss unbedingt auf einer Karte anschaulich gemacht werden, damit man die Ausmaße seines Umfangs und Radius definieren kann. Es ist hierbei nützlich, seine geomorphologischen Daten (Abb. 57) auf einem vergrößerten Foto der entsprechenden topographischen Karte (Kap. 3, e) hervorzuheben.

Wenn man sich vor Ort befindet, ist seine „fächerartige" Form natürlich unmittelbar in 3D wahrnehmbar. Ebenso unmittelbar ist seine Geomorphologie als *positiv/konstruktiv* erkennbar, also die Tatsache, dass er durch die Akkumulation einer Ablagerung entstanden ist.

Geht man an der Oberfläche des Schwemmkegels entlang (die Gemeindestraße von Paluzza nach Piano d'Arta ist ideal), trifft man ausschließlich auf Vegetation, insbesondere Wiesenlandschaften mit ländlichen Gebäuden.

Ich möchte Sie daran erinnern, dass Sie auch den richtigen Zeitpunkt finden müssen, um auf den „Inhalt", die „Substanz" des Schwemmkegels genauer

einzugehen, also das, was sich unter seiner Oberfläche verbirgt. Hierfür ist es hilfreich, die Eigenschaften dieser Ablagerungen (sehr verschiedenartige Ausmaße) zu erklären und die Prozesse, durch die sie sich angesammelt haben (vorwiegend *Murgänge*). Um buchstäblich in der Vergangenheit des *Schwemmkegels* zu wühlen, muss man sich nur die tiefen Abhänge (40 Meter) ansehen, die durch die noch aktive *Kannibalisierung* des Rio Randice entstanden sind. Auf dem kurzen Abschnitt, auf dem die Straße seinen Verlauf überquert, haben Erosionen die Eigenschaften seiner Ablagerungen wieder ans Licht gebracht (Abb. 58).

Es ist wichtig, dass Sie auch darauf eingehen, *wann* die Ansammlungsprozesse, die Sie beschreiben, stattgefunden haben. Im Fall des *Schwemmkegels des Rio Randice* - aber auch aller anderen Schwemmkegel der *Bedeckung* des Geoparks - kann man sagen, dass sie ab der Gletscherschmelze im Würm und nicht früher entstanden sind, wobei selbstverständlich die *Exaration* eine Rolle spielte (Kapitel 4, XIII).

In dieser einleitenden Phase, in der Sie auf die „Beobachtung der Daten" eingehen, ist die allgemeine zeitliche Einordnung des *Schwemmkegels des Rio Randice* nach der Eiszeit am sachdienlichsten. Dies empfehle ich, da sein genaues Alter nur anhand eines Ableitungsprozesses auf der Basis und dem Vergleich zahlreicher anderer Daten unterschiedlichster Art und Herkunft möglich ist.

Die gesamte geologische Schaubühne, auf der der *Schwemmkegel des Rio Randice* vorübergehend die Rolle des Nebendarstellers gespielt hat, kann man mit einem „Tatort" vergleichen. An ihm haben sich mit der Zeit (in den vergangenen 10.000 Jahren) verschiedene „Verbrecher", ein „Opfer" und mehrere „zufällige Beobachter" abgelöst und haben hierbei neue Indizien hinterlassen und gleichzeitig vorhandene verfälscht.

Genau mit dieser „Detektiv"-Herangehensweise empfehle ich Ihnen, Ihren Exkursionsteilnehmern die faszinierende Evolutionsgeschichte des mittleren But-Tals, in dem sich der

Abb. 58
Durch den Rio Randice in die Ablagerungen gefressener Einschnitt (Kannibalisierung). Der südlich vom Schwemmkegel gelegene Ort heißt Piano d'Arta.



Abb. 58

Schwemmkegel des Rio Randice befindet, näherzubringen. Für ältere Teilnehmer wie mich denken Sie an Inspektor Columbo, für jüngere nehmen Sie am besten die Spurensicherungsexperten neuerer Serien wie CSI. Setzen Sie diese Herangehensweise ein, indem Sie die im Gelände hinterlassenen Indizien *(Anhaltspunkte/Wirkung*) interpretieren (*Ursachen* und *Motive*) und so auf lebhafte Weise den „Tatort" über die Jahre hinweg rekonstruieren.

Die Standardfrage, die Sie Exkursionsteilnehmern jedes Mal stellen müssen, wenn Sie einen *Schwemmkegel* vor sich haben: *„Ist dieser Schwemmkegel noch aktiv?"* Einfacher gesagt bedeutet das: *„Erweitert ihn der Wasserlauf, der ihn erschaffen hat, noch heute und schwemmt er weiteren Schutt an, oder hat der Wasserlauf schon begonnen, seine eigenen Ablagerungen zu verschlingen* [anhand eines Vorgangs, der nicht umsonst als *Kannibalisierung* bezeichnet wird] *und sich einen Graben zu graben, aus dem er jetzt nicht mehr heraus kann?*"

In extrem verkürzter, aber sinngemäßer Zusammenfassung ist die Evolution des *Schwemmkegels des Rio Randice* (sowie vieler anderer *Schwemmkegel* des Geoparks) folgende gewesen: 1) *konstruktive Phase*, in der die „steinige" und vegetationslose Oberfläche des Kegels saisonbedingt immer wieder plötzlich von schuttreichen kleinen Bächen überflossen wurde; 2) *destruktive Phase* (noch immer aktiv), in der der Wasserlauf eingesunken ist und hierbei seinen eigenen Schwemmkegel verschlingt, dessen Oberfläche, die nicht mehr mit neuen Ablagerungen versorgt wird, sich schnell mit Vegetation bedeckt hat.

Dieser Prozess betrifft zahlreiche *Schwemmkegel* im Geopark. Das Thema Evolution scheint definitiv abgeschlossen. Und doch fehlt etwas. Etwas Grundlegendes. Es ist die Antwort auf eine einfache Frage, die Sie Ihren Exkursionsteilnehmern selbst stellen können, falls sie ihnen noch nicht selbst in den Sinn gekommen ist: *„Warum sollte ein Bach, ein Wildbach, der über tausende Jahre Schutt abgeladen hat, bis ein riesiger alluvialer Fächer entstanden ist, plötzlich seine konstruktive Tendenz komplett umkehren und sich in einen gnadenlosen Selbstzerstörer verwandeln?"*

Beantworten Sie die Frage nicht sofort. Holen Sie Meinungen von Ihren Exkursionsteilnehmern ein. Auf diese Art erzeugen Sie Interesse. In der Regel kommt niemand so einfach auf die richtige Antwort. Versuchen wir einmal, uns die weniger wahrscheinlichen Vermutungen anzusehen: *„Aufgrund der Abtragung der brüchigen Felsen, von denen der Schutt im Wildbach stammte..."*, *„Aufgrund des durch Erosion immer weniger werdenden Reliefs am Berg..."*, *„Aufgrund der Abnahme von Regenfällen..."*. Der Grund liegt - sehr häufig - tatsächlich in einer drastischen Abnahme, jedoch in der des in den Bach geleiteten Schuttmaterials. Diese entscheidende Abnahme des „Rohstoffes" hat jedoch andere Gründe also die oben genannten.

Felsabhänge hören oft auf, Schutt in die unter ihnen liegende Landschaft abzugeben, wenn sie durch Pflanzen besiedelt und gefestigt werden. Die Vegetation wiederum kann zunehmen, wenn die durchschnittliche Niederschlagsmenge zunimmt. Glauben Sie aber nicht, dass diese Enthüllung alle möglichen

Fragen Ihrer Zuhörer beantwortet. In der Tat könnte auch Ihnen noch eine weitere, scheinbar offensichtliche Überlegung in den Sinn kommen. Und zwar folgende: *„Das ist ja alles ganz logisch. Die Vegetation nimmt zu, die Abhänge werden stabil, es ist bedeutend weniger Schutt verfügbar und daher schwindet auch das transportierte Material. Ich würde dann aber erwarten, dass der Bach folglich auf der Oberfläche des Schwemmkegels fließt, ohne neues Material zu transportieren, aber auch ohne diesen zu untergraben!" „Was verursacht also die* Kannibalisierung *eines* Schwemmkegels*?"* Was verursacht also diese linearen Furchen (die entlang der und parallel zur Trasse des Wasserlaufs verlaufen), die man in den großen *Schwemmkegeln* des Geoparks und im gesamten Gebiet der Alpen und Voralpen so häufig vorfindet? Die Antwort ist nicht selbstverständlich, aber auch nicht allzu komplex.

Während seiner Evolution tendiert ein Wasserlauf dazu, von seiner Quelle bis zu seiner Mündung in den Hauptfluss oder von seiner Quelle bis zur Mündung ins Meer ein regelmäßiges Profil anzunehmen, das annähernd mit einem Ast einer Hyperbel vergleichbar ist: steiler an der Quelle und nach und nach in Richtung seines Endes immer flacher. Jede Störung im Tiefenverlauf seines Profils tendiert dazu, mit der Zeit durch die Erosion des Flussbettes begradigt zu werden (Abb. 59).

Ist die Störung im Höhenverlauf durch eine gelegentliche Ansammlung gelösten Materials (Moränenablagerungen, *Schwemmkegel,* Seeablagerungen usw.) bedingt, ist es nur eine Frage der Zeit, bis die richtigen Bedingungen für ihre schnelle, wenn auch nicht vollständige Abtragung herrschen.

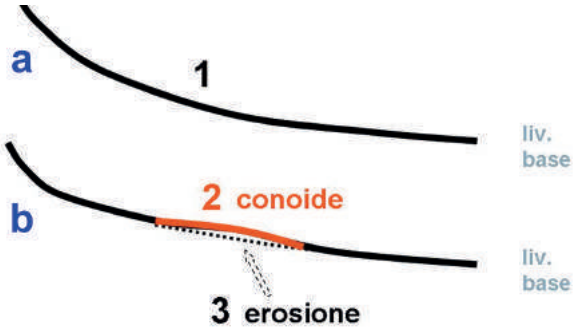


Abb. 59

Ist das Thema hiermit abgeschlossen? Vielleicht noch nicht. Definitiv nicht für die, die sich weitere Fragen stellen. Wieder einmal scheint die Geologie wie eine unendliche *Matrjoschka,* in der jede Frage eine Antwort nach sich zieht, die aber wiederum neue Fragen aufwirft. Das gerade beschriebene Thema ist der perfekte Beweis dafür.

Die aufmerksamsten unter Ihnen (und unter Ihren Exkursionsteilnehmern) könnten sich nach diesen Beobachtungen noch fragen: *„Ein Wasserlauf tendiert auf natürliche Weise dazu, ein gleichmäßiges Höhenprofil ohne Unebenheiten zu entwickeln. Okay. Aber wenn sich zum Beispiel, um beim Thema zu bleiben, ein Schwemmkegel bildet, durch welche physischen Vorgänge oder Kräfte kommt es dazu, dass der Wasserlauf diese Untergrabung beginnt?"*

Nun könnte ich antworten: *„Einzig und allein durch die Geschwindigkeit, mit der das Wasser auf einer schiefen Ebene fließt. Und diese Neigung ist im Fall von Schwemmkegeln sehr groß, also zwischen 10° und 15°."*

Jetzt fügen Sie diesem letzten Satz noch eine letzte Überlegung hinzu:

Abb. 59
Höhenprofil eines Wildbachs, das durch die Ablagerung eines durch denselben Wildbach entstandenen Schwemmkegels geändert wurde (a). Nachfolgende Erosion (b), die als Kannibalisierung bezeichnet werden kann.

„... Die Verfügbarkeit von Geröll (vom Berg) *wird stark reduziert. Dies verursacht die Trendwende von der* konstruktiven *zur destruktiven Phase"*. Nun haben Sie die Antwort auf Ihre Frage. Die Flussenergie des Wassers wird nicht mehr für den Transport von angeschwemmtem Schutt (vom Berg) benötigt und steht daher und aufgrund der beachtlichen Neigung des Flussbetts nun komplett für das weitere Einschneiden desselben zur Verfügung.

Somit scheint das Thema tatsächlich abgeschlossen. Wirkungen, Ursachen, Motiv: alles geklärt. Der *Schwemmkegel des Rio Randice* ist ein Musterbeispiel, nach dem man die Entwicklung eines Großteils der im Geopark vorhandenen großen *Schwemmkegel* analysieren kann.

Und doch, Sie werden es nicht glauben... das war noch nicht alles. Jemand wird bei aufmerksamem Betrachten der Frontseite des Rio Randice verwundert ausrufen: *„Ich sehe da einen großen felsigen, abschüssigen Bereich. Entblößte, spröde Felsen überall. Und noch dazu ... keine Spur von Vegetation! Das kann nur eins bedeuten: Der Rio Randice transportiert noch immer Schutt vom Berg an! Die Kannibalisierung ist aber auch aktiv! Das ist eine weitere unanfechtbare Tatsache. Wie können aber diese beiden, scheinbar widersprüchlichen, Beobachtungen koexistieren?"*

Es muss auf jeden Fall noch einen anderen Grund als die Vegetation geben, die dazu geführt hat, dass der Bach sich vertieft hat und dadurch der Schwemmkegel deaktiviert wurde. Das ist Geologie: eine unaufhörliche Analyse ALLER Variablen, ALLER im Gelände ablesbaren Daten.

Bei genauerer Betrachtung des *Schwemmkegels des Rio Randice* fällt noch etwas auf: das äußere Profil des alluvialen Fächers sieht geradezu aus, als wäre es vom Verlauf des Wildbachs But, in den der Rio Randice mündet „aufgefressen" worden.

Das ist also der Grund für die *Kannibalisierung!* In diesem Fall war es nicht die (völlig abwesende) Vegetation, die die Evolution des Schwemmkegels bedingt hat, sondern... ein Sprung, den der Rio Randice gezwungenermaßen machen musste, um in den Torrente But zu münden, der aufgrund seiner eigenen Erosion 50 Meter weiter unten fließt. Dieser Sprung hat zu einer *rückschreitenden* Erosion entlang des Gebirgsbaches geführt, die sich schnell in Richtung des Berges fortgesetzt hat, und zwar auf Kosten des Schwemmkegels. Diese Erosion neigt dazu, den geomorphologischen Sprung zu schmälern, um ein gleichmäßigeres Profil zu anzupeilen.

5 EIN GEOLOGISCHES PARADIGMA

ALLE Zeichen, die man aus einer Gesteinsfolge, ob aus Fels oder noch nicht zementierten Sedimenten, ablesen kann, können in nur drei Gruppen unterteilt werden. Die Unterteilung ist begrifflich und folgendermaßen benannt: *gebildet*, *verformt* und *geformt* (Abb. 60).

In der geologischen Nomenklatur würden die drei Bezeichnungen der *Lithogenese*, *Tektogenese* und *Morphogenese* entsprechen. Die wirksame Verbreitung von Wissen setzt auch eine Vereinfachung vieler Fachbegriffe voraus, welche „unübersetzt" für den allgemeinen Gebrauch (*vulgo*) nicht nur schwer zu verstehen, sondern auch schwer zu erinnern wären.

Als logische Konsequenz gestattet der Informationsempfänger seinem Gehirn keine Aufnahme vor weiteren Informationen und verliert das Interesse an der Thematik, was mindestens genauso schlimm ist. Es ist eine ganz typische und verständliche Reaktion, dass jemand, der - zu Recht oder zu Unrecht - das Gefühl hat, etwas was er hört, beobachtet oder liest, nicht zu verstehen, mehr oder wenig unterbewusst dazu neigt, sich zu verschließen.

Die oben genannte „geologische Triade", die zum Paradigma der Geowissenschaften aufgestiegen ist, stellt keine abwertende Vereinfachung dar. Das Wissen wird durch sie nicht vermindert oder nur teilweise übermittelt, und auch nicht verkannt, es nimmt vielmehr die Gestalt einer Art Übersetzung an, die korrekt und allgemein verständlich ist.

Erfahrungsgemäß konnte bei der Anwendung dieses Paradigmas oder *Begriffsschemas*, insbesondere im populärwissenschaftlichen und Bildungsbereich (Ausstellungen, Konferenzen, Schulen, Studiengänge, Universitätsexkursionen und andere Touren) immer eine Steigerung des allgemeinen Verständnisses und somit auch der Fähigkeit der Teilnehmer, mit der Materie zu interagieren, beobachtet werden, was von einer besseren Aufnahme und Verinnerlichung des Gelernten zeugt.

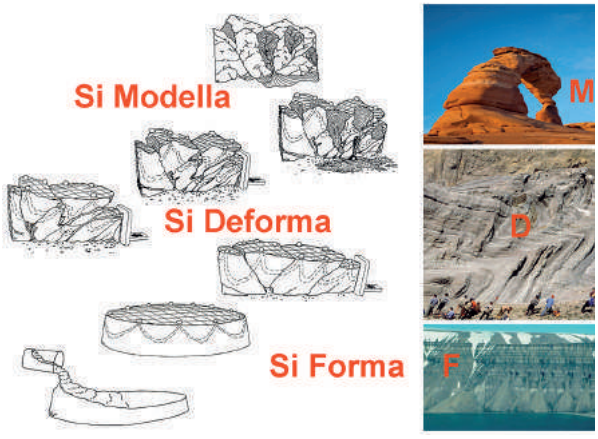


Abb. 60
Ein Paradigma der Geowissenschaften, die alle Daten und alle offensichtlichen Fakten in und auf der Erdkruste in nur drei Gruppen einteilt und somit die Verinnerlichung vereinfacht.

Abb. 60

Genauer gesagt erzeugt der Begriff *gebildet* beim Zuhörer oder Leser eine Reihe von Reizen, die ihm erlauben, intuitiv seine Bedeutung zu erahnen, wenn auch zu Beginn vereinfacht und nur teilweise, aber nie irreführend. Jeder greift auf seine eigenen geringen oder ausreichenden Kenntnisse und Erfahrungen zurück und überträgt auf das gerade Beobachtete (zum Beispiel Produkte der Sedimentation) Bedeutungen wie den Transport und das Hinterlassen klastischer Materialien, die Ansammlung von Schalen oder Mineralskeletten von Organismen, aus denen ganze Gerüste entstehen können, die Ablagerung von Kristallen durch das Verdampfen einer übersättigten Lösung, und so weiter.

Gleichzeitig umfasst und bezeichnet der Begriff *gebildet* nicht nur Dinge aus dem Bereich der Sedimente, sondern auch verschiedene mit Magmatismus verbundene Phänomene und Produkte. Auch Lavaströme, pyroklastische Ablagerungen und, im übertragenen Sinne, die verschiedenen Intrusivkörper, die sich in unterschiedlichen Tiefen der Erdkruste konsolidieren, haben sich *gebildet*. Es konkretisiert sich demnach eine transversale lithologische, konzeptuell vorteilhafte Gesamteinheit, in der Ablagerungen verschiedener Art und Herkunft zusammengefasst sind, deren Gemeinsamkeit in ihrer Eigenschaft besteht, durch Ablagerung, aber auch durch Kristallisation von übersättigten Lösungen oder magmatische Schmelzen entstanden zu sein.

Der Begriff *verformt* setzt hingegen voraus, dass etwas schon existiert hat, auf das eingewirkt werden kann. Dieses Etwas sind die Produkte, die sich *gebildet* haben: Gesteinsfolgen (aber auch manchmal noch nicht zementierte Ablagerungen). Diese unumgängliche Notwendigkeit und Reihenfolge (zuerst hat sich etwas *gebildet*, das sich anschließend *verformt*) verlockt zu der irrtümlichen Annahme, dass das *Geformt werden* - der letzte der drei Begriffe - eine Gruppe von Aktivitäten und Auswirkungen beschreibt, die nur als Folge von der Deformation auftreten. Ein kompletter Irrtum.

Zum *Geformt werden* tragen verschiedenste Erosionen und Veränderungen bei, die zwar tatsächlich am besten auf verformten und erhobenen Reliefs wirken, aber auch in komplett andersartigen geologischen Kontexten auftreten. Allgemein verbessert die Klärung dieses Konzepts auf schnelle und exponentielle Weise die Fähigkeit, die Geologie und ihre raum- und zeitbezogenen Konzepte zu erklären. In diesem Fall muss genauer darauf eingegangen werden, dass eine Gebirgskette, die durch Orogenese entstanden ist, vor ihrer Entstehung als solche eine Folge (*gebildet*) von magmatischen Sedimenten und/oder Produkten war, die sich vorwiegend im Meer und in geringerem Maß an Land (Deltas und Ebenen) angesammelt haben.

Die ersten Deformationen betreffen also den Meeresgrund, indem sie ihn biegen, zerbrechen und die Felsmassen ringsumher verschieben. Schon unter den unter Wasser herrschenden Bedingungen entstehen erste Senkungen, erosionsbedingte Nischen und geformte Oberflächen. Diese Auswirkungen verstärken sich durch das Auftauchen der deformierten Meeresböden und setzen sich während der orogenetischen Aufwärtsbewegung

unaufhörlich und zunehmend verstärkt fort. Hieraus kann man zweifellos schlussfolgern, dass in vielen Fällen die Vorgänge und Auswirkungen, die mit *verformt* und *geformt* einhergehen, gleichzeitig stattfinden.

Je tiefer das für Deformation anfällige Gestein liegt, desto später wird es natürlich den formgebenden Vorgängen ausgesetzt. Einen Grenzfall stellen die durch Regionalmetamorphose entstandenen Gesteine dar (der am weitesten gehende Effekt von *verformt werden*). Daraus entstehen enorme Mengen von Erdkruste, die durch die Temperaturen und den Druck in der Tiefe drastisch verändert worden sind. Indem Sie einfach nur interessierten Zuhörern die Zeiten der Aktivierung und der Behauptung von *geformt* im Vergleich zu den anderen beiden Effekten und Vorgängen erklären, ebnen Sie ihnen endgültig den Weg zum Verständnis der Geowissenschaften. Es muss auch erklärt werden, dass in manchen Fällen für das Auftreten von *geformt* das Vorhandensein von *verformt* nicht notwendig ist, da es seine Wirkung auch auf nicht deformierte Gesteinsfolgen ausüben kann, wie zum Beispiel bei Flussterrassen (Kap. 4, XVII).



Abb. 61

Die letzte Anregung bezüglich dieser „geologischen Triade", die hier zum Paradigma der Vermittlung der Geowissenschaften aufgestiegen ist, ist die vielleicht wichtigste und nützlichste für einen korrekten Unterrichts- und

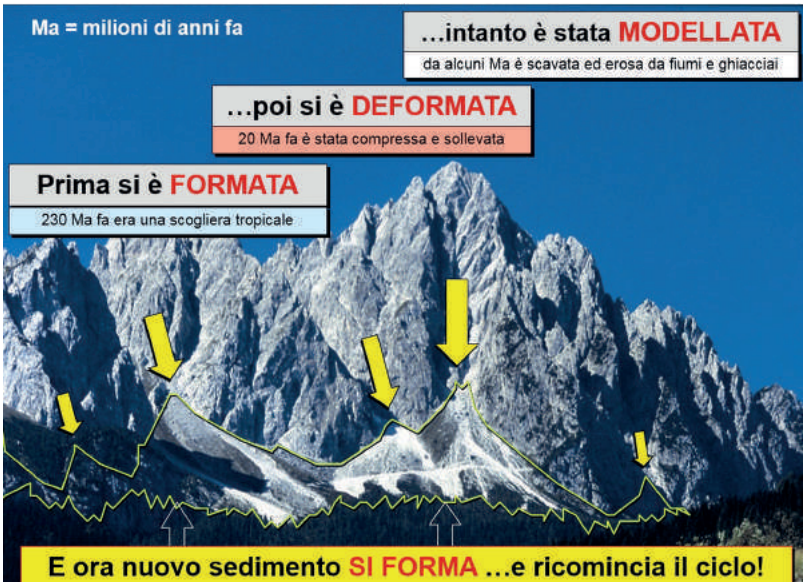


Abb. 62

Abb. 61
Der Kreislauf dieser drei Prozesse (gebildet - verformt - geformt).

Abb. 62
Veranschaulichung des Kreislaufs dieser drei Prozesse. Das „geformt" erzeugt neue Sedimente, die in die Ebenen, Deltas und das Meer befördert werden und dort neue Sedimentabfolgen („gebildet") entstehen lassen.

Vermittlungsansatz für geologische Grundkenntnisse. Das Auftreten der in *gebildet - verformt - geformt* zusammengefassten geologischen Vorgänge ist nicht als lineare Abfolge, sondern als Kreislauf anzusehen.

Dieser Kreislauf (Abb. 61) wird klar, wenn man sich vor Augen hält, dass die Erosionen und Veränderungen, die dem *Geformt* zugeschrieben werden, wiederum Produkte erzeugen (Blöcke, Geröll, Kies, Sand, Schlick), die neue Sedimentfolgen (*gebildet*) erschaffen. Und der Kreislauf setzt sich ununterbrochen fort.

Es handelt sich also um ein geologisches Paradigma, das in der Lage ist, *a)* die Gesamtheit der Auswirkungen und der auf Erdkrustenebene aktiven Vorgänge in nur drei verständliche Konzepte zusammenzufassen; *b)* aufzuzeigen, wie sich verschiedene Phänomene zeitlich und räumlich abwechseln und überschneiden; und *c)* einen Kreislauf der Entwicklung und der Behauptung der verschiedenen geologischen Phänomene herauszustellen, was ein Verständnis des dynamischen und kontinuierlichen Flusses der zahlreichen aktiven Vorgänge erleichtert, die auf der Erdoberfläche und im Inneren der Erdkruste wirken (Abb. 62).

6

GEOLOGIE DES GEOPARKS KARNISCHE ALPEN

Ein Gebiet kann vieles sein, sehr vieles. Es kommt immer auf die Perspektive an, aus der man es betrachtet und beleuchtet. Nehmen wir die Region Friaul-Julisch Venetien als Beispiel. Schließen wir die Augen und versuchen wir, uns ihre Geschichte vorzustellen. Beginnen wir mit den Ereignissen während der Weltkriege des vergangenen Jahrhunderts, den schwierigen Zeiten des Anschlusses an Italien, die lange - wenn auch nur teilweise - österreichische Herrschaft, Geschenk der napoleonischen Herrschaft. Gehen wir noch weiter in der Zeit zurück, zur Herrschaft der Republik Venedig, die mal mit Gewalt und mal mit Diplomatie durch lokale Patriarchen, das Feudalwesen und freie Gemeinden ersetzt wurde.

Und noch weiter, zu den Langobarden und Ostgoten, die auf die Römische Herrschaft und ihre Männer folgten, die wiederum den Platz der sogenannten „Galli carni", also der Karnischen Gallier in den Bergregionen und den der Veneter in den Ebenen und dem Karst eingenommen hatten. Karnier und Veneter, und noch vor ihnen Euganeer, die Nachfolger jener steinzeitlichen und mittelsteinzeitlichen Bewohner, zu deren Zeit der Mensch anfing, seine eigene Geschichte mit der des Territoriums zu verbinden.

Wenn wir jetzt wieder unsere Augen öffnen und auf dieselben Berge und Täler, Ebenen und Küsten (Abb. 63) schauen, die schon unsere zahlreichen und unterschiedlichsten Vorgänger sahen, merken wir, dass so wie der Mensch seine greifbaren Spuren ganz nah an der Oberfläche hinterlassen hat, nämlich in den obersten Metern des Bodens und der Sedimente, auch das Territorium, im Sinne einer Masse von Gestein und noch nicht zementierten Ablagerungen, eine präzise dreidimensionale

Abb. 63
Das Gebiet des Geoparks Karnische Alpen.



Abb. 63

Aufnahme all der Verwandlungen darstellt, die es im langsamen Lauf der geologischen Zeit erlebt hat. Ein *Erdzeitalter*, das für die Region Friaul-Julisch Venetien in Millionen und hunderte Millionen Jahre unterteilt ist (Kap. 4, I).
Es ist nicht einfach, die geologische Geschichte des *Geoparks Karnische Alpen* zusammenzufassen. Auch Ihnen als *Geopark-Führer* wird es nicht leicht fallen, sie zu verinnerlichen, um anschließend in der Lage zu sein, locker und zuhörerfreundlich die Bedeutung der auf den verschiedenen Wanderungen vorhandenen, unendlichen Vielzahl von ablesbaren Informationen zu übermitteln.
Um mit minimalem Aufwand maximale Ergebnisse zu erreichen, müssen Sie sich eine spezielle Strategie zu Nutze machen. Wir könnten sie als *teleskopischen Ansatz* bezeichnen. Bei genauerer Betrachtung handelt es sich um denselben Ansatz, der in der Pflichtschule verwendet wird, um den Schülern beim Lernen und Verinnerlichen der Kenntnisse und Konzepte komplexer Lernfächer wie Geschichte zu helfen. Sie erinnern sich sicher, wie von der Grundschule über die Mittelschule bis in die Oberstufe immer wieder auf die gleichen Konzepte eingegangen wurde, jedoch auf immer gründlichere und detailliertere Weise.
Dasselbe werde ich mit Ihnen versuchen. In diesem Fall werde ich Ihnen nach und nach immer detailliertere Versionen der geologischen Evolution des *Geoparks Karnische Alpen* vorstellen, wie sie aus den Indizien und Spuren im *Substrat* und in der *Bedeckung* hergeleitet werden konnte.

KURZ GESAGT

Gebildet

Die geologischen Abfolgen des Geoparks gehören sowohl zum *Substrat* als auch zur *Bedeckung* (Kap. 4, XII). Ersteres besteht aus größtenteils sedimentärem und teils vulkanischem Gestein, das zeitlich zwischen dem Ordovizium und der Kreide (mit beschränktem Auftreten von grobkristallinem Gestein aus dem Eozän und vermutlich aus dem Obermiozän/Pliozän, jeweils anzutreffen am Monte Amariana und Monte Claupa) einzuordnen ist. Bei der Bedeckung handelt es sich hingegen um größtenteils nicht zementierte Ablagerungen aus dem Quartär, insbesondere dem Jungpleistozän (Gletscherablagerungen aus der Würm-Kaltzeit und späten Würm-Kaltzeit) und dem Holozän (letzte 11.700 Jahre).
Ich füge hier noch eine zusammenfassende Information hinzu. Im Gebiet des Geoparks ist das *Substrat* insgesamt circa 7 km dick und besteht größtenteils aus Sedimentablagerungen aus Meeresumgebungen verschiedener Tiefen. In seinem Inneren befinden sich nur zwei Horizonte (30-270 Meter und 80-100 Meter) aus kontinentalem, rotem Sandstein. Sie zeugen von der Existenz zweier einstiger Ebenen aus dem Oberen Perm und der Obertrias.

Verformt

Es gibt viele verschiedene Arten der Deformation im Gestein des *Substrats*. Unterteilen wir sie gleich in zwei Gruppen: die, die mit einer Orogenese

in Verbindung stehen und... alle anderen. Befassen wir uns mit ersteren. Friaul hat zwei Orogenesen erlebt, die *variszische* und die *alpidische Orogenese* (Abb. 64).

Die *variszische Orogenese* hatte ihren Ursprung im Paläozoikum, zwischen dem Oberen Devon und dem Karbon, vor mehr als 300 Millionen Jahren. Stark betroffen waren zuerst die westlich des Val Bordaglia gelegenen Gegenden (metamorphes Gestein) und dann zu einem späteren Zeitpunkt und mit geringeren Auswirkungen die Region Karnien (nicht metamorphes Gestein, Falten und Verwerfungen). Ihre letzte Hinterlassenschaft im italienischen Nordosten war die Annäherung des metamorphen Cadore an das nicht metamorphe Karnien. Letzteres schob sich bei der abschließenden Kompression durch die alte variszische Verwerfung des Val Bordaglia buchstäblich unter das Cadore. Das ist auch der Grund, warum an den beiden Seiten dieses bedeutenden tektonischen Zeugnisses sichtbar unterschiedliche Gesteinsarten zu erkennen sind.

Die *variszische Orogenese* war vor circa 310 Millionen Jahren abgeschlossen. Es handelte sich um eine kurze Orogenese (in Bezug auf Karnien), die sich in weniger als 10 Millionen Jahren abwickelte.

Auf sie folgte eine verhältnismäßig ruhige Zeit, die (abgerundet) bis vor circa 40 Millionen Jahren andauerte, als im nördlichen Teil von Friaul-Julisch Venetien die Kompressionen mit immenser Kraft wiederkamen. Urheber war diesmal die *alpidische Orogenese*, die noch heute längst nicht abgeschlossen ist. Über all diese langen Millionen von Jahren schaute das *Gebildet* nicht einfach nur zu. Nach einem schnellen und unerlässlichen *Geformt* der variszischen Gebirgskette, die (nach geologischer Zeitrechnung) zügig abgeschlossen war, hatten sich über ihre zerknautschten und von Erosion abgehobelten Kerne kilometerweise neue, in horizontalen Schichten gebildete Ablagerungen

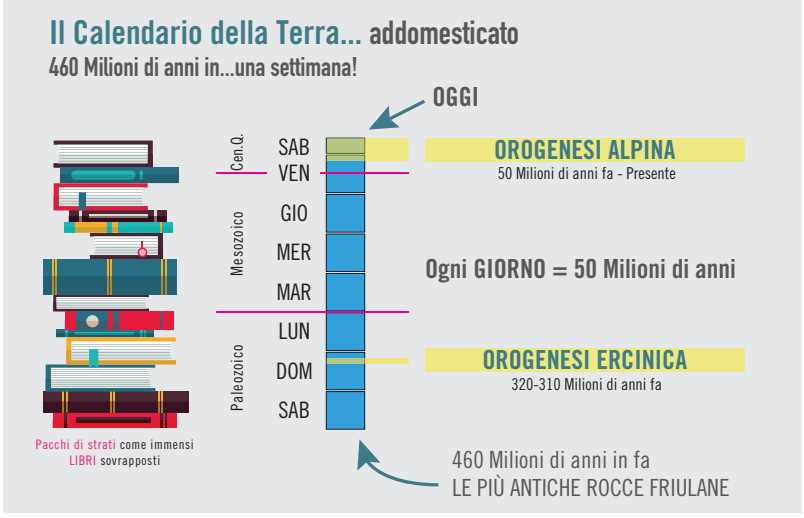


Abb. 64

Abb. 64
Chronologische Zuordnung der beiden Orogenesen, die den nordöstlichen Alpenbereich betroffen haben.

geschoben (Abb. 65). Diese hatten gegen Ende des Paläozoikums begonnen, sich abzulagern und fuhren im darauf folgenden Mesozoikum mit voller Kraft fort.

Die *alpidische Orogenese* bedeutete für das bereits mächtige Felsmassiv im italienischen Nordosten neue Falten und neue Verwerfungen. Die alpidischen Kompressionen erzeugten weitere *tektonische Schuppen* (Kap. 4, X), die zumeist in Richtung Süden aufgerichtet waren (vgl. Abb. 31). Natürlich machte diese uns besonders gut bekannte Orogenese, wie jede ernstzunehmende Orogenese, vor nichts Halt und machte sich über alles her, was ihr in den Weg kam.

Ausbaden mussten das nicht nur die mächtige horizontale Schichtenfolge aus dem späten Paläozoikum und Mesozoikum, sondern auch ihr ordovizisch-karbonisches (Altpaläozoikum) „Podest", welches selbst schon durch die variszischen Deformationen komplett umgekrempelt worden war.

Die Frustration der Geologen, die sich bei dem Versuch, die natürlich nur beim ältesten Gestein vorhandenen Auswirkungen der *variszischen Orogenese* zu entschlüsseln, mit der Überlappung und Interferenz aller durch die *alpidische Orogenese* entstandenen Deformationen herumschlagen mussten und noch heute müssen, überlasse ich Ihrer Vorstellungskraft.

Die Gebirgskette der Alpen wuchs und häufte sich in Form von „tektonischen Ziegeln" an, die übereinander angeordnet waren. Im zentralen, grenzübergreifenden Bereich der Gebirgskette kamen auch die in der Tiefe verborgenen Teile - das steinerne „Podest" aus dem Paläozoikum, das mehrere Male deformiert worden war - zur großen Freude der Exkursionsteilnehmer, Geopark-Führer und Geologen wieder zum Vorschein.

Geformt

Gleichzeitig mit der Anhäufung und Erhebung der Alpenkette begann die Entwicklung einer weitläufigen fluvialen Erosion derselben. Vor circa zehn Millionen Jahren zeichnete sich ein erster Entwurf des friulanischen Flusssystems ab, der Vorgänger des Systems, das wir heute kennen. In den letzten zwei Millionen Jahren hat das Abwechseln von *Glazialen* und *Interglazialen* unseren Bergen ein



Abb. 65
Wir vereinfachen (Kap. 3, h) dieses Konzept, das sich als komplex erweisen könnte.

Abb. 65

ungewöhnliches und bis dahin unbekanntes morphologisches Aussehen verliehen.

Vor einer Million Jahren begann der Angriff des Tagliamento auf den Fluss Piave. Anhand mehrerer *Flussanzapfungen* - die durch Einstürze felsiger Trennwände und „Säuberungen" des Geländes durch nachfolgende Gletscher begünstigt wurden - verlagerte sich sein Zufluss Degano in Richtung Nordwesten und nahm dabei ein ausgedehntes Gebiet zwischen dem Monte Siera und der Giogaia di Fleons ein (Abb. 66).

Und der Angriff auf den Piave scheint noch nicht abgeschlossen zu sein. Die Folgen hiervon könnte in einer vielleicht fernen Zukunft die Quelle des Piave tragen müssen, und zwar mit einer möglichen Flussanzapfung (Kap. 4, XIV) bei Cima Sappada.

Das ist noch nicht alles. Im Geopark scheint sich das *Geformt* auch entlang der derzeitigen italienisch-österreichischen Grenze wohlzufühlen. In den letzten 500.000 Jahren geht ausgerechnet das Wassereinzugsgebiet der Adria, auch in diesem Fall vertreten durch den Tagliamento und seine Zuflüsse, erfolgreich zum Angriff auf das Becken des Schwarzen Meeres, vertreten durch den Fluss Gail, über. Anhand mehrere Flussanzapfungen wird es ihm gelingen, dem Becken dutzende Quadratkilometer Land abzuringen und so die bedeutende Wasserscheide entschieden in Richtung Österreich zu verlagern (Abb. 67).

Und es geht noch weiter. Dasselbe *Geformt* erschafft ein neues, erneuertes *Gebildet*, indem es eine bunt gemischte Einheit von Ablagerungen erzeugt, die als *Bedeckung* eingeordnet werden können. Dank eben dieser durch Flüsse und Wildbäche bedingten Erosionen, dem Abbröckeln spröder Felsmassen und den regelmäßigen Exarationen werden wieder neue Gesteinsmaterialien - Felsbrocken, Geröll, Kies, Sand, Schlick - verfügbar gemacht, aus denen Gletscherablagerungen

Abb. 66
Diese Interpretation zeigt die wahrscheinlichen Veränderungen der hydrografischen Becken der Flüsse Tagliamento und Piave während des Quartärs, die sich durch Flussanzapfungen behaupten konnten.

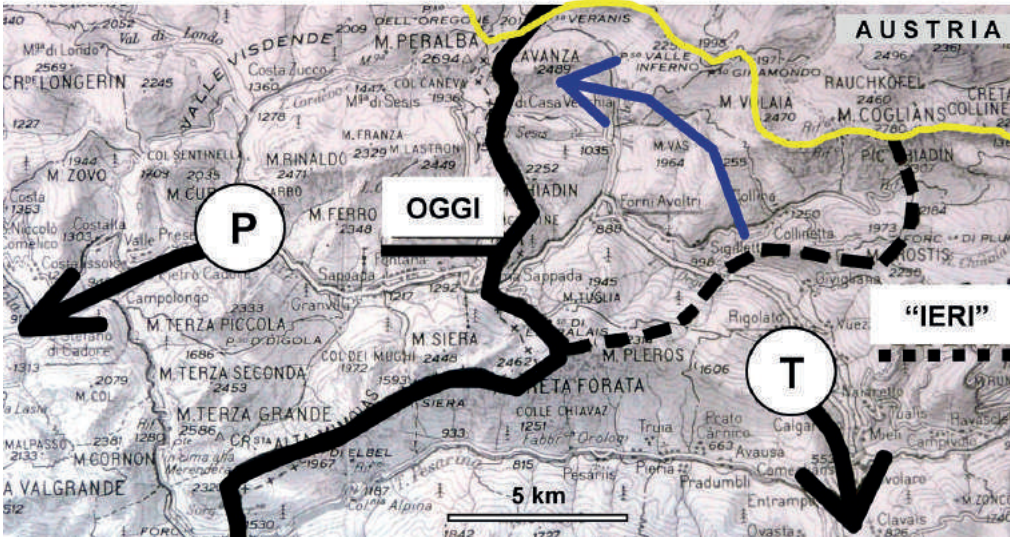


Abb. 66



Abb. 67

(verschiedene Arten von *Moränen*), schwerkraftbedingte Schuttansammlungen (*Schuttrampen*, *Schuttkegel*, *Ablagerungsgebiete von Erdrutschen*) und Schwemmablagerungen (Schwemmkegel, Seesedimente, Flussbettablagerungen) entstehen können: die sogenannte *Bedeckung* (Kap. 4, XII).

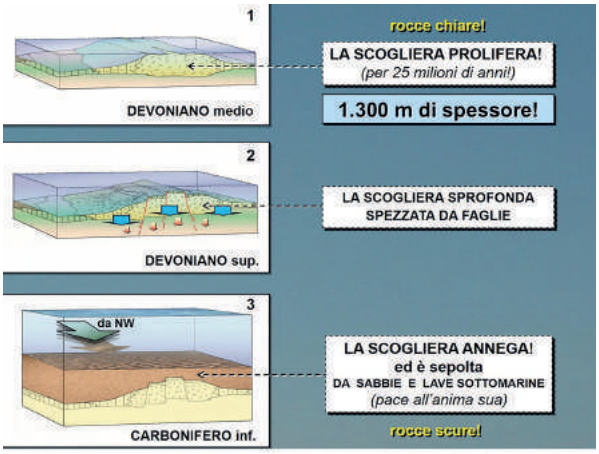
Noch nicht inbegriffen sind hier der Teil dieser Ablagerungen, der schon in Richtung Meer gewandert ist und dort die großen Schwemmformationen der friulanischen Ebene, die Küsten- und Deltastreifen von Lignano Sabbiadoro sowie einen Teil der Adriagründe gebildet hat. *Gebildet - verformt - geformt*: ein nie endender Kreislauf.

Abb. 67
Hydrografische Veränderungen und Verschiebungen der Wasserscheide zwischen dem Becken der Adria und dem des Schwarzen Meers, die höchstwahrscheinlich während der letzten 500.000 Jahre (Quartär) durch Flussanzapfungen aktiv wurden.

Vertiefen wir das Konzept „Gebildet"

Eine besonders wertvolle Eigenschaft der Karnischen Alpen liegt in ihren Bergen: Sie enthalten die ältesten Sedimentgesteine - und Fossilien - der gesamten italienischen Halbinsel und der Alpen. Diese gehen bis in das ferne **Ordovizium**, einem Teil des frühen Paläozoikums, zurück. Es handelt sich um Gesteine von vor 460 Millionen Jahren - fast einer halben Milliarde Jahren! Sie sind ursprünglich aus Sand und Schlamm entstanden, die sich langsam in einem seichten Meer mit gemäßigt kaltem Klima abgelagert haben. Zu jener Zeit befand sich der nordöstliche Teil Italiens auf den mittleren bis höheren Breitengraden der Südhalbkugel. Die fossile Fauna des Gesteins besteht vorwiegend aus Bryozoen (Moostierchen) und Brachiopoden (Armfüßer), seltener auch Trilobiten und Cystoidea (Beutelstrahler). Letztere sind Verwandte der heutigen Seeigel. Zu den in dieser Hinsicht besonders bedeutenden Orten gehört unter anderem der Frischenkofel (Creta di Collinetta oder auch Monte Cellon genannt). Das folgende **Silur** (vor 443-416 Millionen Jahren) zeigt sich zum Teil in Form von auffälligen, tiefschwarzen Schichten, die in feine, teils zahlreiche Graptolithen enthaltende Blätter unterteilt werden können. Diese koloniebildenden Organismen waren damals in allen Meeren der Erde verbreitet und sind am Ende des Silurs ausgestorben. Es

finden sich außerdem zahlreiche Orthoceraten. Diese Kopffüßer sind Vorfahren der bekannten Perlboote.
Im folgenden **Devon** (vor 420-360 Millionen Jahren) wurde das Klima in Karnien dank des Abdriftens der Kruste in Richtung der tropisch-äquatorialen Zone heiß. Während dieser Zeit entstand das größte paläozoische Riff Europas, das sich anschließend ausdehnte und schließlich wieder verschwand (Abb. 68). Ein steinerner Unterwasserdom, der 25 Millionen Jahre lang ungestört gewachsen war. Er erreichte eine Dicke von bis zu über 1 km, - wovon die Hohe Warte (Monte Coglians) zeugt - eine Breite von 5 km und eine Länge von fast 100.
Während sich das Devon durch Gestein und Sedimente auszeichnet, die IM Meer entstanden sind, sammelten sich im darauf folgenden **Karbon** (vor 360-300 Millionen Jahren) erstaunlich dicke tiefmarine Schichten an, deren Bestandteile (Sand und Kiesschlamm) von AUSSERHALB des Meeres stammten. Diese bildeten sich dank der Erosion alter Gebirge, die sich dort erhoben, wo sich heute Südtirol und der westlichste Teil Österreichs befinden. Zu ihnen gesellten sich 200 Meter tiefmarines Vulkangestein (Abb. 68).
Bald darauf, in etwa in der Mitte des Karbons (vor 320-310 Millionen Jahren), hinterließ die Variszische Orogenese tiefe Spuren im damaligen Karnien. Alle bisher vorhandenen Felsen wurden in einer Art Schraubstock aus Erdkruste eingeklemmt, der sie stauchte, zusammendrückte und hochzog. Wo bisher unangefochten das Meer geherrscht hatte, erhob sich nun eine niedrige Gebirgskette mit zahlreichen Falten und Verwerfungen, die noch heute, 320 Millionen Jahre später, sichtbar sind (vgl. Abb. 64; Abb. 69).
Es vergingen Millionen von Jahren, der durch die Erdkruste ausgeübte Druck ließ nach und in der Zwischenzeit wurde die Gebirgskette von neuen großen Verwerfungen durchschnitten. Zwei Flächen dieser Verwerfungen umgaben einen Bereich, der sich wie ein riesiger, langsamer Fahrstuhl absenkte. Hierbei handelt es sich um die Gegend um Lanza/Nassfeld/Rosskofel/Monte



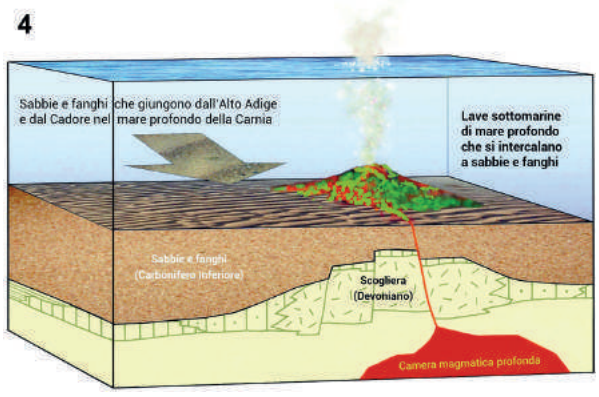


Abb. 68
Evolution der Karnischen Alpen durch die Abfolge im Devon und Karbon.

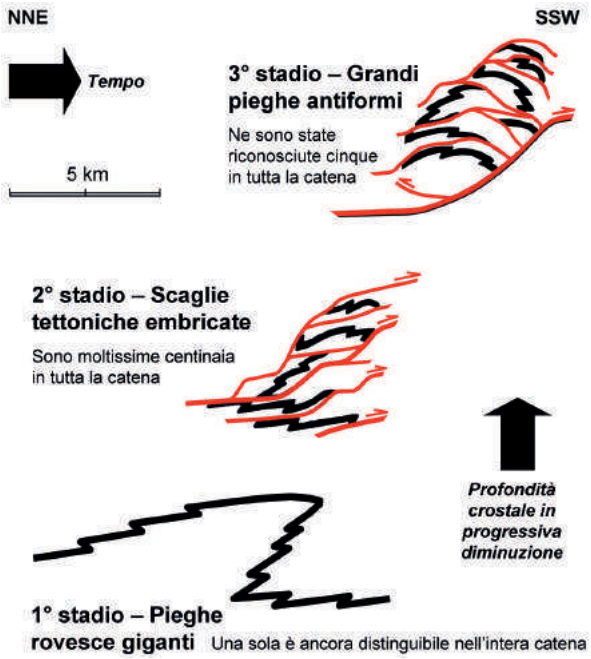


Abb. 69

Abb. 69
Die variszischen Deformationen der Karnischen Alpen (Karbon) ergeben sich aus der Überlappung von drei unterschiedlichen „tektonischen Stilen" auf demselben Gesteinsvolumen. Jeder von ihnen hat sich während eines Zeitintervalls von 10 Millionen Jahren in zunehmend geringeren Krustentiefen entwickelt. Die Kompressionsrichtung ist im Laufe der Zeit hingegen unverändert geblieben (NNO-SSW).

Bruca, die von einem bergigen Teil bis auf fast auf dem Meeresspiegel liegende Bereiche hinabreicht (vgl. Abb. 29). In dieser Gegend nahm im Oberkarbon und Unterperm eine in wissenschaftlichen (und nichtwissenschaftlichen) Kreisen in Europa und Übersee berühmt gewordene Gesteinsfolge Form an und verdickte sich. Es handelt sich um insgesamt 2.000 Meter aus Fluss- und Deltaablagerungen sowie flachmarinen Ablagerungen, die sich in mehreren Zyklen auf vertikaler Ebene mehrmals wiederholen. Heute kann man diese insbesondere entlang der Felswände des Auernigs und Garnitzenbergs sowie der Kronalpe bewundern. Es handelt sich um die europaweit einzige fossiltragende Gesteinsfolge aus dem Perm und Karbon, in der man paläontologische Inhalte aus dem Meer mit solchen vom Festland aus den beiden verschiedenen Zeiträumen vergleichen kann. Und was für Fossilien! Foraminiferen, Trilobiten, Brachiopoden, Mollusken, Bryozoen, solitär lebende Korallen, Kalkalgen, Schlangensterne, um nur einige Beispiele aus dem Meer zu nennen. Hinzu kommen pflanzliche Reste, darunter perfekte Exemplare aus zwei großen Pflanzengruppen: Farne (sehr ähnlich wie die heutigen Farne, jedoch mit Samen und Früchten) und Schachtelhalme. Außerdem wurden seltene Amphibienabdrücke gefunden.

Mit dem **Perm** (vor 300-250 Millionen Jahren) endete die Ära des Paläozoikums. Seine typischsten Ablagerungen stellt das charakteristische rote Gestein (Grödner Sandstein) dar, das weit über die Grenzen des Friaul hinaus reicht. Es erzählt heute davon, wie sich der gesamte Nordosten - von Südtirol bis zum Cadore, nach Kärnten, Karnien und Slowenien - mit der Zeit von einem Gebirge in eine riesige Ebene mit halbtrockenem Klima verwandelt hat.

Das Gestein, das sich gegen Ende des Perms über die Ablagerungen der alten roten Ebene legte, sind die berühmten Gipslagen der Bellerophon-Formation. Ihr Vorhandensein zeugt davon, dass die einstige Ebene im Lauf der Zeit zu einer weitläufigen, flachen salzigen Lagune wurde, deren Wasser durch das inzwischen heiß und trocken gewordene Klima verdampfte.

Der Übergang zur darauffolgenden **Trias** (vor 250-200 Millionen Jahren), der ersten Periode des Mesozoikums, ist durch das schlagartige Verschwinden und Aussterben von 98 %

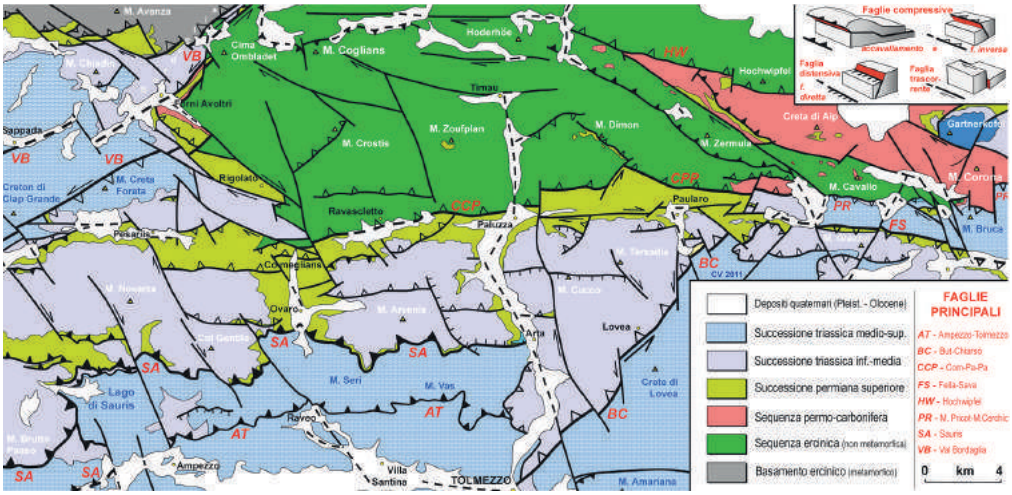


Abb. 70

der damals in den Meeren der Erde lebenden Organismen gekennzeichnet. Fast wäre in dieser nicht umsonst heute als „das größte Aussterben aller Zeiten" bezeichneten Zeit alles Leben von unserem Planeten verschwunden. Im Großteil der aus der Trias stammenden Schichten der Karnischen Alpen sind zahlreiche Ammoniten, sowie mancherorts spektakuläre kleine fliegende Reptilien (in der Nähe der Gemeinde Preone) eingeschlossen - die ältesten in Italien.

Im *Geopark Karnische Alpen* finden sich ansonsten keine weiteren Entdeckungen aus dem Mesozoikum, da die jüngsten Gesteine aus der Obertrias (die „obersten" also) - bis auf sehr wenige Stückchen - längst durch Erosion abgetragen worden sind. Das liegt daran, dass seit mindestens 30-35 Millionen Jahren der gesamte Bereich der karnischen Alpen durch die Schübe der Alpidischen Orogenese zusammengedrückt und dadurch langsam insgesamt angehoben wird.

Abb. 70
Geologisches Schema der Karnischen Alpen (aus Venturini und andere, 2002-2003, vereinfacht).

Weitere Informationen finden Sie in den aufgeführten Publikationen:

CORRADINI C., PONDRELLI M., SUTTNER J.T. & SCHÖNLAUB H.P., 2015 - *The Pre-Variscan sequence of the Carnic Alps.* STRATI 2015. Berichte der Geologischen Bundesanstalt (ISSN 1017-8880), Band 111, Wien.

MUSCIO G. (a cura di), 2015 - *Le rocce raccontano. Un viaggio nel tempo fra le meraviglie geologiche del Friuli Venezia Giulia*. Comune di Udine, Museo Friulano di Storia Naturale; Reg. Aut. FVG, servizio Geologigo, 240 pagg.

MUSCIO G. & VENTURINI C. (a cura di), 2012 - *Le Alpi Carniche: uno scrigno geologico.* Comune di Udine, Museo Friulano di Storia Naturale, 160 pp.

VAI G.B., VENTURINI C., CARULLI G.B. & ZANFERRARI A. (a cura di), 2002 - *Guida alle Alpi e Prealpi Carniche e Giulie, alla pianura friulana e al Carso.* Guide Geologiche Regionali, Soc. Geol. It., 360 pp.

VENTURINI C., 2006 - *Evoluzione geologica delle Alpi Carniche.* Museo Friulano di Storia Naturale, Comune di Udine, 48, 220 pagg.

VENTURINI C., 2017 - *Friuli Venezia Giulia: grandi deformazioni di una piccola regione.* In: Menchini G. (a cura di) SISMA - dal Friuli 1976 all'Italia di oggi. Fondazione Centro Studi del Consiglio Nazionale dei Geologi, 73-90.

VENTURINI C., SPALLETTA C., VAI G.B., PONDRELLI M., FONTANA C., DELZOTTO S., LONGO SALVADOR G. & CARULLI G.B., 2010 - *Note Illustrative al F°. 031 Ampezzo (Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000).* ISPRA - Dipartimento Difesa dei Suoli - Servizio Geologico Nazionale.

7

GEO-EXKURSIONEN: ANREGUNGEN UND TIPPS

In diesem Kapitel, dem letzten dieser Anleitung, kommen wir endlich zum wichtigsten Ziel eines jeden *Geopark-Führers*: die Exkursion mit der Streckenbeschreibung und den Inhalten.
Ich werde versuchen, mich kurz zu halten, was auch Sie immer tun sollten. Bedenken Sie, dass wir in der Zeit des Internets und seiner vielgestaltigen Inhalte, der Zeit, in der wir täglich Dutzende E-Mails erhalten und beantworten müssen, vieles Durchblättern, aber nicht lesen.
Ich möchte Ihnen gerne zwei verschiedene Strecken vorschlagen. Beide befinden sich im But-Tal, und zwar im Talboden. Beide Strecken sind ohne Schwierigkeiten zu bewältigen und weisen einen wirklich geringen Höhenunterschied von maximal 40 m bzw. dem Doppelten davon auf. Die beiden Exkursionen eignen sich demnach problemlos für Gruppen mit Personen unterschiedlichen Alters, inklusive Kinder und Senioren.
Die erste Exkursion, die ich als Beispiel nennen möchte, konzentriert sich auf das mittlere But-Tal zwischen Paluzza und Arta, die zweite Exkursion auf das obere But-Tal. Es ist auch kein Zufall, dass beide Exkursionen dasselbe Tal betreffen. Innerhalb des *Geoparks Karnische Alpen erweist sich der Canale di San Pietro, der mit dem Tal des Wildbachs But übereinstimmt, als Abschnitt mit den meisten Geosites (Abb. 71).*
Fast alle Sites und insbesondere diejenigen im Talboden sind problemlos und rasch erreichbar. In dieser Anleitung möchte ich Ihnen eine konkrete Vorlage liefern, die Sie für die Vorbereitung Ihrer Tagesexkursionen verwenden können.

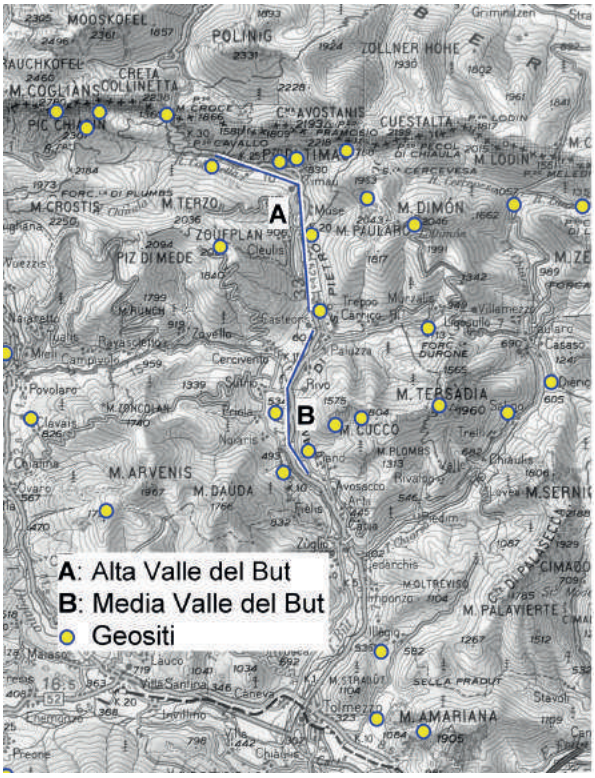


Abb. 71

Das Ziel der ersten Exkursion liegt darin, den Exkursionsteilnehmern die postglaziale Evolution dieses Talabschnitts begreiflich zu machen (Holozän, also ungefähr die letzten 12.000 Jahre). Genau gesagt ist der wahre Protagonist dieser Strecke der ursprünglich 6 km² große Paläosee von Sutrio und Paluzza auf 600 m Seehöhe. Als Paläosee existiert er heute natürlich nicht mehr.

Wir gehen diese Exkursion so direkt und konkret wie möglich an, und zwar mit einer genauen Schilderung eines Schulausflugs mit einer Gruppe von 15 Schülern und zwei Lehrern aus einem Triester Gymnasium.

Nachdem es sich um Schüler handelte, lag das Ziel darin, die Schüler selbst zum Überlegen über die Bedeutung der zahlreichen und unterschiedlichen Indizien, die hier vorzufinden sind, anzuregen. Dieses Gebiet eignet sich ganz besonders dazu, als „Tatort" betrachtet zu werden.

Wir versuchen also, die Auswirkungen zu definieren und aufgrund der Analyse derselben auf die Ursachen zu schließen, durch die sie entstanden sind. Danach verteilen wir alle Gegebenheiten auf der *relativen Zeitleiste* (Kap. 4, IV), wo wir versuchen, die einzelnen Daten zeitlich in ein *davor* und *danach* einzuteilen. Wir werden auch nach dem *absoluten Alter* suchen, nach chronologischen *Markern*, die uns dabei helfen, die Reihenfolge der Ereignisse auf einer numerischen Zeitskala (Kap. 4, IV) festzulegen.

Die zweite Exkursion hingegen findet im oberen But-Tal - einer wahren geologischen Schatzkiste - zwischen Paluzza (600 m) und dem Plöckenpass (1.365 m) statt. Diese Exkursion werde ich ganz anders abwickeln als die erste. Ich werde versuchen, Ihnen die Vor- sowie Regiearbeit darzulegen, die ein *Geopark-Führer* vor der Exkursion selbst überhaupt leisten muss. Es gilt, logistische und wissenschaftliche Wahlen zu treffen und dementsprechende Organisationsarbeit zu leisten, ausgehend von der eingehenden Kenntnis der Schauplätze und der topographischen Merkmale, um überhaupt ein Gerüst für die Exkursion selbst zu errichten.

Ginge es um einen Film, würde ich sagen, dass wir in dieser zweiten Exkursion die Aufgaben, Wahlen, die *Vorgangsweise* sowohl des Drehbuchautors als auch des Regisseurs unter die Lupe nehmen werden, deren Rolle hier einzig und alleine vom *Geopark-Führer* übernommen wird.

Noch ein Tipp, bevor wir zu den beiden Beispielsexkursionen übergehen. Denken Sie bei der Vorbereitung des *Flyers* (Kap. 1, m) - im A4-Format mit mindestens 300 dpi Auflösung - daran, Ihrer Exkursion einen Titel zu geben. Achten Sie darauf, dass der Titel kurz ist und sich auf den Ort bzw. das behandelte Thema bezieht. Zudem sollte er noch spannend und suggestiv wirken. Lassen Sie also Ihrer Fantasie freien Lauf ohne zu sehr ins Technische/Wissenschaftliche zu gehen. Doch damit nicht genug!

Auch dieses Mal ist ein Beispiel unbedingt notwendig. Dieses Beispiel bezieht sich auf die erste Exkursion, die in diesem Kapitel behandelt wird. Wenn Sie sie „*Entwicklung des mittleren But-Tals im Holozän zwischen Arta Terme und Paluzza (Karnischen Alpen)*" nennen würden, wäre das zwar korrekt, aber dennoch unwirk-

Abb. 71
Die Talabschnitte der in diesem Geoparkführer genannten Exkursionen. Hier sind zahlreiche Geosites vorzufinden, wodurch sich dieses Tal ganz besonders für Lehraktivitäten zum Thema Geologie eignet.

sam. Es würde der emotionale Teil fehlen, der die Aufmerksamkeit auf sich zieht und Interesse erweckt.
Stellen Sie sich vor, der berühmte Film von Sergio Leone (1966) hätte nicht *„Zwei glorreiche Halunken"*, sondern einfach *„Geschichte zweier Cowboys"* geheißen. Die Einnahmen hätten sich sicherlich um ein Drittel verringert. In diesem Sinne könnten wir unsere Geoexkursion *„Entstehung, Leben und Tod eines großen Sees zwischen Sutrio und Paluzza (Karnischen Alpen)"* benennen.

GEO-EXKURSION B

Anatomie der Exkursion (Karnischen Alpen): Talsohle des mittleren But-Tals, zwischen Sutrio und Paluzza (UD)

Dieser Beitrag ist der detaillierte Bericht über eine konkrete Anwendung der IBSE (Inquiry-Based Science Education) mit einer Gymnasialklasse (Abb. 72) während einer Geoexkursion. Das Ziel war es, die vielschichtige Quartär-Evolution eines alpinen Talbodens (Karnischen Alpen, NO-Italien) durch die geführte Sammlung von Indizien und Beweisen zu beurteilen. Meine Beiträge sind in Normalschrift gedruckt, die der Schüler in *kursiv grau.*

Erster Haltepunkt (Einleitung):

Archäologische Ausgrabungen in Zuglio (402 m)

Dieser Haltepunkt ist vorwiegend der Betrachtung der archäologischen Ausgrabungen gewidmet. In der Antike schlängelte sich die Via Julia Augusta durch das But-Tal und über den nahegelegenen Plöckenpass, der heutigen Staatsgrenze zwischen Italien und Österreich, in die römische Provinz Noricum.
In Zuglio floss der Wildbach But durch die antikrömische Gemeinde *Iulium Carnicum* - daher die heutige Ortsbezeichnung - die über und auf Kosten bestehender keltischer Siedlungen errichtet wurde. Und genau dieses *über* und *auf Kosten von* interessiert uns. Nach der archäologischen und historischen Erklärung geben die Siedlungsreste Anlass dazu, Parallelen

Abb. 72
Die Haltepunkte dieser Exkursion.

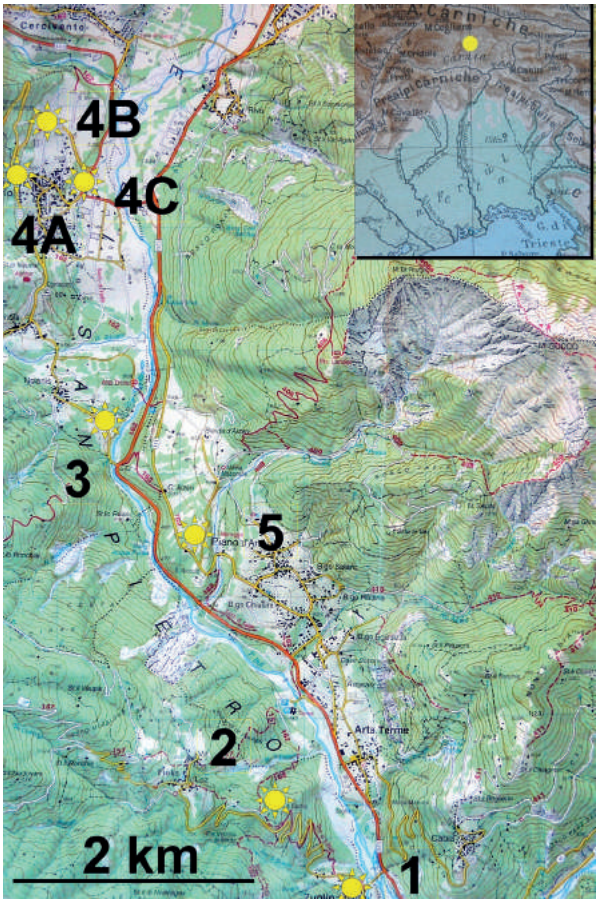


Abb. 72

zu den geologischen Prozessen und deren dreidimensionalen Produkten zu ziehen.
Und insbesondere in Bezug auf die Sedimentabfolgen im Quartär (ungefähr in den letzten 2 Millionen Jahren), die sich durch die Abwechslung und Überlappungen von Erosions- und Ablagerungserscheinungen auszeichnen.
Diese Exkursion in das Tal des Wildbachs But (Karnischen Alpen) ist eine Zeitreise, auf den Spuren der Pracht und des Niedergangs eines nunmehr seit einigen Jahrtausenden versickerten Sees.
Sie können hier bemerken, wie die Gebäude der keltischen Siedlung eine Art „Schicht" gebildet haben, die durch ein präzises Alter (VIII.-III. Jh. v. Chr.) geprägt ist. Später haben die römischen Eroberer auf den Überresten der keltischen Kleinstadt eine neue Siedlung errichtet, also eine jüngere „Schicht" gebildet.
Bei näherer Betrachtung [eine Querschnittsskizze auf einer Tafel lässt das Konzept leichter erklären] können Sie bemerken, dass die „keltische Schicht" in gewissen Sektoren sogar entfernt, ausgegraben, weggeräumt und von den neuen Bevölkerungen zerstört wurde. In der Folge wurden die römischen Gebäude in gewissen Fällen nicht über den keltischen Gebäuden, sondern auf der gleichen Ebene oder sogar unter der keltischen Fundamentebene errichtet.
Und ich würde was wetten, dass für die neuen, römischen Gebäude die Steine aus den zerstörten keltischen Gebäuden verwendet wurden. Die jüngste „Schicht" entstand demnach zumindest teilweise auf Kosten der vorhergehenden Schicht. Sie finden diese Schicht über der älteren Schicht, aber auch daneben oder sogar niedriger als die ältere Schicht. Dasselbe ist in noch jüngeren Zeiten passiert, und zwar mit der Entwicklung der neuesten Siedlungen. Ein Blick auf die vielen Gebäude aus dem 19. Jahrhundert rings um die archäologischen Ausgrabungen reichen zur Bestätigung dessen.
Das alles ist aber nicht nur Archäologie, sondern auch die konzeptuelle Basis für ein besseres Verständnis der Punkte, die während der Exkursion noch angesprochen werden. Es geht um die Geschichte von Ablagerungen und Erosionen, die sich nach einer ganz gewissen Logik miteinander verflechten.



Abb. 73
Ausblick auf die Südseite des Monte di Rivo und Monte Cucco und die dort befindliche, doppelte Abrissnische.

Abb. 73

Zweiter Haltepunkt:
San Pietro in Carnia (749 m)

Nun erreichen wir die alte Pfarrkirche, deren Hauptgebäude aus dem 12. Jahrhundert stammt. Die Kirche wurde auf einem Felssporn über Zuglio, in einer dominanten Position über dem But-Tal gebaut. Der Blick reicht bis zum Massiv des Monte di Rivo und Monte Cucco. Der steile, weitläufige Abhang des Monte di Rivo fällt einem besonders auf. Er bildet eine Mulde und ist stets Erosionserscheinungen unterworfen. Vom kleinen, rund um die Kirche angelegten Friedhof aus, an der Kirchturmrückseite, ist der Ausblick wunderbar (Abb. 73).
Mädchen und Jungs, ich bitte euch, die Morphologien des Monte di Rivo und Monte Cucco (1575 m, 1804 m) mit geeigneten Worten zu beschreiben.

Es ist die Mulde eines großen Erdrutsches!
Nur einer?

Naja, wenn man besser hinsieht, vielleicht zwei.

Genau! Einer ist der Erdrutsch des Monte di Rivo, der andere des Monte Cucco. Sie liegen nebeneinander, sind aber zwei unterschiedliche Erdrutsche, auch wenn sie mit aller Wahrscheinlichkeit gleichzeitig entstanden sind. Das reicht aber noch nicht. Ihr müsst mir sagen, welcher der beiden Erdrutsche voluminöser war.

Der linke, der des Monte di Rivo.
Das reicht mir immer noch nicht. Das ist eine Interpretation bzw. eine einfache Intuition. Nun gilt es, diese Behauptung mit objektiven Daten zu untermauern.

Ich weiß es! Der linke Erdrutsch ist ausgewaschener.
Irrtum! Die Erosion ist zwar vorhanden, ist aber auf das Niederschlagswasser zurückzuführen, das die Erdrutschmulde des Monte di Rivo (und nur diese) vertieft hat.
Versucht doch, den Kamm der beiden Berge aufmerksam zu betrachten. Oder besser noch, zeichnet den Kamm auf euren Notizblock. Haltet beim Zeichnen die Proportionen

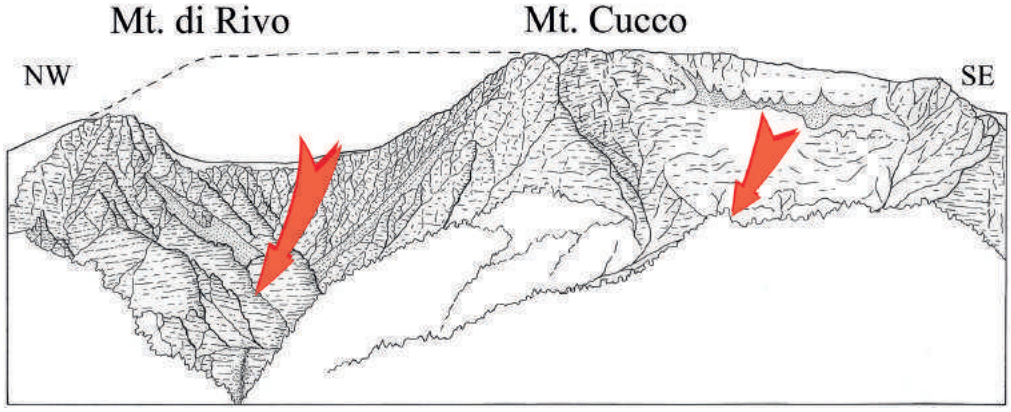


Abb. 74
Rekonstruktion des abgerutschten Materials am Gipfel des Monte di Rivo.

ein, orientiert die Zeichnung NW-SO und gebt eine ungefähre Skala an (insgesamt erstreckt sich der Kamm über ungefähr 2 km).
Versucht jetzt, nachdem ihr den Bergkamm gezeichnet habt, den wahrscheinlichen Verlauf desselben *vor* den beiden Erdrutschen gestrichelt einzuzeichnen. Nun möchte ich gerne wissen, welche Auswirkungen die beiden Abrissnischen erzeugt haben und auf welcher Grundlage ihr festlegt, dass die Nische des Monte di Rivo effektiv die bedeutendere ist.

Im linken Bereich (Abrissnische des Monte di Rivo) fehlt ein Teil des Bergkamms. Der Erdrutsch des Monte Cucco hingegen war nicht „tief" genug, um den Kammbereich mit einzubeziehen.
Sehr gut, mit diesen beiden Sätzen habt ihr alles gesagt (Abb. 74). Ich kann noch hinzufügen, dass insgesamt ganze 50 Millionen Kubikmeter Material abgerutscht sind, was einem Fünftel des Volumens des tragischen Erdrutsches von Vajont entspricht. Eine beachtliche Akkumulation.
Nehmt die Kopie der Landkarte (Skala 1:25.000) her, die ich euch gerade gegeben habe. Ermittelt unsere derzeitige Position (Kirche San Pietro), den Monte di Rivo und den Monte Cucco. Zeichnet nun mit einem Farbstift den Rand der beiden Abrissnischen der Erdrutsche ein.
Wo erwartet ihr, euer „Corpus delicti", also die Erdrutschmasse zu finden? Ich nenne die Erdrutschmasse heute so, wie es Inspektor Columbo (oder die modernen Spurensicherungsexperten) machen würden. Wir werden uns auf die Suche nach den Indizien begeben, anhand deren wir das Szenarium des Delikts und alle Ereignisse nach dem doppelten Bergrutsch rekonstruieren können.
Wir werden das Ablagerungsgebiet natürlich im Talboden finden. Die Ableitung scheint einwandfrei zu sein. Bevor wir uns jetzt auf die Suche nach dem Ablagerungsgebiet machen, sollten wir eine Überlegung anstellen. Von vor 30.000 und bis vor 18.000 Jahren war das Tal von Eis bedeckt (die letzte Phase der Würm-Kaltzeit). Es ragten nur die über 1.800-2.000 m hohen Gipfel hervor. Angesichts dessen nun meine Frage: Wann würdet ihr den Vorfall des Erdrutsches zeitlich einstufen und warum?

Nun ... Die Erdrutsche müssten jünger als 18.000 Jahre alt sein. Und zwar deshalb, weil die Morphologie der Nischen die glaziale Modellierung nicht überleben hätte können. Wenn die Erdrutsche also älter als 18.000 Jahre wären, würden sie nicht so frisch und evident erscheinen. In der Folge müssen sie jünger als 18.000 Jahre alt sein. Stimmt das?
Die Überlegung ist richtig. Es handelt sich demnach, geologisch ausgedrückt, um spät- oder postglaziale Erdrutsche. Das reicht uns jetzt erst einmal. Später dann werde ich euch bitten, mir das Alter des Bergrutsches genauer anzugeben. Nun begleite ich euch hinaus vom kleinen Friedhof hinter die Kirche, wo ihr von der Mauer aus den Talboden betrachten und die Akkumulation des Erdrutsches suchen können. Aber vorher versucht bitte, auf eurer topographischen Karte an der Stelle eine Ellipse einzuzeichnen, an der ihr euch den Erdrutsch erwartet.

Fertig. Er müsste sich an der Mündung dieser schmalen, morphologischen Furche befinden, die vom Erdrutschgebiet direkt in den Talboden führt.

Mal sehen. Ich stelle mir die Erdrutschmasse als chaotische Akkumulation mit einer übermäßig unregelmäßigen Oberfläche vor. Findet ihr auf der Landkarte, in dem Bereich, in dem sich die Erdrutschmasse befinden müsste und den ihr mit einer Ellipse gekennzeichnet habt, eine chaotische Anordnung der Höhenlinie? Oder aber ... (Abb. 75).

Stimmt, Herr Professor! Hier sind die Höhenlinien konzentrisch und „kegelförmig" angeordnet.

Versucht nun, mit einer Hand die Form zu simulieren, die das Gelände in dem Bereich zu haben scheint (Anwendung der *Coleman-Methode*, Kap. 3, k). Gut sieht das aus. Und was entspricht eurer Meinung nach eine derartige Form, nachdem sie radial durch einen Wildbach durchfurcht ist?

Einem Schwemmkegel!

Genau, einem Schwemmkegel. Sehr gut. Anstatt des Erdrutsches finden wir also eine durch einen Wildbach herangetragene Schuttablagerung. Sehr merkwürdig, das müssen wir hinterfragen. Wie heißt dieser Wasserlauf und woher kommt er? Sucht die Antwort auf der Landkarte.

Abb. 75
In dem Bereich, in dem sich das Ablagerungsgebiet des Erdrutsches befinden sollte, sieht man eine fächerartige Ablagerung (Schwemmkegel) und einen regelmäßigen Verlauf der Isohypse.

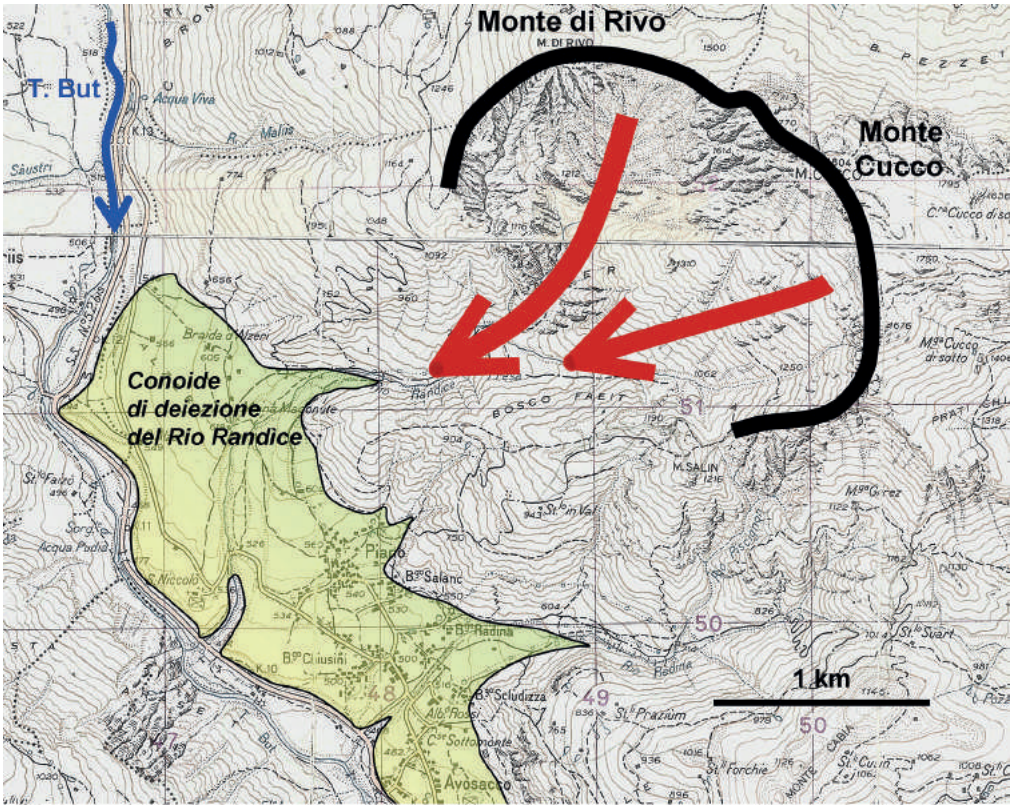


Abb. 75

Es handelt sich um den Rio Randice und seine Quellen befinden sich in der Abrissnische des Monte di Rivo.

Richtig. Die gewaltige Erosion, die ihr vom ersten Augenblick am Hang des Monte di Rivo bemerkt habt, hat also in der Talsohle einen *Schwemmkegel* erzeugt. Jetzt scheint aber irgendetwas unklar zu sein.

Die Nische oder besser gesagt die beiden *Abrissnischen*, die vom geologischen Standpunkt her auch relativ jung sind, müssen unbedingt beachtet werden. Wenn es zwei Nischen gibt, muss es auch eine Akkumulation im Talboden geben und irgendeine Ursache für das Verschwinden derselben. Mit Sicherheit war es nicht das Eis.

Jetzt wird die Angelegenheit komplex und interessant. Wir müssen weitere Indizien suchen. Aber versucht zuerst, weitere Hypothesen aufzustellen. Ihr könnt euch auf die Tatsache stützen, dass es die Erdrutschmasse wirklich gegeben hat. Versucht nun, euch die Konsequenzen vorzustellen und mir zu beschreiben.

Also wenn ein Erdrutsch die Talsohle versperrt - und dieser doppelte Erdrutsch scheint ja nicht klein gewesen zu sein - werden die Abflüsse oberhalb der Akkumulation blockiert gewesen sein. Demzufolge müsste sich ein See gebildet haben.

Eine perfekte geo-logische Analyse! Ich könnte also nun folgende Frage stellen: Was würdet ihr euch von der Ablagerung her, also von dem *gebildet* her erwarten, wenn der von euch angenommenen See (Abb. 76) lange (sagen wir einige tausende Jahre) vorhanden war?

Vielleicht hätte sich der See mit der Zeit mit Ablagerungen angefüllt.

Welche Art von Ablagerungen und woher stammten die?

Vor allem Schlamm, aber auch Sand und Schotter, die von den Zuflüssen herantransportiert wurden.

Sehr gut, das müsste für diesen Haltepunkt eigentlich reichen. Wenn die Abrissnischen echt sind, und das

Abb. 76
Rekonstruktion der Paläo-Umgebung dieses Talabschnitts, nachdem der doppelte Erdrutsch des Monte di Rivo und Monte Cucco das Tal versperrt hatten.



Abb. 76

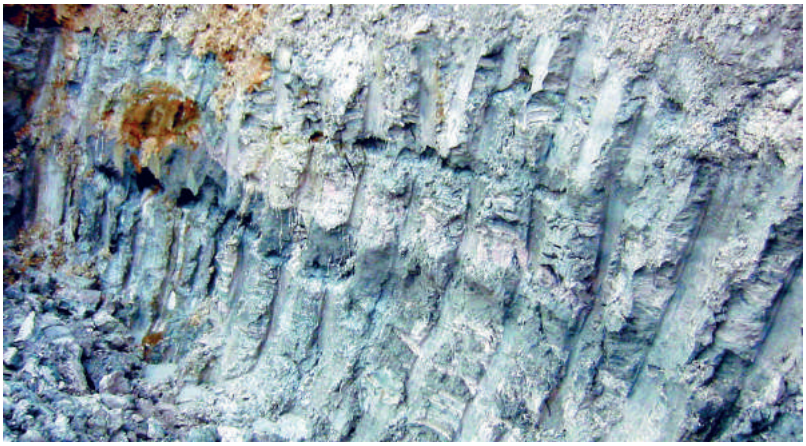


Abb. 77

sind sie, müsste es oberhalb der Akkumulation einen See gegeben haben. Wenn wir uns jetzt wieder nach Zuglio und in den Bereich begeben, den der antike See eingenommen haben müsste (sucht diesen Bereich auf der Landkarte), müssten wir Indizien für die Ablagerungen vorfinden: die teilweise oder komplette Befüllung des Sees bzw. des Paläosees.
Gehen wir gemeinsam auf Suche.



Abb. 78

Dritter Haltepunkt:

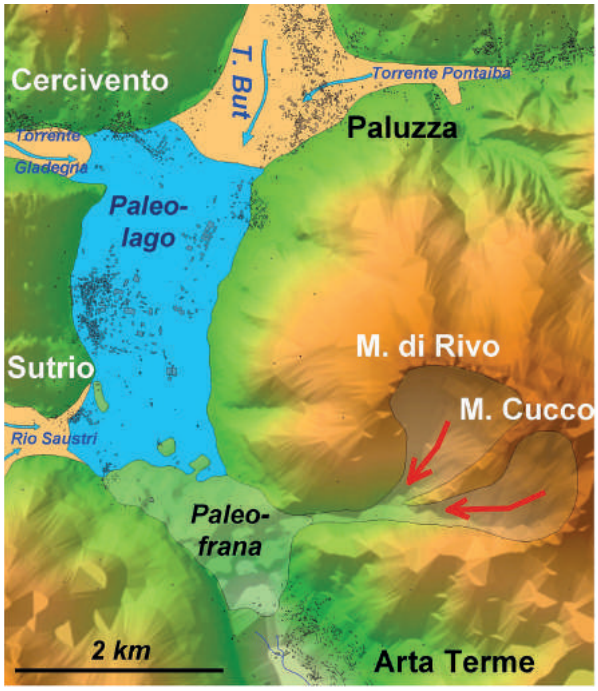
Wasserkraftwerk SECAB, Noiariis (510 m)

Man überquert den Wildbach But auf der Brücke in Noiariis, indem man von der Staatsstraße SS 52bis abbiegt (Achtung, die Kreuzung liegt direkt an einer gefährlichen Kurve!). Kurz danach bleibt man beim Wasserkraftwerk SECAB stehen. Wir befinden uns nun knapp über dem Ort, an dem sich euren Berechnungen nach das Ablagerungsgebiet befinden müsste.
Vor ein paar Jahren kam bei den Aushubarbeiten für die Fundamente des perfekt an die Umgebung angepassten Kraftwerks und des nicht weit entfernten Gasthauses „Trattoria alle Trote“ eine dicke Schichtung (heute durch Vegetation bedeckt) von Schlamm und Sand zum Vorschein (Abb. 77), was schon aufgrund einer Reihe von

Abb. 77
Die Seeschlicke, die während der Aushubarbeiten für den Bau des Fundaments des Wasserkraftwerks SECAB von Noiariis zum Vorschein kamen.

Abb. 78
Bohrkern aus den Seeschlicken, die um weitere 30 m in die Tiefe reichen.

Forschungen und zahlreichen Aufschlüssen zwischen dem nahegelegenen Hügel (Rupe di Ognissanti), den Häusern von Sutrio und den Ufern des Wildbachs But bekannt war.
Nun können wir unsere Überlegungen weiterführen. Hier müssten wir uns mitten im antiken See befinden. Das bezeugt dieser Schlamm (Schlick), den ich hier in der Hand habe. Es handelt sich um 50 cm einer Bohrung, die direkt unter unseren Füßen vorgenommen wurde (Abb. 78). Es ist jetzt an der Zeit, euch ein paar Fragen zu stellen. Oder vielleicht doch nur eine Frage: Was möchtet ihr gerne wissen, um euch diesen See, den es nicht mehr gibt, besser vorstellen zu können?



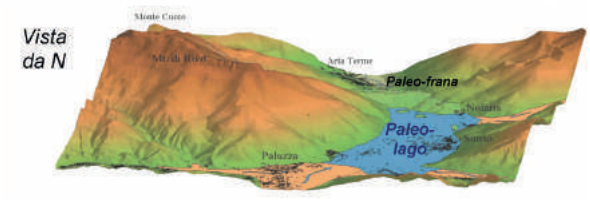


Abb. 79
3D-Rekonstruktion (DEM) des Paläosees von Sutrio und Paluzza.

Abb. 79

Seine Abmessungen.
Geht mehr ins Detail.

Wie tief war der See zum Beispiel? Und auf welcher Höhe befand sich die Wasserlinie?
Gut: Antwortet euch alleine. Ich kann euch helfen, indem ich euch sage, dass der See durch die von den Zuflüssen herantransportierten Ablagerungen praktisch angefüllt war. Wie dick ist die Schlammablagerung unter uns? Ca. 30 m und darunter befinden sich die alluvialen Kiesablagerungen und das Gestein des Substrats. Genügt euch das?

Nein. Wir müssen entdecken, bis zu welcher Höhe über unserer Position weiterer Seeschlamm oder -sand vorhanden ist.
Warum seid ihr an der Höhe der Seeschlicke so interessiert?

Weil die Dicke der Ablagerungen eines nahezu voll gefüllten Sees ungefähr der Wassertiefe entsprechen kann. Der ursprünglichen Wassertiefe natürlich!
Sehr gut! Sucht auf der Landkarte die nahegelegene Kirche „Ognissanti" auf dem gleichnamigen Hügel. Ich kann euch sagen, dass die am höchsten gelegenen Schlicke ungefähr 5 m unter dieser Kirche gefunden wurden. Die Kalkulation macht ihr dann selbst.

Wir befinden uns auf 520 m Seehöhe, die Kirche auf 600 m. Über uns waren ca. 70 m Schlick und Sand. Unter uns

weitere 30 m. Insgesamt sind das 100 m feine Seeablagerungen, was der ursprünglichen Tiefe des Sees entspricht.
Habt ihr bemerkt, dass es euch indirekt auch gelungen ist, die Mindesthöhe von etwas anderem festzulegen? Wovon?

Der Barriere, also die Mindesthöhe des Ablagerungsgebiets!
Ganz genau. Und ich wette, dass ihr jetzt alle darauf brennt, den See auf eurer Karte einzuzeichnen. Wie läuft es?

Wir markieren die 600-Meter-Höhenlinie, dort wo sie gut sichtbar ist, mit einem Kugelschreiber. Wir haben bemerkt, dass die Ortschaften Sutrio, Priola und Noiariis alle unter Wasser wären!
Nun seid ihr auch dazu in der Lage, die Oberfläche des Sees ungefähr zu berechnen (ca. 6 km^2). Wenn ihr euch auf der Landkarte die Extension des Sees anseht, müsstet ihr auch verstehen, woher der Schlamm und der Sand stammen (Abb. 79).

Aus den Zuflüssen, d. h. vom Rio Gladegna und Rio Pontaiba, aber insbesondere vom Wildbach But, in den diese münden!
Beeinflusst die Position der Zuflüsse irgendwie die Verteilung der verschiedenen Ablagerungstypen (sehr fein, fein, mittel, grob) innerhalb des Sees?

Vielleicht, angesichts der Tatsache, dass sich die Zuflüsse am gegenüberliegenden Seeufer befanden (in Richtung Norden in Bezug auf diesen Haltepunkt), müssten wir uns in Richtung Norden erwarten, auf Schlamm und Sand zu stoßen, danach auf Sand und Kies und letztendlich nur auf Kies, dort, wo der Hauptzufluss (Wildbach But) mündete.
In der Tat ist es so und die Ausgrabungen bestätigen dies. Vor Paluzza findet man unter dem Grasmantel nur noch Kies und gelegentlich Sand.

Großartig!
Aber das ist noch nicht alles. Am vorherigen Haltepunkt hatte ich gesagt, dass mir die Information, dass der See *jünger als 18.000 Jahre alt ist* (Zeitalter, in dem sich die Eisdecke aus dem Tal zurückzog), nicht mehr ausreichen würde. Ihr müsst mir eine Methode vorschlagen, um zu viel genaueren Daten zu gelangen.

Die C14-Datierung.
Ja, in Ordnung. Ich wünsche mir aber eine präzisere Aussage.

Also, wenn wir den radioaktiven Zerfall von ^{14}C (Halbwertzeit 5.730 Jahre) verwenden, können wir eine präzisere Datierung erlangen.
Gut, aber woher holen wir uns das ^{14}C für die Analyse?

Vielleicht von den Pflanzen?
Genau, von den Pflanzen. Jene Pflanzen, die oberhalb des Stausees regelmäßig vom Hochwasser entwurzelt wurden und in Form von Baumstämmen, Zweigen und Fragmenten in den See befördert wurden. Dort wurden sie, bevor sie vollgesogen nach unten sanken, von den Strömungen zu den distalen Bereichen mit Sand- und Schlammboden getrieben. Und genau unter diesen Ablagerungen hat man die Reste gefunden, die eine Datierung der Entstehung und des

Verschwindens des Sees ermöglicht haben. Bis hierher ist es ja noch relativ einfach. Aber jetzt kommen wir zur Frage.
Wie kann ich, wenn ich euch sage, dass laut den von Martinis (1979) gelieferten radiometrischen Daten ein erster Stamm im Schlick (Schlamm) ungefähr 35 m von der Basis der Ablagerung (7.950 Jahre alt) und danach ein Ast 60 m von der Basis (6.800 Jahre alt) gefunden wurde, das Zeitalter der Entstehung des Sees (die ersten Schlammschichten) und das Zeitalter des Verschwindens des Sees (die letzten Ablagerungen) rekonstruieren?
Zur besseren Erläuterung zeichne ich euch die Säule der Seeablagerungen (Abb. 80) auf, zeichne die Höhenmaße ein und bitte euch nun um das Resultat.
Durch eine Verhältnisrechnung! Ja genau, wir sollen ja präziser sein! Also, wenn sich in 1.150 Jahren 25 Meter Schlamm abgelagert haben, entsprechen 5 m durchschnittlich jeweils 230 Jahren. Zwischen der Basis des Schlicks und der ersten datierten Höhe - der älteren - befinden sich 35 m (sieben Gruppen zu je fünf Jahren). Das bedeutet 7 x 230 = 1.610 Jahre. Die Basis des Schlicks wird 9.560 Jahre alt sein.
Wenn ich jetzt dieselbe Berechnung für den oberen Bereich anstelle, geht hervor, dass die 40 m über der zweiten datierten Höhe 8 x 230 = 1.840 Jahre darstellen. In diesem Fall erreichen wir ein uns näher gelegenes Zeitalter, wonach wir von der datierten Schicht (6.800 Jahre) die berechnete Zeit abziehen müssen: 6.800-1.840 = 4.960 Jahre.
Sehr gut, die beiden zeitlichen Grenzen liegen also vor 9.560 und 4.960 Jahren. Nachdem die radiometrischen Messungen immer eine Schwankungsmarge besitzen, werden wir die beiden Daten auf vor 10.000 und 5.000 Jahren aufrunden, was auch leichter zu merken ist. Jetzt ist es euch gelungen, die Zeitspanne (*absolutes Alter*) festzulegen, während der es den Paläosee von Sutrio und Paluzza (so werden wir ihn nennen) gegeben hat. Seid ihr auch dazu in der Lage, das Alter des Bergrutsches des Monte di Rivo und Monte Cucco zu definieren?

Einfach! Das Alter des Bergrutsches entspricht praktisch dem Alter der ersten Schlammablagerungen des Sees, nachdem der Erdrutsch selbst ja die Bildung des Sees verursacht hat. Das bedeutet, dass auch der Erdrutsch vor etwa 10.000 Jahren stattgefunden hat. Das war wirklich einfach!

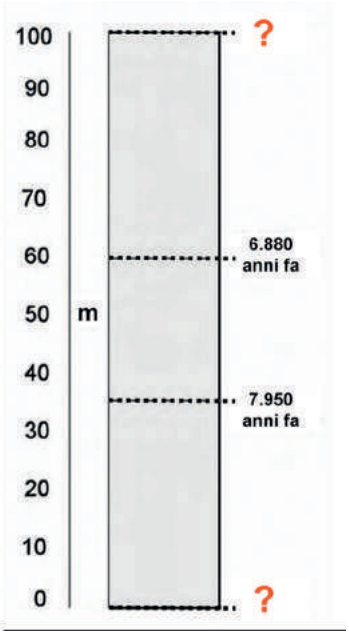


Abb. 80
Die gesamte Säule der Seeablagerungen mit der Positionierung der pflanzlichen Überreste, die radiometrisch datiert wurden (^{14}C).

Abb. 80

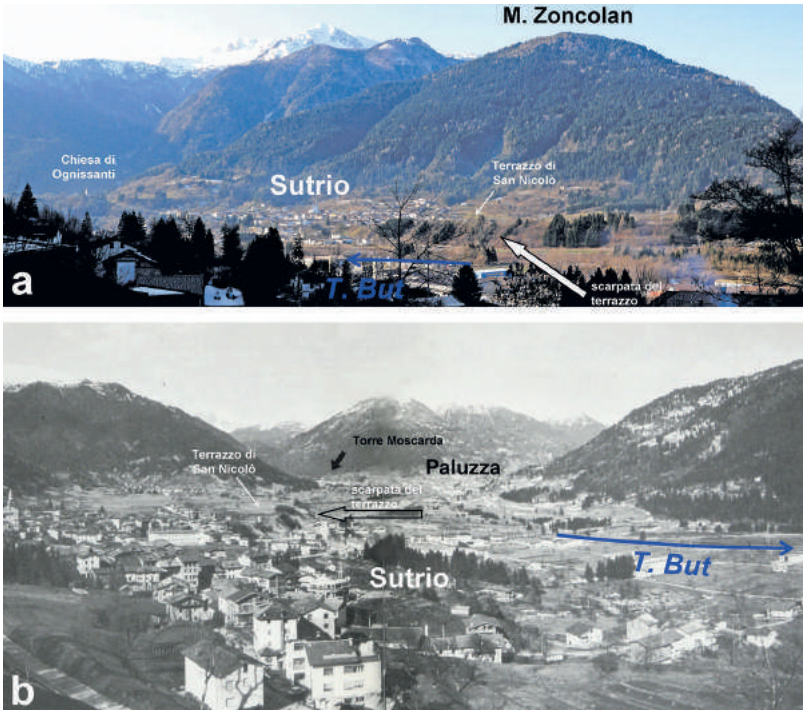


Abb. 81

Vierter Haltepunkt (Teil A):
Nördlich von Sutrio (620 m)

Man begibt sich nun in Richtung Sutrio und kommt bei der Kirche „Ognissanti" (oberste Grenze der Seeschlicke) vorbei. Von hier aus geht es weiter bis zur nordwestlichen Grenze der Ortschaft bis zu einem Ausblickpunkt (620 m Höhe, Kehre entlang der Straße auf den Monte Zoncolan). Von hier aus hat man einen guten Überblick auf das Tal, in dem sich bis vor ca. 5000 Jahren noch der See befand.

Seht euch nun die Landkarte an, findet unseren Haltepunkt, seht euch seine Höhenlage an und sagt mir dann, ob wir über oder unter dem Wasserspiegel gestanden hätten und was mit Sutrio, dass wir rechter Hand (Richtung Südosten) sehen, gewesen wäre.

Wir müssten uns mindestens 20 m über dem Wasserspiegel befinden. Wenn man sich hingegen die Landkarte und das Seeufer ansieht, das wir vorhin eingezeichnet hatten, wäre Sutrio komplett unter Wasser. Nur die Kirchturmspitze und zwei oder drei Häuser würden über dem Wasserspiegel liegen.

Die Überlegung ist richtig. Aber nun müsst ihr mir sagen, was ihr in dem über 1 km breiten Tal vor euch seht. Nachdem wir den Bereich des ehemaligen Ablagerungsgebiets nun hinter uns gelassen haben, hätte ich mir erwartet, Seeablagerungen vorzufinden (in Richtung Norden auch Delta- und Flussablagerungen). Ich hätte mir vor-

Abb. 81
Die Ebene (nach S abfallend) von San Nicolò, Aufnahme von O (a) und S (b). In der Aufnahme b ist die Terrassierung mit der großen Stufe (über 20 m hoch) an ihrem Ende (weiße Punkte) gut erkennbar.

gestellt, noch eine flache Talsohle in ca. 600 m Seehöhe (entsprechend der höchsten Schlicke) vorzufinden. Und dennoch scheint das nicht so zu sein. Ich bitte euch also, mir zu beschreiben, was ihr von hier aus seht.

Unter uns sieht man eine große, flache Oberfläche. Oder doch nicht, wenn man näher hinsieht, scheint die Fläche leicht in Richtung Sutrio (nach Süden) abzufallen.

Genau, es ist eine große Oberfläche. Es ist die Ebene (Terrasse) von San Nicolò (Abb. 81). Nun meine Frage: Kann diese Ebene der Grund des antiken Sees sein, der sich vor 5.000 Jahren in seiner ursprünglichen Position kristallisiert hat, nachdem das Wasser aus irgendeinem Grund abgeflossen ist? Ihr könnt die Frage mit «Ja» oder «Nein» beantworten, müsst mir aber den Beweis dazu liefern, um eure Antwort auch glaubhaft zu machen.

[Erste Antwort der Hälfte der Schüler] *Ja, weil eine große Oberfläche und die geringfügige Neigung auch darauf zurückzuführen sein könnten, dass wir uns in der Nähe der Zuflüsse (in diesem Fall des Rio Gladegna) befinden und die Ablagerungen praktisch unter Wasser einen Schwemmkegel geformt haben, den unter dem Wasserspiegel liegenden Teil eines Deltas.*

[Zweite Antwort] *Nein, so ist es nicht. Wir haben bemerkt, dass die Ebene aufgrund der Höhenlage nicht der Grund des antiken Sees sein kann.*

Die zweite Antwort ist richtig! Erklären wir nun der ersten Gruppe, warum ihre Annahme falsch ist. Sehen wir uns gemeinsam die Landkarte an. Könnt ihr euch noch erinnern, wo man die obersten Schlicke gefunden hat? In welchem Abstand zu uns liegen sie?

Beinahe am obersten Punkt des Hügels Ognissanti, auf 595 m Seehöhe, ungefähr 1 km von hier entfernt.

Sehr gut. Und nun passt auf. Insbesondere die Schüler, die die erste Antwort gegeben haben. Ihr meintet, die Oberfläche sei schräg. Das stimmt. Wäret ihr dazu in der Lage, in Neigung zu berechnen? Nein, ich stelle eine einfachere Frage, die wir eher brauchen. Um wie viele Meter sinkt die Oberfläche je 500 lineare Meter? Zur Berechnung dieses Werts müsst ihr im rechten Winkel zur Isohypse vorgehen, weil diese Isohypse das maximale Gefälle bzw. die effektive Neigung darstellt. Um diese Kalkulation genauer vornehmen zu können, nehmen wir eine andere topographische Karte zur Hand. Hier ist uns die Technische Regionalkarte (CTR) sehr nützlich, wo die Höhenlinien alle 5 m anstatt alle 25 m eingezeichnet sind. Dadurch ist das Gebiet detaillierter dargestellt.

Herr Professor, wir haben den Wert: Alle 500 lineare Meter (in Richtung Süden) sinkt die Oberfläche um etwas mehr als 20 m.

Gut so. Gruppe B (die Schüler der zweiten Antwort): Könnt ihr diesen Wert zu euren Gunsten verwenden? Ein Tipp dazu: Versucht, die schräge Fläche in eurer Vorstellung bis zum Hügel von Ognissanti zu verlängern, der 1 km von hier entfernt liegt. Ich erwarte eure Antwort.

Stimmt! Die Oberfläche würde am Fuße des Hügels ankommen, auf ca. 520 m Höhe. Es kann sich also nicht



Abb. 82

um den Seeboden handeln, weil er übereinstimmend mit dem Hügel auf 600 m lag, was der Schlamm an der Ostseite des Hügels Ognissanti bezeugt, der bis auf 595 m reicht.

Also wie kann sich diese Oberfläche gebildet haben, wenn sie nicht aus zusätzlichen Ablagerungen besteht?

Vielleicht durch Erosion, nachdem sie einen Teil der Seeablagerungen, die bis über diese Oberfläche gereicht hatten, abgetragen hat.

Jetzt habt ihr verstanden, dass der See irgendwann, als er schon beinahe vollgefüllt war, eine Krise erlitt. Die Ablagerungen von Seesedimenten (ungefähr 100 m) wurden abgeschliffen und zum Großteil abgetragen. Bevor wir uns nun fragen, warum das so war und welche Ursache das hatte, werden wir gemeinsam nach weiteren Indizien für die Erosionsphase suchen. Dazu werden wir von diesem Haltepunkt bis in den Talboden des Wildbachs But gehen. Zu Fuß werden wir uns nun auf die Ebene von San Nicolò begeben.

Vierter Haltepunkt (Teil B):

Ebene von San Nicolò (547 m)

So, hier sind wir nun auf der Ebene von San Nicolò, die schon unsere Aufmerksamkeit auf sich gelenkt hatte. Ich könnte euch schon vorab sagen, dass diese leicht schräge Ebene in Richtung Nordosten und Osten durch eine steile und durchgehende, über 20 m hohe Böschung unterbrochen wird. Am Ende dieses Abschnitts unserer Exkursion werden wir diese Böschung auch noch sehen. Man stellt sich nun folgende Frage: „Hat die Erosion nur diese Ebene und die Böschung an deren Grenzen gebildet oder gibt es hier in der Umgebung weitere ähnliche Gebilde (Ebenen/Böschungen)?“ Sie müssen nicht unbedingt alle „enorm“ sein. Manchmal sind die erhaltenen Stufen nur ein Dutzend Meter breit

Abb. 82
Über der Ebene von San Nicolò sind bergaufwärts weitere Flussterrassen zu sehen. Es sind die höchsten Terrassen dieser Folge.

und ebenso lang. Auch die Böschungen an deren Grenzen können weniger als 2 m hoch sein. Sucht danach und ruft mich dann.

Hier, Herr Professor! Am Berghang sind zwei Stufen und zwei Böschungen zu sehen. Und die untere sitzt auf der großen Ebene von San Nicolò auf.
Also habt ihr sie gesehen! Auch wenn es sich um kleinere Stufen und Böschungen handelt (Abb. 82), sind auch diese durch die Erosion der Seeablagerungen entstanden.

Es ist jetzt an der Zeit, zu verstehen, *wie* und *warum* sich diese Auswirkungen ergeben haben (aber nennen wir sie bei ihrem Namen: *Terrassen*, Kap. 4, XVII). Alle sind durch ihre Böschung begrenzt.
Wie und warum haben sie sich gebildet? Diese Frage werde ich euch beantworten. Versucht, euch den beinahe mit Sedimenten vollgefüllten See vorzustellen. Wir befinden uns vor rund 5.000 Jahren und der See war schon fast 5.000 Jahre alt. Die Ufer verformten sich schön langsam - ausgehend von Paluzza - aufgrund der von den Zuflüssen geformten Flussdeltas, die von Norden nach Süden vordrangen. Der See wurde immer seichter und verwandelte sich in eine Art Sumpf- und Tümpelgebiet.
An der gegenüberliegenden Seite, in Richtung Süden nach Sutrio, erschien die durch den Erdrutsch entstandene Barriere wie ein Rahmen um diesen einst um die 100 m tiefen See. Bei einem plötzlichen, gewaltigeren Hochwasser als zuvor, haben die tosenden Gewässer der Zuflüsse wahrscheinlich die durch den Erdrutsch entstandene Barriere erreicht. Die tiefen Gewässer des Sees, die diesen Aufprall abgeschwächt hätten, gab es nicht mehr. Das Hochwasser hat also die Barriere überschritten und an deren Südseite einen Wasserfall bewirkt.
Denkt daran, dass der Erdrutsch an dieser Stelle mindestens 100 m hoch war. Die Schräge hatte etwa 15-20° Neigung, was für eine fließende Wassermasse enorm viel ist. Die Erosionskraft dieses Wassers wurde aufgrund der hohen Geschwindigkeit wirklich groß. In nur wenigen Stunden schürfte das Wasser eine Furche mitten ins Herz der Bergrutschmasse. Die Vertiefung verbreitete sich auch nach hinten und weitete sich auf die dahinterlie-

Abb. 83
Die Gemeindestraße nutzt ein ehemaliges Flussbett, um vom Talboden bis zur Ebene von San Nicolò zu gelangen.



Abb. 83

genden Seeablagerungen aus, die an der Erdrutschmasse anlehnten. Und das alles im gelungenen Versuch, die steilen Abschnitte zu beseitigen und den Flussverlauf regelmäßig zu gestalten.
Der kurze Abstieg hat uns auf die weite Ebene von San Nicolò geführt. Wenn ihr euch die Landkarte und das Gebiet anseht, könnt ihr die leichte Neigung in Richtung Süden bemerkten. Unter der Oberfläche sind sand- und schlickhaltige Seeablagerungen vorhanden. Die Ebene reicht bis auf eine Höhe von ca. 585 m, also etwas weniger als die ursprünglich von den Seesedimenten erreichte maximale Höhe (595 m).

Vierter Haltepunkt (Teil C):

Abstieg von der Ebene von San Nicolò (530 m)

Von der Ebene von San Nicolò/Sutrio begeben wir uns jetzt mit dem Auto in Richtung Wildbach But, und zwar entlang der Hauptstraße, die vom Monte Zoncolan herunter führt. „Habt ihr bemerkt, dass die Straße nach der Kreuzung auf 547 m Seehöhe (vgl. Technische Regionalkarte) nach und nach steiler bergab geht?“ Außerdem führt sie zwischen kleinen Böschungen hindurch, die eine sich nach und nach vertiefende, geschwungene Furche begrenzen. Diese Furche wird nach einem 300 m langen Abschnitt breiter und verbindet sich mit der hohen Böschung, die die *Terrasse* von San Nicolò begrenzt.

Während wir jetzt weitergehen und die Dinge beobachten, habe ich eine weitere Frage für euch. Wurde diese Furche künstlich ausgegraben, um die Straße, die die Ebene von San Nicolò mit dem Talboden verbindet, mit gleichmäßiger Neigung zu gestalten, oder ist es die Straße, die eine bereits vorhandene Erosionstrasse nutzt (Abb. 83)? Antwortet mir nicht gleich, ihr müsst während des Abstiegs Indizien sammeln und kommentieren.
Herr Professor, hier links, am Beginn des Abstiegs sind kleine Furchen zu sehen, die sich wie Äste in die Furche der Straße einfügen! Ist das ein Element?
Natürlich, aber das ist noch nicht alles. Geht weiter und sammelt weitere Daten.

Hier, am Ende der Abfahrt, zeichnet die Straße eine große Kurve und die Wände der Furche verlaufen nicht mehr parallel, sondern sind viel breiter und unregelmäßiger.
Genau das ist der Punkt. Würde es sich um eine von Menschenhand angefertigte Ausgrabung handeln, gäbe es überhaupt keinen Grund dafür, vielmehr Erde zu bewegen, als für den Straßenverlauf notwendig ist. Die Gemeinde hätte diese ohne einen triftigen Grund entstandenen Mehrkosten rechtfertigen müssen.
Das bedeutet, dass die Furche bereits vorhanden war (wer weiß, wie lange schon!) als die Straße gebaut wurde, und die Gemeinde diese Begebenheit zum Kostenpunkt null genutzt hat. Könnt ihr mir jetzt noch sagen, wie alt diese geschwungene Furche ist, in der wir gerade gehen?

Das ist wohl eine Millionenfrage, Herr Professor! Lassen Sie uns kurz überlegen ... Wir wissen, dass es den See bis vor ungefähr 5.000 Jahren gab. Und

wir wissen, dass er vor 5.000 Jahren durch den Einbruch der Erdrutschmasse verschwunden ist. Außerdem wissen wir, dass der Einbruch unmittelbar eine Erosion in den dahinterliegenden Ablagerungen von Seesedimenten bewirkt hat, die die Talsohle zwischen Sutrio, Cercivento und Paluzza um bis zu 100 m erhöht hatten (weil der Wildbach But und seine Zuflüsse bei der Wiedereinnahme des Tales ihren Verlauf auf die vor dem See bestandenen Höhenmaße bringen mussten, um das hydrografische Gleichgewicht wiederherzustellen). Der Erosionsprozess hat demnach eine Reihe von Böschungen geschaffen, die heute noch mehr oder weniger große Stufen begrenzen.

„Und nun? Welche Rolle spielte diese Furche, die in irgendeiner Weise die Ebene von San Nicolò mit einer anderen, niedrigeren Stufe, die ungefähr mit dem heutigen Talboden übereinstimmte, verband, in der Evolution, die ihr mir beschreibt?"

Wir haben es! Es kann sich um eine Erosionsfurche gehandelt haben, die durch das Abfließen von Niederschlagsgewässern aus den höheren Lagen (San Nicolò) in Richtung Wildbach But im Talboden entstanden ist. Damit wären auch die kleinen Furchen erklärt, die sich wie Äste einfügen. Es kann ja auch Quellen gegeben haben. Sie möchten das Alter wissen? Die Furche könnte etwas weniger als 5.000 Jahre alt sein (gleichzeitig mit der Entstehung der Böschung, die die Terrasse von San Nicolò eingegrenzt), könnte aber auch etwas jünger sein.

Sehr gut. Diese Antwort ist mehr als befriedigend, nicht alles in der Geologie kann ganz genau beantwortet werden. Die Furche hat sich eingangs wahrscheinlich in Form einer Erdrutschmulde in der Hauptböschung gebildet. Danach hat sich die Mulde durch die rückschreitende Erosion in Richtung Berg vergrößert und in einen Einschnitt verwandelt, der die fließenden Gewässer sammelte und an die Basis der Terrasse weiterleitete. Die geschwungene Furche kann als Paläo-Flussbett bezeichnet werden und ist auf der Landkarte gut erkennbar.

In der Zwischenzeit haben wir den Talboden erreicht (am Ende unserer Paläo-Furche), von wo aus die Bö-



Abb. 84
Die Flussterrasse, auf der sich Paluzza befindet (SS 52bis). Diese Terrasse ist gleichzeitig mit der Ebene von San Nicolò und der Terrasse des Siedlungsgebiets von Cercivento entstanden.

Abb. 84

schung der Terrasse von San Nicolò gut sichtbar ist: Sie ist 20 m hoch und kann kilometerlang im Talboden des Beckens von Sutrio und Paluzza verfolgt werden. Von allen in diesem Gebiet vorhandenen Böschungen ist diese am deutlichsten sichtbar.
Wir holen jetzt unsere Autos und fahren an Cercivento vorbei nach Paluzza. Wir werden sehen können, wie beide Ortschaften auf Stufen entstanden sind, die von einer steilen, zwischen 15 und 20 m hohen Erosionsböschung begrenzt sind. Diese beiden Böschungen sind auf dieselbe Weise wie die von San Nicolò entstanden. Sie sind die letzte „Erosionsstufe", während der sich das nach dem Einbruch der Erdrutschmasse entstandene Flussnetz vertieft hat.

Fünfter Haltepunkt:
San Niccolò degli Alzeri (536 m)

Nachdem wir in Paluzza angelangt sind und die mit der von Cercivento und San Nicolò identische Terrasse (Abb. 84) gesehen haben, auf der die Ortschaft liegt, fahren wir wieder zurück. Wir begeben uns wieder zu den ersten Haltepunkten am südlichen Ende des antiken Sees. Dieses Mal möchten wir über den Schwemmkegel gehen, der den Platz des Ablagerungsgebiets eingenommen hat (Abb. 85). Wir halten am Parkplatz der Kirche von San Niccolò degli Alzeri an, die der Legende nach von den Kreuzrittern im 12. Jahrhundert als Krankenhaus und Zufluchtsort errichtet wurde. Wie ihr auf der Landkarte sehen könnt, befinden wir uns jetzt direkt auf dem *Schwemmkegel des Rio Randice*. Nicht weit entfernt liegt das große *Abrissgebiet* des Monte di Rivo, das durch jüngere Flusserosionen und durch Regenwasser verursachte Bäche vertieft wurde. Ich weiß, ihr wartet wieder auf eine Frage. Und hier ist sie: sagt mir, ohne zu zögern, wann die Bildung des Schwemmkegels begonnen und warum sie nicht früher stattgefunden hat.

Einfach und doch schwierig. Nachdem der Erdrutsch verschwunden war. Also ist der Schwemmkegel nicht älter als 5.000 Jahre. Wir wüssten aber nicht, warum er sich nicht vorher gebildet hat, beispielsweise während es in See gab.
Dann werde ich versuchen, es zu erklären. Weil der Talboden vor der ersten großen Erosionsphase von den bis zu 600 m Höhe abgerutschten Schuttablagerungen versperrt war, was aller Wahrscheinlichkeit nach auch für

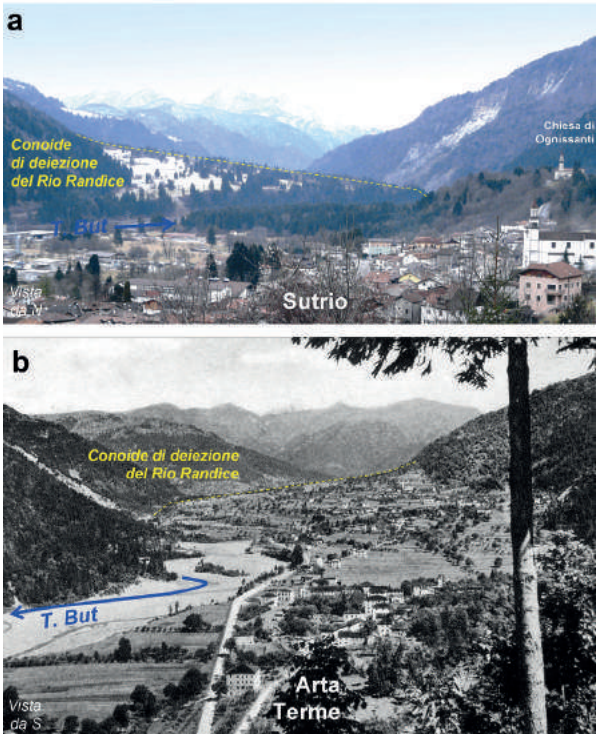


Abb. 85
Im Hintergrund ist der große Schwemmkegel des Rio Randice mit der Schräge in Richtung Talboden erkennbar. Ansicht von Norden (a) und Süden (b).

den Rio Randice bis auf 750-800 m galt (vgl. Abb. 76). Im Wildbach formte der abrutschte Schutt einen dicken Schwamm, der das Wasser aufnahm und die Oberflächenerosion verhinderte. Es war wie eine Art poröser Deckel, der unmittelbar nach der Entfernung der Erdrutschmasse aus dem Talboden von den ersten Hochwassern in niedrigere Höhen transportiert wurde, wo er den Embryo des großen *Schwemmkegels* geformt hat.
Seit damals (vor ca. 5000 Jahren) und mindestens über vier Jahrtausende hat jedes Hochwasser zum Wachstum des Schwemmkegels beigetragen. Quellen aus dem Jahr 1000 (ungefähr) weisen

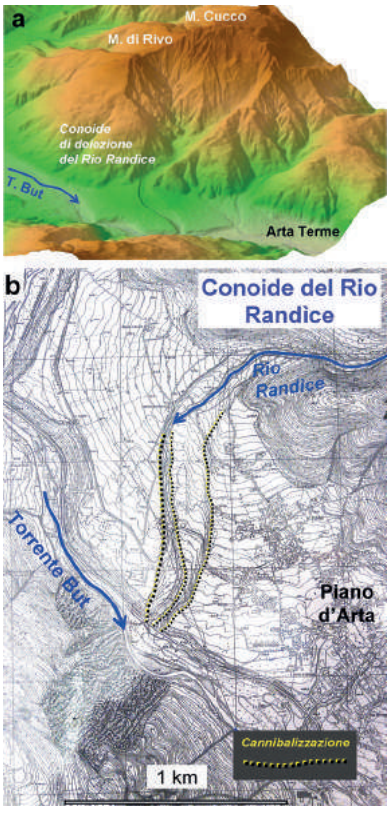


Abb. 86
Die 3D-Rekonstruktion (a) zeigt die Kannibalisierung des Rio Randice, die sich auf Kosten seiner eigenen Ablagerungen entwickelt hat (ansonsten wäre es keine Kannibalisierung). Der Verlauf der Isohypsen (b) des Schwemmkegels zeigt ebenfalls die klare Tendenz zur Erosion.

Abb. 86

auf eine gewaltige Mure hin, die die Ortschaft Piano d'Arta überschüttet hat (kontrolliert auf der Landkarte den Verlauf dieser Mure). Frage: „Kann der Schwemmkegel heute noch als aktiv bezeichnet werden bzw. befindet er sich noch in der Aufbau- und Erweiterungsphase?" Denkt daran, ich möchte Daten erhalten.

Ganz sicher nicht. Das bezeugt die durchgehende Vegetation auf der Oberfläche und deren Besiedelung (Piano d'Arta, die zahlreichen vereinzelten Gebäude und die Verbindungsstraßen).
Es gibt aber ein noch symptomatischeres Element als die zuvor genannten Daten. Es ist ein sogenanntes „morphologisches" Element. Seht euch die Höhenlinien an, die der Schwemmkegel bildet, und sagt mir dann Bescheid.

Stimmt! Sie formen keine regelmäßigen Bögen. In Übereinstimmung mit dem Verlauf des Rio Randice haben sie alle eine tiefe „Einkerbung". Das bedeutet, dass hier früher einmal regelmäßige Bögen vorhanden waren (während der Aufbau- und Erweiterungsphase des Schwemmkegels), wonach der Wildbach aber begonnen hat, seine eigenen Ablagerungen auszugraben, und die Höhenlinien auf diese Weise verformt wurden (Abb. 86). Herr Professor, anhand der Karte können wir sogar berechnen, dass die Furche, in der der Wildbach heute fließt, bis beinahe 40 m tief (in Bezug auf die Oberfläche des Schwemmkegels) und 250 m breit ist. Wow!
Sehr gut, wirklich! Wie immer müsst ihr mir aber angeben, an welchem Punkt der Zeitleiste diese Erscheinung auftritt. Ihr müsst also herausbekommen, wann der Schwemmkegel

ungefähr aufgehört hat, zu wachsen und sein eigener Wildbach begonnen hat, ihn sozusagen aufzufressen (Kap. 4, XVIII). Erinnert euch an die geschichtlichen Überlieferungen.

Stimmt! Wenn die Schlammströme des Wildbachs im Jahr 1000 noch die auf dem Schwemmkegel gebaute Ortschaft Piano d'Arta zerstörten, bedeutet das, dass sie leicht aus dem Flussbett austreten konnten. Das wäre nicht möglich gewesen, wenn sich zu jener Zeit bereits die Furchen gebildet gehabt hätte, die wir nun sehen (250 × 40 m). Das bedeutet, dass die Kannibalisierung erst nach dem Jahr 1000 begonnen haben kann, aber noch vor dem zwölften Jahrhundert eingesetzt hat, wenn man die Position berücksichtigt, in der die Kirche bzw. das Lazarett von San Niccolò degli Alzeri errichtet wurde.

Sehr gut abgeleitet. Inspektor Columbo hätte es nicht besser machen können. Erosionsprozesse dieser Art gehen sehr rasch voran und ergeben auch in weniger als einem Jahrhundert evidente Resultate. Es war eine gewaltige Erosion, die nicht nur den Schwemmkegel selbst, sondern auch seinen Außenumfang zutiefst veränderte. Sucht auf der topographischen Karte diese Effekte und sagt mir dann, worauf diese gewaltige Erosion am Außenumfang des Schwemmkegels zurückzuführen ist.

Auf den Wildbach But!!

Ganz richtig! Und jetzt noch die letzte Frage, bevor wir diese Ermittlung abschließen. Bis vor ungefähr 20 Jahren glaubte man, dass der Schwemmkegel selbst den Wildbach But versperrte, wodurch sich ein See bildete, der von den Einwohnern des Tals als Soandri-See bezeichnet wurde. Ehrlich gesagt haben kürzliche, mit ^{14}C datierte Torffunde unter der Ortschaft Noiariis (505 m) ein Alter zwischen dem 1. und 3. Jahrhundert n. Chr. ergeben und somit das Bestehen einer Sumpflandschaft und von Tümpeln oberhalb des Schwemmkegels bezeugt, die sicherlich seine Erweiterung begünstigt haben.

Aber die wahre Frage ist folgende: „Wir tun jetzt so, als ob wir keine organischen Stoffe gefunden hätten, um die 100 m Schlick zu datieren, die den distalen Bereich des Sees angefüllt haben. Warum kann sich also der Paläosee, den wir in dieser Exkursion besichtigt haben, nicht aufgrund des voranschreitenden Schwemmkegels geformt haben, wie man das bis vor kurzem annahm?" Um diese Frage beantworten zu können, ist ein Blick auf die Landkarte notwendig und es ist zu beachten, dass ...

... Die Oberfläche des Schwemmkegels zu niedrig war und ist, um bis auf 600 m Höhe eine Sperre darzustellen (der letzte Schlick ist auf 595 m vorhanden). Im Talboden, auf der Höhe der Brücke von Noiariis, erreichte der Schwemmkegel vor den historischen Erosionen maximal 525 m Seehöhe. Heute fließt der Wildbach But auf einer Seehöhe von 485 m unter der Brücke von Noiariis durch und weist eine 40 m hohe senkrechte Erosion auf (Abb. 87).

Gratuliere! Nachdem ihr schon die topographische Karte bei der Hand habt und vor euch die rechte Talseite seht (mit dem typischen ***Totenkopffelsen***), könnt ihr gleich beobachten, wie der

Verlauf des Wildbachs But im Laufe der letzten beiden Jahrtausende eben aufgrund der Erweiterung des großen Schwemmkegels des Rio Randìce nach Westen bog.

Wenn man sich die Entwicklung der linken Talseite ansieht, kann man noch die Richtung wahrnehmen, in die der Fluss vor dem doppelten Bergrutsch geflossen ist (ungefähr vor 10.000 Jahren): Er folgte der Verbindungslinie zwischen dem Gasthof „Trattoria alle Trote“ und dem Ort Arta Terme. Wenn wir uns noch die Frage stellen, warum an der rechten Talseite in dem Abschnitt genau gegenüber des Rio Randice (*Totenkopffelsen*) kein Wald wächst, finden wir die Antwort wiederum auf der topographischen Karte.

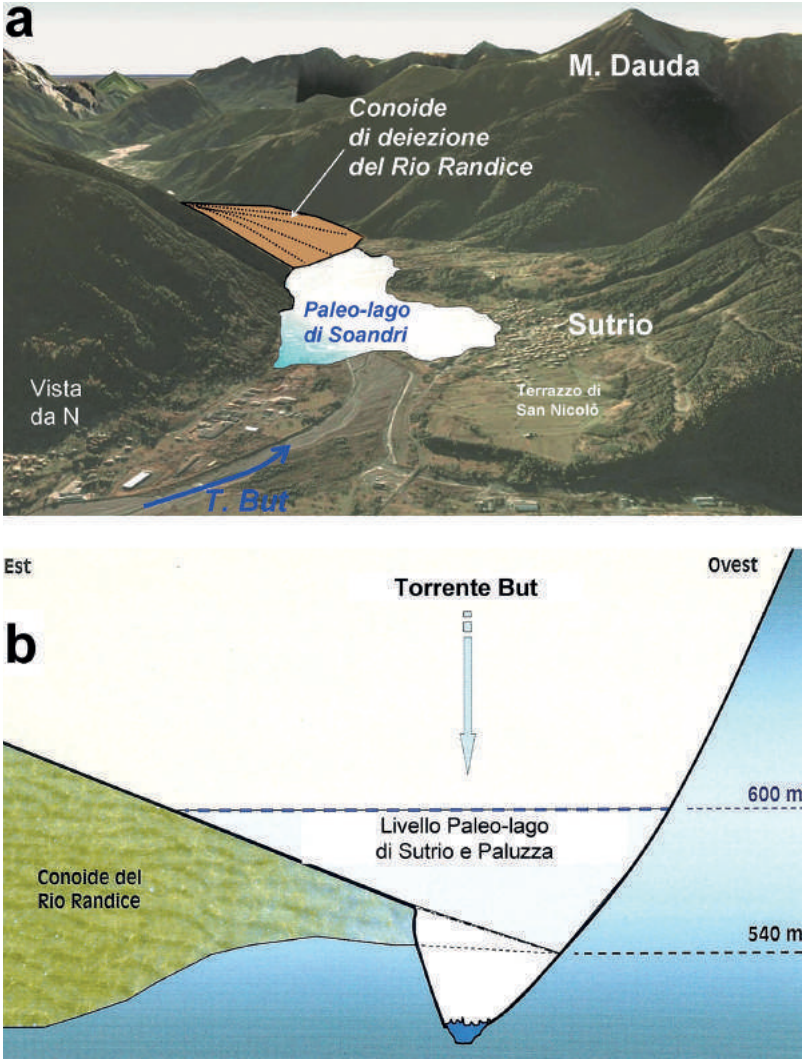


Abb. 87
Extension des verkleinerten Sees, der seinerzeit die Ebene von Sutrio bedeckte, nachdem der Wasserabfluss durch den Schwemmkegel des Rio Randìce versperrt war. b) Geometrischer Nachweis der Tatsache, dass der Schwemmkegel des Rio Randìce nicht die Ursache für das Entstehen des Paläosees von Sutrio und Paluzza sein konnte, dessen Wasserspiegel anhand der aufgefundenen Seeschlicke um die 600 m ü.d.M. lag..

Abb. 87

Genau in diesem 400 m langen Abschnitt lagert der Rio Randìce seit ungefähr 1000 Jahren seinen Schutt ab, den er während der regelmäßigen Hochwasserperioden herantransportiert. Auf diese Weise hat sich ein kleiner Schwemmkegel gebildet, der sich teleskopisch an der Basis des großen Schwemmkegel einfügt, und den Wildbach an dieser Stelle weiter nach außen verdrängt hat, was man an der Kurve seines Verlaufs bemerken kann (vgl. Landkarte - Ausgabe Tabacco - vgl. Abb. 86).
Die gegen die Talseite gedrungenen Wassermassen haben deren oberflächlichen Teil zum Abrutschen gebracht, d. h. die obersten Gesteine des *Substrats* aus der Zeit der Perm-Trias-Grenze und die Wälder, mit denen es bedeckt war. Das ist die Ursache für die spektakuläre Sichtbarkeit der Felsen in diesem Abschnitt (Abb. 88). Und das ist zurzeit das letzte Bild des Evolutionsstadiums des mittleren But-Tals.

GEO-EXKURSION A

Ein Exkursionsbeispiel (Karnische Alpen): Talsohle des oberen But-Tals zwischen Paluzza und dem Plöckenpass (Provinz Udine)

Diesen Abschnitt verfasse ich in der ersten Person - sozusagen als *Geopark-Führer* unter *Geopark-Führern* - und führe Sie so Schritt für Schritt durch die zahlreichen logistischen und inhaltlichen Überlegungen, die in die komplexe Planung einer Geo-Exkursion einfließen.
Versuchen Sie immer, sich in Ihre potenziellen zukünftigen Teilnehmer hineinzuversetzen und entscheiden Sie schon im Voraus, was diese verstehen könnten und was hingegen zu komplex für sie sein könnte (gemäß dem Prinzip der „*Nachhaltigkeit der Information*“, vgl. Kapitel 3, g).
Bemühen Sie sich, mit demselben Bewusstsein alle möglichen Variablen vorauszusehen, die Ihnen während der



Abb. 88

Abb. 88
Der große oberflächliche Bergrutsch von Araseit (Totenkopffelsen), der sich nicht durch Zufall entlang des Umfangs eines Teleskop-Schwemmkegels (also einem im ersten Schwemmkegel verkeilten Kegel) entwickelt hat. In der Vergangenheit hat dieser Schwemmkegel den Verlauf des Wildbachs But nach außen verdrängt, und verdrängt ihn immer noch (vgl. Abb. 57 und 86).

Exkursion begegnen könnten. Nicht zuletzt zum Beispiel einen plötzlich eintretenden Wetterumschwung. Denken Sie immer daran, für solche Fälle vorauszuplanen und sich Alternativen zu überlegen. Ermitteln Sie unbedingt vorher eventuelle Zufluchtsorte entlang der Route. Wichtig ist hierbei, dass es sich nicht um Orte handelt, die unter bestimmten Umständen gefährlich werden könnten (wie z.B. hohe Bäume bei starken Gewittern).
Achten Sie besonders auf logistische Variablen, wie stark die Umgebung besucht ist, sowie z.B. auf die besten Orte für Pausen oder Parkplätze. Beziehen Sie hierbei auch die voraussichtliche Teilnehmerzahl mit ein. Eine Exkursion kann trotz perfekter Darbietung und Verständlichkeit der Inhalte durch mangelnde logistische Planung als mangelhaft erscheinen.
In einem solchen Fall wird sie Ihren Teilnehmern mit Sicherheit als schwierige, mühsame Erfahrung in Erinnerung bleiben. Es wäre, als würde man einen interessanten, spannenden Film in einem Kinosaal mit völlig durchgesessenen Sitzen und viel zu heller Notbeleuchtung anschauen, um auf den Vergleich am Beginn des Kapitels zurückzukommen. Am Ende würde man sich nur an die Unannehmlichkeiten erinnern.
Mein Ziel für diese Ausflugsroute ist es, Ihnen als Geopark-Führer und Ihren potenziellen Exkursionsteilnehmern die Dynamiken einer Berglandschaft, die viele zu Unrecht für statisch und unveränderlich halten, verständlich zu machen. Deswegen widme ich mich insbesondere der Geomorphologie und der Bedeckung (Kap. 3, j). An mancher Stelle kommt auch das Substrat ins Spiel, aber nur als notwendiger und gelegentlicher Nebendarsteller. Es handelt sich ausschließlich um eine Art „Gastrolle des paläozoischen Substrats".
An dieser Stelle setze ich voraus, dass Sie bereits alle grundlegenden geologischen Gegebenheiten kennen, also die Eckdaten der älteren und jüngeren Entstehungsgeschichte dieses Talabschnittes. Falls Ihnen etwas entfallen sein sollte, sehen Sie einfach in der Bibliographie (Kap. 1, b) nach.

Erster Schritt. Themen und Strategien

Überlegen Sie sich das Thema oder die Themen der Exkursion (Dauer 1 Tag). Achten Sie darauf, dass die Inhalte durch einen roten Faden miteinander verbunden sind. Diese Überlegung hilft Ihnen, der Exkursion Form zu verleihen und macht es Ihren Teilnehmern leichter, Ihren Ausführungen ohne Abschweifungen zu folgen. Gleichzeitig können Sie auf diese Art, Indiz für Indiz, eine Entstehungsgeschichte rekonstruieren, die im Laufe der Exkursion immer klarer, verständlicher und einprägsamer wird.
Ihr Ziel ist es, Ihrem Publikum das Gefühl zu vermitteln, dass die Berglandschaft nicht nur eine wunderbare Abfolge von Einschnitten und Erhebungen, von Licht und Schatten ist, sondern vor allem eine Aneinanderreihung und Kreuzung von Erosionen und Ablagerungen, die nur darauf warten, entdeckt statt nur betrachtet und bewusst begangen statt nur überquert zu werden.
Für diese Exkursion würde ich ein Thema (ich spreche an dieser Stelle

noch nicht vom Titel) auswählen, das für jeden verständlich ist: die Entstehungsgeschichte des oberen But-Tals, von der nördlichen Umgebung von Paluzza bis zum Ort Laghetti im Westen von Timau. Und zwar alles in einem präzisen Zeitraum: den letzten 18.000 Jahren, von dem Moment an, in dem die Gletscherdecke aus der Würmzeit durch schnelles Schmelzen verschwand und die Herrschaft an oberirdisches Wasser übergab.

Mir fällt auf, dass wir gegenüber vielen anderen Exkursionen ein Ass im Ärmel haben. Hierzu verhilft uns die Landschaft selbst, die wir als Protagonistin unserer Route ausgewählt haben. Es handelt sich um eine auffällige Unregelmäßigkeit, die für jeden sichtbar ist, und zwar folgende:

Wir befinden uns in den Bergen. Wenn wir versuchen, uns das Gefälle des Hauptwasserlaufs mit all seinen zahlreichen und vielseitigen Zuflüssen vor Augen zu führen, stellen wir es uns mäßig geneigt und von fast gleichbleibenden Werten gekennzeichnet vor. Es scheint uns logisch, und ich kann dem tatsächlich nicht widersprechen.

Wenn wir diese Eigenschaften jedoch auf den zehn Kilometer langen Verlauf des Wildbachs But übertragen und hierbei die Seehöhe der Talsohle in den verschiedenen Abschnitten betrachten, wird uns die Unregelmäßigkeit, von der ich gesprochen habe, eindeutig klar. Talaufwärts folgt auf einen Abschnitt mit leichtem Gefälle (die 4 km zwischen Paluzza und Laipacco, Ortschaft Cleulis) ein fast horizontal verlaufender Flussabschnitt (weitere 4 km zwischen Cleulis und der westlichen Umgebung von Timau). Bei gleicher Entfernung (4 km) beträgt der Höhenunterschied im Abschnitt Paluzza-Cleulis 200 und im Bereich zwischen Cleulis und Timau (Beinhaus) nur 50 m!

Und das ist noch gar nichts. Gehen wir nun weiter in Richtung Berg. Vom Beinhaus von Timau zum Ort Laghetti hebt sich die Talsohle auf 1 km um ganze 50 m. Im Verhältnis übertrifft sie sogar das Gefälle des Abschnittes Paluzza-Cleulis (Laipacco). Aber das ist noch nicht alles. Auf den folgenden 2 km weist der Wasserlauf erneut ein leichtes Gefälle auf: 50 m auf über 2 km. Die gesamte Exkursion wird sich um die Suche nach den (geologischen) Ursachen für diese Unregelmäßigkeit (Abb. 89) drehen. Es gibt nichts Besseres als eine Exkursion, in der es darum geht, gemeinsam ein Rätsel zu lösen.

Ab diesem Moment zielen alle meine/Ihre organisatorischen Entscheidungen (was Sie zeigen, was Sie erzählen, wo Sie verweilen) darauf ab, zur Lösung dieses geomorphologischen Rätsels zu verhelfen.

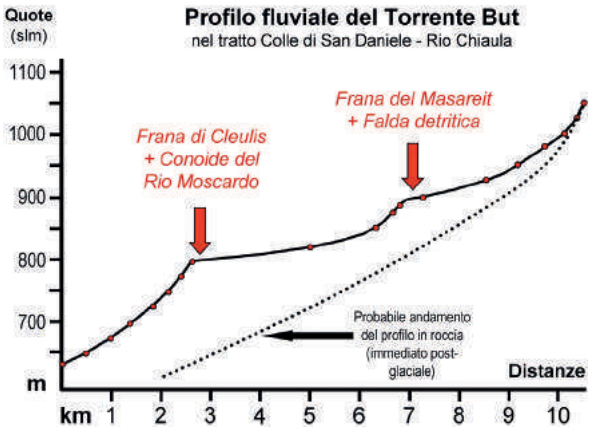


Abb. 89

Flussprofil (Entfernungen und Höhen) des Wildbachs But, gemessen zwischen dem Wohngebiet von Paluzza und der Talsohle bergwärts von Laghetti (Timau), unterhalb des Plöckenpasses. Höhenmaßstab zehnfach überhöht.

Zweiter Schritt. Die Route

Ermitteln Sie auf einer topographischen Karte die Haltepunkte, an denen Sie mit Ihrer Teilnehmergruppe jeweils Halt machen wollen. Hierfür genügt eine Karte im Maßstab 1:25.000 (die Tabacco-Karte, Blatt 09, eignet sich besonders gut). Die Haltepunkte sollten sowohl für die Betrachtung größerer Panoramen aus der Ferne als auch von Objekten aus der Nähe geeignet sein.
Letztere sind besonders wichtig für den direkten Kontakt der Exkursionsteilnehmer mit den Auswirkungen (den Spuren, den Indizien) im Gelände. Bei Routen dieser Art, die zum Teil im Auto und zum Teil zu Fuß erfolgen, kann jeder Haltepunkt eine Runde (zu Fuß) beinhalten, die wiederum mehrere Haltepunkte (Haltepunkt 1a, 1b, usw.) umfassen kann.
Die Route muss unbedingt an dem Abschnitt der Talsohle zwischen Paluzza und der Ortschaft Laghetti/Timau entlang führen. Die gesamte Tour kann durch die örtlichen Voraussetzungen nicht als Rundtour, sondern nur linear gestaltet werden.
In diesem Fall müssen Sie sich gezwungenermaßen für eine Fortbewegungsart entscheiden: zu Fuß oder mit den eigenen Autos. Die Gesamtlänge (über zehn Kilometer) spricht eher für die Benutzung von Verkehrsmitteln (Auto, Motorrad), mit denen man sich in kürzerer Zeit talaufwärts begeben kann.
Jedem durchfahrenen Abschnitt - jeweils einige Kilometer lang - folgt eine Station mit einer Runde zu Fuß in der Umgebung. Der erste geologisch-geomorphologische Haltepunkt ist meist der *Treffpunkt* selbst. Das liegt daran, dass es sich erfahrungsgemäß empfiehlt, diesen in unmittelbarer Umgebung eines Lokals festzulegen. Teilnehmer, die früher ankommen oder eine längere Anreise hinter sich haben, sind auf diese Weise gut versorgt.
Nun müssen Sie also die wichtigsten Haltepunkte festlegen, *Treffpunkt* und *Verabschiedungsort* inbegriffen. Eine Exkursion ist auch eine Gelegenheit, Menschen kennenzulernen, alte Freunde wiederzusehen und neue zu finden, und deshalb sollten Sie auch ein Gläschen zum Abschied einplanen. Bei einem Rundgang ist das einfach. Handelt es sich jedoch um eine lineare Route wie in unserem Fall, müssen Sie vorausplanen.
Eines möchte ich Ihnen noch zum Thema *Treffpunkt* nahelegen. Es ist ratsam, die Anzahl der Autos gering zu halten, und zwar je nach Begebenheit der verschiedenen Haltepunkte. Dies setzt voraus, dass am *Treffpunkt* ein großer, möglichst kostenfreier Parkplatz (Kap. 1, h) verfügbar ist.
Der *Treffpunkt* ist in der Regel der perfekte Ort, um die Exkursion, die enthaltenen Themen und ihre Ziele vorzustellen (vgl. *Erster Schritt*). Erinnern Sie Ihre Zuhörer immer daran, dass wir *Geopark-Führer* keine Geschichten erzählen. Wir suchen gemeinsam mit ihnen nach vielen verschiedenen Indizien im Gelände und versuchen, aus diesen eine Geschichte zu rekonstruieren. Das ist ein grundlegender Unterschied.

Dritter Schritt. Die einzelnen Haltepunkte der Exkursion

Der *Treffpunkt* befindet sich in Casteons, einer Ortschaft nördlich von

Paluzza, beim „Ristorante Galles“, das über einen großen Parkplatz verfügt. Diesen Ort habe ich nicht zufällig als Treffpunkt ausgewählt.

Wir befinden uns in der Nähe der *Com-Pa-Pa-Verwerfung* (Comeglians-Paluzza-Paularo), die vermutlich vor 10 bis 5 Millionen Jahren aktiv war (Kap. 4, VII). Es handelt sich um einen Kompressionsbruch (eine Aufschiebung) mit Ausrichtung Ost-West und einer circa 60° in Richtung Norden geneigten Fläche.

Der nördliche Bruchflügel liegt fast 1,5 km höher als der südliche. Hiervon zeugt der rote Grödner Sandstein (Oberperm, vor 245 Millionen Jahren), der im südlichen Bruchflügel - gleich südlich der Bruchlinie - ganz in der Nähe des *Treffpunktes* sichtbar ist. Im nördlichen Teil hingegen muss man ihn auf 2.000 m Höhe in Richtung der Gipfel der Berge Zoufplan und Dimon (Abb. 90) suchen.

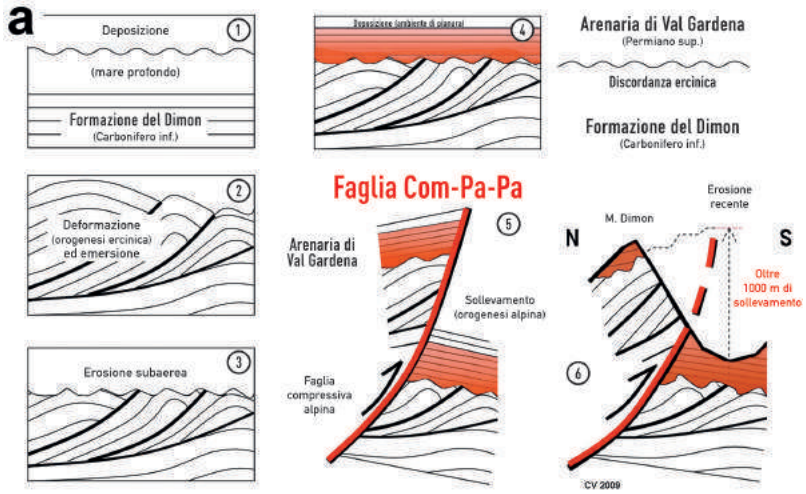


Abb. 90

Abb. 90
Die entlang der Com-Pa-Pa-Verwerfung sichtbare Abschiebung im Gestein (die Versetzung von Stellen, die vor der Verschiebung nebeneinander lagen) erreicht Höchstwerte von fast 1,5 km.

Dank der gewaltigen Anhebung durch diese alpine Verwerfung sind heute das alte Gestein aus dem Karnischen Paläozoikum und die anschließenden Gesteinsfolgen des Oberen Perm für uns zu sehen, in sichtbarem Gegensatz zu der stark deformierten variszischen Folge aus dem Paläozoikum (vgl. Kap. 6). Von letzterer sind nur noch kleine Überreste zu sehen, die (bisher!) von der starken Abtragung im Quartär verschont geblieben sind.

Erster Haltepunkt

Zunächst geht es einen Kilometer auf der SS52bis in Richtung Norden über den Hügel von San Daniele. Anschließend führt eine kurze unbefestigte Straße links zu einer Fahrradbrücke über den Torrente But. Hier sind zahlreiche kostenlose Parkplätze verfügbar. Der Halt findet auf der Brücke statt, sodass man die Umgebung aus der Höhe betrachten kann. Hier gibt es zahlreiche geologische und nichtgeologische Dinge zu klären. Wir befinden uns bereits auf dem nördlichen Bruchflügel der *Com-Pa-Pa-Verwerfung*. Auf der linken Seite erhebt sich der Colle di San Daniele, ein Felsen aus dem Paläozoikum (Entstehung des Dimon, Karbon), 35 m über den Anschwemmungen des But. Weisen Sie Ihre Teilnehmer hier auf zwei miteinander verbundene geomorphologische Eigenschaften hin: Der Berg verengt den Talabschnitt um 80 % und stellt dadurch ein perfektes Beispiel für einen *Rundhöcker* mit seinen durch Gletscherbewegungen abgeschliffenen und abgerundeten Formen dar (Abb. 91).

Kleiner historischer Exkurs: Auf dem Colle di San Daniele erhebt sich zwischen der Vegetation eines botanischen Gartens mit regionalen Kräutern der Turm Torre Moscarda. Der Turm ist nach dem Rio Moscardo benannt, einem Zufluss des Torrente But auf der linken Seite, über den Sie bald mehr erfahren werden. Der Turm diente im Mittelalter als Schutzburg (12. Jahrhundert) und besaß bis ins 19. Jahrhundert noch einen genau spiegelverkehrt gelegenen Zwillingsturm auf der rechten Seite des Tals, etwas flussabwärts der Brücke, auf der wir uns befinden. Er wurde im Jahr 1836 abgerissen, da er zu einer baufälligen Ruine verkommen war. Sein Zwilling hingegen wurde vor einigen Jahrzehnten renoviert und beherbergt heute zeitweilig Ausstellungen. Von dort oben aus genießt man eine spektakuläre Aussicht über das nunmehr von Flussanschwemmungen bedeckte Gletschertal.
Es ist auch interessant zu erwähnen, dass man hinter der Fahrradbrücke auf die alte Römerstraße gelangt, die an der rechten Talseite nach Cleulis führt. Einige hundert Meter hinter dem dortigen Wohngebiet ist noch



Abb. 91
Colle di San Daniele und Torre Moscarda auf einem Foto aus dem vergangenen Jahrhundert.

Abb. 91

ein gepflasterter Abschnitt der alten *Via Julia Augusta* erhalten. Diese hieß nicht immer so. Sie wurde 1884 von Gregorutti, einem Friauler Historiker einfach so benannt, weil er mit dem Namen den Abschnitt von Aquileia bis zum Plöckenpass - die Römerstraße in Richtung Noricum, die alte *Carnorum Regio* - bezeichnen wollte. Der Name ist unter anderem unpassend, da bereits eine *Via Julia Augusta* existierte und noch heute existiert. Es handelt sich hierbei um die alte Römerstraße, die von Piacenza über Ventimiglia nach Arles in Frankreich führt. Passender wäre für „unsere" Römerstraße der Name *Via Claudia* gewesen, der von jemand anderem vorgeschlagen wurde.

Abschließend könnten Sie die Aufmerksamkeit Ihrer Zuhörer auf das unter ihnen liegende Flussbett lenken, das besonders viel grobes Geröll enthält. Der Großteil besteht aus *dunklem Gestein* aus dem Paläozoikum (Entstehung des Hochwipfels und Dimon, Karbon). Zum Abschluss der Beobachtungen der Umgebung empfehle ich Ihnen, Ihre Teilnehmer für maximal 20 Minuten direkt durch das Geröll des Flussbettes zu führen. Es könnte interessant sein, gemeinsam Blöcke und Bruchstücke des *hellen Gesteins* (Kalksteine aus dem Devon) zu suchen. Durch die Verwendung von HCl (Salzsäure, vgl. Kap. 3, a) können Sie die Echtheit Ihrer Funde überprüfen. Zweite Möglichkeit: Suchen Sie gemeinsam nach dem unverwechselbaren Lavagestein vom Meeresgrund (Entstehung des Dimon), in dem sich die durch Ausgasen entstandenen Hohlräume frühzeitig mit Zeolithkristallen gefüllt haben (Abb. 92). Diese treten in Form von weißen Kügelchen auf, die auf Salzsäure reagieren. Sie können sie als „*gepunktete Steine*" bezeichnen, das ist eine gute Merkhilfe.

Zuletzt möchte ich Ihnen noch folgende Information zur Hand geben. Nur auf diese Art werden alle Teilnehmer bei der Autofahrt auf der SS52bis bis nach Laipacco hinauf das folgende Indiz bemerken: die starke und gleichmäßige Neigung der Talsohle, in der der Torrente But verläuft.

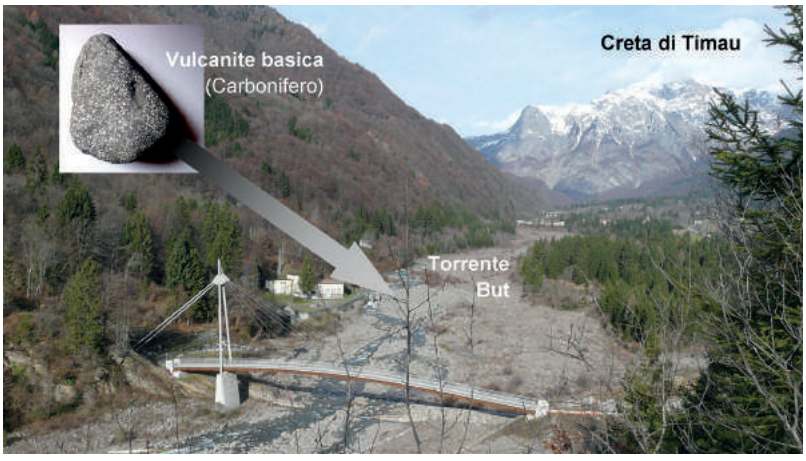


Abb. 92

Abb. 92
Flusskiesel aus basischem Vulkanit aus dem Paläozoikum (dunkles Gestein, Entstehung des Dimon; Karbon), gesammelt im Flussbett des Wildbachs But, im südlichen Ausläufer des weitläufigen Schwemmkegels des Rio Moscardo. Die zahlreichen Kristallfüllungen in den durch Ausgasung entstandenen Hohlräumen sind typisch.

Zweiter Haltepunkt

Transfer mit dem Auto bis zum Ende des Straßenabschnittes mit starker Steigung. Hier befindet sich eine Kreuzung. Biegen Sie rechts auf den Parkplatz des Lokals „Pakai“ ab, wo Sie bequem parken können. Von hier aus führen Sie die Gruppe weiter zu Fuß an der alten Staatsstraße entlang und machen auf der Fußgängerbrücke Halt, die den Rio Moscardo überquert. Die Aussicht von hier auf die steile Felsnische „La Musa“, wo der Rio entspringt, ist unbezahlbar. Das steinerne Amphitheater, in dem inzwischen massenhaft Schutt vorhanden ist, besteht aus *dunklem Gestein* aus dem Karbon (Entstehung des Hochwipfel und des Dimon).

Jedem wird hier schnell klar, dass die Menge an Schutt, die der Rio Moscardo von Zeit zu Zeit transportiert, bemerkenswert ist. An dieser Stelle ist es wichtig, anhand einer topographischen Karte auf die Fächerform der Höhenlinien (Isohypsen) und deren Abstände hinzuweisen. Letztere sind eine wichtige Größe: Sie liegen bei einem Maßstab von 1:25.000 immer zwischen einem halben und einem Zentimeter. Zeigen Sie auch, wo sich die Spitze des Fächers befindet, nämlich immer entlang des für die Ansammlung verantwortlichen Wasserlaufs.

Noch eine letzte Beobachtung, auf die Sie noch anhand der Karte eingehen können: *„Was haben wir im Auto zwischen dem ersten und dem zweiten Haltepunkt überquert?“* Es war der südliche Ausläufer desselben *Schwemmkegels* (Kap. 4, XVII), den wir gerade von oben betrachten. Er ist ein seltenes Beispiel für einen stark asymmetrischen Fächer (Abb. 93).

Dominiert wird der Schwemmkegel von seinem südlichen Flügel, der seinen Grundradius um ein Zweieinhalbfaches übertrifft. *„Wie kommt es zu dieser Besonderheit?“* Insbesondere durch zwei Faktoren: Die enge Talsohle (0,5 km), die im Verhältnis zu der großen Menge an mit der Zeit durch den Rio Moscardo angespültem Schutt zu eng ist.

„Wie lange geschieht dies bereits?“ Seit gut 18.000 Jahren (Gletscherschmelze in der Würm-Kaltzeit), oder vielleicht weniger.

Abb. 93
Auf der topographischen Karte (CTR, Maßstab 1:10.00) wird die markante Asymmetrie der Ablagerungen des Schwemmkegels vom Rio Moscardo deutlich.

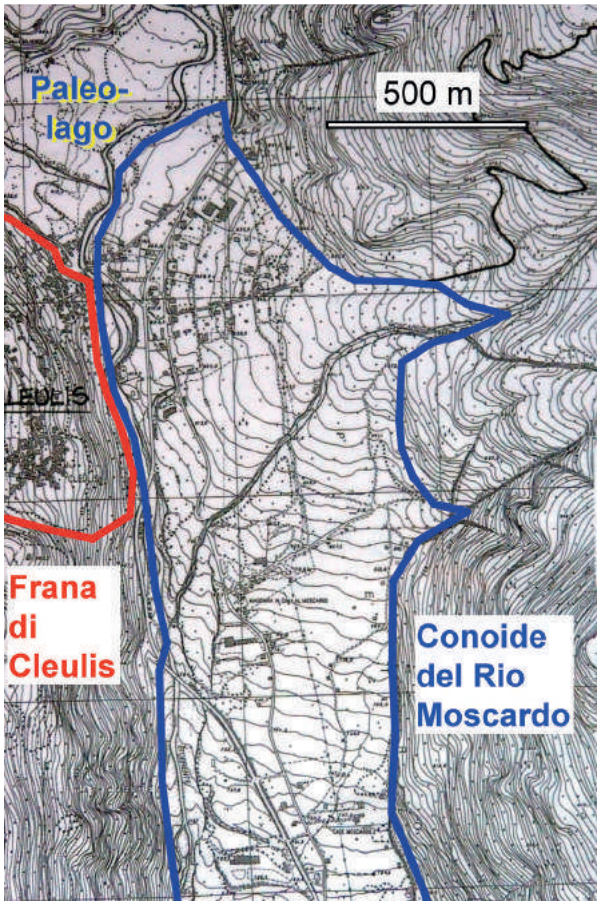


Abb. 93

Das „vielleicht weniger“ müssen wir begründen. Ganz einfach. Betrachten Sie von der Brücke aus mit Ihren Teilnehmern das große, steile Amphitheater und suchen Sie es dann auf der topographischen Karte. Es ist gut sichtbar und 2 km breit.
Es handelt sich dabei nicht nur um einen durch Oberflächenabfluss und Erosion geprägten Bereich. Es war einst das *Abrissgebiet* eines Erdrutsches, genauer gesagt eines Paläo-Erdrutsches.
Das abgelöste Material hat bei seinem Absturz nie die Talsohle erreicht. Eins scheint jedoch gewiss: Nach dem Erdrutsch hat der Rio Moscardo zuerst den vorderen, äußersten Bereich der abgerissenen Masse eingeschnitten und dann - durch schnelle *rückschreitende Erosion* (Kap. XIII) - das steinerne Amphitheater erreicht (Abb. 94). Das ist der Grund, warum es hieß, *„vielleicht weniger als 18.000 Jahre“*.
Zwischen der Gletscherschmelze und der Bildung des Rio Moscardo (und seines Schwemmkegels) muss der *Paläo-Erdrutsch von La Muse* eingeordnet werden.
Nächste Überlegung: Entlang des But-Tals wurden solche Erdrutsche von sehr brüchigem Gestein aus dem Karbon, dem *dunklen Gestein*, gewöhnlich durch den „Matratzen-Effekt“ als Folge des schnellen Gletscherrückzugs in der Würm-Kaltzeit (Kap. XII) ausgelöst.
Ausgehend davon kann man annehmen, dass das Dreiergespann Gletscherrückzug - Paläo-Erdrutsch - Rio Moscardo innerhalb kürzester Zeit aufgetreten ist.
Daher ist es auch wahrscheinlich, dass der große *Schwemmkegel des Rio Moscardo* seit fast 18.000 Jahren weiter wächst.

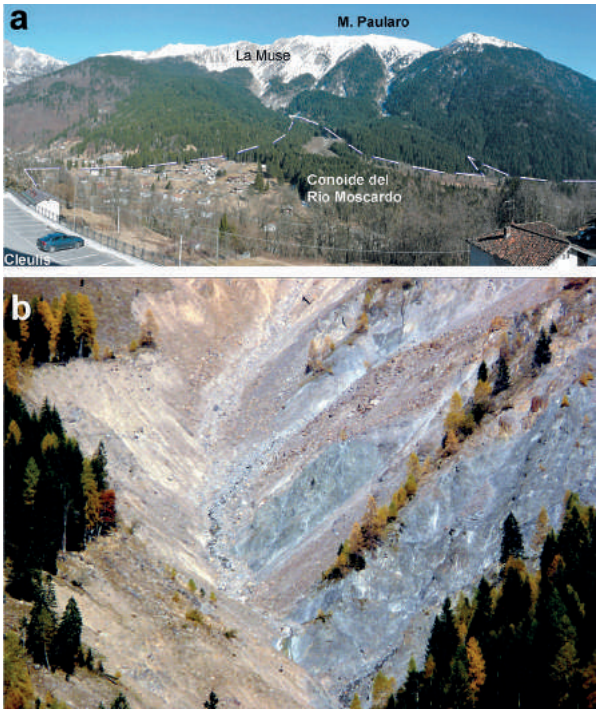


Abb. 94

Jetzt gehen wir vom Aussehen (dem Fächer) zur Substanz (den angeschwemmten Ablagerungen) über. Zeigen Sie Ihren Teilnehmern jetzt - noch immer von der Brücke aus - die extrem unterschiedlichen Größen der Ansammlungen: Blöcke, Bruchstücke, Partikel usw. Sie alle wurden als chaotisches Durcheinander im Zuge der einzelnen Hochwasserepisoden abgelegt. Es handelt sich hierbei um die klassischen Ablagerungen einer *schlammigen Mure*.
Der Wasserlauf - bedingt durch starke Regenfälle - wird immer mehr mit Schlamm angereichert und verwandelt sich schon ab den höheren Bereichen in einen dickflüssigen Strom. Als solcher kann er ohne weiteres jedes Stück Stein auf seinem Weg in Bewegung setzen, ob klein, groß oder riesig.

Abb. 94
Blick von Cleulis auf den Schwemmkegel des Rio Moscardo (a) und der mittlere Lauf seines Erzeugers, des Rio Moscardo (b).

Dies gelingt ihm aufgrund seiner viel dickflüssigeren Beschaffenheit gegenüber einfachem Wasser. Der geringere Unterschied zwischen der Dichte der schlammigen Masse und der der mitgerissenen Steine macht letztere gewissermaßen „leichter". Es ist ein wenig, als würde ein Mensch auf dem Mond rennen.

Wenn Sie nun bald darauf wieder in Richtung Autos gehen, denken Sie daran, durch den Nadelwald (in Richtung Berg) zu gehen. Es reichen schon wenige Dutzend Meter, um die zwischen den vor 50 Jahren (entspricht einem Stamm mit 20-25 Zentimeter Durchmesser) von Murgängen angespülten Felsen wachsenden Fichten zu sehen. Ich erinnere mich noch an die häufigen Muren in meiner Kindheit (Anfang der 60er-Jahre) - es gab damals mindestens zwei pro Jahr - und deren Tendenz, die natürlichen Dämme zu übertreten. Heute ist das nicht mehr so. „W*arum?*"

Hier ist es Ihre Pflicht als *Geologie-Führer*, auf die Interaktion zwischen Mensch und Natur hinzuweisen, in diesem Fall darauf ausgerichtet, bebaute Gebiete (die wenigen Gebäude, die auf der Oberfläche des Kegels erbaut wurden) sowie die Verkehrswege zu schützen und zu erhalten. Wenn ich mich nicht irre, war es im Jahr 1975/76: Zwei Murgänge, die heftiger als all ihre Vorgänger waren, hatten nicht nur die alte charakteristische Brücke aus Eisen und Holzplanken, die seit der Nachkriegszeit unbeschadet geblieben war, überrollt und mit Schutt bedeckt, sondern sie auch aus ihren seitlichen Verankerungen gerissen, nachdem sie sie verbogen hatten (Abb. 95). Mit einer Mischung aus Zufriedenheit und Stolz kann ich heute sagen: „*Ich war dabei!*".

Die unbenutzbar gewordene Brücke wurde anschließend abgerissen und in der Hoffnung auf bessere Zeiten vorerst durch eine einfache Furt ersetzt (die noch heute existiert). Geplant war eine sachgerechte Lösung. Es handelte sich nicht einfach um die Wiederherstellung der Verkehrswege. Das Projekt war viel ambitionierter und darauf ausgerichtet, die Auswirkungen der Murgänge in das Flussbett des Rio Moscardo einzudämmen.

An dieser Stelle muss ich jedoch anhalten. Wir befinden uns noch auf der Fahrradbrücke. Kehren wir also dorthin zurück und halten wir gleich hinter ihrer Verankerung an. „*Was können*

Abb. 95
Die alte Eisenbrücke über den Rio Moscardo, die durch eine Serie von Murgängen in den Jahren 1975/76 ausgerissen wurde.
(Die Fotos wurden freundlicher Weise vom Kulturverein Cleulis zur Verfügung gestellt).



Abb. 95

Sie Ungewöhnliches, Merkwürdiges im Gras liegen sehen?"

Es handelt sich um ein symmetrisches Objekt aus Beton. Aufgrund ihrer vier „Arme" werden diese Objekte als *Tetrapoden* bezeichnet. In großer Zahl bilden sie eine Blockade, die nur schwer von äußeren Kräften wegbewegt werden kann.

Diese besondere Eigenschaft hängt jedoch stark von der Umgebung ab, in der sie eingesetzt werden. Als besonders nützlich erweisen sie sich in Hafengebieten zum Schutz der Hafenbauten vor der Gewalt der Fluten.

Sehr viel weniger effektiv sind sie als Wehr (quer angelegt) entlang eines Gebirgsbachs. Der Rio Moscardo führt uns diese unbestreitbare Tatsache vor Augen (falls dies überhaupt nötig gewesen sein sollte).

Im Jahr 1976 wurden die Tetrapoden (circa 100 Stück) auf halber Strecke des Wasserlaufes zu einem etwa 20 Meter hohen, quer verlaufenden Schutzwall (Abb. 96) aufgebaut. Im folgenden Jahr verspottete ein Murgang das Bauwerk, indem er es zerlegte, die Objekte in Stücke zerbrach (die trotzdem noch erkennbar sind) und in den But und von dort aus in Richtung Paluzza verfrachtete.

Was Sie heute sehen können, ist eine stumme Mahnung, anhand derer Sie Ihren Exkursionsteilnehmern die Kräfte vor Augen führen können, die bei einem schlammigen Murgang wirken.

Ich betone oft, dass in den Geowissenschaften Fragen nach Antworten verlangen, aber diese Antworten oft weitere Fragen nach sich ziehen. Ganz nach dem Prinzip einer *Matrjoschka*. Wie die folgende Frage, die sich aus dem Adjektiv des letzten Satzes ergibt:

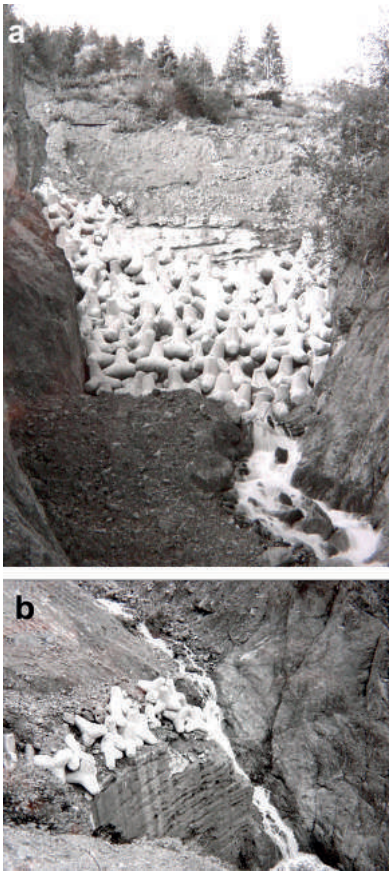


Abb. 96

„schlammig". *„Woher stammt all der Schlamm, den der Rio Moscardo transportiert?"* Bei der Klärung dieser Frage helfen uns die zuvor aufgeführten Informationen.

Die Situation nach der Eiszeit und vor dem Erdrutsch: Dunkles, sehr brüchiges Gestein (eine bedeutende alpine Verwerfung führt genau am Rio Moscardo entlang und durchschneidet das heutige steinerne Amphitheater in der Mitte); darüber eine vermutlich bis zu zwei Meter dicke Grundmoräne (jede Menge Schlicke!).

Die Situation beim Paläo-Erdrutsch:

Abb. 96
Das aus Tetrapoden bestehende Bauwerk, das als quer verlaufender Schutzwall am Rio Moscardo (1976) errichtet worden war, und sein Zustand nur ein Jahr später nach einem Hochwasser (Murgang, Schuttstrom).

Beim Abrutschen des Materials in Richtung Tal wird das bereits brüchige Gestein noch weiter zerkleinert und vermischt sich mit der Grenze der Moränendecke, die natürlich mit abrutscht.

Die Situation des Rio Moscardo: sein Aufbau und die schnelle *rückschreitende Erosion* erfolgen auf Kosten der chaotischen Ablagerungen des Paläo-Erdrutsches, die, aus den verschiedenen aufgeführten Gründen, mit feineren Teilen (Schlicke) angereichert ist. Derzeit schneidet die Flussrinne in einigen Bereichen im mittleren Verlauf des Rio Moscardo bis in das felsige Substrat ein (Entstehung des Hochwipfels und des Dimon, Karbon).

Kehren wir jedoch zu den *anthropogenen Einflüssen* zurück und konzentrieren wir uns auf jene, die von der Fahrradbrücke aus sichtbar sind. Zeigen Sie Ihrer Gruppe die künstlichen Uferdämme (parallel zum Rio verlaufende Erdwälle, die mittlerweile mit Gebüsch bewachsen sind) und weisen Sie darauf hin, wie gleichmäßig sie sind und dass sie im unteren Verlauf der einzig mögliche Eingriff sind, der die Masse an transportierten festen Materialien aufhalten kann. Zwischen einem Murgang und dem nächsten - mit den entsprechenden Ablagerungen, die in der Lage sind, den Grund des Flussbettes zu erhöhen - entsteht ein Niedrigwasserregime, das dazu neigt, in die Ablagerungen einzuschneiden und sie abzutragen.

Nimmt die Häufigkeit von Murgängen zu, überwiegt die Ansammlung. Daraus resultiert eine Tendenz zur sogenannten *Aufschotterung* mit zunehmender Erhöhung des Flussbettgrundes.

Nun ist es an der Zeit, zu den Autos zurückzukehren. Vergessen Sie jedoch nicht, einen kleinen Umweg durch den Wald zu machen. Es reichen wenige Minuten. Der Wald besteht übrigens ausschließlich aus Fichten und ist das Ergebnis eines bereits in den frühen 60er-Jahren umgesetzten Wiederaufforstungsprojektes. Das weiß ich aus erster Hand, da ich selbst als Schüler einer der Grundschulen des oberen But-Tals (in Timau) jedes Jahr am Baumfest teilnahm. Jedem von uns wurde durch die Forstarbeiter ein kleines Fichtenpflänzchen und ein Erdloch zum Einpflanzen zugeteilt. Viermal habe ich mit großer Zufriedenheit ein kleines Bäumchen eingepflanzt. Niemals hat mich zu jener glorreichen Zeit jedoch der Gedanke beschlichen, dass wir, ich und jene Bäume, zusammen alt werden würden.

Am Parkplatz angekommen, sind die Beobachtungen noch nicht abgeschlossen. Dieser Haltepunkt ist besonders umfassend, und er ist nicht der einzige. Wenden Sie nun dem *Schwemmkegel des Rio Moscardo* den Rücken zu und betrachten Sie den Ort Cleulis, der auf halbem Hang vor Ihnen liegt. Das botanisch geschulte Auge wird einen Unterschied zwischen dem Abschnitt, auf dem sich das Wohngebiet befindet, der sich auch in Richtung Berg zieht, und den daneben liegenden seitlichen Bereichen feststellen. Cleulis wurde auf einem Paläo-Erdrutsch (noch einem!) erbaut. Dieser Erdrutsch, der sich vom Gipfel der Ostseite des Monte Terzo (*dunkles Gestein*, Entstehung des Dimon, Karbon) gelöst hat, ist mit höchster Wahrscheinlichkeit ebenfalls durch die Gletscherschmelze in der Würmzeit ausgelöst worden (Abb. 97).

Auf Aufnahmen von Cleulis aus dem frühen 20. Jahrhundert, als die Talsohle noch nicht bewachsen war, ist das Innere der Erdrutschmasse dank dem Einschnitt durch den Wildbach But (Abb. 98) gut erkennbar.

Jetzt können wir also die Geschehnisse nachvollziehen, indem wir die Protagonisten des ersten Exkursionsabschnittes noch einmal abrufen.
Verzichten Sie nie darauf, im richtigen Moment das bisher Beobachtete noch einmal zusammenzufassen. Mit der Zeit werden Sie merken, wie sehr das hilft, insbesondere beim Verständnis komplizierter Entstehungsgeschichten. Hier noch einmal eine Liste der Geschehnisse in der Reihenfolge, in der sie vermutlich in der geologischen Kulisse des oberen But-Tals aufgetreten sind.
A) Wegschmelzen der *Eisdecke aus der Würmzeit*. B) Auslösung (wahrscheinlich teils zeitgleich) der *Paläo-Erdrutsche von Cleulis* und *La Muse*. C) Bildung des Rio Moscardo (der in die entsprechende Erdrutschmasse einschneidet) und Entstehung des *Schwemmkegels des Rio Moscardo*.
Vorerst ist das für Sie und Ihre Exkursionsteilnehmer alles. Wir haben die *Hierarchisierung* (Kap. 3, e) angewandt. Zu jedem dieser Ablagerungskörper gehört eine Geschichte, die auf den vorangegangenen Seiten beschrieben wurde. Nicht alle werden sich an alles erinnern, aber jeder wird sich an die drei Objekte und deren Auftreten erinnern. Machen Sie sich nun bereit für den nächsten Schritt, den letzten, bevor Sie und Ihre Gruppe wieder in

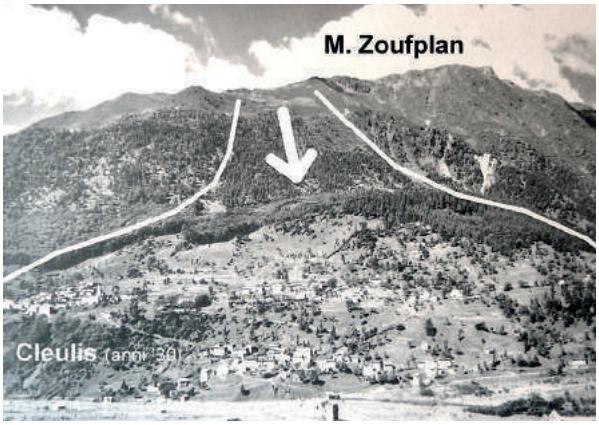


Abb. 97

Abb. 97
Der große postglaziale Erdrutsch, auf dem das Wohngebiet von Cleulis entstanden ist. Neueste Messungen haben erneute Bewegungen von fast 1 cm pro Jahr festgestellt.



Abb. 98

Abb. 98
Aufnahme (1916) einer Furchenböschung, die der Wildbach But in die unter dem Ort Cleulis liegende Paläo-Erdrutschmasse geschnitten hat. Durch die fehlende Vegetation ist die heterogene und chaotische Beschaffenheit der Ansammlung sichtbar.

die Autos steigen und weiter in Richtung Laghetti di Timau (*Dritter Haltepunkt*) fahren.

In der Geologie hat jedes Ereignis, ob groß oder klein, weitere entsprechende Auswirkungen. Erörtern Sie gemeinsam mit Ihren Teilnehmern die Auswirkungen der schnellen Aufeinanderfolge der gerade beschriebenen Ereignisse. Oder noch besser, versuchen Sie, sie dazu zu bringen, Ihnen die richtige Antwort selbst zu geben. Beschränken Sie sich darauf, sie eventuell mit gezielten Fragen zur Lösung zu führen.

Ihre Teilnehmer müssen das Panorama der Talsohle betrachten. Hierfür benötigen sie soweit kein geschultes Geologenauge. Es reicht aus, wenn sie beschreiben, was sie in der Landschaft sehen: die Geomorphologie. Formen Sie entsprechend ihrer Antworten die nächsten Überlegungen. Überlassen Sie Ihrer Gruppe die Suche nach Hinweisen und übernehmen Sie selbst die Erklärung der Ursachen. Sie werden sehen, wie einige Teilnehmer ganz von selbst die richtige Erklärung aus den Hinweisen ableiten. Und hier kommen die Hinweise.

Bergwärts vom Haltepunkt (Bar Pakai) kann man sehen, wie die geneigte Oberfläche des *Schwemmkegels des Rio Moscardo* glatt in eine weitläufige, sumpfige Ebene übergeht, in die der Torrente But abschweift. Sie ist ein wichtiger Teil des langen ebenen Abschnittes, der bis über Timau hinaus reicht, und auf den Sie ihre Exkursionsteilnehmer bereits bei der Einführung am *Treffpunkt* in Casteons (Paluzza) hingewiesen haben.

Die Interpretation ist einfach: Die durch den *Paläo-Erdrutsch von Cleulis* und das fortschreitende, langsamere Progradieren des *Schwemmkegels des*

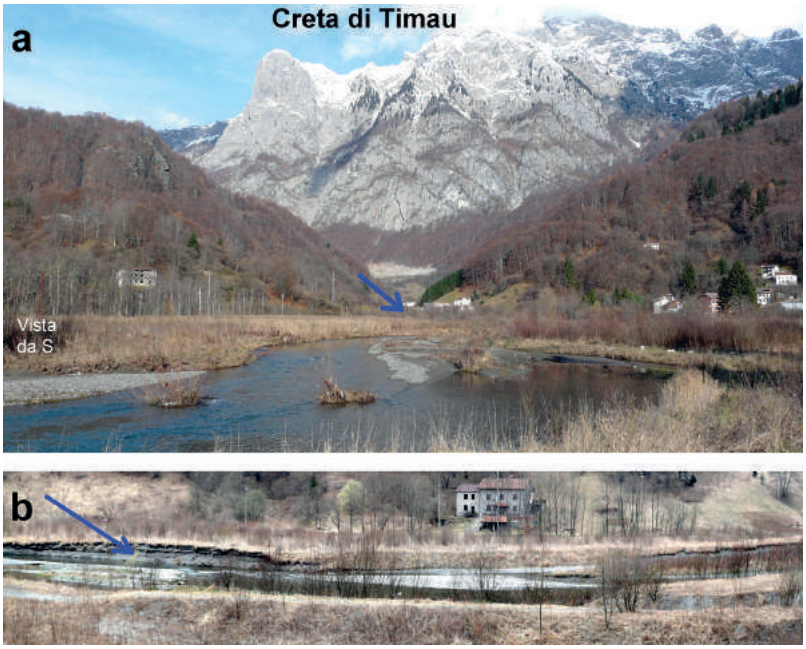


Abb. 99
Die ausgedehnte Sumpfebene (a) im Ort Casali Sega, an der Stelle, wo sich bis vor ein paar Jahrhunderten ein natürlicher Stausee befand. Von ihm zeugen noch die Schlickablagerungen (b), die entlang der Böschungen des Flussbetts (blauer Pfeil) sichtbar sind.

Abb. 99

Rio Moscardo bedingte Blockade der Abflüsse des Wildbachs But hat zur Aufschotterung des bergwärts liegenden Teils geführt. Natürlich sehen wir heute eine sumpfige Ebene, aber in der Vergangenheit müssen wir uns diesen Bereich als See vorstellen (Abb. 99a).

Zeitzeugenberichte aus dem Jahr 1350 beschreiben ihn als *„...sehr fischreichen, mit dem Boot überquerbaren See"*. Historiker sind sich einig über sein Verschwinden im 19. Jahrhundert, höchstwahrscheinlich im Zuge des extremen Hochwassers im Jahr 1823, als sein Fassungsvermögen durch kontinuierliche Zufuhr von festem Material (Schlick und Sand) bereits sehr klein geworden war. Von dem einstigen See zeugen auch eindeutige geologische Indizien.
Bergwärts des jetzigen Sumpfes, bereits in Sichtweite des Wohngebietes von Timau, hat der But seine eigenen Anschwemmungen mit 1 m hohen Böschungen eingeschnitten und dadurch die letzten Seeablagerungen in Form von Schlickschichten zu Tage gebracht (Abb. 99b). In den frühen Sechzigerjahren sind bei den Ausgrabungen am Fundament der großen Kirche von Timau dieselben Schlicke in geringer Tiefe (wenige Meter unter den neuesten Anschwemmungen) wieder aufgetaucht. Sie bezeugen, dass sich der Lago Celeste, wie der See genannt wird, von Cleulis bis über Timau hinaus erstreckte, zumindest in frühgeschichtlichen Zeiten.
Man kann annehmen, dass die Entstehung und Jugend des Paläo-Sees auf die unmittelbar postglaziale Zeit zurückgehen und der durch den *Paläo-Erdrutsch von Cleulis* verursachten Abflussblockade zuzuschreiben sind, während er seine spätere Existenz und seinen Lebensabend der Blockade durch das fortschreitende Wachstum des *Schwemmkegels vom Rio Moscardo* verdankt.

Dritter Haltepunkt

Weiter geht es mit dem Auto bis zum Ort Laghetti, 2 km bergwärts von Timau. Bitten Sie ihre Teilnehmer, bevor sie losfahren, während der Fahrt auf die Höhe der Talsohle zu achten. Es wird niemandem schwer fallen, zu erkennen, dass das Profil des Wildbachs But fast bis zur Ortschaft Laghetti (4 km) ein leichtes Gefälle aufweist.
Passen Sie gut auf, denn wenige hundert Meter vor der Hälfte wird das Gefälle plötzlich und schnell stärker. Es wird so groß, dass die Talsohle an dem Straßentunnel vor der Abzweigung in Richtung Laghetti tief und weit entfernt liegt. Dann erscheint sie wie durch Magie beim Herausfahren aus dem Tunnel plötzlich auf derselben Höhe wie die Straße. Bei diesem Haltepunkt wird die zweite Anomalie deutlich werden, die Sie bei der Einführung am *Treffpunkt* schon angedeutet und beschrieben haben.
Im Ortsteil Laghetti ist auf dem großen kostenfreien Parkplatz vor dem Besucherzentrum für alle Autos Platz. Hier erwartet uns eine ganze Reihe umfassender Beobachtungen, bevor wir zur Interpretation, oder besser zu jener zweiten, deutlichen Anomalie übergehen, die für Ihre Teilnehmer hier gut sichtbar wird. Und mit genau diesem Bewusstsein können Sie Ihre Ausführungen beginnen.
Wir befinden uns auf der Ebene bei



Abb. 100

Abb. 100
Der Blick auf das obere But-Tal von der Ebene der Laghetti aus (von West nach Ost). Auffällig ist die starke Verengung des Tals aufgrund der Quartärbedeckungen, die durch ihre Progradation in Richtung Flussrinne miteinander in Kontakt gekommen sind.

den Seen. In Richtung Tal sehen wir den zum Schutz vor Steinschlag errichteten Tunnel, durch den wir zuvor gefahren sind. Ebenso gut sichtbar ist von hier aus die Verengung des Tals, das sich 200 m von uns entfernt auf weniger als zehn Meter verringert (Abb. 100).

Auf der gegenüber liegenden Seite in Richtung Berg weitet sich das Tal schnell wieder, soweit das Auge reicht (3 km), während seine Talsohle praktisch horizontal bleibt.

Ganz in unserer Nähe erstreckt sich das kiesige Flussbett des Wildbachs But, das teilweise durch künstliche Uferdämme mit Blöcken aus heimischem Gestein begrenzt ist. Nicht weit entfernt ist ein einziges großes Gebäude sichtbar, welches in einem renovierten Bereich das Besucherzentrum des *Geoparks Karnische Alpen* und in einem weiteren Teil ein Restaurant beherbergt, was einen weiteren Pluspunkt darstellt, sofern es geöffnet hat.

Jetzt ist der Moment gekommen, sich nach dem Grund für diese zweite, noch eindeutigere geomorphologische Anomalie zu fragen. Die Diagnose erfolgt durch das Auswerten der Symptome. In der Geologie entsprechen letztere den Spuren, die über die Zeit im Gelände zurückgeblieben sind. Apropos geologische Zeit, als Geologie-Führer können Sie an dieser Stelle nicht auf ein paar Hinweise zum steinernen Substrat verzichten. Andernfalls wäre es, als hätten Sie ein üppiges Abendessen organisiert und dabei versäumt, auch an die entsprechenden Getränke zu denken. Undenkbar!

Der erste Teil ihrer Präsentation bei den Laghetti wendet sich also - gleich nachdem Sie auf die anomale „Monotonie“ der weitläufigen Talsohle (Abb. 101) hingewiesen haben - den Gesteinsfolgen zu, die das obere But-Tal bilden. Hier liegt es an Ihnen, die Situation kurz zusammenzufassen, ohne dabei Fragen oder Überlegungen aufzuwerfen. Es geht um eine einfache Darstellung der Informationen.

„Was soll ich also zeigen und erklären, wenn es sich um eine kurze, klare und vor allem nicht ausschweifende Präsentation handeln soll?“ Erinnern Sie die Anwesenden daran, dass Sie sich im Herzen des Karnischen Paläozoikums befinden, dessen Sichtbarkeit an der Oberfläche ein großes Geschenk der *Com-Pa-Pa-Verwerfung* (vgl. Abb. 64b) an alle Geologiebegeisterten ist, und durch kontinuierliche Exarationen und Erosionen im Quartär (Kap. XIII) unterstützt wurde. Es ist an dieser Stelle grundlegend, die wichtigsten Grundkonzepte noch einmal zu wiederholen und die bedeutendsten Etappen der Entstehungsgeschichte erneut zusammenzufassen (Kap. 3, d).

Das Gestein, das Sie im Talabschnitt der Laghetti umgibt, kann als *helles* (Devon) und *dunkles Gestein* (Karbon) zusammengefasst werden. Wenn Sie genau hinsehen, konzentriert sich ersteres entlang der linken Talseite (mit wenigen Ausnahmen) und letzteres auf der gegenüberliegenden Seite. Getrennt werden sie durch eine ausgedehnte vertikale Verwerfung, die sich während der *Alpidischen Orogenese* gebildet hat. Ihre Fläche erstreckt sich über mehrere hundert Meter unter Ihnen in der Tiefe.

An der Oberfläche tritt sie entlang der Talsohle ans Licht, wo sie über weite Abschnitte unter der dicken Schwemmbedeckung verdeckt liegt. Die Verwerfung ist seit Millionen Jahren nicht mehr aktiv.

Man hofft, dass das so bleibt, angesichts der Tatsache, dass ihr östlicher Ausläufer die Basis des Hochecks (Creta di Timau) streift, die aus Kalkstein aus dem Devon (*helles Gestein*) besteht, welches steil über dem Ort Timau hängt... dem Geburtsort des Autors!

Das ist jetzt alles, auch die Getränke stehen auf dem Tisch. Vielleicht genügt es Ihnen, abschließend noch zu betonen, dass diese auch auf die Speisen abgestimmt sind. *„Wie ist das gemeint?“* Machen Sie Ihre Teilnehmer darauf aufmerksam, dass es zwischen den beiden Gesteinsarten (*hell* und *dunkel*), die aus zwei Orogenesen - der *variszischen* und der *alpidischen* - stammen, das *dunkle Gestein* der rechten Seite härter erwischt hat, da es jede Menge Verwerfungen und Brüche mit auf den Weg bekommen hat. Das ist genau die Verbindung/Kombination, auf die ich für Sie und Ihre Exkursionsteilnehmer hinaus wollte: Es geht darum, die Gesteinsarten des Substrats entlang der Flussrinne des oberen But-Tals einzuordnen, um die unterschiedlichen Arten von Bedeckungen in jedem Bereich zu entschlüsseln.

Gehen Sie jetzt wieder in den „interaktiven Modus“ über. Beginnen Sie also wieder, direkt mit Ihren Teilnehmern zu interagieren. Genauer gesagt, stellen Sie wieder Fragen, regen Sie sie zum Überlegen an, zeigen Sie ihnen

Abb. 101
Der weitläufige, fast horizontale Abschnitt, der den Ort Laghetti di Timau prägt (von Ost nach West).



Abb. 101

Hinweise und fragen Sie nach den Ursachen. Beschreiben Sie Situationen und fragen Sie, wie es dazu kam. Bieten Sie mehrere Interpretationen an und lassen Sie Ihre Teilnehmer die logischste auswählen.

Kehren wir also zum oberen But-Tal zurück, zur Ortschaft Laghetti, und stellen Sie Ihrer Gruppe diese erste konkrete Aufgabe: *„Sehen Sie nach vorn (rechte Talseite, also dunkles Gestein, und Talsohle). Versuchen Sie, die verschiedenen Arten von Bedeckung selbst zu erkennen. Anschließend können wir gemeinsam versuchen, zu verstehen, wie sie sich gebildet haben."*

Die erste Art ist durch Anschwemmungen (Kies) bedingt, die die Talsohle anfüllen. Sie sind ganz in unserer Nähe sichtbar und (zumindest die obersten) sind vom Fluss angeschwemmt worden. Die zweite Art von Bedeckung überzieht den unteren Teil der rechten Wasserseite (*dunkles Gestein*, sehr brüchig). Sehen Sie genau hin: Sie erzeugt ganz besondere, kegelartige Formen (Abb. 102).

In der Tat handelt es sich um Schutthalden (Kap. 4, XVII), genauer gesagt um verschiedene *Schuttkegel*, die durch regelmäßige Abstürze von Fragmenten und Felsblöcken „gefüttert" werden. Das Fehlen von Vegetation, insbesondere in den Bereichen der Spitze, zeugt davon, dass sie noch aktiv sind. Ihre Entstehung geht auf die Zeit zurück, als sich das obere But-Tal komplett von Gletschern befreite (vgl. Vierter Haltepunkt).

Die *Schuttkegel* sind inzwischen in den unteren Bereichen *zusammengewachsen*. Der Ansammlungsprozess solcher Kegel ist durch den freien Fall von Schutt bedingt. Wenn Sie genau hinsehen, erkennen Sie zudem durch Regenwasser losgelöste Schuttteile. Es handelt sich um kleine Bächlein, die nur bei starken Regenfällen existieren. Sie beginnen im oberen Bereich der Schuttkegel und verwandeln sich beim Abstieg in dickflüssige Ströme aus Schlamm und Schutt.

Nun könnte jemand zu Recht einwenden: *„Aber dieser Transport- und Ansammlungsprozess ist doch typisch für Schwemmkegel. Widerspricht das also der Unterteilung der verschiedenen Kegel?"* Solche Einteilungen mit ihren klar umgrenzten Definitionen werden

Abb. 102
Blick auf die rechte Talseite. Auf mittlerer Höhe entstehen Schuttkegel, die sich dank oberflächlicher Fließbewegungen gelegentlich in der Talsohle ausbreiten.

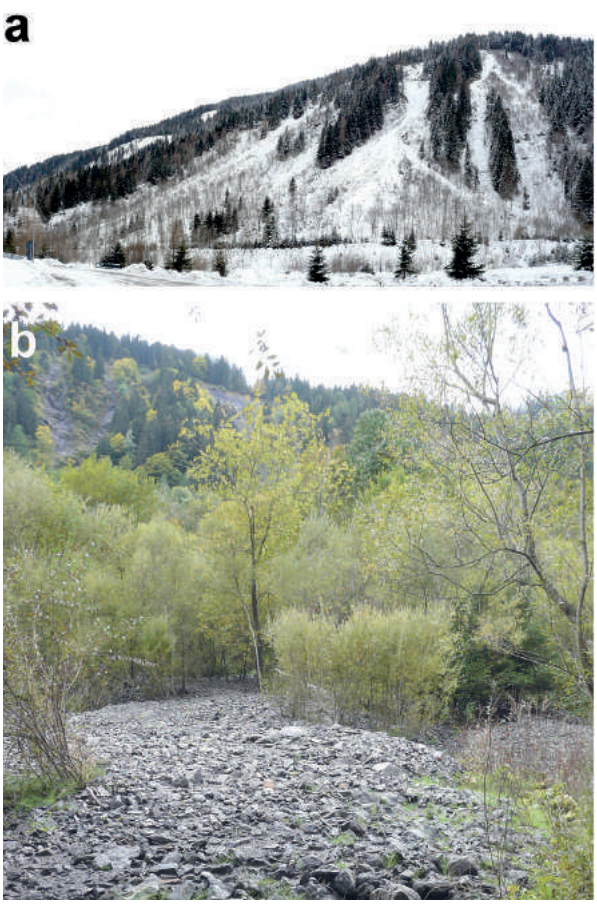


Abb. 102

vom Menschen erschaffen, um die Natur besser verstehen und einordnen zu können. Die Natur erschafft jedoch manchmal (oder oft?), wie in diesem Fall, *Grenzfälle* mit kategorieübergreifenden Eigenschaften.
Folgen Sie, um hierauf einzugehen, nach dem Überqueren des Wildbachs But der 100 m langen Schotterstraße. Auf der linken Seite gelangen Sie auf die Überreste eines Murgangs, der vor einigen Jahren stattgefunden und den Fluss gestreift hat. Wenn Sie nun weitergehen bis zu einer grasigen Hochebene zu ihrer Linken (kleine Steigung von 10 m), führt ein ebener Weg in einen Wald aus Sträuchern, wo Sie drei bis vier große Vulkanitblöcke aus dem Karbon sehen, die von dem fernen Felsgipfel abgestürzt sind (Abb. 103).

Plötzlich erinnern Sie und Ihre Exkursionsteilnehmer sich alle an das Ziel dieser Exkursion: Man wollte die Anomalien des Flussprofils erklären. Als erstes Argument schlage ich Ihnen eben diesen Bereich mit den Kegeln als mögliches Hindernis der Abflüsse des Wildbachs But vor, welches dazu geführt hat, dass der dahinter liegende Bereich überschwemmt wurde.
Und dann möchte ich gleich noch hinzufügen: *„Warum kann diese Hypothese nicht überzeugen?“* Die Antwort ist ziemlich naheliegend. Im Bereich der *Schuttkegel* ist das Tal noch recht breit. So breit, dass es nicht durch das einfache Wachstum von *Schuttkegeln* blockiert werden kann, die zudem die am langsamsten wachsende Art von Kegeln darstellen.
Am vorigen Haltepunkt haben wir jedoch indirekt etwas Wichtiges gelernt. Wenn wir den Grund für die geomorphologische Anomalie finden wollen, müssen wir ihn in dem begrenzten Bereich suchen, wo das Flussprofil von der sehr steilen Neigung plötzlich fast in die Horizontale übergeht. Und deshalb gehen wir dorthin, wo die große Schwemmebene namens Laghetti plötzlich endet.
Hierzu müssen wir denselben Weg zurück gehen, auf dem wir gekommen sind, die Furt überqueren, uns wieder in Richtung SS52bis begeben und in der Nähe der Stelle anhalten, wo die Straßen zusammenlaufen. Von dort aus können wir den engsten, weniger als 10 m breiten Teil dieses zwischen Timau und dem Plöckenpass gelegenen Flussabschnittes aus der Nähe betrachten. Auf beiden Seiten des Flusstalabschnittes sind eindeutig weitläufige *Quartärbedeckungen* anstelle von Gestein des *Substrats* zu sehen (Abb. 104).
Auf der linken Flussseite ist eine große, schwerkraftbedingte Ablagerung in Form einer *Schuttrampe* sichtbar, die aus dem Schutt einer Kalkwand aus dem Devon stammt (*helles Gestein*). Der darunter liegende, 500 m lange Tunnel schützt die SS52bis wirksam vor Steinschlag.



Abb. 103

Abb. 103
Vulkanitblöcke, die vom Felsgipfel abgestürzt sind, dessen Bruchmaterial die Schuttkegel nährt.

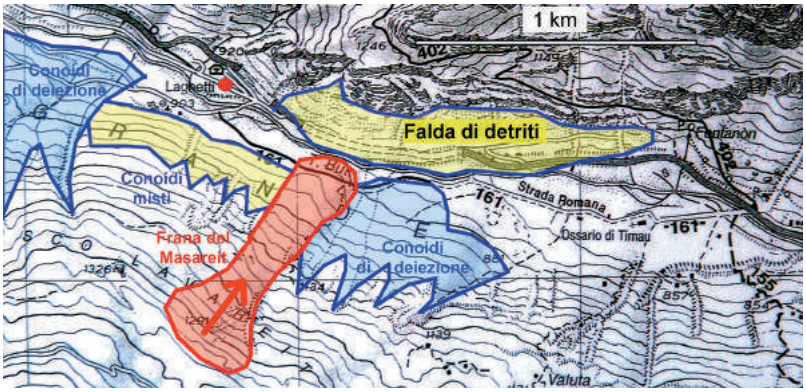


Abb. 104

Fotos aus dem frühen 20. Jahrhundert sowie die Erinnerungen des Autors (aus den frühen Sechzigerjahren) belegen eine noch komplett vegetationslose *Schutthalde* mit großen Felsbrocken im mittleren und vor allem unteren Bereich, sowie einer sehr gleichmäßigen, konstanten Neigung (38-40°) in Richtung Tal.

Es ist schwerer auszumachen, welche Art von *Bedeckung* sich auf der rechten Seite des Tals entwickelt hat. Um welche Ablagerung es sich auch immer handelt, sie besteht ausschließlich aus *dunklem Gestein* aus dem Karbon. Trotz der üppigen Vegetation existiert ein circa 30 m langer und 10 m hoher Bereich, der noch nicht bewachsen ist (vgl. Abb. 100, Pfeil).

Er ist wie eine Art offenes Fenster zur Ablagerung: einer Ansammlung großer dunkler Felsbrocken. Viel können wir aus dieser Spur nicht ablesen. Fügen wir noch eine weitere hinzu. Diesmal betrachten wir die Form dieser Ablagerung genauer und stellen fest, dass sie sich von den benachbarten *Schuttkegeln* abhebt, da sie eindeutig höher liegt.

Wenn wir die beiden Arten von Ablagerungen mit etwas Bekanntem vergleichen müssten, wären die Kegel schräg gestellte Fächer, und der Streitgegenstand wäre eine Art ebenfalls in Richtung Tal geneigter und seitlich mit einem der Fächer in Kontakt stehender *Kastenkuchen*. Suchen Sie die Bestätigung dafür auf Ihrer topographischen Karte. Der Verlauf der Höhenlinien gibt die Antwort. Genauer gesagt, erkennt man in den höheren Lagen einen Abbruchbereich, auf mittlerer Höhe einen Abschnitt, durch den sich das abgelöste Material bewegt hat, und im unteren Bereich, wo sich unsere Ablagerung befindet, eine Stelle, an der sich das Material ansammelt. Es handelt sich hierbei also um das *Ablagerungsgebiet* eines Erdrutsches, des sogenannten *Erdrutsches vom Masareit*. Der Erdrutsch war mächtig genug, um die Abflüsse des Wildbachs But in diesem schmalen Talabschnitt zu blockieren.

Jetzt fragt man sich: *„Wann könnte dieser Bergrutsch (und der entsprechende Paläo-Erdrutsch, der ihm vorausgegangen ist), der bis in unsere Zeit (die 1980er Jahre) nie aufgehört hat, begonnen haben?“*

Abb. 104
Die Verteilung der verschiedenen Arten von Bedeckungen im Bereich der Ortschaft Laghetti.

Aus den bereits mehrmals beschriebenen Gründen (extrem brüchiges Gestein, „Matratzeneffekt") müsste man den Beginn des Erdrutsches hypothetisch unmittelbar postglazial einordnen.
Zudem spricht eine weitere bedeutende Spur für eine frühzeitige Aktivierung des Erdrutsches: die bemerkenswerte Dicke der Anschwemmungen im Gebiet Laghetti. Ein Blick auf die topographische Karte bestätigt mindestens 50 m (zunehmend weniger in Richtung Westen) auf einer Länge von fast 3 km und einer Breite zwischen 50 und 150 m.
„Wie sieht also die Entstehungsgeschichte der Gegend um die Laghetti im Laufe der Zeit bis heute vermutlich aus?"
Wenden wir die Strategie der Zusammenfassung (Kap. 3, i) an. Nachdem sich die Gletscher komplett aus dieser Gegend zurückgezogen hatten, begannen der gleichzeitig zunehmende Schutt des Abhangs (linke Seite) und vor allem der des *Paläo-Erdrutsches des Masareit*, die Abflüsse des Wildbachs But zu blockieren. So bildeten sich nacheinander Seebecken, die sich danach anfüllten. Der See tauchte auch in der späteren Zeit erneut auf. Hiervon zeugen sowohl die Ortsbezeichnung Laghetti (kleine Seen), als auch das Unglück vom 29. Oktober 1729.
An jenem Tag ergoss sich eine Wand aus Wasser und Schutt aus diesem Bereich in Richtung des Wohngebietes von Timau, welches sich damals komplett am rechten Ufer, gegenüber der Karstquelle „Fontanon" befand. Damals verließen die Überlebenden den zerstörten und von zwei Metern Schutt bedeckten Ort und bauten das Dorf unterhalb der senkrechten Felswände des Hochecks wieder auf. Hierbei tauschten sie jedoch ausschließlich die Art der Bedrohung gegen eine andere aus - anstelle der Überschwemmung durch Fluss und See bestand die Gefahr jetzt in Lawinen und im gelegentlichen Abbrechen von Felsbrocken.
Jetzt fragt man sich, ob der *Paläo-Erdrutsch des Masareit* noch immer in Bewegung ist, oder ob er sich aus irgendeinem Grund stabilisiert hat. Dem Alter des Waldes nach zu urteilen, der das Gebiet bedeckt (Abb. 105), scheint es,

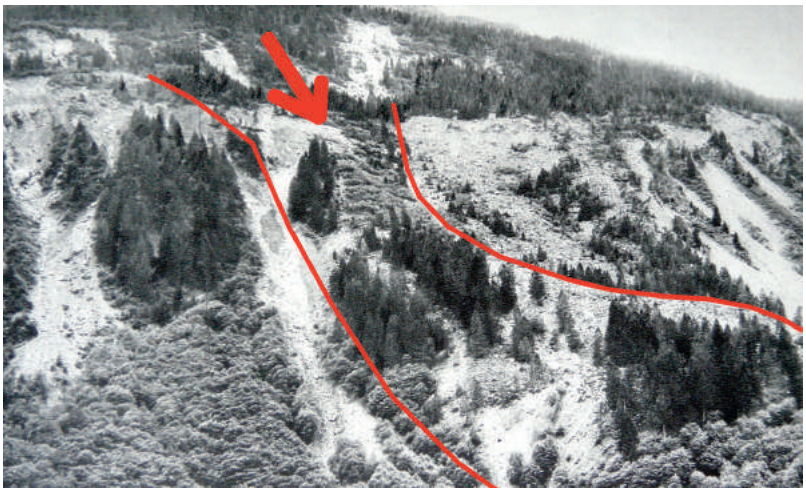


Abb. 105
Der höher als die benachbarten Kegel gelegene Paläo-Erdrutsch/ Erdrutsch des Masareit. Bis vor 40 Jahren handelte es sich um eine nahezu unbewachsene Ansammlung von Felsbrocken. Vergleichen Sie das Bild mit der heutigen Ansicht (vgl. Abb. 100).

Abb. 105



Abb. 106

als wäre er seit mindestens 40 Jahren nicht mehr in Bewegung oder zumindest ruhig.

Jetzt ist es an der Zeit, sich das *Ablagerungsgebiet* aus der Nähe anzusehen. Der einzige sichere Hinweis ist für uns, die wir uns noch immer in der Nähe des großen Parkplatzes befinden, dass das Wasser des Wildbachs But neben uns weiterhin fließt, wenn auch mit der typischen Langsamkeit eines Wasserlaufes, der durch einen weitläufigen, fast ebenen Bereich fließt.

Begeben wir uns also in Richtung Staatsstraße und gehen wir dort mit unseren Exkursionsteilnehmern über die Leitplanke hinaus bis auf die Wiese. Nach nur etwa 100 Metern stehen wir vor dem Ablagerungsgebiet des Erdrutsches/Paläo-Erdrutsches und blicken auf eine bemerkenswerte Reihe anthropogener Einflüsse. Sie wurden errichtet, um die Gegend vor Erdrutschen (rechte Felswand) und dem Absturz großer Kalksteinbrocken (linke Felswand) zu schützen.

Natürlich hat man beim Bau der Sicherheitsvorkehrungen auch das Flussbett nicht vernachlässigt, das wie in einem Schraubstock zwischen den beiden (zumindest bis zu den Achtzigerjahren) in Richtung Talsohle progradierenden *Bedeckungen* eingeklemmt ist.

Der circa 200 Meter lange Weg führt durch einen Tunnel zum Schutz vor Steinschlag - die auffälligste der drei Bauwerke, die im Zuge desselben Projekts in den 80er-Jahren vorgenommen wurden. Interessant ist, dass seither nur ein einziger Felsen den Bau überwunden hat und ins Flussbett gerollt ist. Gehen Sie auf den nicht zu übersehenden Felsblock ein und beschreiben Sie, wie der Flusslauf korrigiert wurde, der hier zwischen der *Schuttdecke* und dem Erdrutsch/Paläo-Erdrutsch verläuft.

Überraschend sind das komplette Fehlen von Schwemmschutt im Flussbett und sein zwischen hohen Betonwänden gelegener Grund, der komplett mit flachen Steinen in Zement gepflastert ist (Abb. 106).

Dieser von Unebenheiten befreite Grund sorgt dafür, dass der Schutt bei Hochwasser und dem darauf folgenden abnehmenden Wasserstand von selbst abtransportiert und entfernt wird. Die Beschaffenheit des Grundes sorgt dafür, dass das Wasser gleichmäßig und konstant fließt und dadurch der Boden stets aufgeräumt bleibt. Und tatsächlich hat es in 40 Jahren keine einzige Ausnahme gegeben.

Die dritte Korrektur wurde am Ablagerungsgebiet des Erdrutsches vorgenommen. Sie ist die erstaunlichste unter ihnen. Beim Weitergehen nähern Sie sich zehn extrem großen Zylindern aus Stahlbeton, die oberhalb des Flussbettes aus dem Boden ragen (Abb. 107)

Die Zylinder aus Stahlbeton reichen bis in eine Tiefe von über 30 Metern,

Abb. 106
Die Flussbettbefestigung des Torrente Bût im Abschnitt zwischen dem Erdrutsch und den zum Schutz vor Steinschlag gebauten Tunnels.

Abb. 107
Ansicht eines Teils der Sicherheitsvorkehrungen im Ablagerungsgebiet des Erdrutsches. Jeder Zylinder hat einen Durchmesser von circa 5 bis 6 m. Scheinbar haben die Vorkehrungen ihren Zweck erfüllt: Seit 40 Jahren hat sich der Erdrutsch des Masareit nicht mehr bewegt und scheint seither stabil.

was unter Experten als Ort der Abrutschoberfläche des Erdrutsches gilt.
Hinter den Zylindern steht, bereits durch den Wald versteckt, eine zweite Reihe, die den Effekt verdoppelt. Es handelt sich um hohle Strukturen mit extrem dicken Wänden, die mit Inertmaterial angefüllt sind. Zwei Reihen riesiger Finger, die in die Tiefe greifen und wie zwei parallele Hände das gesamte Erdrutschgebiet festhalten. Bis jetzt ist es ihnen gelungen, und es besteht auch kein Zweifel daran, dass es das weiterhin tun wird.
Wenn Sie nun weiter gehen und sich dem Flussbett nähern, gelangen Sie zur letzten Sicherheitsvorkehrung. Diese befindet sich am Ende des Erdrutschbereichs. Von hier aus kann man bewundern, wie das Wasser nach Überquerung des langen, verschotterten Abschnittes der Laghetti und Überwinden des durch den Erdrutsch entstandenen Hindernisses 50 Meter weiter unten wieder in der ursprünglichen Talsohle fließt.
Es ist notwendiger als je zuvor geworden, auch in diesem sehr steilen Abschnitt den Verlauf des Wassers zu steuern, um zu verhindern, dass die schnelle Fließgeschwindigkeit des Wassers eine unersättliche Erosion des Grundes zur Folge hat. Diese würde unvermeidlich eine schnelle Steigung in Richtung Berg verursachen (*rückschreitende Erosion*, Kap. 4, XIII). Zuletzt müssen Sie Ihren Teilnehmern nun die zahlreichen (quer über den Fluss verlaufenden) Wehre zeigen, die erbaut wurden, um die Fließkraft des Wassers zu dämpfen, indem sie den Wasserlauf in mehrere, weniger als ursprünglich geneigte Abschnitte unterteilen (Abb. 108).
Nachdem Sie Ihrer Gruppe diese letzte Sicherheitsvorkehrung am Flussbett gezeigt haben, kehren Sie zum Parkplatz Laghetti zurück. Wenn Sie Glück haben und das dortige Lokal geöffnet ist, können Sie noch gemeinsam ein Gläschen trinken.



Abb. 107



Abb. 108

Abb. 108
Im sehr steilen Flussabschnitt zwischen dem Gebiet Laghetti, in dem viel Material angeschwemmt wurde, und dem darunter liegenden Bereich von Timau-Cleulis wurden zahlreiche, knapp hintereinander liegende hohe Wehre (quer über den Fluss verlaufend) errichtet. Diese Wehre verlangsamen den Wasserfluss entlang der steilen Erdrutschmasse und verhindern somit nicht nur die Erosion, sondern auch eine rasche, rückschreitende Erosion, die sich verheerend auf das erzielte Gleichgewicht auswirken würde.

Abschließende Empfehlungen

Ihre Tour ist abgeschlossen, doch Ihre Aufgabe als *Geopark-Führer* noch nicht. Und damit meine ich nicht den abschließenden Umtrunk. An dieser Stelle müssen Sie unbedingt noch einmal alles zusammenfassen, was Sie im Laufe des Tages gesehen und erläutert haben. Diese Zusammenfassung (Kap. 3, i) ist besonders nützlich für Ihre Exkursionsteilnehmer, weil sie ihnen dabei hilft, das Gelernte zu festigen. Verwenden Sie zur Unterstützung eine topographische Karte des eben besuchten Talabschnittes, die den Bereich von Paluzza bis über die Seen von Timau hinaus umfasst.

Am besten verwenden Sie Auszüge des gesamten Tals (Vergrößerungen im Maßstab 1:25000) im Format A3, laminieren sie und fassen sie zu einem einzigen „Faltblatt" zusammen.

Dieses können Sie dann verwenden, um während Ihrer Zusammenfassung der Entstehungsgeschichte jeweils mit abwaschbaren Stiften die „Protagonisten" dieser Evolution zu markieren - die Umrisse der *Schwemmkegel*, der verschiedenen *Erdrutsche/Paläo-Erdrutsche* und ihrer *Abrissgebiete*, die *Schuttrampen* und die Ausdehnung der *Paläoseen* - und hierbei ihre Position mit entsprechenden Symbolen einzuzeichnen.

Weisen Sie auf der Karte auch unbedingt, am besten gleich zu Anfang, auf die Anhaltspunkte hin, mit denen Sie Ihre Exkursion am *Treffpunkt* begonnen haben, also auf den ungewöhnlichen Flussverlauf, in dem sich sehr steile Abschnitte mit weitläufigen, nahezu horizontalen Bereichen abwechseln.

Sie könnten dann Ihre Zusammenfassung damit beginnen, mit dem dicksten Stift, den Sie haben (ich empfehle auch hier abwaschbare Stifte, damit Sie die Karte wiederverwenden können), den Verlauf des Wildbaches But nachzuzeichnen. Achten Sie hierbei darauf, die steilen Abschnitte mit einer dicken durchgehenden Linie und die fast horizontalen Bereiche mit einer dicken gestrichelten Linie zu markieren.

Natürlich tragen Sie die einzelnen Ablagerungsprodukte dann ein, während Sie zusammenfassend auf sie eingehen, und unbedingt in der Reihenfolge, in der Sie sie auf Ihrer Exkursion angetroffen, betrachtet und vorgestellt haben.

Noch ein letztes, aber nicht unwichtiges Detail: Wenn Sie Ihre laminierte topographische Karte verwenden (die Sie als Faltblatt gestalten, das auf A3 zusammengefaltet werden kann, damit es leichter transportierbar ist), sollten Sie bereits die wichtigsten Ortsnamen eingetragen haben, die Sie während der Exkursion benutzt haben. Ich führe Sie Ihnen hier noch einmal in der Reihenfolge auf, in der Sie sie im Geopark antreffen werden: Colle di San Daniele, Cleulis, Rio Moscardo, Timau, Laghetti, Plöckenpass.

Zeichnen Sie außerdem die genaue Position des Turms „Torre Moscarda" und seines im Jahr 1836 abgerissenen Zwillings (zwei kleine rote Rechtecke), den ungefähren Verlauf der *Com-Pa-Pa-Verwerfung* (schön deutlich!) als einzelne, durchgehende Linie und die alte Römerstraße ein.

Denken Sie daran, dass die Ortsnamen aus vier bis fünf Metern Entfernung lesbar sein müssen, also schreiben Sie

sie groß und deutlich und an Stellen, wo sie sich nicht mit den Objekten (Schutt- und Schwemmkegel, Erdrutsche usw.), die Sie nach und nach auf der Karte einzeichnen werden, überschneiden. Für die Bezeichnungen sowie die Verwerfung und die Römerstraße usw. können Sie ruhig wasserfeste Stifte verwenden, sodass bei jeder Exkursion schon beim Öffnen der Karte die Verteilung der besuchten Orte deutlich wird.

Anhand dieses Beispiels wollte ich Sie konkret in die Vorbereitung und vor allem Durchführung einer in mancherlei Hinsicht komplexen Exkursion einführen. Ich hoffe, dass Ihnen die Beobachtungen und Erläuterungen auch als Anregung für die Vorgehensweise bei anderen Exkursionen nützlich sein können.

Noch ein paar letzte Hinweise: Strukturieren Sie Ihre Exkursionen immer so, dass Teilnehmer anhand des Ablaufs die Zusammenhänge verstehen. Überfordern Sie die Teilnehmer (körperlich und geistig) nicht, und planen Sie immer eine etwa einstündige Pause für das Mittagessen ein (in den meisten Fällen muss dieses selbst mitgebracht werden - weisen Sie Ihre Teilnehmer daher unbedingt im *Flyer* darauf hin, dass sie schon mit ihrem Lunchpaket am *Treffpunkt* erscheinen müssen).

Versetzen Sie sich immer in die Lage Ihrer Zuhörer und fragen Sie sich, wie Sie bestimmte Hinweise, Konzepte, Prozesse, Erscheinungen und Entstehungsgeschichten am besten (und auf Anhieb) verständlich machen können. Planen Sie außerdem immer die abschließende Zusammenfassung aller Dinge ein, die während der gesamten Exkursion beobachten konnten. Diese sollte nicht länger als zehn Minuten in Anspruch nehmen.

Meine Ratschläge basieren alle auf meiner persönlichen (natürlich nicht fehlerfreien), fast 40 Jahre langen Erfahrung und ich könnte Ihnen noch viele weitere geben. Aber diesmal höre ich wirklich auf. Nur an eine Sache wollte ich Sie noch erinnern, ... oder doch noch an zwei.

Als *Geopark-Führer* müssen Sie die Dinge „faszinierend" erklären. Sie müssen Enthusiasmus ausstrahlen, wenn Sie sie zeigen, analysieren und darlegen. Es muss sichtbar werden, dass Sie von dem, was Sie umgibt, begeistert sind, und dass Sie echte Leidenschaft empfinden für die Geheimnisse, die sich im Gelände verbergen.

Bei Ihren Exkursionen muss es Ihnen gelingen, ein vertrautes, freundschaftliches Klima zu schaffen, damit Ihre Teilnehmer automatisch zuhören und das Gefühl bekommen, zu den wenigen in die Geheimnisse einer Gegend Eingeweihten zu gehören, die viele - zu viele - noch immer für starr, unveränderlich, monoton und uninteressant halten.

Ihre Aufgabe als *Geopark-Führer* ist es, kurz gesagt, das Gegenteil zu beweisen.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Dieser Führer ist, wie Sie sicher bemerkt haben, nicht als Geologiehandbuch gedacht. Diese gibt es schon in bester Qualität auf dem Markt. Stattdessen wurde er mit dem Ziel verfasst, Ihnen geologische Gegebenheiten (die Sie im Geopark antreffen werden) zu beschreiben, und vor allem, Sie zum Nachdenken anzuregen. Er soll geologische Fragen aufwerfen und Ihnen die Antworten suggerieren. In diesem Moment bin ich für Sie das, was Sie morgen für Ihre Exkursionsteilnehmer sein werden.

In diesem Sinne werden Sie erwarten, dass nach dem Lesen keine Fragen offen bleiben. Ebenso werden die Zuhörer Ihrer Erzählungen von Ursache und Wirkung in den wunderbaren Geschichten, die der Geopark bereit hält, von Ihnen erwarten, dass all ihre Fragen umfassend beantwortet werden.

Es ist allerdings schlicht nicht möglich, die richtige Antwort auf alle Fragen parat zu haben. Weder ich noch Sie werden sie immer geben können. Irgendwann kommt immer der Moment, in dem wir innehalten und in aller Bescheidenheit zugeben müssen, dass wir etwas nicht wissen.

Es ist viel wertvoller, etwas nicht zu wissen und diese Tatsache uns selbst und anderen eingestehen zu können, als fest davon überzeugt zu sein, alles zu wissen und dies auch andere glauben zu lassen. Vergessen Sie das nie. Und denken Sie immer daran, dass die nächste Exkursion immer etwas besser als die vorige sein muss.

ICH WÜNSCHE IHNEN GUTE UND ERFOLGREICHE FÜHRUNGEN!



ORDNUNGSPOLITISCHER ANHANG

Laut dem Regionalgesetz 2/2002, Art. 112, Absatz 3 versteht man unter einem Natur- oder Landschaftsführer jeden, der - wenn auch nicht ausschließlich oder fortwährend - Einzelpersonen oder Gruppen bei Besichtigungen von Naturschutz- oder anderen Landschaftsschutzgebieten einschließlich der dazugehörigen Freilicht-, Museums- bzw. Ausstellungseinrichtungen begleitet und gleichzeitig Erläuterungen zur Natur, Landschaft, Ethnographie und Umwelt des Gebietes gibt.

Art. 113 sieht folgendes vor: Für die Ausübung der Tätigkeit als Fremdenführer, Reiseleiter und Natur- oder Landschaftsführer ist eine Eintragung in die jeweiligen Verzeichnisse bei der Regionaldirektion für den Handel, Tourismus und Dienstleistungssektor notwendig (nachfolgend „Verzeichnisse" genannt).

2. Die Eintragung in die Verzeichnisse kann von jedermann beantragt werden, der im Besitz der entsprechenden Bescheinigung über das Bestehen der Eignungsprüfung gemäß Art. 114 ist, oder auf den eine der laut Artikel 115, Absatz 3 genannten Voraussetzungen zutrifft.

3. Wer in das Berufsverzeichnis eingetragen ist, erhält einen entsprechenden Ausweis sowie eine Plakette, deren Merkmale und Verwendungsbedingungen laut Beschluss des Regionalausschusses festgelegt und im regionalen Amtsblatt veröffentlicht werden.

4. Von Amts wegen gelten all jene als in das Verzeichnis aufgenommen, die bei Inkrafttreten des vorliegenden Gesetzes bereits in den Berufsverzeichnissen laut Regionalgesetz 20. Dezember 1982 Nr. 88 mit nachfolgenden Änderungen und Ergänzungen und Regionalgesetz 10. Januar 1987 Nr. 2 mit nachfolgenden Änderungen und Ergänzungen eingetragen sind.

BEZUGSNORMEN:

Der Ratsbeschluss Nr. 1560 vom 31. Juli 2013 über die „Förderung und Bewahrung des geologischen Erbes und der Geotope durch die Einrichtung von Geoparks" wird unter anderem der Begriff Geopark genauer definiert, und der regionale Geologiedienst, der seit Jahren für den Schutz der Geotope und geologischen Vielfalt sowie die öffentliche Aufklärung zu geologischen Themen zuständig ist, wird mit der Koordination der Entwicklungsprozesse zur Einrichtung eines Geoparknetzes beauftragt. Unter einem Geopark versteht man ein Gebiet mit besonderem geologischem Erbe, für das eine nachhaltige Entwicklungsstrategie vorliegt. Er muss genau abgegrenzt sein und über eine ausreichende Fläche verfügen, um eine wirksame wirtschaftliche Entwicklung des Areals zu ermöglichen. Ein Geopark sollte eine bestimmte Anzahl an Geotopen mit besonderer Bedeutung in Bezug auf wissenschaftliches Interesse, Seltenheit, ästhetische Relevanz und erzieherischen Wert haben. Die Geotope auf dem Gebiet eines Geoparks müssen in der Hauptsache geologischer Art sein. Sie sollten miteinander vernetzt sein und auf angemessene Weise geschützt und gepflegt werden. Die Zerstörung oder der Verkauf geologischer Fundstücke aus einem Geopark ist nicht zulässig. Ein Geopark muss von spezifischen Einrichtungen verwaltet werden, die in der Lage sind, seinen Schutz, seine Förderung sowie nachhaltige Entwicklungsprojekte innerhalb des Gebietes zu garantieren. Der Geopark trägt auf entscheidende Weise zum wirtschaftlichen Wachstum der Umgebung bei und sollte sich positiv auf die Lebensbedingungen seiner Einwohner und Umwelt auswirken.

Im Regionalgesetz 14. Oktober 2016, Nr.15: werden nach den allgemeinen Vorgaben in KAPITEL I die Bestimmungen zum Schutz und zur Förderung der geologischen Vielfalt, des geologischen Erbes, des Höhlenbestands und des Karstgebietes spezifisch in KAPITEL II festgelegt:

KAPITEL I
ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

Art. 1
(Zweck)

1. Die Region Friaul-Julisch Venetien garantiert im Rahmen ihrer Zuständigkeiten für die Bewahrung und Förderung des geologischen Erbes, des Höhlenbestands, der Schluchten, der Karstgebiete und der entsprechenden Grundwasservorkommen in der Region gemäß den einschlägigen nationalen und gemeinschaftlichen Grundsätzen und Vorschriften, insbesondere der vom Ministerausschuss des Europarates am 5. Mai 2004 verabschiedeten EU-Vorgabe (2004) 3 über den Schutz des geologischen Erbes und der Gebiete von besonderem geologischen Interesse.

2. Zur Erreichung der unter Absatz 1 genannten Zwecke beschließt die Region folgendes:
a) Anerkennung des öffentlichen Interesses zum Schutz und zur Förderung des geologischen Erbes sowie des Höhlenbestands der Region aufgrund ihrer wichtigen wissenschaftlichen, kulturellen, wirtschaftlichen, landschaftlichen und umweltmäßigen Bedeutung;
b) Anerkennung der Besonderheit der Karstgebiete sowie des strategischen Wertes und öffentlichen Interesses der Karstgrundwasser;
c) Erstellung und Aktualisierung eines regionalen Katasters für Geotope und Geoparks sowie eines regionalen Höhlenkatasters;
d) Förderung der Untersuchung, Erforschung und Überwachung des geologischen Erbes und der Höhlen, um die Auswirkung der Anthropisierung auf die Umwelt zu prüfen;
e) öffentliche Bekanntmachung sowie didaktische und touristische Nutzung der Geotope und Höhlen unter Wahrung des geologischen Erbes;
f) technische und kulturelle Ausbildung von Höhlenforschern im Rahmen von Amateurverbänden.

Art. 2
(Definitionen)

1. Im Sinne des vorliegenden Gesetzes versteht man unter:
a) geologischer Vielfalt: die verschiedenen und besonderen geologischen Merkmale eines Gebietes, einschließlich der Felsen und Ablagerungen, der Formationen sowie der geologischen, geomorphologischen, hydrogeologischen, paläontologischen, mineralogischen und bodenkundlichen Prozesse;
b) geologisches Erbe: Orte, Geotope und geologische Besonderheiten, an denen sich bedeutende Zeugnisse über die Geschichte und Evolution der Erde und ihrer geologischen Vielfalt erhalten haben;
c) Geotop: sowohl über- als auch unterirdische Orte, Areale oder Gebiete mit geologischen, geomorphologischen, hydrogeologischen, paläontologischen, mineralogischen und bodenkundlichen Merkmalen, die für das Verständnis der Erdgeschichte und -evolution von besonderem Interesse und Bedeutung sind;
d) Geopark: klar abgegrenztes Gebiet mit einem besonderen geologischen Erbe und einer nachhaltigen Entwicklungsstrategie;
e) Höhlenbestand: Gesamtheit der Höhlen der Karstgebiete sowie - lediglich für die Anwendung des vorliegenden Gesetzes - künstlich geschaffene Höhlen;
f) Karstgebiet: Areal aus verkarstbaren, löslichen Gesteinen mit eingeschränkter Oberflächenhydrographie und Karstsystemen im Untergrund. Die Oberflächen der Karstgebiete charakterisieren sich durch Bodensenkungen, Dolinen, Karsttrichter, Blindtäler, Sinkhöhlen und Quellbereiche;
g) Karstform: über- oder unterirdische Geländeform aufgrund von Karsterscheinungen;
h) Karstsystem: Gesamtheit über- oder unterirdischer organischer Karstformen, die funktional miteinander verbunden und teilweise oder komplett mit Wasser gefüllt sind;
i) Grotte: teilweise oder komplett geschlossene unterirdische Karsthöhle natürlichen Ursprungs mit einer für den Menschen zugänglichen Größe und einer Länge von mehr als fünf Metern;
j) Karstgrundwasser: unterirdischer Wasserspeicher in Felsformationen mit Durchlässigkeit durch Risse, Brüche und Karsterscheinungen, der aus einem vertikalen, ungesättigten Durchgangsbereich und einem gesättigten bzw. teilweise gesättigten horizontalen Durchgangsbereich besteht;
k) künstliche Höhle: vom Menschen geschaffener unterirdischer Hohlraum von besonderem geschichtlichem, archäologischem, bergbaulichem oder naturkundlichem Interesse;

l) touristisch genutzte Grotte/Höhle: natürliche oder künstliche Höhle, die zu touristischen Zwecken verwendet wird und mit einem kontrollierten Zugang sowie natürlichen oder künstlichen Wegen mit allen notwendigen Vorrichtungen und technischen Anlagen ausgestattet ist, die die Sicherheit der Besucher gemäß den einschlägig geltenden Vorschriften garantieren;
m) Schlucht: enge und tiefe Felsschlucht mit subvertikalen oder vertikalen Wänden, die infolge einer erosiven und korrosiven Wirkung von einem Fluss durchschnitten ist und für Erkundungen sowie für Tourismus- und Erholungszwecke genutzt wird;
n) Höhlenforschung und ähnliche Aktivitäten: alle Tätigkeiten, die die Auffindung, Erkundung, Untersuchung, Dokumentation und didaktische Verbreitung natürlicher und kultureller Phänomene umfassen, die in Höhlen, Karstgebieten sowie - lediglich für die Anwendung des vorliegenden Gesetzes - künstlich geschaffenen Höhlen beobachtet werden können.

KAPITEL II
BESTIMMUNGEN ZUM SCHUTZ UND ZUR FÖRDERUNG DES GEOLOGISCHEN ERBES

Art. 3
(Regionales Kataster der Geotope und Geoparks)

1. Es wird ein regionales Kataster der Geotope und Geoparks (CaRGeo) bei der für Geologie zuständigen Regionalbehörde eingerichtet und gepflegt.

2. Das CaRGeo besteht aus folgenden Einzelsektionen:
a) elektronisches Kataster der Geotope;
b) elektronisches Kataster der regionalen Geoparks;
c) Sonderverzeichnis der Geotope von besonderer Relevanz.

3. In jeder Sektion des CaRGeo werden die Kenndaten und die Abgrenzung der regionalen Geotope und Geoparks angegeben, sowie alle anderen unter Artikel 6 der Verordnung genannten Informationen.

4. Die für Geologie zuständige Regionalbehörde bewilligt in Übereinstimmung mit den Kriterien laut Artikel 6 der Verordnung:
a) die Kenndaten einschließlich eventueller antiker Ortsbezeichnungen, sowie die Abgrenzung der regionalen Geotope und Geoparks;
b) die notwendigen Unterlagen für die Förderung und Verwaltung der regionalen Geotope und Geoparks.

5. Die Besichtigung und Abgrenzung der regionalen Geotope und Geoparks erfolgt basierend auf technisch-wissenschaftlichen Untersuchungen der Gebiete von besonderem geologischem, geomorphologischem, hydrogeologischem, paläontologischem, mineralogischem und bodenkundlichem Interesse.

6. Das unter Absatz 2, Buchstabe c) erwähnte Sonderverzeichnis enthält Geotope von besonderem Wert und Interesse für das Verständnis der Erdgeschichte und -evolution, um deren Schutz und Förderung zu garantieren.

7. Die zuständigen Gebietskörperschaften, Parkverwaltungen, Forschungsinstitute und Berufsstände sowie die aktiven Umweltvereinigungen können bei der Region Vorschläge für regionale Geotope und Geoparks einreichen, die in das CaRGeo aufgenommen werden sollen.

8. Die in den Sektionen gemäß Absatz 2 enthaltenen Verzeichnisse der regionalen Geotope und Geoparks sowie die entsprechenden Aktualisierungen werden von der für Geologie zuständigen Regionalbehörde per Verfügung bewilligt, die im Amtsblatt und auf der offiziellen Website der Region veröffentlicht und an die betroffenen Gemeinden übermittelt wird, die für ihre angemessene Bekanntmachung sorgen.

9. Die Daten des CaRGeo bilden ein Element des geologischen Informationsdienstes (SITGeo).

Art. 4
(Bestimmungen zum Schutz der Geotope)

1. Der Zugang zu den Geotopen ist frei, unbeschadet der Rechte von Eigentümern und Dritten sowie eventueller Verbote oder Einschränkungen, die möglicherweise in anderen Bestimmungen vorgesehen sind.

2. Im Sinne des vorliegenden Gesetzes ist es verboten:
a) die Geotope zu zerstören, zu beschädigen, zu verschandeln oder zu verunzieren;

b) den Wasserhaushalt von Geotopen besonderer Relevanz gemäß Art. 3, Absatz 2, Buchstabe c) durch Grabungen, Aushebungen und Auffüllungen zu verändern;
c) die Bodenbeschaffenheit von Geotopen besonderer Relevanz gemäß Art. 3, Absatz 2, Buchstabe c) zu verändern;
d) die charakteristischen Elemente des Geotops zu entfernen und zu verändern.

3. In den Geotopen ist es untersagt:
a) neue Steinbrüche zu errichten;
b) Anlagen für die Wiederverwertung und Entsorgung von Abfällen zu errichten bzw. grundsätzliche Varianten an bereits bestehenden Anlagen vorzunehmen;
c) Klärschlämme gemäß Gesetzesverordnung 27. Januar 1992, Nr. 99 (Umsetzung der Richtlinie 86/278/EWG über den Schutz der Umwelt und insbesondere der Böden bei der Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft) zu verwenden.

4. Das verantwortliche Amt kann für die Durchführung von Arbeiten von relevantem und erwiesenem Allgemeininteresse nach Stellungnahme der für Geologie zuständigen Regionalbehörde Abweichungen von den Bestimmungen gemäß Absatz 2, Buchstaben b), c) und d) sowie Absatz 3 genehmigen.

5. Die für Geologie zuständige Regionalbehörde erlässt Verfügungen, um eine Zerstörung, Beschädigung, Verschandelung und Verunzierung der Geotope zu vermeiden und legt weitere spezifische Schutzmaßnahmen für die Geotope gemäß Artikel 3, Absatz 2, Buchstabe c) fest, die besonders schutzwürdig sind.

Art. 5
(Bestimmungen zur Verwaltung der regionalen Geotope und Geoparks)

1. Die Region ist für die Überwachung des Erhaltungszustands der Geotope verantwortlich.

2. Falls die Geotope in Naturschutzgebieten liegen, müssen die Verwaltungseinrichtungen letzterer für ihre Förderung und Pflege gemäß den unter Artikel 6 der Verordnung genannten Kriterien zur Bewahrung der regionalen Geotope und Geoparks sorgen.

3. Die für Geologie zuständige Regionalbehörde billigt die Projekte zur Förderung und Pflege der regionalen Geotope und Geoparks basierend auf den Unterlagen laut Artikel 3, Absatz 4, die von den Körperschaften gemäß Absatz 2 und anderen Verwaltungseinrichtungen vorgelegt werden.

4. An der Verwaltung aller regionalen Geoparks muss mindestens ein diplomierter Geowissenschaftler beteiligt sein.

5. Falls der Geopark in einem Naturschutzgebiet gemäß Regionalgesetz 30. September 1996, Nr. 42 (Bestimmungen über regionale Naturparks und -reserven) oder im Netz Natura 2000 liegt, muss an den Sitzungen des wissenschaftlichen Fachausschusses für die Schutzgebiete laut Artikel 8 des oben genannten Regionalgesetzes 42/1996 ein diplomierter Geowissenschaftler mit beratender Stimme teilnehmen.

Art. 6
(Verordnung zum Schutz und zur Förderung des geologischen Erbes)

1. Die regionale Verordnung, welche nach Stellungnahme des zuständigen Ratsausschusses und in Ausführung des vorliegenden Kapitels sowie gemäß den Kriterien des Staatlichen Verzeichnisses des Instituts für Umweltschutz und Umweltforschung (ISPRA) und des Global Geoparks Network (GGN) genehmigt wurde, legt die Kriterien in Bezug auf folgende Punkte fest:
a) Inhalte und Verwaltungsmodalitäten des CaRGeo laut Artikel 3;
b) Festlegung der regionalen Geotope und Geoparks gemäß Artikel 3, Abs. 3 und 4;
c) Eintragung der Geotope in das Sonderverzeichnis für Geotope von besonderer Relevanz gemäß Artikel 3, Abs. 2, Buchstabe c);
d) Förderung und Verwaltung der regionalen Geotope und Geoparks einschließlich der Kriterien für die entsprechenden Unterlagen gemäß Artikel 3, Absatz 4.

KAPITEL III
des Gesetzes enthält die BESTIMMUNGEN IN BEZUG AUF KARSTGEBIETE UND KARSTGRUNDWASSER

Art. 7
(Besichtigung und Abgrenzung von Karstgebieten und Karstgrundwasser)

1. Die für Geologie zuständige Regionalbehörde billigt die Kriterien für die Bestimmung der Karstgebiete, des entsprechenden Karstgrundwassers, der Quellbereiche sowie der Einzugsgebiete für das Karstgrundwasser, sowie für ihre anschließende Festlegung per Beschluss, der im Amtsblatt und auf der offiziellen Website der Region veröffentlicht und an die betroffenen Gemeinden übermittelt wird, die für ihre angemessene Bekanntmachung sorgen.

2. Für die unter Absatz 1 vorgesehenen Zwecke bestimmt die Region:
a) Gebiete mit flächenhafter Infiltration, die durch den Aufschluss verkarstbarer Felsen charakterisiert und eventuell mit Hangschutt bedeckt sind, auf denen sich eine Pflanzendecke gebildet hat;
b) Gebiete mit konzentrierter Infiltration, die durch den Aufschluss denudierter verkarstbarer Felsen oder oberflächliche Karstformationen wie Dolinen, Sinkhöhlen, Karsttrichter sowie Blind- oder Trockentäler charakterisiert sind und die Infiltrationsweise des Wassers in den Untergrund beeinflussen;
c) Quellbereiche, in denen sich Quellen des Karstsystems befinden, aus denen ein Teil der Wasserressourcen an die Oberfläche strömt. Diese Quellen können auch mit Wasser gefüllte Grotten sein.

3. Für die unter Absatz 1 und 2 genannten Zwecke erfasst die Region eine Reihe von geologischen, geomorphologischen und hydrogeologischen sowie Umwelt- und Landschaftsdaten, einschließlich des Verlaufs des auf dem Gebiet vorhandenen Karstgrundwassers (sofern untersucht), des entsprechenden Gefährdungsgrads und der benachbarten, nicht karstigen Einzugsgebiete.

4. Die Daten über die Karstgebiete bilden ein Element des geologischen Informationsdienstes (SITGeo).

Art. 8
(Bestimmungen zum Schutz der Karstgebiete und des Karstgrundwassers)

1. Die Region legt Maßnahmen fest, die einen angemessenen Schutz der Karstgebiete und des zugehörigen Karstgrundwassers, der Grundwassereinzugsgebiete sowie ihrer natürlichen und künstlich erschlossenen Quellen und der Gebiete mit Grundwasservorräten garantieren, auch im Rahmen des Gewässerschutzplans (PRTA) laut Artikel 121 der Gesetzesverordnung 3. April 2006 Nr. 152 (Bestimmungen im Umweltbereich) sowie der Bewirtschaftungspläne für die Einzugsgebiete gemäß Artikel 13 der Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Rates und Parlaments vom 23. Oktober 2000, die einen Ordnungsrahmen für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik schafft.

2. Die Region kann den Abschluss - auch überregionaler oder überstaatlicher - Vereinbarungen und Abkommen vorantreiben, die die Untersuchung und optimale Bewirtschaftung der ausgedehnten Karstflächen zum Gegenstand haben.

3. Im Rahmen des Schutzes der Karstgebiete und des zugehörigen Karstgrundwassers ist die Errichtung folgender Anlagen untersagt:
a) Anlagen für die Wiederverwertung und Entsorgung von Abfällen in Karstgebieten mit konzentrierter Infiltration und in den Quellbereichen;
b) Deponien für gefährliche und nichtgefährliche Abfälle gemäß Artikel 4 der Gesetzesverordnung 13. Januar 2003 Nr. 36 (Umsetzung der Richtlinie 1999/31/EG über Abfalldeponien) in den Karstgebieten mit flächenhafter Infiltration.

KAPITEL IV
ist hingegen dem Schutz und der Förderung des Höhlenbestands und der Schluchten gewidmet und legt auch die „Verbote“ fest, die es einzuhalten gilt:

Art. 9
(Regionales Höhlenkataster)

1. Das regionale Höhlenkataster (CSR) wird bei der zuständigen Regionalbehörde eingerichtet und geführt, die mit der Organisationsordnung der Regionalverwaltung laut Artikel 3 des Regionalgesetzes 27. März 1996 Nr. 18 (Neuorganisation der Regionaldienste nach den Grundprinzipien der Wirtschafts- und Sozialreform gemäß Gesetz 23. Oktober 1992 Nr. 421) bestimmt wurde.

2. Das Höhlenkataster besteht aus folgenden Einzelsektionen:
a) Verzeichnis der Grotten;
b) Verzeichnis der künstlichen Höhlen;
c) Verzeichnis der touristisch genutzten Grotten und Höhlen.

3. Im Sinne des vorliegenden Gesetzes wurde eine getrennte Sektion des Höhlenkatasters für die Eintragung der Schluchten geschaffen.

4. In jeder Sektion des Höhlenkatasters werden die Katasterinformationen, sowie die topographischen, toponomastischen und metrischen Daten der unter Absatz 2 genannten Güter registriert, sowie eventuelle weitere geologische, höhlenkundliche, morphologische und archäologische Daten bzw. Angaben zu Flora und Fauna, Nutzungsweise, Schutz und alle sonstigen nützlichen Hinweise laut Regionalverordnung. Die im regionalen Höhlenverzeichnis gemäß Artikel 3 des Regionalgesetzes 1. September 1966, Nr. 27 (Ergänzungsvorschriften zum Staatsgesetz 29. Juni 1939 Nr. 1497 zum Schutz des Höhlenbestands der Region Friaul-Julisch Venetien) enthaltenen Daten werden in die laut Absatz 2, Buchstabe a) genannte Sektion eingetragen.

5. Das Verzeichnis der Grotten laut Absatz 2, Buchstabe a) besteht aus Untersektionen mit einer genaueren Beschreibung der jeweiligen geologischen, hydrogeologischen, paläontologischen, biologischen, archäologischen, ethnographischen, historisch-kulturellen und landschaftlichen Merkmale.

6. Die Verzeichnisse laut Absatz 2 und 3 werden einschließlich der entsprechenden Aktualisierungen von der unter Absatz 1 genannten Regionalbehörde per Verfügung genehmigt, die im Amtsblatt und auf der offiziellen Website der Region veröffentlicht und an die betroffenen Gemeinden übermittelt wird, die für ihre angemessene Bekanntmachung sorgen.

Art. 10
(Bestimmungen zum Schutz des Höhlenbestands und der Schluchten)

1. Der Zugang zu den Höhlen ist frei, unbeschadet der Rechte von Eigentümern und Dritten sowie eventueller Verbote oder Einschränkungen, die möglicherweise in anderen Bestimmungen vorgesehen sind.

2. Im Sinne des vorliegenden Gesetzes ist es verboten, in den Höhlen:
a) Karstformationen zu zerstören, aufzufüllen und zu beschädigen bzw. ihre Morphologie dauerhaft zu verändern;
b) Abfälle abzulagern und jegliche Art von Abwässern laut Gesetzesverordnung 152/2006 abzuleiten;
c) dauerhafte Umwelteinwirkungen zu verursachen, insbesondere Veränderungen des Wasserhaushalts oder Beeinträchtigungen des Ökosystems;
d) Tracertests der Wasserläufe durchzuführen; ausgenommen hiervon sind eventuelle Forschungszwecke, die der zuständigen Regionalbehörde gemäß Artikel 9, Absatz 1 im Vorfeld mitgeteilt wurden, unbeschadet der eventuell vorgesehenen Erfüllungen;
e) Konkretionen zu entfernen; ausgenommen hiervon sind eventuelle Forschungszwecke, die der zuständigen Regionalbehörde gemäß Artikel 9, Absatz 1 im Vorfeld mitgeteilt wurden;
f) paläontologische, palethnologische oder archäologische Fundstücke gemäß Titel II, Teil vier der Gesetzesverordnung 22. Januar 2004 Nr. 42 zu entfernen (Kodex der Kultur- und Landschaftsgüter, gemäß Artikel 10 des Gesetzes 6. Juli 2002 Nr. 137).

3. Im Sinne des vorliegenden Gesetzes gelten für die Schluchten die Verbote laut Absatz 2, Buchstaben a), b) und c).

4. Die Verbote laut Absatz 2 gelten nicht für Eingriffe im Rahmen von Rettungsarbeiten; die Verbote laut Absatz 2, Buchstabe a) gelten nicht für Eingriffe, die zur Erkundung und Sammlung geeigneter Proben zu Untersuchungszwecken notwendig sind.

5. Falls bei irgendeiner Art von Arbeiten eine Grotte oder künstliche Höhle entdeckt wird, muss dies zur Aktualisierung des Höhlenkatasters innerhalb von 10 Tagen an die Regionalbehörde gemäß Artikel 9, Absatz 1 gemeldet werden.

6. Die Regionalbehörde gemäß Artikel 9, Absatz 1 erlässt Verfügungen, um eine Zerstörung, Sperrung, Beschädigung, Verschandelung und Verunzierung der Höhlen zu vermeiden.

Art. 11

(Bestimmungen zur Verwaltung des Höhlenbestands)

1. Die Region ist für die Überwachung des Erhaltungszustands des Höhlenbestands zuständig.

2. Es können per Beschluss des Regionalrates Höhlen von besonderem öffentlichen Interesse für die Verfügungen gemäß Teil drei der Gesetzesverordnung 42/2004 festgelegt werden.

3. Um einen angemessenen Schutz der Höhlen gemäß Absatz 2 zu garantieren, muss jede andere als ihre höhlenkundliche Nutzung vorher von der Regionalbehörde gemäß Artikel 9, Absatz 1 oder von den Parkverwaltungen im Rahmen ihrer Zuständigkeitsbereiche genehmigt werden, nachdem ein entsprechender Nutzungsplan einschließlich eines erläuternden Berichts über die Auswirkungen der vorgesehenen Tätigkeiten vorgelegt wurde.

4. Um aus Gründen des öffentlichen Interesses einen Zugang zu den Höhlen zu gewähren, kann die Region die Errichtung freiwilliger Wegerechte fördern.

5. In den Regionalparks und benachbarten Gebieten können dem Betreiber des Schutzgebietes der Zugang, die Erforschung und die Erkundung der Höhlen genehmigt werden, ebenso wie das eventuelle Freiräumen zu Wissenschafts- oder Forschungszwecken, sofern diese laut der Verordnung bzw. dem Erhaltungs- und Entwicklungsplan des betroffenen Schutzgebietes vorgesehen sind.

6. Die eventuelle Absperrung von Höhleneingängen muss vorher zusammen mit einem erläuternden Bericht über das Vorhaben bei der Regionalbehörde gemäß Artikel 9, Absatz 1 gemeldet werden, die innerhalb von 30 Tagen die notwendigen Vorschriften für den Schutz der unterirdischen Gebiete erlassen kann. Die Absperrung von Höhleneingängen aus nachgewiesenen Sicherheitsgründen kann auch erst nach der Durchführung an die Regionalbehörde gemäß Artikel 9, Absatz 1 gemeldet werden, allerdings innerhalb einer Frist von 30 Tagen.

7. Die Eröffnung neuer Höhlen für die touristische Nutzung gemäß Artikel 2, Absatz 1, Buchstabe l) und ihre Verwendung zu wirtschaftlichen, touristischen und gesundheitlichen Zwecken muss vorher von der Regionalbehörde gemäß Artikel 9, Absatz 1 oder von den Parkverwaltungen im Rahmen ihrer Zuständigkeitsbereiche genehmigt werden, nachdem ein entsprechender Nutzungsplan einschließlich eines erläuternden Berichts über die Auswirkungen der vorgesehenen Tätigkeiten vorgelegt wurde. Unbeschadet eventueller Auflagen in Bezug auf Bodendenkmal-, Natur- und Landschaftsschutz und sonstiger Einschränkungen unterliegt die Genehmigung und Durchführung der Vorhaben der Einhaltung anderer einschlägiger Vorschriften.

8. Alle Tätigkeiten im Zusammenhang mit den touristisch genutzten Höhlen gemäß Artikel 2, Absatz 1, Buchstabe l) müssen dem Grundsatz der nachhaltigen Entwicklung gemäß Artikel 3 quater der Gesetzesverordnung 152/2006 entsprechen. Die Realisierung dauerhafter Einrichtungen wie unterirdischer Klettersteige und fester Treppen in Höhlen, die nicht unter die Definition gemäß Artikel 2, Absatz 1, Buchstabe l) fallen, wird durch die Ausführungsbestimmungen laut Artikel 15 geregelt.

Weitere Informationen:
http://www.regione.fvg.it/rafvg/cms/RAFVG/ambiente-territorio/tutela-ambiente-gestione-risorse-naturali/FOGLIA201/FOGLIA17/

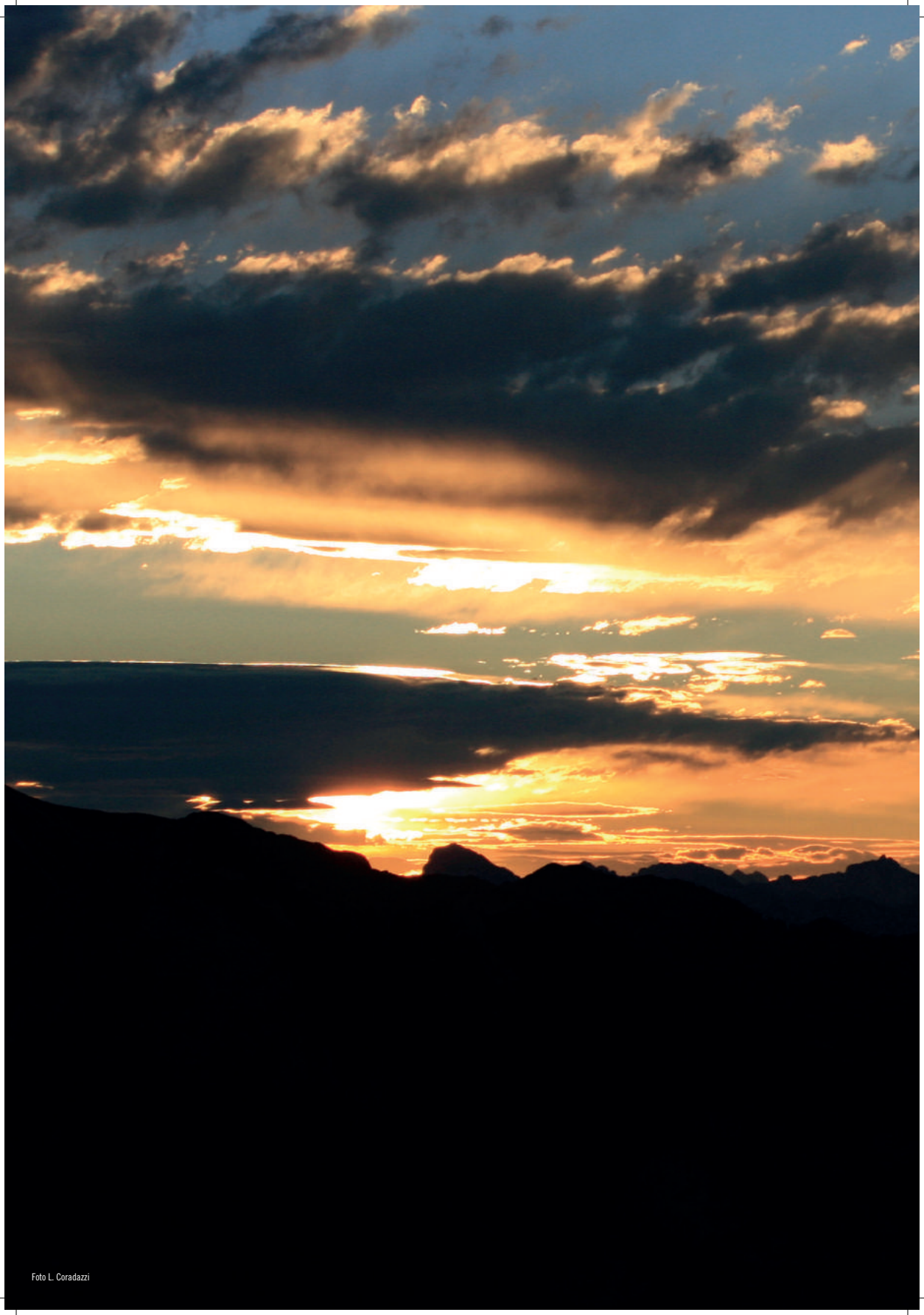


Foto L. Coradazzi



Gedruckt in Paluzza (UD)
in der Druckerei C. Cortolezzis
im Januar 2019 für die
Autonome Region Friaul-Julisch Venetien
Generaldirektion für Umwelt und Öffentliche Arbeiten
Geologischer Dienst

Copyright® 2019
Autonome Region Friaul-Julisch Venetien