Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Luzern
Band: 31 (1990)

Artikel: Der geologische Wanderweg am Titlis (Engelberg OW)
Autor: Hotz, Benedict A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-523704

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

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

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

Download PDF: 08.01.2026

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

Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern | Band 31 1990

Der geologische Wanderweg am Titlis (Engelberg OW)

BENEDICT A. HOTZ

Vorwort

Im Anschluss an die Diplomarbeit «Zur Geologie zwischen Jochpass und Titlis» entstand in enger Zusammenarbeit mit den Bergbahnen Engelberg–Trübsee–Titlis ein geologischer Wanderweg zwischen Trübsee und Titlis-Stand (Eröffnung: Juli 1991). Dieser Weg hat zum Ziel, die Erdwissenschaften, insbesondere die Geologie der Umgebung von Engelberg, interessierten Laien näherzubringen.

Das Verständnis der sechs Wegtafeln setzt keine besonderen Vorkenntnisse voraus; doch lässt es sich nicht vermeiden, einige Fachausdrükke einzuführen. Für das bessere Verständnis geologischer Prozesse im Engelberger Tal sind die vorliegenden Ausführungen empfohlen.

Einzelne Erklärungen zur allgemeinen Geologie sind daher jenen von H. HEIERLI zum geologischen Wanderweg am Hohen Kasten (Säntisgebirge) ähnlich.

Abschliessend sei allen gedankt, die mir bei der Bearbeitung und Verwirklichung des Wanderweges beigestanden sind.

Préface

Le travail de diplôme «Etudes géologiques de la région entre Jochpass et Titlis» fut poursuivi par la réalisation d'un itinéraire géologique entre Trübsee et Titlis-Stand (inauguration: Juillet 1991) avec la collaboration des chemins de fer de montagne Engelberg–Trübsee–Titlis. Le but de cet itinéraire est de faire mieux comprendre les sciences naturelles, en particulier la géologie des alentours d'Engelberg, aux amateurs.

Les textes des six pancartes n'exigent pas de connaissances préliminaires, il s'est avéré pourtant inévitable d'introduire quelques termes techniques. Les études présentées ici devraient servir à une meilleure compréhension des processus géologiques survenus dans la vallée d'Engelberg. Quelques explications portant sur la géologie en général sont semblables à celles que donna H. HEIERLI dans son commentaire de l'itinéraire géologique au Hohen Kasten (Säntisgebirge).

Pour terminer je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué à la réalisation et au commentaire de l'itinéraire.

Introduction

Following a thesis on «Geology between the Joch Pass and Titlis», and with the support of the mountain-railways Engelberg–Trübsee–Titlis, a geological trail has been constructed between Lake Trübsee and Titlis Stand (inauguration: July 1991).

The purpose of this trail is to bring geological manifestations, especially those around Engelberg, closer to the interested layman.

Specialist knowledge is not necessary to follow the 6 signboards, but certain technical terms could not be avoided. For a better comprehension of the geological processes in the Engelberg valley, the comments in question are to be recommended. Certain explanations on general geology are therefore similar to those by H. Heierli found on the geology path on the Hohen Kasten (Säntis range).

Finally, thanks to all whose support made the preparation and the realization of the trail possible.

Zusammenfassung

Die Berge um Engelberg werden vorab von Gesteinen aufgebaut, die im Erdmittelalter, vor 230–65 Millionen Jahren (Ma) vor heute, in einem flachen Meer abgelagert worden sind. Die sandigen Sedimente wurden von einem Festland im Norden in das Ur-Mittelmeer geschüttet. Klimatisch gesteuerte Meeresspiegel-Schwankungen bewirkten Ablagerungsrhythmen. So änderte sich die Gesteinsausbildung mit der Zeit und der Wassertiefe. Der massige Kalk der Jüngeren Jurazeit, der Quintner Kalk, wurde vor zirka 140 Ma unter geringerer Wassertiefe abgelagert als die dunklen Schiefertone des Mittleren Jura, der Bommerstein-Serie, vor 180 Ma.

Mit dem Beginn der Alpenfaltung, vor 58 Ma, ausgelöst durch den Zusammenschub von Afrika und Ur-Europa, wurden Teile des Ur-Mittelmeers geschlossen und die darin abgelagerten Sedimente aus ihrem Untergrund ausgeschert und aufeinander geschoben.

Über Jahrmillionen wurden die Schichten verfaltet und deckenartig übereinander geschoben. Die so entstandenen Sedimente wurden als Dekken, jene der Engelberger Gegend als Helvetische Decken zu den Helvetischen Kalkalpen, gestaucht.

Um Engelberg lassen sich kleinere Einheiten unterscheiden: Wissberg-Scholle, Axen- und Druesberg-Decke. Sie liegen als Helvetische Decken über einem kaum bewegten Kristallin-Sockel mit seiner Sedimenthülle.

Résumé

Les montagnes autour d'Engelberg sont composées avant tout de minéraux sédimentés il y a 230–65 millions d'ans (Ma), au moyen-âge géologique, dans une mer peu profonde. Les sédiments sableux furent apportés d'une terre ferme située dans le nord et déposés dans la Méditerrannée primitive. Des oscillations du niveau de la mer dues à des changements climatiques ont eu pour effet des rythmes sédimentaires. C'est ainsi que la formation géologique a changé avec le temps et la profondeur de l'eau. Le calcaire du jurassique récent, le calcaire Quinten, fut sédimenté il y a environ 140 Ma à moins de profondeur que l'argile schisteuse foncée du jurassique moyen, la série Bommerstein il y a 180 Ma. Avec le début du plissement des Alpes provoqué par le rapprochement de l'Afrique et de l'Europe primitive il y a 58 Ma, des parties de la Méditerrannée primitive furent fermées et avec la poussée les sédiments furent séparés de leur couche et superposés. Pendant des millions d'années les couches furent pliées et superposées comme des couvertures. Les sédiments ainsi faits furent tassés en couches, celles des environs d'Engelberg furent poussées comme couches helvétiques en direction des Alpes calcaires helvétiques.

On peut distinguer de petites unités autour d'Engelberg: Wissberg-Scholle, Axen- et Druesberg-Decke. Elles font partie des couches helvétiques sur un socle cristallin qui a peu bougé avec sa couverture sédimentaire.

Abstract

The mountains around Engelberg are composed of rock deposited in a flat sea in the Mesozoic era 230–65 million years (Ma.) ago. Sandy sediment was poured into the primary Mediterranean (Thetys) from a northern mainland. Variations of sea-level caused by climate changes occasioned a rhythm in sedimentation. The rock formation thus changed with time and depth of water. The bulky limestone of the later Jura period (Quintner Kalk) was deposited around 140 Ma. in shallower water than was the dark schist of the middle Jura period (Bommerstein formation) 180 Ma. ago. When the Alps began to fold 58 Ma. ago set off by the thrust of Africa against Europe, parts of the primary Mediterranean were closed in and

the deposited sediment, drawn out of line with its subsoil, was thrust over the latter.

The layers were folded over millions of years in the form of a nappe piled one over the other. The deposits thus formed were jolted into a sedimentary cover and those of the Engelberg region as Helvetian nappes over the Helvetian Limestone Alps. Smaller units may be distinguished around Engelberg: the Wissberg Block and the Axen and Druesberg nappes. As the Helvetian nappes, they all lie over a scarcely touched cristalline base with its sedimentary cover.

1. Einleitung

Engelberg lässt sich von Luzern bequem mit der Luzern–Stans–Engelberg-Bahn (LSE) erreichen. Die Gemeinde bildet mitten im Kanton Nidwalden eine Exklave des Kantons Obwalden und wird ausserdem durch die Kantone Uri und Bern begrenzt.

Am Abhang des Titlis, südlich von Engelberg, verbindet der geologische Wanderweg zwei Seilbahnstationen über den Laubersgrat (Abb. 1).

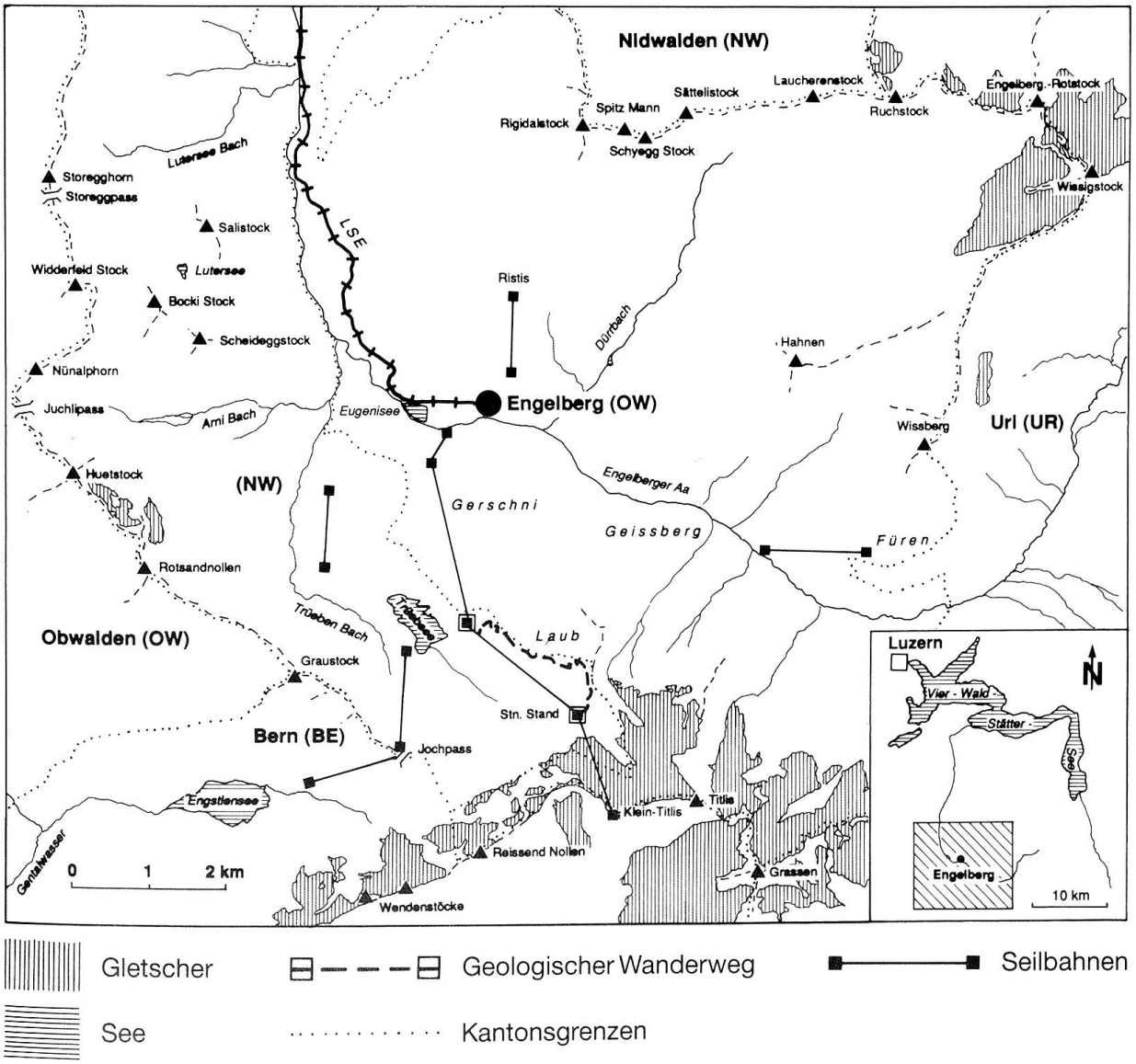


Abb. 1: Überblick über das Gebiet von Engelberg.

Nach einer Gondelfahrt bis zur Station Trübsee (1800 m) lässt sich der Weg bergwärts in Richtung Station Stand (2428 m) in angenehmer Wanderung begehen. Dennoch ist gutes Schuhwerk und eventuell ein Regenschutz ratsam.

Die 630 Höhenmeter werden über eine Länge von rund 3 Kilometern überwunden. Die Wanderzeit beträgt bergwärts 1¾–2 Stunden und talwärts 1¼–1½ Stunden. Die geologischen Informationen sind so gestaltet, dass der Weg von unten nach oben oder umgekehrt begangen werden kann. Sie bestehen aus sechs Einzeltafeln mit einer knappen Beschreibung der vom Standort aus zu erkennenden Geologie. Davon zeigen fünf Panoramatafeln die Umgebung durch das Auge eines Geologen.

2. *Geologisches Verständnis*

Die Geologie als Lehre vom Bau der Erde befasst sich hauptsächlich mit der Erdgeschichte und den darin ablaufenden Vorgängen. Sie versucht, ein möglichst genaues Bild unseres Planeten seit seiner Entstehung zu zeigen.

Der Geologe bedient sich bei seinen Untersuchungen eines anderen Zeitmassstabes als der Historiker und rechnet oft in Millionen von Jahren (Ma). Dies ist angesichts von Langsamkeit und Langfristigkeit der meisten geologischen Prozesse sinnvoll.

Spektakuläre geologische Ereignisse, wie die Auffaltung von Gebirgen und die Verschiebung von Kontinenten, dauern meist mehr als hundert Ma. Bei grossen Verschiebungen über Hunderte von Kilometern ergibt sich eine jährliche Ortsveränderung von nur wenigen Zentimetern oder Millimetern.

2.1 Die geologische Zeitmessung

Für die Zeitmessung sind in der Geologie die alltäglichen Hilfsmittel kaum brauchbar. Es geht daher primär um eine *relative* Datierung einzelner Gesteinsschichten zueinander, und nur sekundär ist die *absolute* von Interesse.

Als wichtigste Grundlage der relativen Zeit-«Messung» gilt, dass Ablagerungen um so jünger sind, je höher oben sie im ungestörten Schichtverband liegen (stratigraphisches Grundgesetz).

Versteinerte Überreste von Lebewesen, besonders deren Hartteile, werden als *Fossilien* bezeichnet. Dank ihrer oft weltweiten Verbreitung lassen sich einzelne Gesteinsschichten zeitlich über Kontinente hinweg in Beziehung bringen (Leitfossilien).

Zudem zeigen gewisse Fossilien im Laufe der Erdgeschichte eine Weiterentwicklung (Evolution), so dass sie zur *relativen Altersbestimmung* verwendet werden können. Mit ihrer Hilfe kann gesagt werden, welche von zwei Gesteinsschichten die ältere ist, jedoch nicht, wie alt die beiden *absolut* sind.

Häufig sind Fossilien gar die einzigen Datierungshilfen, da oft ähnlich ausgebildete Gesteine in verschiedenen Altersstufen auftreten oder, weil Zeiten der Nichtablagerung von Gesteinsgut, Lücken in der Überlieferung hinterlassen (Schichtlücken).

Für die Bestimmung des *absoluten* Alters eines Gesteins oder eines geologischen Ereignisses sind gewisse Zeitmarken notwendig. So können jüngere Fluss- und Seeablagerungen anhand der Jahresschichtung (Änderung des Ablagerungsrhythmus übers Jahr) bis etwa vor 10000 Jahren absolut gegliedert werden. Ähnlich funktioniert die Altersbestimmung durch Auszählen von Jahrringen bei fossilen Bäumen. Beide Methoden ergeben aber wegen Unterbrüchen in der Ablagerung ein Mindestalter und sind für sehr alte Gesteine ungeeignet, da bei zunehmendem Alter die rhythmische Schichtung immer mehr verwischt wird.

Besser ist die Messung des Zerfalls von radioaktiven Elementen. Sie ist heute die am weitesten zurückreichende Methode zur Bestimmung des absoluten Alters. Radium, Radiokarbon, Tritium und andere instabile Elemente zerfallen, ohne Beeinflussung durch äussere Umstände, in genau bestimmten Zeiten zur Hälfte in ihre stabilen Zerfallsprodukte (Halbwertszeit). Finden sich also Mineralien mit solchen radioaktiven

Elementen im Gestein eingeschlossen, lässt sich das Alter der Bildung dieser Mineralien und damit des Gesteins berechnen. Absolute Zeitmarken (vgl. Tab.1–4) sind jedoch mit Vorsicht zu geniessen, da diese Methode mit einem Messfehler von +/– 10 Prozent behaftet ist.

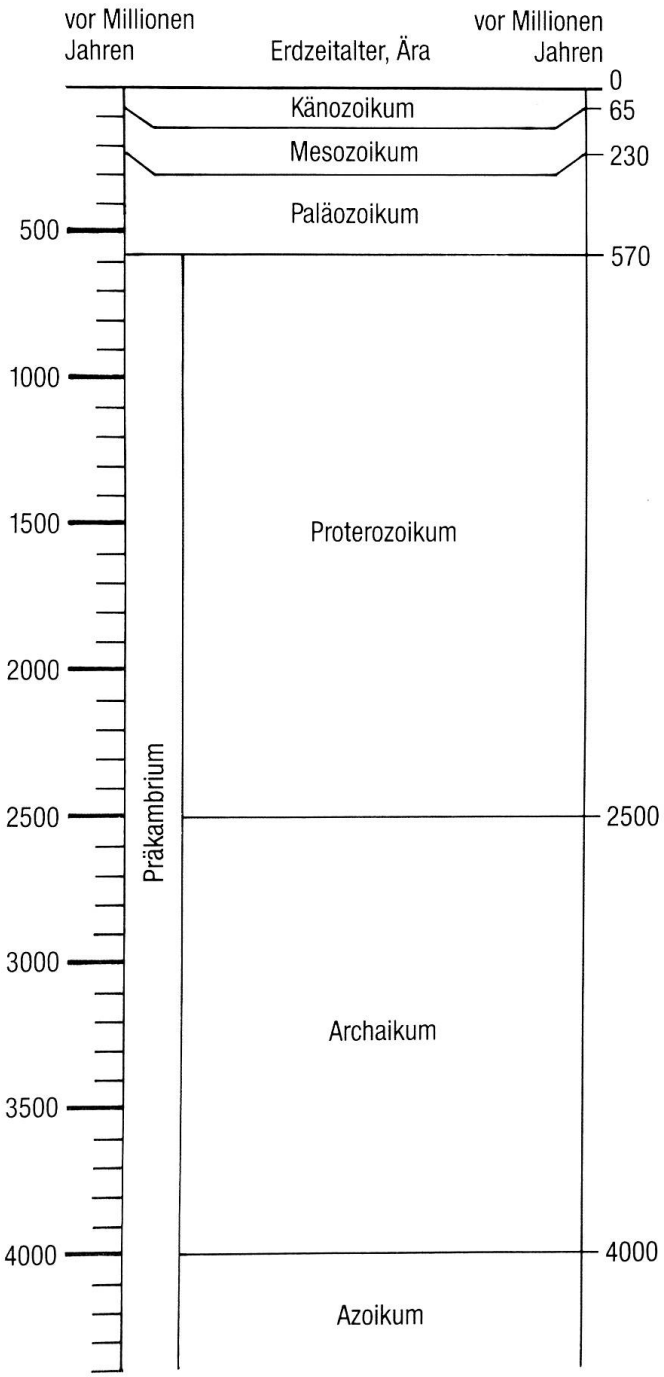
2.2 Erdgeschichte

Die Erdgeschichte wird in mehrere grössere Zeitabschnitte, in Erdzeitalter oder Ären unterteilt. Da die erhalten gebliebenen Fossilien am wichtigsten für die Identifizierung von Ablagerungsgesteinen sind und da in ihnen die stammesgeschichtliche Entwicklung der Lebewesen zum Ausdruck kommt, benennt man die Erdzeitalter nach der jeweiligen Ausbildung von Fauna und Flora. Im *Azoikum* («Ohne Leben», Erdurzeit) fehlen noch jegliche Fossilien, während sich im *Archaikum* erstes bakterielles und im *Proterozoikum* pflanzliches Leben entwikkelt. Das *Paläozoikum* («Alt-Tierzeit», Erdaltertum) bildet die Epoche urtümlichen Lebens: Die Wirbellosen, wie muschel-, schnecken- und korallenähnliche Lebewesen, herrschen vor, während Fische und Amphibien noch die einzigen Vertreter der Wirbeltiere sind. Im Mittleren Erdaltertum entwickeln sich die ersten Landpflanzen; zuerst Moose, Bärlappe und Farne, dann erste Bäume und Wälder.

Im *Mesozoikum* («Mittel-Tierzeit», Erdmittelalter) entwickeln sich verschiedene Reptilien und Saurier, von denen die Dinosaurier zu den grössten an Land lebenden Vertretern gehören. Daneben erleben Muscheln, Schnecken und Ammoniten (ausgestorbene Tintenfisch-Verwandte) ihre Blüte. An der Wende zum *Neo-* oder *Känozoikum* («Neu-Tierzeit», Erdneuzeit) sterben viele Tierarten aus, darunter als typischste Vertreter die Saurier und die Ammoniten. Es entwickeln sich verstärkt die Säugetiere, Insekten und Vögel. Erste Blütenpflanzen treten auf.

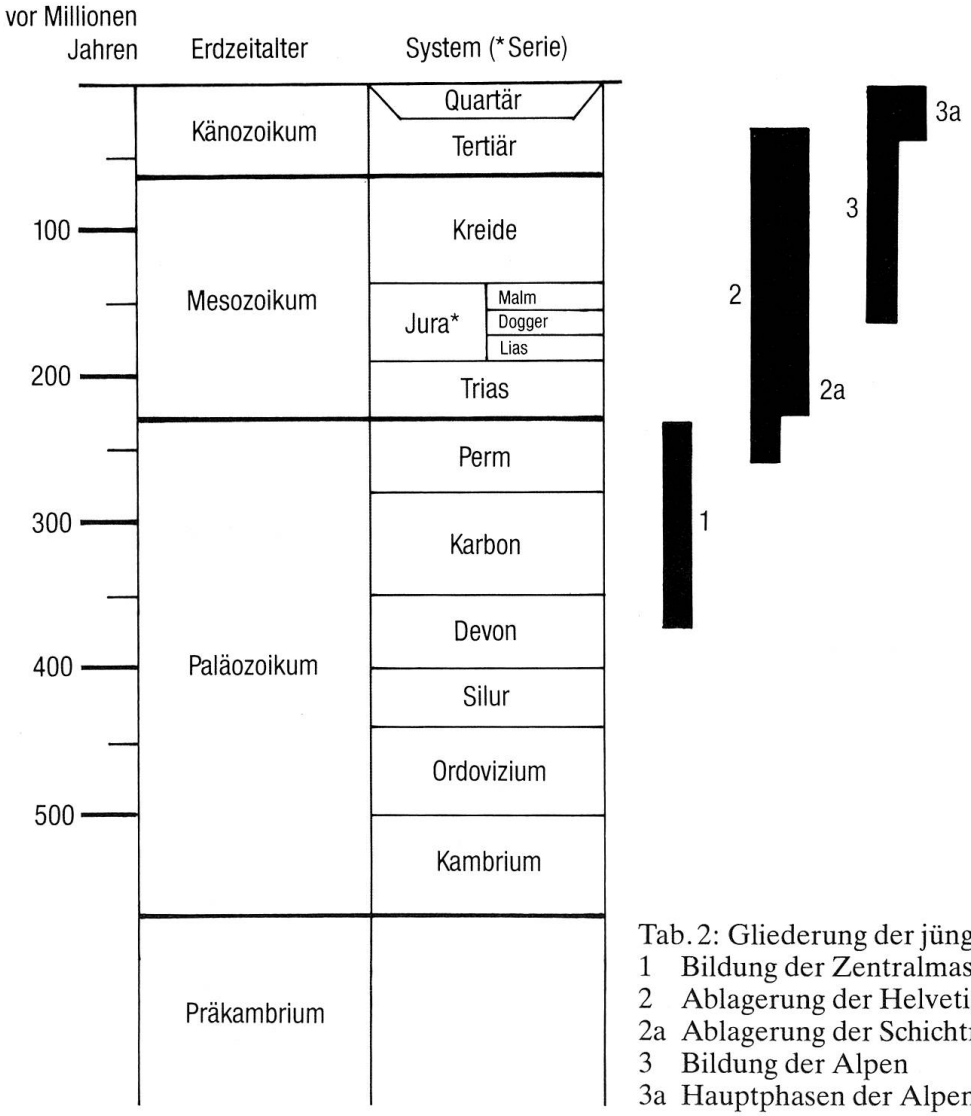
In den Tabellen 1–3 sind die Zeiten der Erdgeschichte massstäblich aufgetragen. Die Erdzeitalter werden unterteilt in Systeme, diese wiederum in Serien und Stufen. Als Formationen bezeichnet man Gesteinsserien, die aufgrund ihrer Zusammensetzung und ihres Alters charakterisiert sind (vgl. Abb.3) und daher über ein grösseres Gebiet verglichen werden können.

Tabelle 1



Tab.1: Gliederung der Ergeschichte.

Tabelle 2



Tab. 2: Gliederung der jüngeren Erdgeschichte
1 Bildung der Zentralmassive
2 Ablagerung der Helvetischen Schichtreihe
2a Ablagerung der Schichtreihe um Engelberg
3 Bildung der Alpen
3a Hauptphasen der Alpenfaltung

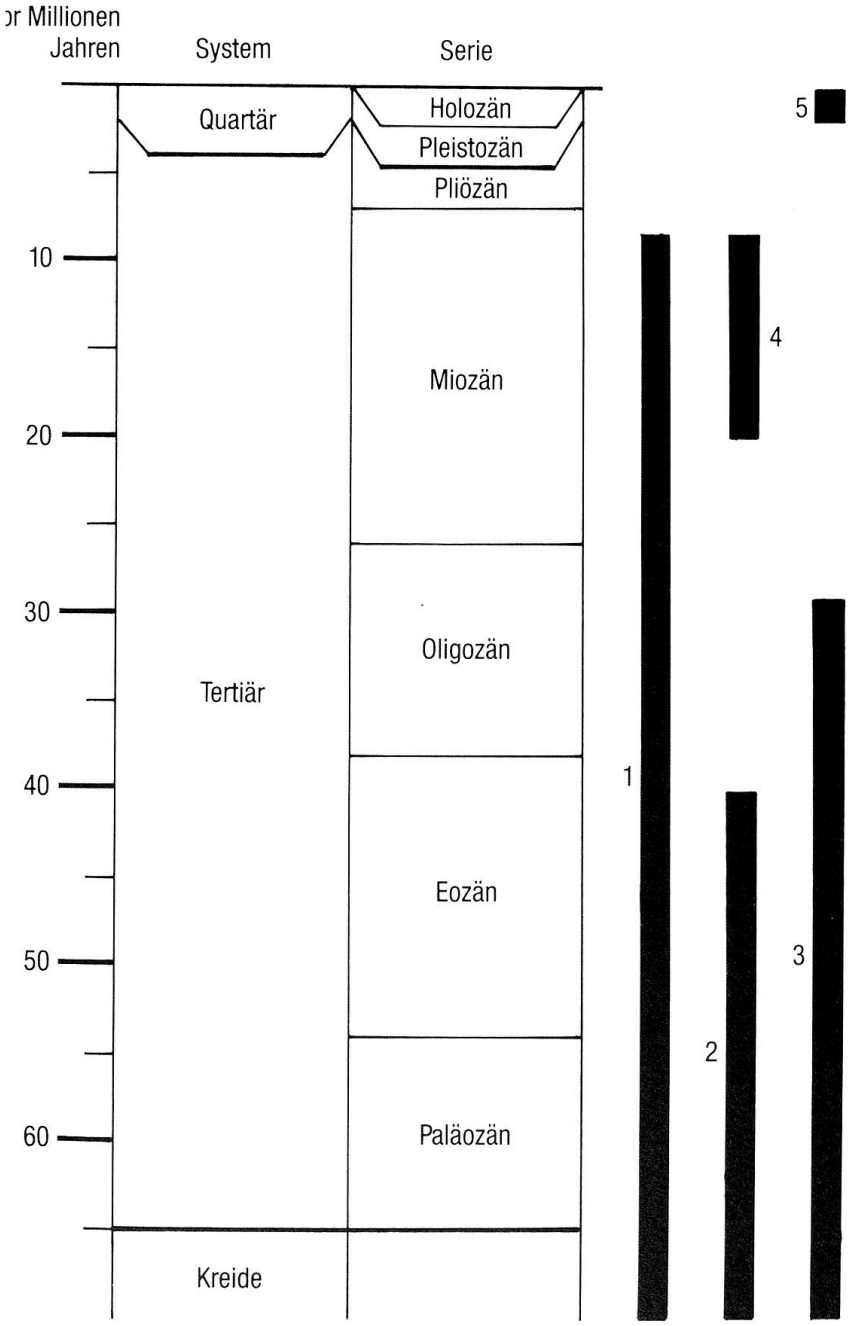
Ereignisse, die für das Gebiet um Engelberg wichtig sind, wurden auf den Tabellen 2 und 3 zeitlich geordnet dargestellt. Aus Tabelle 2 ist ersichtlich, dass hier Gesteine von der Trias bis ins Tertiär vertreten und dass die meisten Gebirge in der letzten Phase der Alpenfaltung entstanden sind.

2.3 Gesteine

Die Gesteine unserer Erde lassen sich aufgrund ihrer Entstehung im wesentlichen in drei Gruppen unterteilen. Wir unterscheiden zwischen *Erstarrungsgestein, Ablagerungsgestein* und *Umwandlungs-(Metamorphem)-Gestein.* Die Unterschiede in der Entstehung bewirken Unterschiede im Aussehen und im Aufbau der einzelnen Gesteinsgruppen.

So zeigen die *Erstarrungs-* und *Ergussgesteine,* die durch Abkühlung von heissem, flüssigem Gesteinsbrei (Magma) aus dem Erdinnern entstanden sind, einen Aufbau aus einzelnen, verschieden grossen Mineralkristallen. Diese Kristalle wachsen meist relativ unkontrolliert in alle Richtungen. Solche, aus einzelnen Kristallen aufgebaute Gesteine werden oft als Kristallin-Gesteine bezeichnet.

Tabelle 3



Tab. 3: Gliederung des Känozoikums
1 Bildung der Alpen, Hauptphasen
2 Ablagerung der Gesteine um Engelberg
3 Ablagerung der Flyschgesteine
4 Faltung der Engelberger Gebirge
5 Eiszeitalter

Unter der Bezeichnung Ablagerungs- oder *Sedimentgestein* fallen all jene Gesteine, die durch das Abtragen (Erosion) anderer Gesteine an der Erdoberfläche, durch biologisches Wachstum oder chemische Abscheidung entstanden sind. Bei der Sedimentation, der Ablagerung losgelöster Gesteinstrümmer und Mineralkörner, entsteht ein deutlicher Aufbau, wobei eine veränderte Mineralzusammensetzung eine Schichtung bewirkt. Schichten mit anderem Gesteinsinhalt (Lithologie) werden durch Schichtflächen begrenzt.

Metamorphe Gesteine entstehen als Umwandlungsprodukte meist durch starke Belastung aus oben genannten Gesteinsarten.

Tabelle 4

Serie	Stufe	Menschliche Kulturen	Jahre vor heute
Holozän	kühlere Zeit	Historische Zeit	2000
		Eisen-Zeit	2500
	Warmzeit	Bronze-Zeit	4800
		Neolithikum	5600
	Daunstadium	Mesolithikum	10000
Jung-	Gschnitz-Stadium	Jung-	22000
	Bühlstadium		30000
	Würm-Eiszeit		120000
	Riss-II-Würm-Warmzeit	Mittel-Paläolithikum	180000
Mittel-Pleistozän	Riss-II-Eiszeit		190000
	Riss-I-Riss II-Warmzeit		220000
	Riss-I-Eiszeit		240000
	Mindel-Riss-I-Warmzeit		420000
	Mindel-Eiszeit		480000
Alt-	Günz-Mindel-Warmzeit	Alt-	530000
	Günz-Eiszeit		590000
	Donau-Kalt- und Warmzeiten (mehrere)		800000
Pliozän			bis 1 Million Jahre

Tab. 4: Gliederung des Quartärs (Zeiten nicht massstäblich).

Unter hohen Drucken und Temperaturen, wie sie bei geologischen Prozessen möglich sind, können früher auskristallisierte oder abgelagerte Gesteine neu aufschmelzen und ihre Mineralien in einer bevorzugten Richtung wachsen. Dadurch entsteht die für Metamorphe Gesteine typische Schieferung und ihr flächiger Aufbau (z. B. Gneis).

2.3.1 Die Schichtfolge der Helvetischen Decken der Zentralschweiz

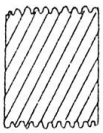
Die Gesteine im Grossraum Engelberg gehören zum kristallinen Unterbau, seiner Bedeckung und von weiter südlich ausgescherten und verfrachteten Helvetischen Decken. Diese bestehen aus Gesteinen, die im Mesozoikum in einem flachen Meer, auf einem Schelf, abgelagert wurden. Es sind vor allem Kalke, die aus dem Meerwasser abgeschieden wurden und den grössten Teil der oft mächtigen Gesteinsschichten ausmachen. Je nach Meerestiefe unterscheidet sich die Zusammensetzung der Kalke.

Ein Gestein lässt sich anhand von bestimmten Grössen wie z. B. Mineralkorngrösse, Fossilien und Ablagerungsstrukturen einem bestimmten Ablagerungsbereich – je nach Meerestiefe – zuordnen. Bei Meeresspiegel-Schwankungen kommt es zu einer Verschiebung der Ablagerungsbereiche und somit zu einer Veränderung der Gesteinsausbildung. Es entstehen einzelne

Tabelle 5

SYSTEM	SERIE	AUTOCHTHON (Parautochthon)	FLYSCH	WISSBERG-SCHOLLE	AXENDECKE	DRUESBERG-DECKE
TERTIÄR	Ol.		Dachschiefer-G.			
			Tavayannaz-S.			
	Eocän	Globigerin.-Sch.	Globigerinen-S.			
		Hohgantsst.	Hohgantsst.			
		Cerithien-S.	Nummulitenk.			
		Bohnerz-Fm.	Sandkalk		Alttertiär	Alttertiär
KREIDE	Ober-		Wang-Sch.			Wang-Sch.
						Amden-S.
						Seewen-S.
						Garschellas-
	Unter-				Schratten K.	Schratten-K.
					Druesberg-S.	Druesberg-S.
			Kieselkalk		Kieselkalk	Kieselkalk
					Betlis K.	Betlis K.
		Öhrli-Fm.		Öhrli-Fm.	Öhrli-Fm.	Valang. Kalk
		Troskalkbrekz.		Zementstein-S.	Zementstein-S.	Zementstein-S.
JURA	Malm	Quintner K.		Quintner K.	Quintner K.	Quintner K.
		Schilt-Sch.			Schilt-Sch.	Schilt-Sch.
	Dogger	Blegi-Oolith				
		Reischiben-S.			Reischiben-S.	Reischiben-S.
		Bommerstein-			Bommerstein-Serie S.L.	Bommerstein-Serie S.L.
		Molser Serie				
	Lias				Brunnistock-S.	Brunnistock-S.
					Sexmor-S.	Sexmor-S.
					Spitzmeilen-S.	Spitzmeilen-S.
					Prodkamm-S. Cardinien-S.	
					Infralias	
TRIAS					Quartengruppe	
		Röti-Dolomit			Röti-Dolomit	
		Melser Gruppe				

Tab. 5: Die Formationsnamen der Einheiten um Engelberg.



nicht abgelagerte oder abgetragene Formationen

Schichten und Schichtflächen, die, je nach Alter und Ausbildung, spezielle Formationsnamen erhalten haben.

In Tabelle 5 finden sich die *Formationsnamen* der Helvetischen Decken für das Engelberger Gebiet. Der Schichtaufbau der einzelnen Formationen ist in Form eines Profils in Abb. 3 dargestellt. Nach dem stratigraphischen Grundgesetz liegen die ältesten Schichten zuunterst, die jüngsten zuoberst. Zum Verständnis der vom Geologen verwendeten Signaturen sind in Abb. 2 einige Beispiele zu finden.

Die *Ablagerungs-Geschichte* der Gesteine der Helvetischen Decken lässt sich kurz umreissen: Ein aus Granit und Gneisen bestehendes Festland wurde in der Trias-Zeit allmählich von einem seichten Meer überflutet. Davon zeugen die chemisch ausgeschiedenen Dolomite und Kalke. Im hinteren Engelberger Tal lässt sich dieser Kontakt von Festland und einsetzenden Meeresablagerungen verfolgen (vgl. Abb. 9). Der Gneis (Kristallin des Aarmassives in Abb. 9) ist der Rest des ehemaligen Festlandes; darüber setzen die Sedimente aus der Triaszeit ein (siehe auch Profil auf Tafel 5).

Während des Mesozoikums blieb das Flachmeer erhalten. Die grosse Mächtigkeit der Helvetischen Schichtabfolge von über 1000 m lässt den Schluss zu, dass sich der Meeresboden langsam senkte. Dies wiederum führte zu einer Senkung des Meeresspiegels und zur Änderung der Ausbildung einzelner Schichten. So wechseln heute Kalke und tonigere, merglige Serien ab. In der Mitte der Kreidezeit sorgte das Zurückweichen des Meeres für die Heraushebung einzelner Gebiete, die dadurch dem Abtrag ausgesetzt wurden.

Die tonigen, weichen Zwischenschichten dienten später bei der Alpenfaltung oft als Gleitflächen, auf denen ganze Schichtpakete aus dem Zusammenhang gerissen und verfrachtet wurden.

2.3.2 Flysch

Dieser Gesteinskomplex enthält hauptsächlich Ablagerungen aus der jüngeren Kreide

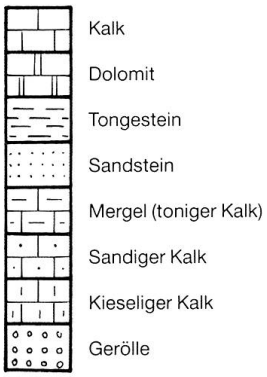


Abb. 2: Einige geologische Signaturen.

und dem älteren Tertiär. Er erhielt seinen Namen wegen der Tendenz zu Rutschungen an geneigten Hängen, wie solche am Geissberg oder am Rindertitlis zutage treten («Bodenfliessen»). Flyschgesteine wurden in frühen Phasen einer Gebirgsbildung abgelagert. Unter Meeresbedeckung wird Schutt aufsteigender Gebirge in oft tiefen Becken abgelagert. An den steilen Hängen dieser Sedimentströge kommt es häufig zu untermeerischen Rutschungen, was zu einer unruhigen Lagerung des Schuttmaterials führt. Meist sind die Fossilien in diesen Gesteinen nur mit der Lupe feststellbare Reste von Mikroorganismen, die auf eine Herkunft aus beträchtlicher Meerestiefe schliessen lassen. Die Flyschgesteine wurden in einer späteren Phase in die Gebirgsbildung miteinbezogen und gefaltet.

2.3.3 Molasse

In unserem Gebiet sind nirgends Molassegesteine anzutreffen. Da sie jedoch den grössten Teil des Schweizer Mittellandes aufbauen und es für das Verständnis von Abb. 7 hilfreich ist, sei kurz darauf eingegangen.

Als Molasse werden generell Ablagerungen im Vorland eines entstandenen Gebirges bezeichnet. In unserem Fall entstand durch die Hebung der Alpen am Nordrand eine Senke, die nach und nach durch Verwitterungsschutt aus den Alpen aufgefüllt wurde. Die Molasse unterscheidet sich jedoch vom Flysch zeitlich – sie löst ihn ab – und in ihrem Ablagerungsraum.

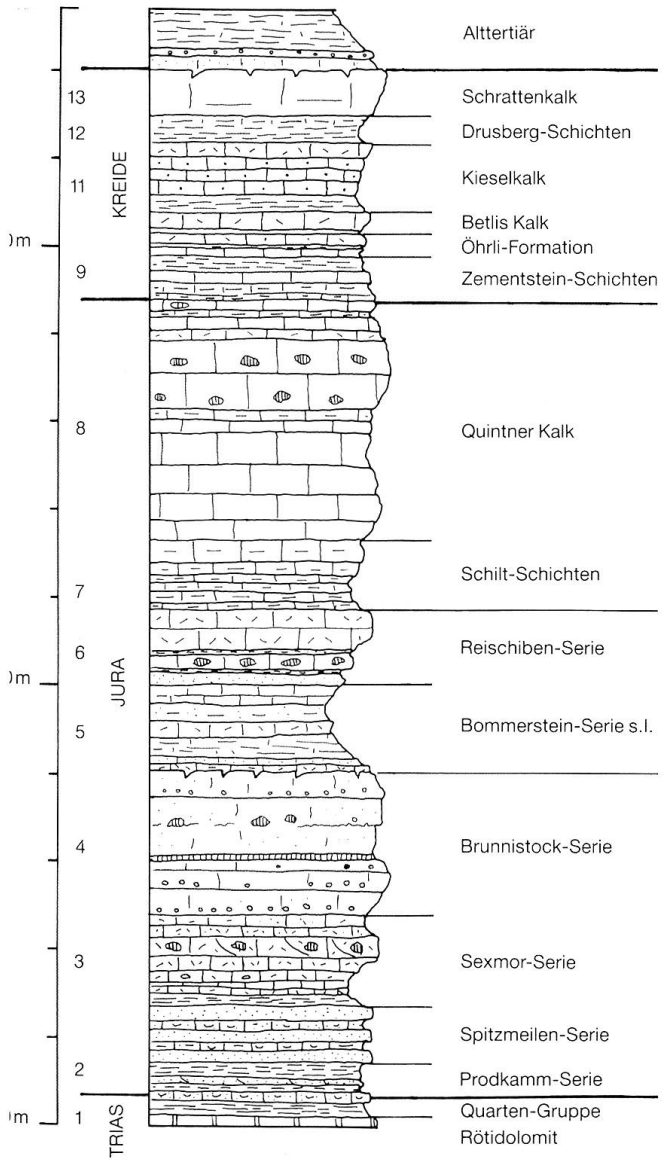


Abb. 3: Schichtabfolge der Urirotstock-Decke bei Engelberg.

Im Schweizer Mittelland zeigt die Molasse eine vielfältige Geschichte. Bei der Platznahme der Helvetischen Decken wurde sie am Alpenrand gestaucht und von Flysch- und Deckenteilen überschoben.

2.4 Bewegungen in der Erdkruste

Das heutige Bild der Erde mit der Verteilung von Land (Kontinente) und Wasser (Ozeane, Meere) ist das Resultat einer jahrmillionenlangen Entwicklung.

Noch heute ist die Erde ständigen Veränderungen unterworfen. Das kommt besonders bei Erdbeben und Vulkanausbrüchen zum Ausdruck. Würde man die Erdkugel in der Mitte zerschneiden, könnte man grundsätzlich einen dreiteiligen Erdaufbau feststellen. Unser Planet besteht aus einer festen Kruste, einem mehr oder weniger flüssigen, heissen Mantel und einem heissen Kern aus teils flüssigem und teils verdichtetem Material. Die verheerenden Veränderungen betreffen meist nur die im Vergleich zur Gesamtmasse sehr dünne Erdkruste. Sie reagiert auf Bewegungen im flüssigen Erdinnern als starre Einheit mit Zerbrechen und Verschieben.

In Form starrer Platten «schwimmt» die Kruste auf dem zähflüssigen Erdmantel. Durch Strömungen im Mantel (Konvektionsströme) werden die einzelnen Platten gegeneinander verschoben. Dabei kommt es zu Zusammenstössen einzelner Schollen und damit zur Auftürmung von Gebirgen. Beim Auseinanderdriften zweier Platten können sich auch riesige Gräben öffnen (Abb. 4). Aus diesen Gräben steigt heisses Mantelmaterial auf und schiebt die Platten beiseite. Dieser «Materialverlust» in der Tiefe wird durch das «Verschlucken» von Gesteinsmaterial bei Platten-Zusammenstössen kompensiert (Subduktion, Abb. 4).

Daher unterteilt man die Erdkruste in eine ozeanische und eine kontinentale Kruste. Während die dünnere, *ozeanische Kruste* an den Mittel-Ozeanischen-Rücken durch das Aufsteigen von heissem Mantelmaterial ständig neu gebildet und an anderen Stellen wieder «verschluckt» wird, ist die dickere *Kontinentalkruste* meist sehr alt. Unter der ozeanischen und der kontinentalen liegt die sog. Lithosphäre. Sie variiert in ihrer Mächtigkeit; sie ist dicker unter den Kontinenten und dünner unter den Ozeanen.

Zwei Platten können sich auch ohne Veränderung ihres gegenseitigen Abstandes aneinander vorbeibewegen, sie reiben dann bloss aneinander.

Bei allen diesen Plattenbewegungen kommt es immer wieder zu Spannungsaus-

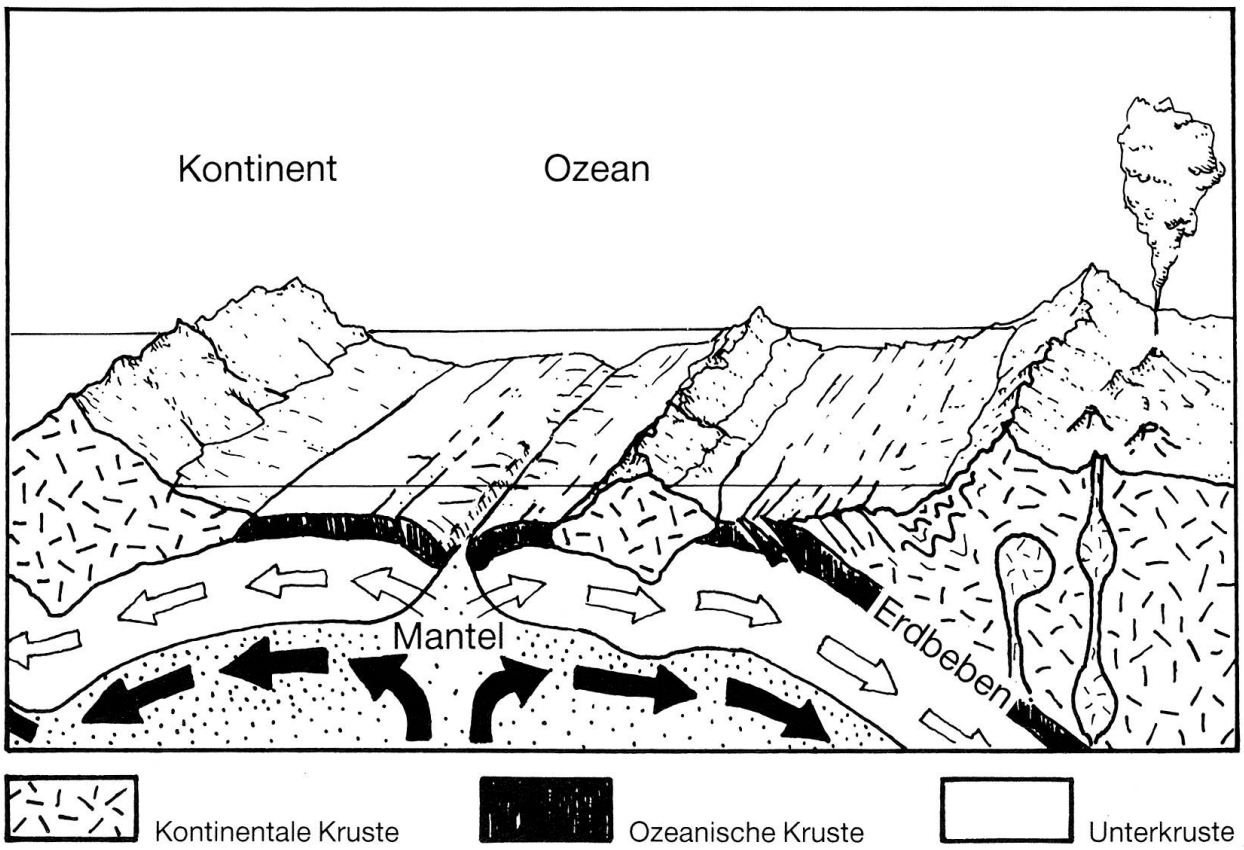


Abb. 4: Querschnitt durch die Erdkruste.

gleichen, zu Erdbeben und Vulkanausbrüchen.

Die Lehre vom Bau der Erdkruste und die mechanische Analyse der Formen, die aus horizontalen und vertikalen Krustenbewegungen resultieren, wird als *Tektonik* bezeichnet (griech. «tektonikós» = die Baukunst betreffend). Die Tektonik beschreibt die Archi-*tektur* der Erde. Die Theorie der Bewegung einzelner Platten wird als *Plattentektonik* bezeichnet.

2.4.1 Isostasie

Die auf dem zähflüssigen Erdmantel liegenden Krustenplatten unterliegen, ähnlich den im Wasser schwimmenden Eisbergen, einem Schwimmgleichgewicht, der Isostasie. Dieses besagt, dass Schollen gleicher Dichte um so höher aus einer Flüssigkeit ragen, je tiefer ihre Wurzel in die Flüssigkeit eintaucht. Anders ausgedrückt heisst das, dass ein gewaltsam unter Wasser gedrückter Eisklotz bei der Entlastung wieder auftaucht, sein Schwimmgleichgewicht anstrebt. Ähnlich verhalten sich die kontinentale und die ozeanische Kruste. Mächtigere Kontinentalkrusten tauchen einerseits tiefer in den zähflüssigen Erdmantel ein, ragen anderseits – wegen der Isostasie – höher empor als ozeanische. Die relativ schnelle Bildung der Alpen führte zu einem gewaltsamen Hinabdrücken der Gesteinsmassen, ähnlich dem oben erwähnten Eisklotz. Dieser Effekt wurde nach der Alpenfaltung, vorwiegend im Eiszeitalter, durch das Gewicht mächtiger Eismassen noch verstärkt. Heute, rund 2 Millionen Jahre nach Beendigung der Alpenbildung und 10000 Jahre nach dem Zurückschmelzen der eiszeitlichen Gletscher, streben die Alpen noch immer nach dem isostatischen Gleichgewicht und heben sich jährlich um zirka 1 mm. Doch dieser He-

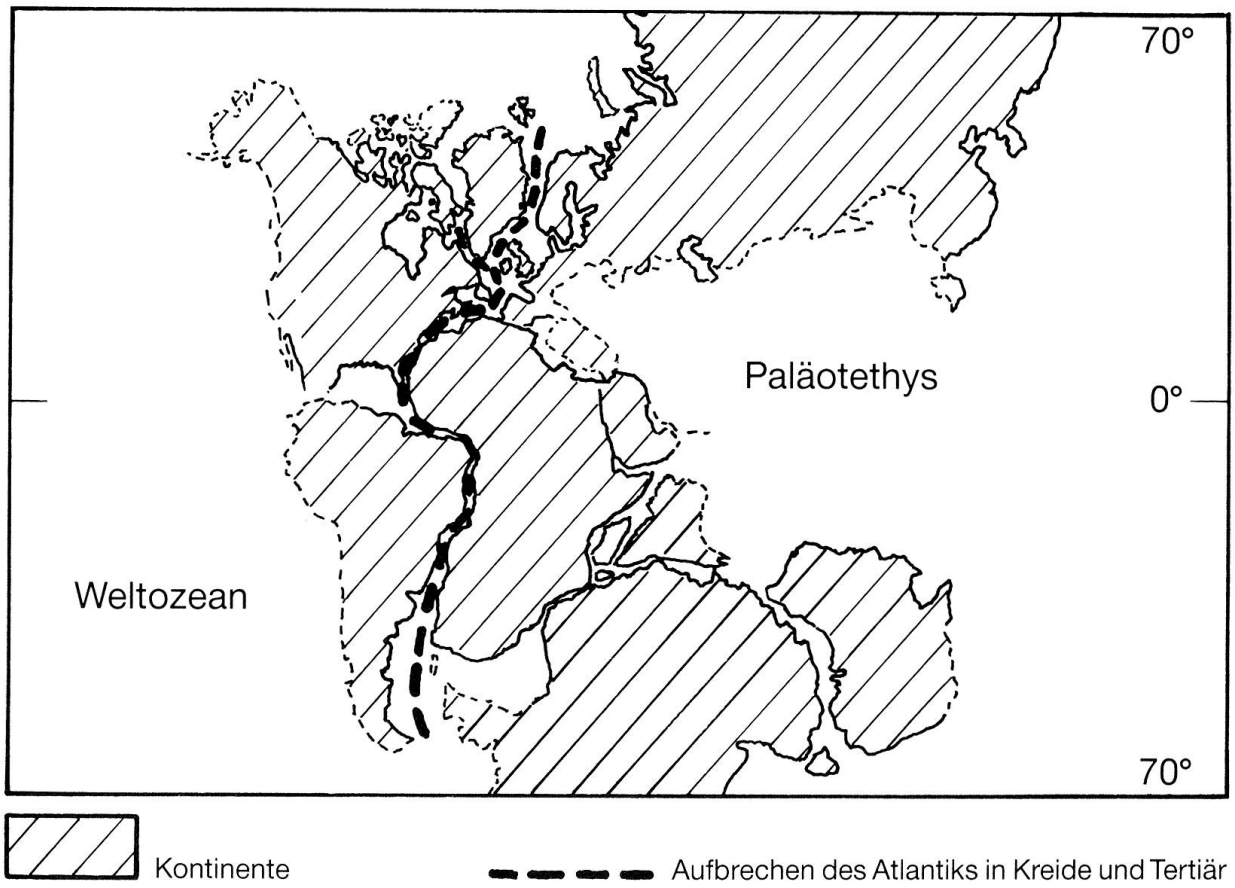


Abb. 5: Weltkarte zu Beginn der Trias-Zeit (vor 230 Ma).

bungsbetrag wird durch die Erosion etwa ausgeglichen.

2.4.2 Gebirgs- und Alpenbildung

Im Falle einer Gebirgsbildung, wie die Alpenbildung, interessiert hauptsächlich eine Bewegung aus der Plattentektonik: Das Zusammenstossen zweier Krustenplatten.

Wie die meisten geologischen Prozesse verlief auch dieser sehr langsam und dauerte lange Zeit (Tab. 2).

Die Entstehung der Alpen hat eine lange Vorgeschichte in der Verteilung der Kontinente. So ist denn auch deren Bildung nicht die einzige im Laufe der Zeit, sondern lediglich eine von vielen – und immer wieder entstehen neue Gebirge.

Am Ende des Paläozoikums (Perm, vor 230 Ma) sah die Verteilung der Kontinente ganz anders aus als heute. Sie waren nicht über den ganzen Erdball verteilt, sondern bildeten eine einzige grosse Landmasse (Abb. 5). Zwischen Ur-Europa und Ur-Afrika lag ein offener Meeresarm des Weltozeans (Paläotethys). Bei der allmählichen Öffnung der heutigen Ozeane zwischen den Kontinenten wurden von der Trias-Zeit an immer wieder neue Meeröffnungen geschaffen und alte geschlossen. Die Bildung der Alpen kann als direkte Folge der Öffnung des Atlantiks betrachtet werden. Unterschiedliche Öffnungs-Geschwindigkeiten an verschiedenen Stellen führten zu einer Rotationsbewegung zwischen Ur-Europa und Ur-Afrika. Bei der daraus resultierenden Kollision der Kontinente wurde das dazwischen liegende Meer ausgepresst. Seine Sedimente wurden teils verschluckt (Abb. 4), teils von ihrer Unterlage losgeschert. Verfaltungen, deckenartige Überschiebungen und Verschuppungen führten schliesslich zur Bildung der Alpen in drei grösseren Phasen.

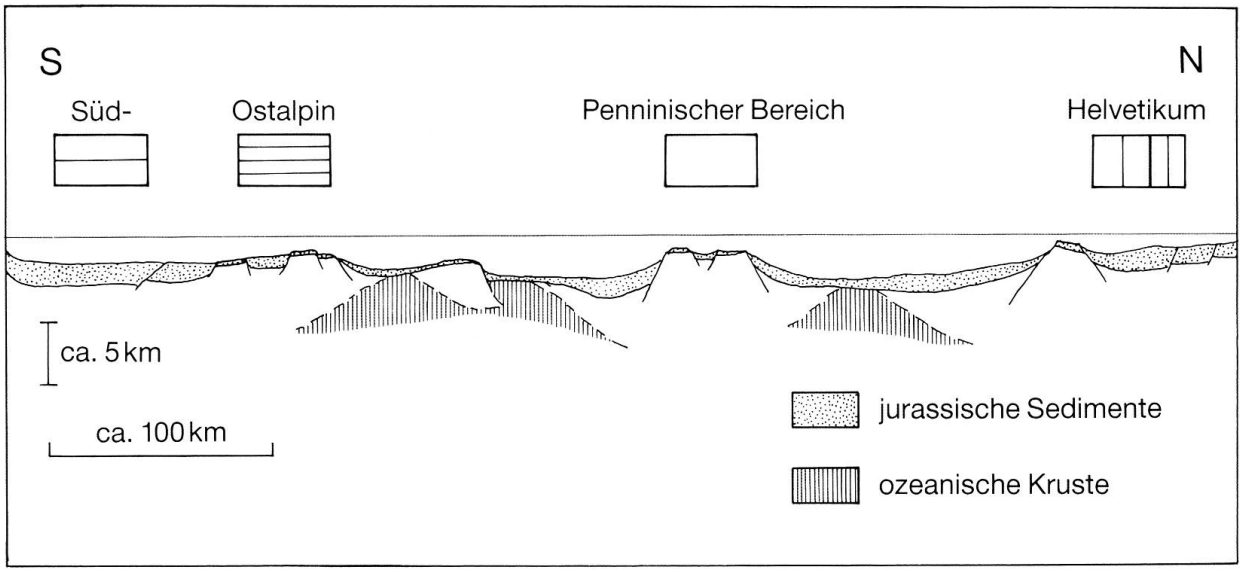


Abb. 6: Querschnitt durch die Alpen zur Zeit des Mittleren Jura (vor zirka 160 Ma). Nach R. TRÜMPY (1985). Die Signaturen beziehen sich auf Abb. 7.

Die Alpenfaltung setzte in der Kreide-Zeit ein und ergriff zuerst die Sedimente ganz im Süden. So wurden die Helvetischen Decken als ehemals nördlicher Kontinentalrand des Ur-Mittelmeeres erst in der letzten Phase in die Gebirgsbildung einbezogen (Abb. 6).

Die zuerst durch die Platten-Kollision beeinträchtigten Sedimente des ur-afrikanischen Kontinentalrandes (Süd- und Ostalpine Decken) wurden nach Norden überschoben. Mit der Zeit wurden immer nördlichere Sedimentpakete vom Faltungsprozess erfasst: Die ozeanischen Sedimente (Penninische Decken) und später die Sedimente am nördlichen Ozeanrand (Helvetische Dekken). Ihre Überschiebung und Verfaltung bewirkten einen komplizierten Aufbau der Alpen.

In Abb. 7 ist die heutige Gliederung der Schweiz stark vereinfacht dargestellt. Am Nordrand der Alpen liegen Reste Penninischer Decken über den Helvetischen Dekken. Relikte einer «höheren», über eine Unterlage geschobene Decke werden als Klippen bezeichnet (Abb. 8). Das Gegenstück zur Klippe ist das Fenster (Abb. 8). Es ermöglicht an einer Stelle den Einblick von einer «höheren» Decke in die darunterliegende. Im Unterengadiner Fenster treten unter den Ostalpinen Decken die Penninischen Decken zutage.

2.4.3 Die Bildung der Gebirge um Engelberg

Bei der Entstehung der Alpen wurden nicht alle Sedimente des Helvetischen Ablagerungsbereiches (vgl. 2.4.2; Abb. 6) vom Untergrund losgerissen und überschoben. Der ursprünglich am nördlichsten gelegene Teil des Helvetischen Bereichs wurde wohl in die Alpenfaltung einbezogen, blieb jedoch im Kontakt mit seiner Unterlage und somit noch am Ort seiner Bildung. Dieser Zustand wird als *autochthon* bezeichnet. Wurde ein Gesteinspaket nur wenig vom Ort seiner Bildung wegbewegt, spricht man von einer *parautochthonen* Einheit.

Im Engelberger Gebiet liegen einerseits von Süden überschobene Decken, anderseits Helvetische Sedimente noch an ihrem Bildungsort. Der Kontakt zwischen den autochthonen Einheiten und den darüberliegenden Decken wird als Helvetische Hauptüberschiebung bezeichnet. Die Karte (Abb. 9) gibt einen Überblick über den Gebirgsbau um Engelberg.

Das Aarmassiv im südlichsten Teil des Gebietes bildet mit seinen kristallinen Ge-

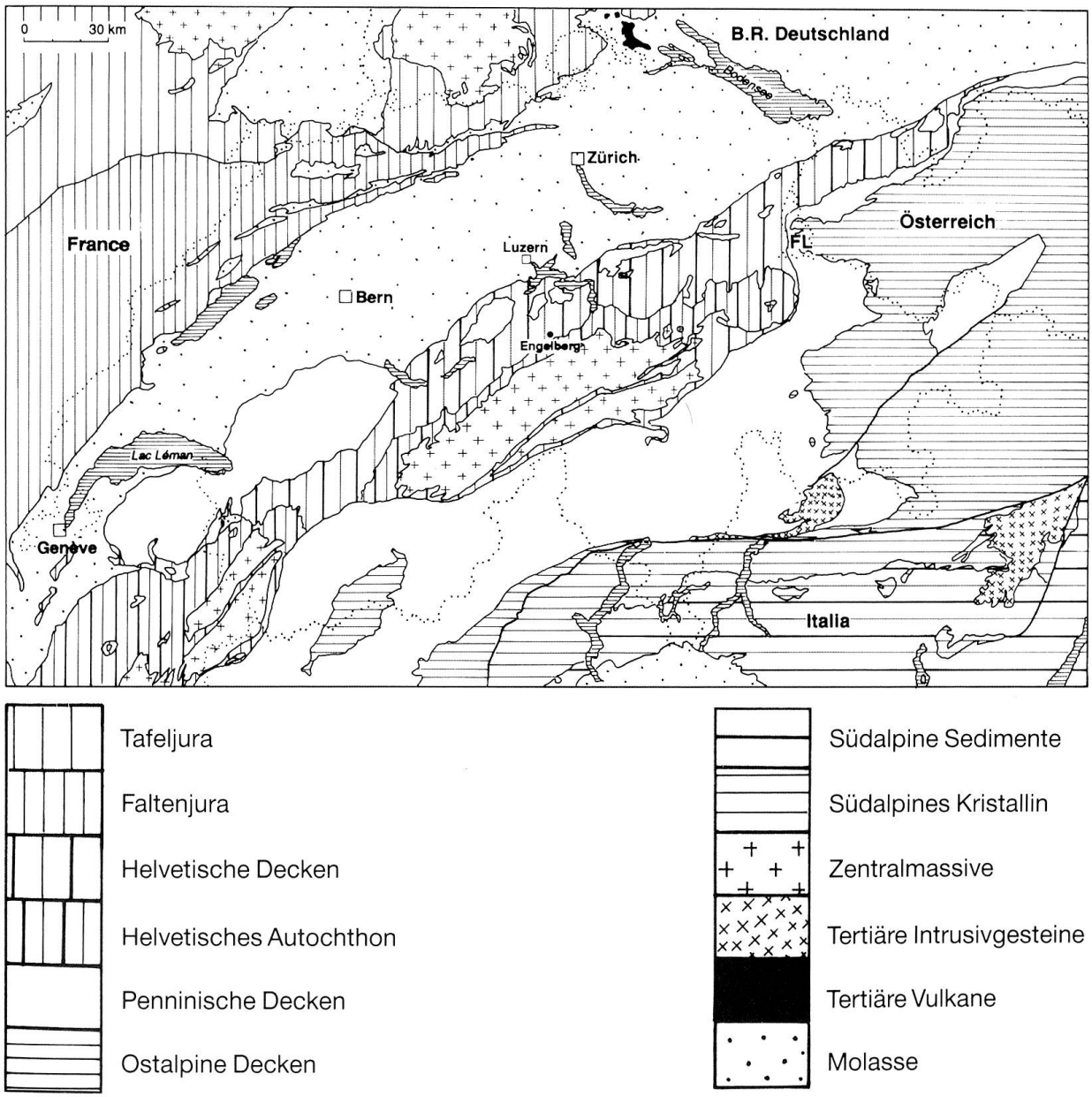


Abb. 7: Tektonische Karte der Schweiz (vereinfacht).

steinsmassen das stabile Grundgebirge der Helvetischen Sedimente. Darauf sitzt der vom Schlossberg über den Titlis und Reissend Nollen zu den Wendenstöcken verfolgbare, autochthone Helvetische Sedimentsockel (Tafel 5). Darüber folgen wenig bewegte, parautochthone Einheiten: Die aus einzelnen Schuppen aufgebauten Gesteine der Rotegg und ein Teil der Flyschgesteine (Sandstein-Dachschiefer-Komplex). Der Rest der Flyschzone ist kompliziert aufgebaut und besteht aus verschiedenen, zum Teil weit aus dem Süden stammenden Einheiten. Darüber folgt die Wissberg-Scholle (Tafel 6). Sie wurde von der autochthonen Bedeckung weggerissen und an der Basis der Helvetischen Decken nordwärts verfrachtet. Sie liegt denn auch unterhalb der Helvetischen Hauptüberschiebung. Darüber folgen als höhere Decken die Axen- und die

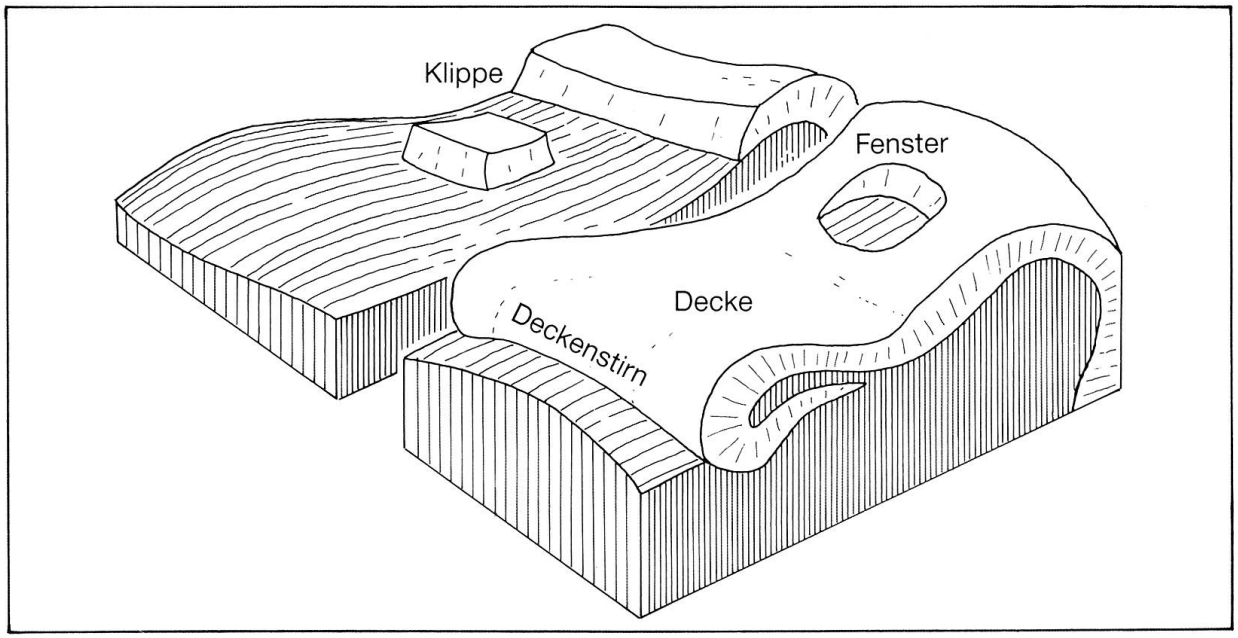


Abb. 8: Beziehung von Decken, Klippe und Fenster.

Druesberg-Decke, die wiederum von kleineren, überschobenen Einheiten aufgebaut werden.

2.4.4 Verhalten der Gesteine bei hoher Belastung

Bei einer Gebirgsbildung reagieren verschieden harte Gesteine bei starken Belastungen unterschiedlich.

Harte, massive Gesteinsschichten zerbrechen je nach Druck; sie werden als *kompetent* bezeichnet. Im Gegensatz dazu werden *inkompetente,* weiche Gesteine häufig in kleine Falten gelegt und weit ausgewalzt (Abb. 10). Zudem stellen sie oft Gleitflächen für massige Schichtpakete dar und ermöglichen ihre Verschiebung. Nicht nur das Material entscheidet, ob und wie ein Gestein deformiert wird, sondern auch die Schichtüberlast und der Härteunterschied zwischen benachbarten Schichten. Eine mächtige Schicht wird verschuppt, eine dünne des gleichen Materials verfaltet (Abb. 11). Der Quintner Kalk (Nr. 8 in der Tafellegende) ist dafür ein typisches Beispiel (vgl. Profil P1 und P2). Ist er in grosser Mächtigkeit ausgebildet wie im autochthonen Sockel, wird er kaum verfaltet, sondern verschuppt. Der geringermächtige Quintner Kalk der Helvetischen Decken hingegen wird in Falten gelegt.

2.5 Oberflächengestaltung

Die heutige Form der Erdoberfläche ist nicht nur das Ergebnis von grossen Bewegungen im Erdinnern. Einen wesentlichen Einfluss auf die Gestalt der Oberfläche haben verschiedene Prozesse, die unter dem Begriff «Erosion» zusammengefasst werden.

Die Hauptfaktoren bei der Verwitterung und der Erosion (Abtrag) eines Gesteins sind Wind, Wasser, Frost und Eis. Das Regenwasser löst chemisch und mechanisch einzelne Mineralkörner aus dem Gestein. Dadurch entstehen sedimentbeladene Bäche und Flüsse. In feinen Gesteinsspalten versickertes Wasser entwickelt bei der Abkühlung unter den Gefrierpunkt enorme Drucke, die zum spröden Auseinanderbrechen von Gesteinskörpern führen können (Frostsprengung). Gletscherbewegungen tragen ihren Teil zur Oberflächengestaltung bei. Die oft mächtigen Eisschollen stossen durch ihre Masse Gesteinsschutt beiseite. Dabei werden Gesteinstrümmer im Glet-

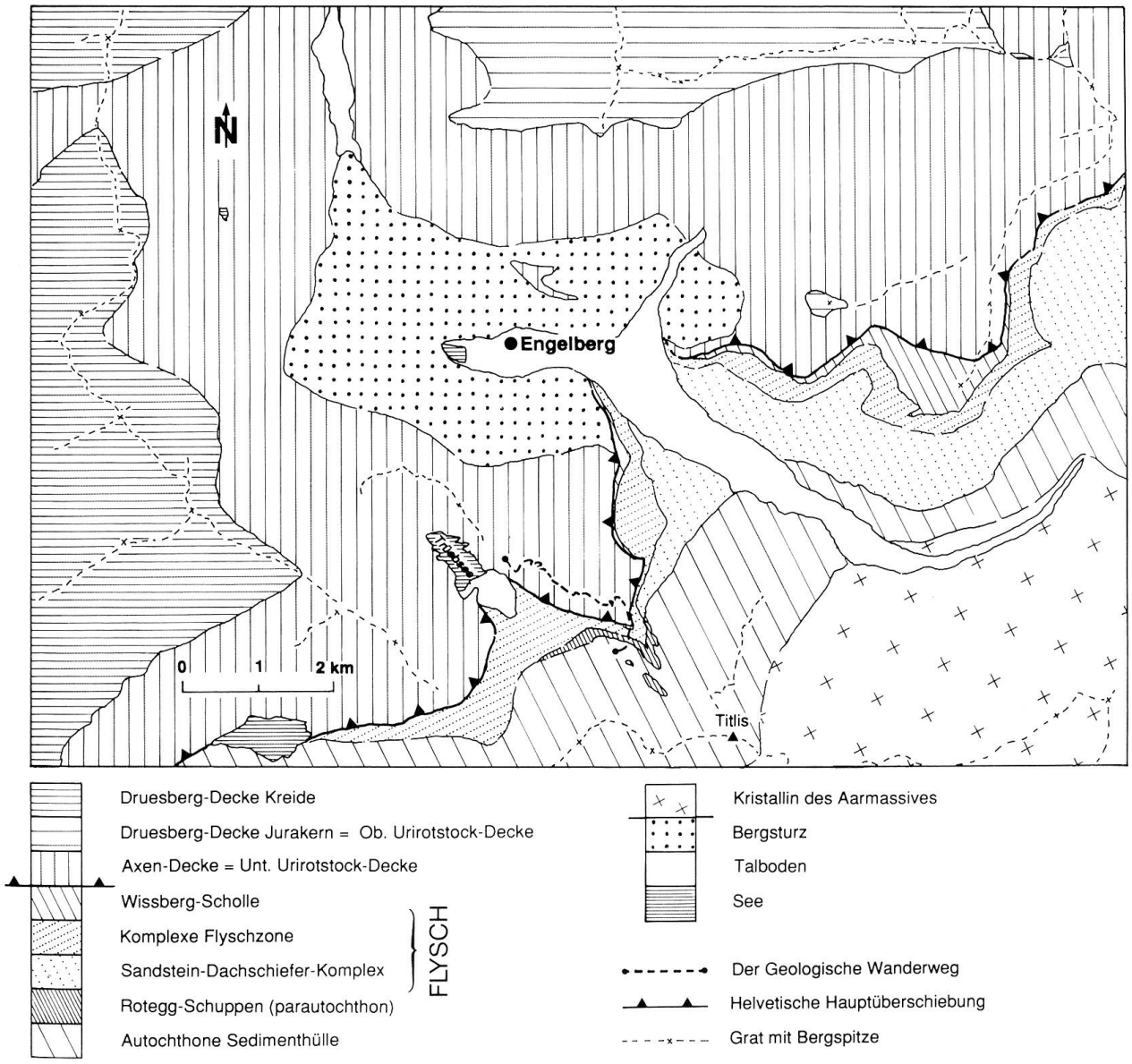


Abb. 9: Tektonische Karte des Gebietes um Engelberg (vereinfacht).

scher eingeschlossen, die unter dem Druck des Eises wie ein Hobel wirken und rauhe Felskanten glatt schleifen. Das Trümmermaterial wird in Form von *Moränen* wieder abgelagert. Diese Landschaftsformen sind heute vielfach die einzigen Zeugen einer ehemaligen Vergletscherung.

Die Erosion greift verstärkt längs geschwächten Zonen an. Tektonisch beeinträchtigte Stellen – Brüche, aufgebrochene Gewölbe und Überschiebungen – sind denn oft geeignete Abflussrinnen und daher stärkeren Wasser- und Frosteinwirkungen ausgesetzt.

Ebenso erlauben Stellen mit unterschiedlich harten Gesteinen erosiven Kräften die Bildung von Tälern. Weichere Gesteine werden leichter gelöst und abgetragen. Dadurch können härtere Gesteine exponiert werden und im Laufe der Zeit abbrechen und nachstürzen.

Wird der Verband innerhalb von Gesteinskörpern durch die erosiven Kräfte aufgelockert, kann es zu Rutschungen oder bei

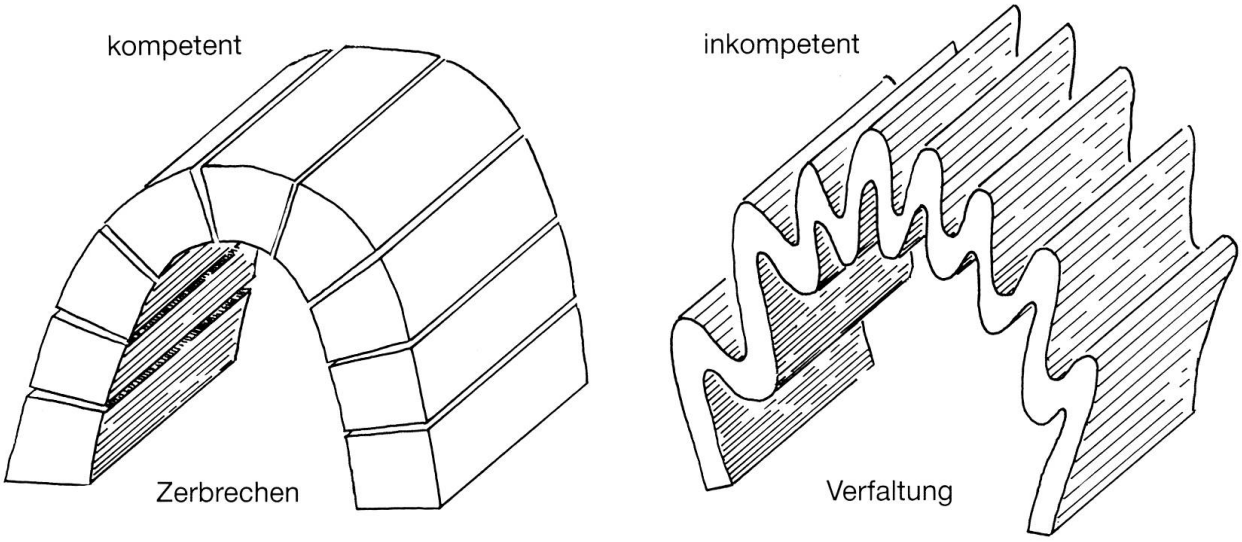


Abb. 10: Verhalten von kompetenten und inkompetenten Gesteinen bei der Deformation.

geeigneter, schlipfiger Unterlage zu Bergstürzen kommen.

2.5.1 Eiszeitalter

Immer wieder kam es im Laufe der Erdgeschichte zu globalen Abkühlungen. Die letzte grosse Klima-Verschlechterung setzte am Ende des Pliozän (vor 1,8 Ma) ein und dauerte bis vor 10000 Jahren. In dieser Zeit stiessen die alpinen Gletscher wiederholt ins Tiefland vor und prägten die Gestalt des grössten Teils der Schweiz. Das *Eiszeitalter* ist durch mehrere grössere und kleinere Warm- und Kaltzyklen gekennzeichnet. Daraus ergaben sich 6 grössere Kalt- oder Eiszeiten (Glaziale) und 5 Warm- oder Zwischeneiszeiten (Interglaziale) (vgl. Tab. 4). In den Interglazialen schmolzen die Gletscher häufig bis ins Quellgebiet zurück, wobei diese Rückzugsphasen von kleineren Gletschervorstössen unterbrochen wurden.

Der oft schnelle Eisrückgang und der Frostwechsel bei schrägen Mergellagen führten häufig zum Niedergang von Rutschungen und Bergstürzen. Die glaziale Eisbelastung vergrösserte nämlich bestehende Schwächezonen und verminderte damit den Gesteinszusammenhalt. Oder es entstanden zusätzliche Schwachstellen. Auch in den Kaltzeiten gab es Zeiten mit stärkerem Eisvorstoss und erneutem Gletscherrückzug.

Im Engelberger Gebiet sind lediglich Zeugen der letzten, der Würm-Eiszeit, erhalten. Es sind Moränen, die häufig Berghänge und Hügel überziehen. Einzelne Moränenwälle geben Hinweise auf kleine Gletschervorstösse beim generellen Abschmelzen der Würm-Eiszeit.

Die heutigen Gletscher bedecken hauptsächlich die NW-Hänge unseres Gebietes (Abb. 1) und hinterliessen z. B. bei der Station Stand beim Zurück-Schmelzen grosse Schuttmassen. Dies sind *rezente,* das heisst jüngste Beispiele von Moränen der Kaltphasen der letzten Jahrhunderte. Ältere Moränen lassen sich bei der Fahrt über die Gerschnialp beobachten. Dort sind in den grasbewachsenen Hügeln die Wälle eines früheren Trübsee-Gletschers zu erkennen.

2.5.2 Zur Entstehungsgeschichte des Gebietes um Engelberg

Die Umgebung von Engelberg ist das Produkt verschiedener geologischer Einflüsse und Prozesse.

Wie wir gesehen haben, entstanden die Gebirge um Engelberg bei der Auffaltung der Alpen; sie bestehen aus ehemaligen Meeresablagerungen. Durch die wirkenden Verformungskräfte wurden viele Gesteine brüchig, so dass Schwachstellen entstanden. Diese Brüche oder Klüfte zeigen im Engel-

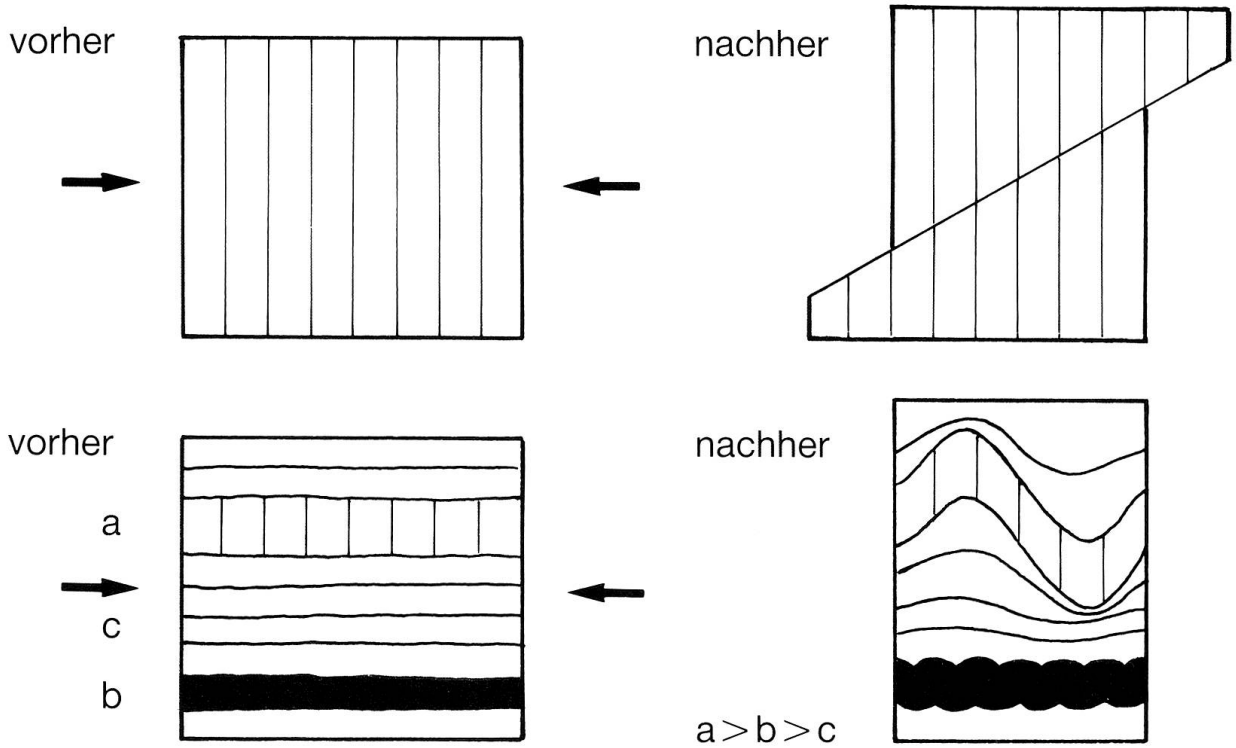


Abb. 11: Verhalten der Gesteinsschichten von unterschiedlicher Härte bei der Deformation.

berger Gebiet einen direkten Zusammenhang mit der Verfaltung der Gesteinsmassen. Bei der Platznahme der Helvetischen Decken wurden zusammenhängende Einheiten zerrissen und gestaucht. Dadurch entstanden weitere Schwächezonen, wo die erosiven Kräfte verstärkt wirken konnten. Die Entwicklung der Engelberger Täler begann also bereits während der Alpenfaltung und setzte sich seither fort. Damals sah das Engelberger Gebiet noch ganz anders aus als heute. Am Laub, wo heute der Wanderweg über den Laubersgrat den Blick nach Norden und nach Engelberg freigibt, erhob sich einst ein grosser Berg, der sich am ehesten mit dem noch auf der anderen Seite stehenden Hahnen vergleichen lässt. Dieser «Trübsee-Hahnen» stand auf der noch heute sichtbaren, steil nach NW abtauchenden Gesteinsplatte aus Quintner Kalk (vgl. Tafel 4; Nr. 8). Erosionseinwirkungen entlang tektonischen Schwachstellen unterbrachen den Kontakt des Gebirges mit der Umgebung. Der Berg stand frei auf einer schon durch die Alpenfaltung stark beeinträchtigten Unterlage. Die glaziale Belastung verschärfte diese kritische Situation. Es kam nach der Eisentlastung beim Abschmelzen nach der letzten Eiszeit zu einem gewaltigen Bergsturz. Die Bergmasse stürzte wie auf einer Rutschbahn gegen das Tal, das wahrscheinlich noch durch die Eismassen des Engelberger Talgletschers aufgefüllt war. Durch diesen Sturz auf das Eis wurden Gesteinstrümmer auf die gegenüberliegende Talseite gegen die Walenstöcke und den Hahnen hoch geworfen. Beim restlichen Abschmelzen des Engelberger Talgletschers sackte das daraufliegende Bergsturzmaterial ab und füllte das Tal; es entstanden die Terrassen von Gerschni und Ristis. Spätere, kurze Gletschervorstösse verdichteten die Bergsturzmasse und überzogen sie mit Moränenmaterial. Die nahezu undurchlässige Masse staute die Schmelzbäche zu einem grossen Talsee auf. Dieser umfasste prak-

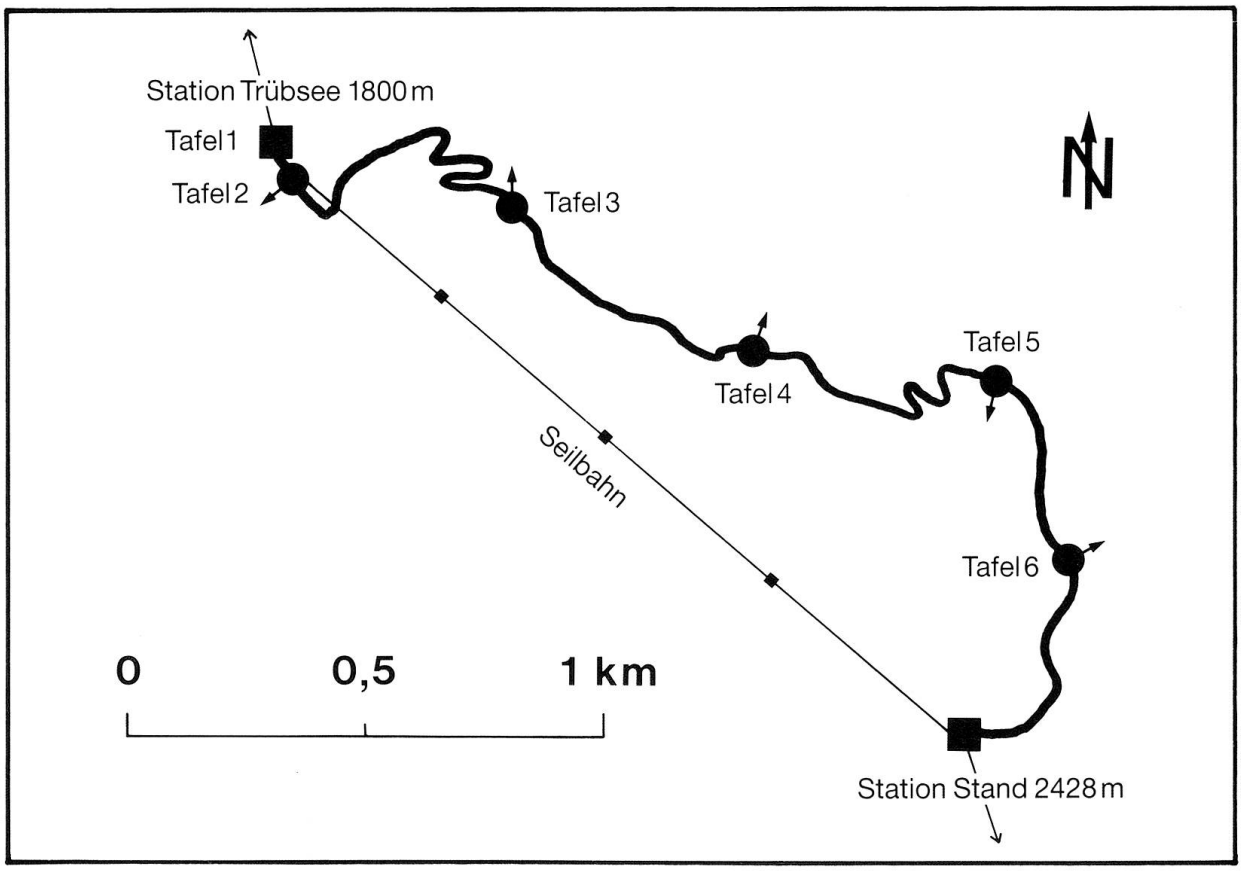


Abb. 12: Der geologische Wanderweg.

tisch den ganzen heutigen Talboden von Engelberg, der durch die allmähliche Auffüllung des Talsees mit Flussgeschiebe der Engelberger Aa und des Dürrbaches entstand.

Nach und nach stellten sich wieder Pflanzen und Tiere ein in diese durch die Eiszeiten unwirtlich gewordene Engelberger Gegend. Schliesslich wagte sich der frühgeschichtliche Mensch in die sich bildenden Jagdgründe.

Die Eröffnung des Benediktiner-Klosters führte im Jahre 1120 zur Dorfgründung und leitete die letzte Phase der Entwicklung von Engelberg ein.

Mit diesem Abriss wird gezeigt, dass die Gegend um Engelberg eine lange Bildungsgeschichte durchlaufen hat, deren jüngste, sichtbare Phase vor 5 Ma einsetzte, also viel früher als die Besiedlung des Tales durch erste Menschen. Oft haben katastrophale geologische Ereignisse wesentlich zur Bildung von menschlichem Lebensraum beigetragen. So wäre das Engelberger Tal heute wohl weniger reizvoll und eventuell noch kaum besiedelt, hätte nicht der grosse, späteiszeitliche Bergsturz wichtige Grundlagen dafür geschaffen. Versuchen wir deshalb, den uns von der Natur in Jahrmillionen geschaffenen Lebensraum zu bewahren.

LITERATURVERZEICHNIS

ARBENZ, P. (1907): *Zur Geologie zwischen Engelberg und Meiringen.* – Eclogae geol. Helv., 9/4.

– (1913): *Bericht über die Excursion der Schweiz. Geol. Gesellschaft in die Obwaldner Alpen vom 10. bis 13. September 1913.* – Eclogae geol. Helv., 12/5.

– (1920): *Geologischer Bau der Urirotstockgruppe.* – Mitt. Naturf. Ges. Bern.

– (1930): *Über die Faziesverteilung im Eocän der Titliskette.* – Eclogae geol. Helv. 23/2.

– (1934a): *Excursion Nr. 59: Engelberg–Fürenalp–Nieder-Surenen–Engelberg.* – Eclogae geol. Helv.

– (1934b): *Excursion Nr. 60: Engelberg–Jochpass–Engstlenalp–Frutt–Melchtal–Sarnen.* – Eclogae geol. Helv.

ARBENZ, P. & MÜLLER, F. (1920): *Über die Tektonik der Engelhörner bei Meiringen und den Bau der parautochthonen Zone zwischen Grindelwald und Engelberg.* – Eclogae geol. Helv. 16/1.

BECK, P. H. (1970): *Engelberg, Landschaft Geschichte Bevölkerung,* 4. Auflage. – Gymnasium Kloster Engelberg.

BURKHARD, M. (1981): *Deformation des Kristallinen Sockels und der Sedimente im Autochthon des hintern Engelbergertales.* – unveröffentl. Diplomarbeit ETH Zürich.

CHRIST, P. (1920): *Geol. Beschreibung des Klippengebietes Stanserhorn-Arvigrat.* – Beitr. z. Geol. Karte der Schweiz N. F. 12.

FUNK, H. P. et al. (1983): *Bericht über die Jubiläumsexkursion «Mechanismus der Gebirgsbildung» der schweizerischen geologischen Gesellschaft in das ost- und zentralschweizerische Helvetikum und das nördliche Aarmassiv vom 12. bis 17. September 1982.* – Eclogae geol. Helv. 76/1.

HANTKE, R. (1961): *Tektonik der helvetischen Kalkalpen zwischen Obwalden und dem St. Galler Rheintal.* – Vjschr. natf. Ges. Zürich, 106/1.

– *Eiszeitalter* Bd. I (1978) und Bd. II (1980). Ott Verlag, Thun.

HEIERLI, H. (1987): *Der geologische Wanderweg am Hohen Kasten (Säntis-Gebirge).* – Paul Haupt Verlag, Bern.

HELBLING, R. (1948): *Photogeologische Studien im Anschluss an die Kartierungen in der Schweiz, insbesonder der Tödikette.* – Art. Inst. Orell Füssli AG, Zürich.

HESS, P. (1940): *Zur Stratigraphie des Dogger und der Dogger-Malmgrenze von Engelberg.* – Diss. Univ. Bern.

– (1986): *Der Prähistorische Bergsturz von Engelberg.* Engelberger Dokumente, Heft 19.

HOTZ, B. (1989): *Zur Geologie zwischen Jochpass und Titlis.* – unveröffentl. Diplomarbeit ETH Zürich.

MAYNC, W. (1938): *Die Grenzschichten von Jura und Kreide in der Titliskette.* – Eclogae geol. Helv. 31/1.

MAZURCZAK, L. (1945): *Zur Tektonik und Stratigraphie der Gruppe des Scheideggstockes bei Engelberg.* – Diss. Univ. Bern.

VAN DER PLOEG, P. (1912): *Geologische Beschreibung der Schlossberg-Spannortgruppe.* – Eclogae geol. Helv. 22.

ROD, E. (1937): *Stratigraphie des Malm der Graustock-Hutstock-Gruppe (Melchtal, Kanton OW).* – Diss. Univ. Bern.

SCHUMACHER, J. (1949): *Die Flysch- und Parautochthonzone des oberen Engelbergertales (Zentralschweiz).* – Mitt. Naturf. Ges. Bern, N. F. 7.

SPÖRLI, B. (1966): *Geologie der östlichen und südlichen Urirotstock-Gruppe.* – Mitt. Geol. Inst. ETH Zürich, N. F. 62.

TRÜMPY, R. (1949): *Der Lias der Glarner Alpen.* Diss. ETH Zürich.

– (1952): *Der Nordrand der liasischen Tethys in den Schweizer Alpen.* – Geol. Rundschau, 40/2.

– (1980): *Geology of Switzerland. A Guide Book. Part A: An Outline of the Geology of Switzerland.* – Birkhäuser Verlag Basel, Schweiz. Geolog. Komm.

– (1985): *Die Plattentektonik und die Entstehung der Alpen.* – Njbl. Natf. Ges. Zürich.

GEOLOGISCHE UND TEKTONISCHE KARTEN

ARBENZ, P. (1911): *Geologische Karte des Gebirges zwischen Engelberg und Meiringen 1:50000.* – Schweiz. Geol. Komm., Spez. Karte 55.

– (1913): *Geologisches Stereogramm (Parallelprojektion des Gebirges zwischen Engelberg und Meiringen).* – Schweiz. Geol. Komm., 55bis.

– (1918): *Geologische Karte der Urirotstockgruppe 1:50000.* – Schweiz. Geol. Komm., Spez. Karte 84.

SPICHER, A. (1980a): *Geologische Karte der Schweiz 1:500000.* – Schweiz. Geol. Komm.

– (1980b): *Tektonische Karte der Schweiz 1:500000.* – Schweiz. Geol. Komm.

Benedict Hotz
Ringstrasse 23
7302 Landquart

Der geologische Wanderweg

Tafelstandorte (Abb. 12)

1. Station Trübsee, 1800 m
2. Oberhalb Station Trübsee, 1820 m
3. Laubersgrat, 2000 m
4. Laubersgrat, 2192 m
5. Laubersgrat, 2400 m
6. Station Stand, 2456 m

Tafelbeschreibung

Auf allen Tafeln ist das Panorama beschrieben.

1. Einleitung, allgemeiner Überblick
2. Geologie des Graustockes (Graustock-Falte)
3. Entstehungsgeschichte des Engelberger Gebietes
4. Engelberger Bergsturz
5. Geologie des Titlis
6. Geologie des Hahnen- und Wissberg-Gebietes

Einzelheiten zu den Tafeln

Legende:

1 Ablagerungen der Trias-Zeit (Röti-Dolomit, Quarten-Gruppe)
2 Ältere Jura-Sedimente, Lias (Infralias bis Prodkamm-Serie)
3 Ältere Jura-Sedimente, Lias (Spitzmeilen und Sexmor-Serie)
4 Ältere Jura-Sedimente, Lias (Brunnistock-Serie)
5 Mittlere Jura-Sedimente, Dogger (Molser und Bommerstein-Serie)
6 Mittlere Jura-Sedimente, Dogger (Reischiben-Serie)
7 Jüngere Jura-Sedimente, Malm (Schilt-Schichten)
8 Jüngere Jura-Sedimente, Malm (Quintner Kalk)
9 Kreideablagerungen (Zementstein-Schichten und Öhrli-Formation)
10 Kreide der Druesberg-Decke (Zementstein-Schichten)
11 Kreideablagerungen (Valanginian-Kalk)
12 Kreideablagerungen (Kieselkalk)
13 Kreideablagerungen (Druesberg-Schichten)
14 Kreideablagerungen (Schrattenkalk)
15 Kreideablagerungen Druesberg-Decke (Garschellas-Formation)
16 Kreideablagerungen Druesberg-Decke (Seewer-Schichten)
17 Kreideablagerungen Druesberg-Decke (Amdener- und Wang-Schichten)
18 Kreideablagerungen im allgemeinen
19 Assilinen-Schichten
20 Alttertiär
A1 Autochthones Kristallin (Aarmassiv)
A2 Autochthone Sedimente, Malm, Kreide (Molser Serie bis Öhrli-Fm.)
A3 Autochthone Sedimente, Tertiär (Bohnerz-Fm. bis Globigerinen-S.)
B1 Parautochthone Schuppen, Kreide, Tertiär (Öhrli-Fm. bis Hohgant-S.)
B2 Parautochthoner Flysch, Tertiär (Sandst.-Dachschiefer-Komplex)
C Komplexe Flyschzone, Kreide bis Tertiär
D Wissberg-Scholle, Malm (Quintner Kalk)
E Untere Urirotstock-Decke = Axen-Decke
F Obere Urirotstock-Decke = Jurasedimente der Druesberg-Decke
G Druesberg-Decke, Kreidesedimente

Die Berge um Engelberg werden vorab von Gesteinen aufgebaut, die im Erdmittelalter, vor 230 bis 65 Millionen Jahren (Ma) vor heute, in einem flachen Meer abgelagert worden sind. Die sandigen Sedimente wurden von einem Festland im Norden in das Ur-Mittelmeer geschüttet. Klimatisch gesteuerte Meeresspiegel-Schwankungen bewirkten Ablagerungsrhythmen. So änderte sich die Gesteinsausbildung mit der Zeit und der Wassertiefe. Der massige Kalk der Jüngeren Jurazeit, der Quintner Kalk, wurde vor zirka 140 Ma unter geringerer Wassertiefe abgelagert als die dunklen Schiefertone des Mittleren Jura, der Bommerstein-Serie vor 180 Ma.
Mit dem Beginn der Alpenfaltung, vor 58 Ma, ausgelöst durch den Zusammenschub von Afrika und Ur-Europa, wurden Teile des Ur-Mittelmeers geschlossen und die darin abgelagerten Sedimente aus ihrem Untergrund ausgeschert und aufeinander geschoben.
Über Jahrmillionen wurden die Schichten verfaltet und deckenartig übereinander geschoben. Die so entstandenen Sedimente wurden als Decken, jene der Engelberger Gegend als Helvetische Decken zu den Helvetischen Kalkalpen, gestaucht.
Um Engelberg lassen sich kleinere Einheiten unterscheiden: Wissberg-Scholle, Axen- und Druesberg-Decke. Sie liegen als Helvetische Decken über einem kaum bewegten Kristallin-Sockel mit seiner Sedimenthülle.

Tafel 1

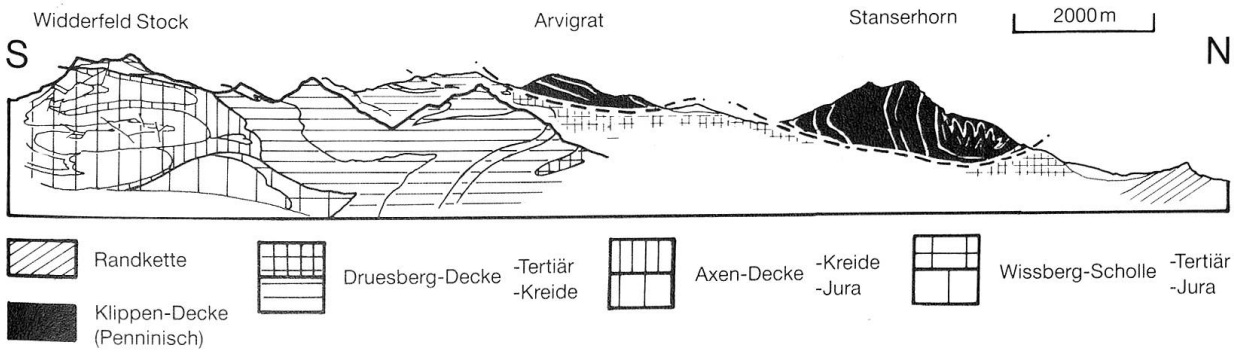
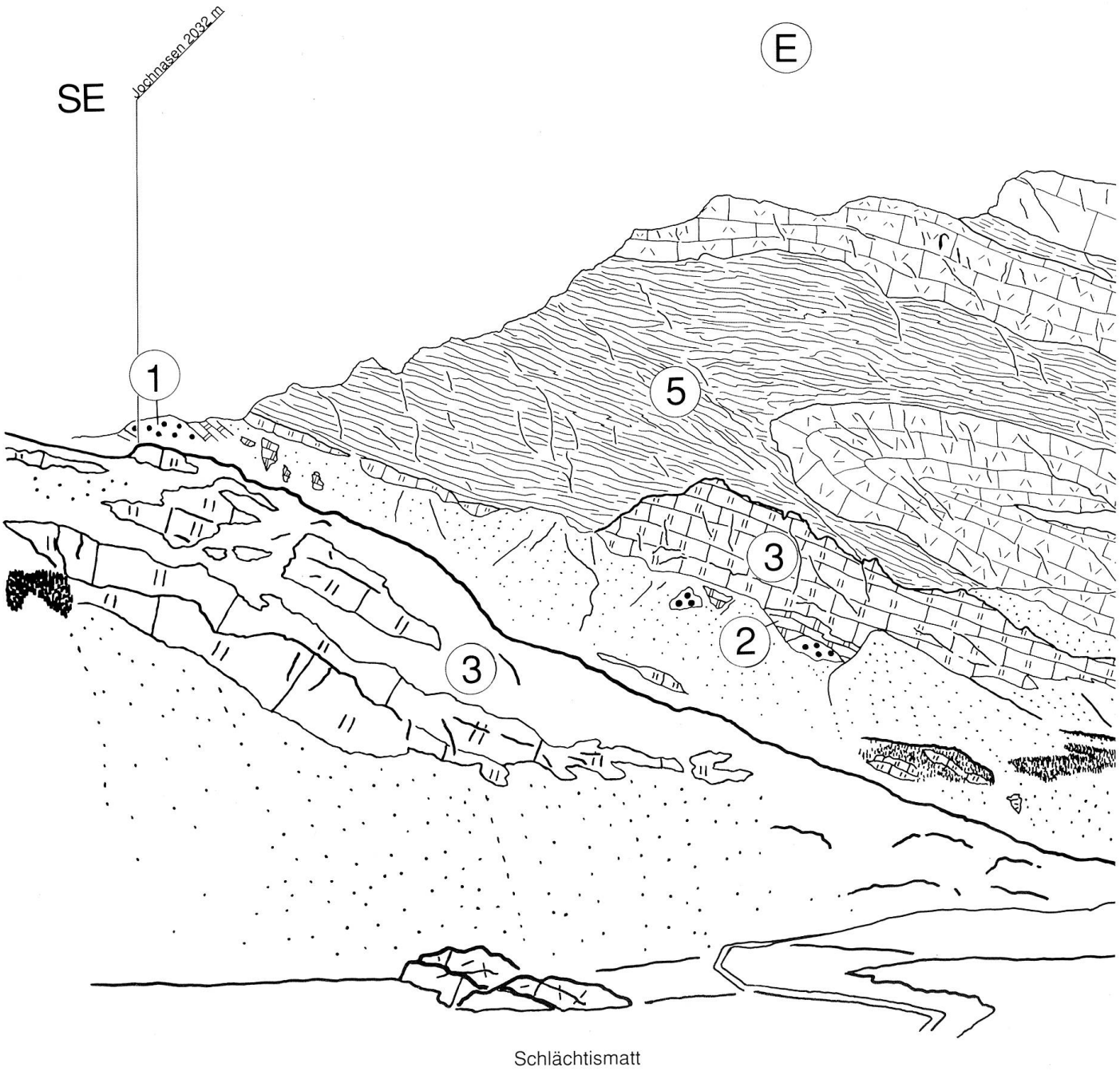


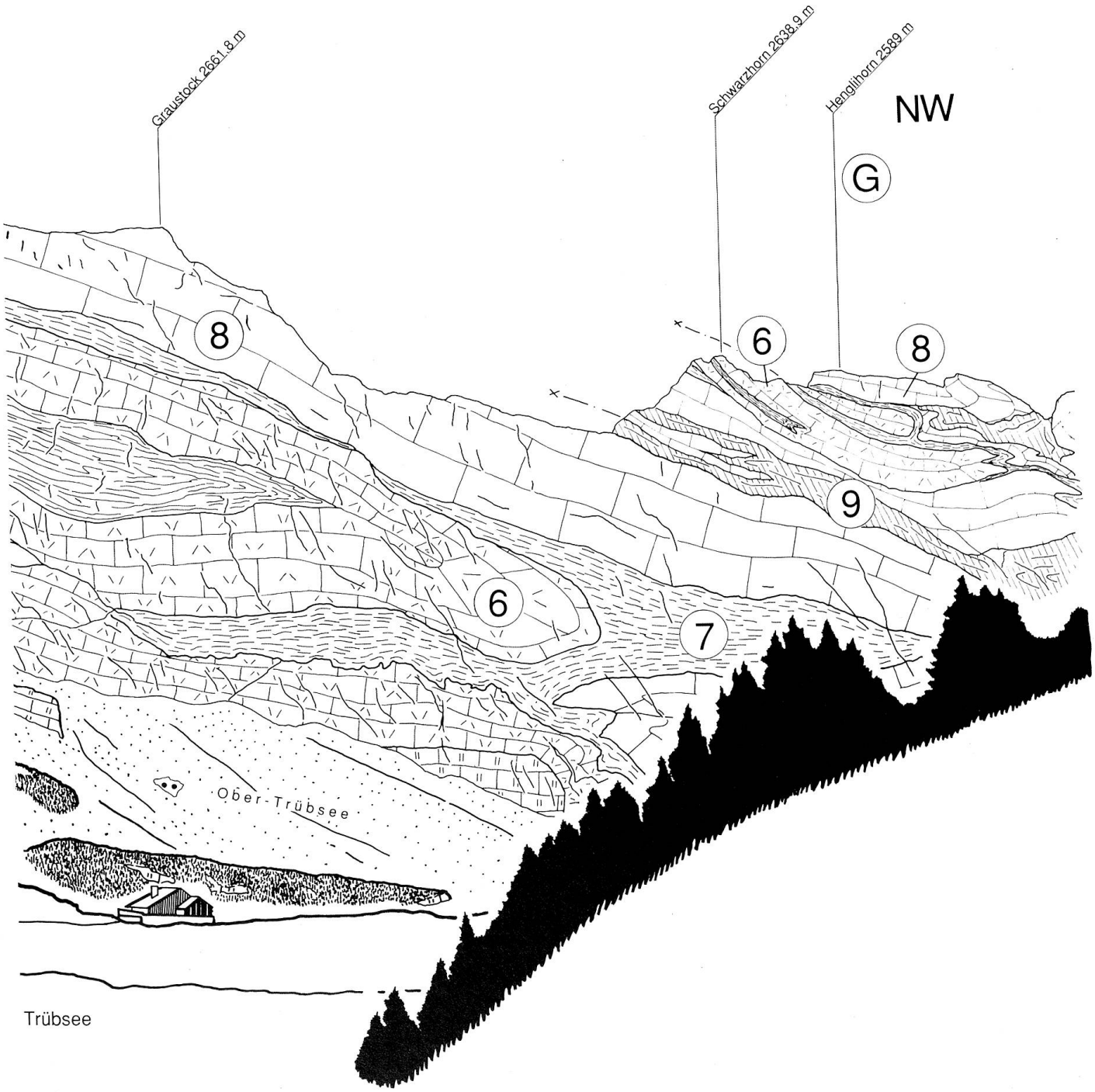
Abb. 13: Schematisches Profil durch das Gebirge zwischen Widderfeld Stock und Stanserhorn nach P. CHRIST (1920) und R. HANTKE (1961) (vgl. Tafel 3).



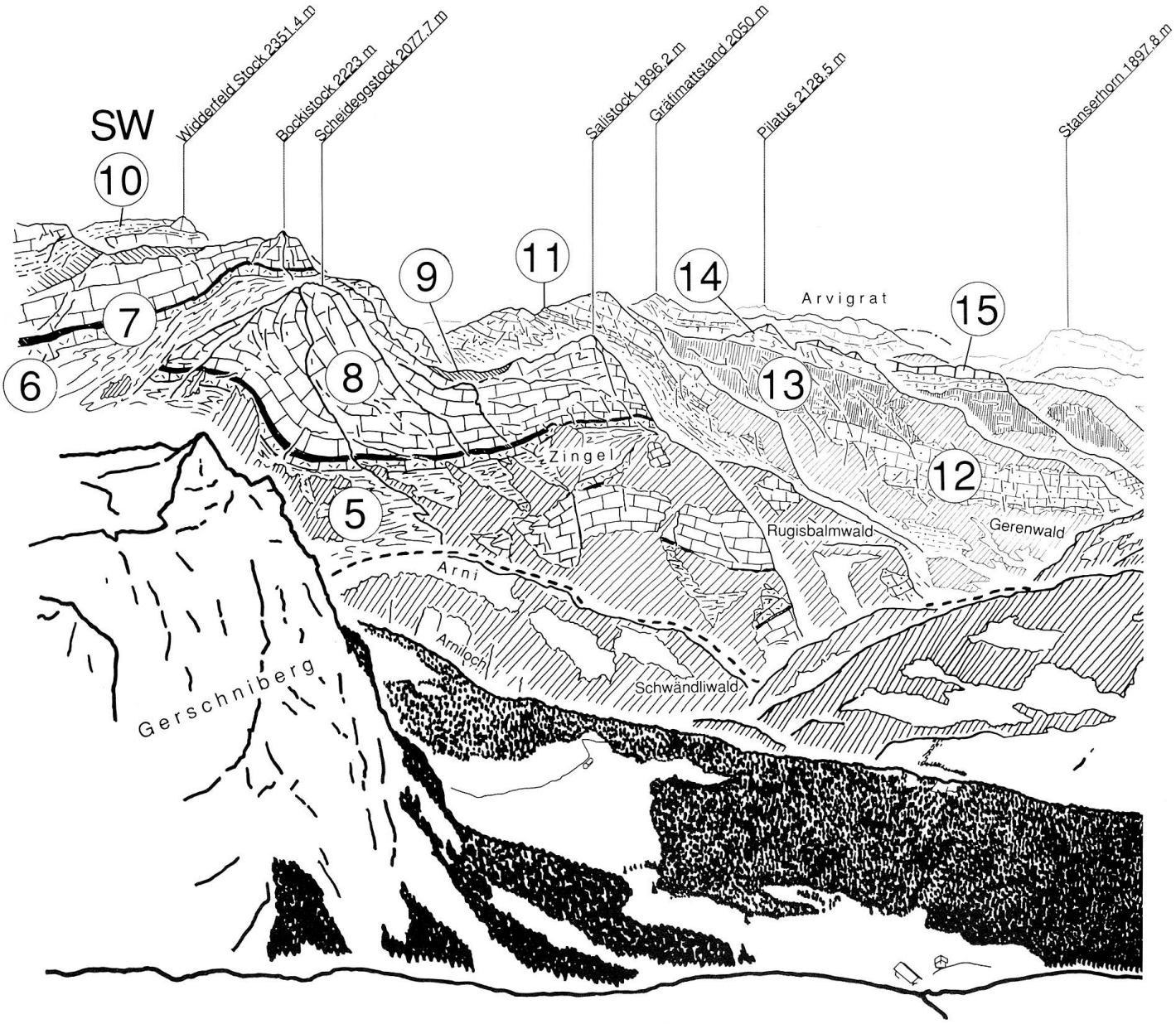
Tafel 2:
Am Graustock beeinflusst die unterschiedliche Verwitterung einzelner Schichten die Silhouette des Berges. Die weicheren Mergelschiefer der Schilt-Schichten (7) verwittern leichter als der darüberliegende massige Quintner Kalk (8). Sie bedingen die Stufung des Graustock-Gipfels.

Auch bei der Faltung kommt dem Gesteinsaufbau Bedeutung zu. Weiche, schiefrige Schichten werden bei der Faltung stärker ausgewalzt und dienen oft als Gleithorizonte für harte Gesteine. Druckbelastungen – wie sie bei der Alpenfaltung entstanden sind – führten in festen Gesteinskörpern zu Brüchen und Klüften, während die tonigeren, fliessfähigeren Abfolgen ausgedünnt wurden.

Die Graustock-Falte bildet die Fortsetzung der Dogger-Falten östlich von Engelberg am Hahnen (vgl. Tafeln 4 und 6).



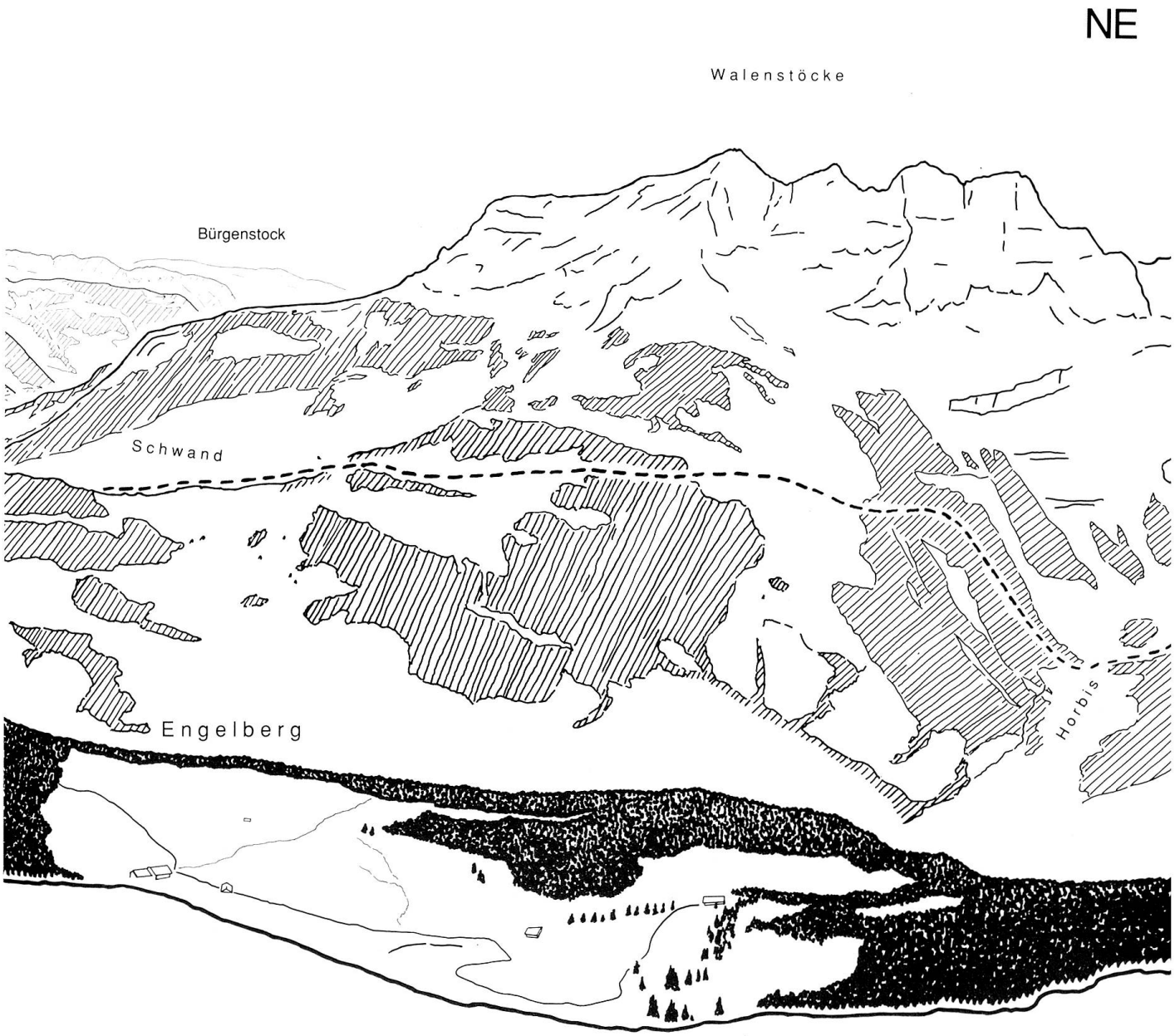
Angesichts der Falte am Graustock lässt sich erahnen, welche ungeheuren Kräfte bei der Auffaltung der Alpen wirksam waren. Man darf sich jedoch das Gestein nicht als in weichem Zustand deformiertes Material vorstellen. Die nach der Sedimentation verfestigten Gesteinsschichten wurden über lange Zeit unter hohen Drucken verformt.



Tafel 3:
Schon bei der Alpenfaltung wurden die Rohformen geschaffen für künftige Täler. So wirkte die Verwitterung durch Wind, Wasser, Frost und Eis (Erosion) verstärkt längs Klüften, Brüchen und anderen Schwachstellen, die durch die Deformation der Gesteine entstanden. Weiche, schiefrige Schichten werden leichter abgetragen als massige Gesteinspakete. Es entstanden entlang von vorgezeichneten Schwächezonen und an Stellen mit geeigneter Gesteinszusammensetzung tiefe Täler.

Schon vorher und im Eiszeitalter (≈1,8 Ma – 10000 Jahre vor heute) kam es durch Klimaschwankungen zu mehreren grösseren Gletschervorstössen, die entlang dem vorgeformten Untergrund abflossen. In den Gletschern eingeschlossener Gesteinsschutt hobelte unter dem Druck der enormen Eislast die Täler weiter aus. Beim Eisabbau kam es in wärmeren Phasen infolge Druckentlastung und Frostwechsel zu Rutschungen und Bergstürzen.

In einer solchen Phase ist auch der Bergsturz

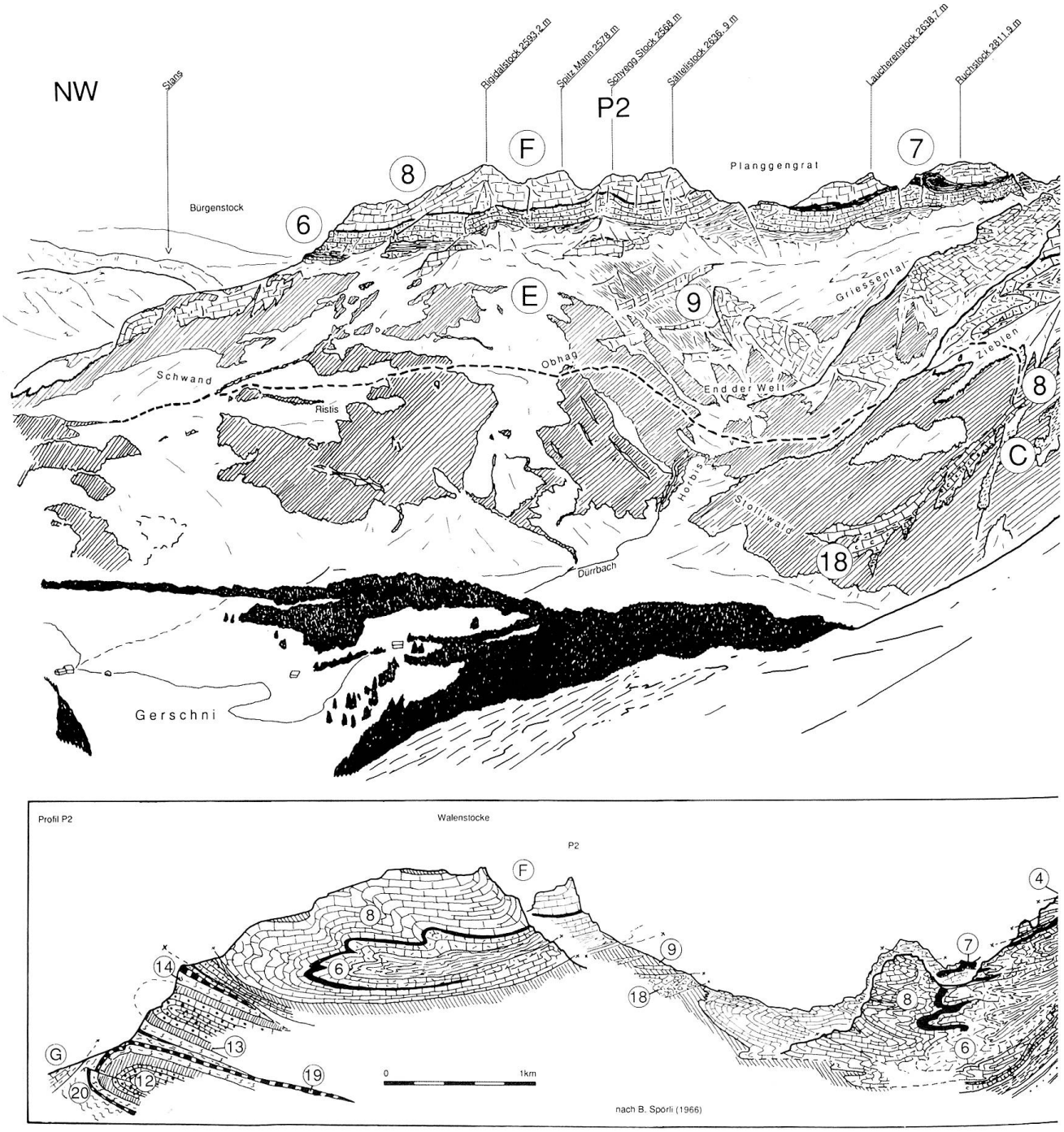


von Engelberg niedergefahren, der wohl am Ende der letzten Eiszeit (vor zirka 10000 Jahren) vom «Laub» auf den Gletscher im Talboden stürzte (Tafel 4).

Die abfliessenden Schmelzwässer der Gletscher wurden durch Bergsturztrümmer am Ausgang des Engelberger Tales zu einem Talsee aufgestaut. Die Verlandung dieses Sees führte zur Bildung des heutigen, flachen Talbodens.

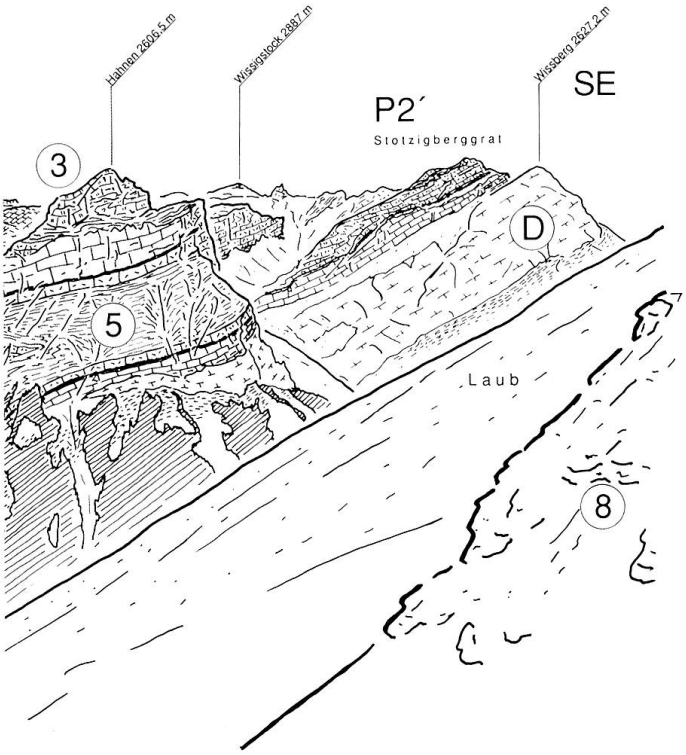
Die Talgeschichte veranschaulicht uns die ständige Veränderung der Erdoberfläche.

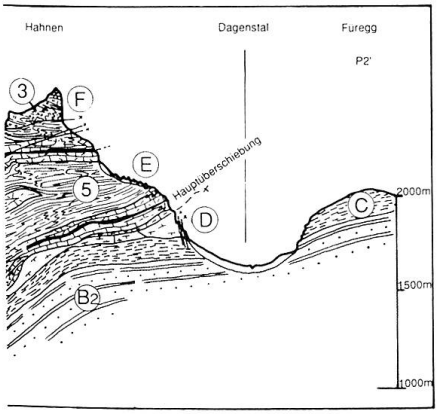
Ein schematisches Profil durch die Berge zwischen Widderfeld Stock und Vierwaldstättersee (Abb. 13) veranschaulicht den Bau der höheren Helvetischen Decken. Die Sedimente des Stanserhorns ganz im Norden gehören zu einer anderen tektonischen Einheit und bilden Klippen der Penninischen Decken (siehe auch Kap. 2.4.2).



Tafel 4:
Die schräg nach NW abtauchende Gesteins-Platte der Laubalp lässt sich nach NE unter den Hahnen verfolgen (8, Quintner Kalk). Wie dort erhob sich einst über dem «Laub» ein ähnlich hoher Berg, der «Trübsee-Hahnen».

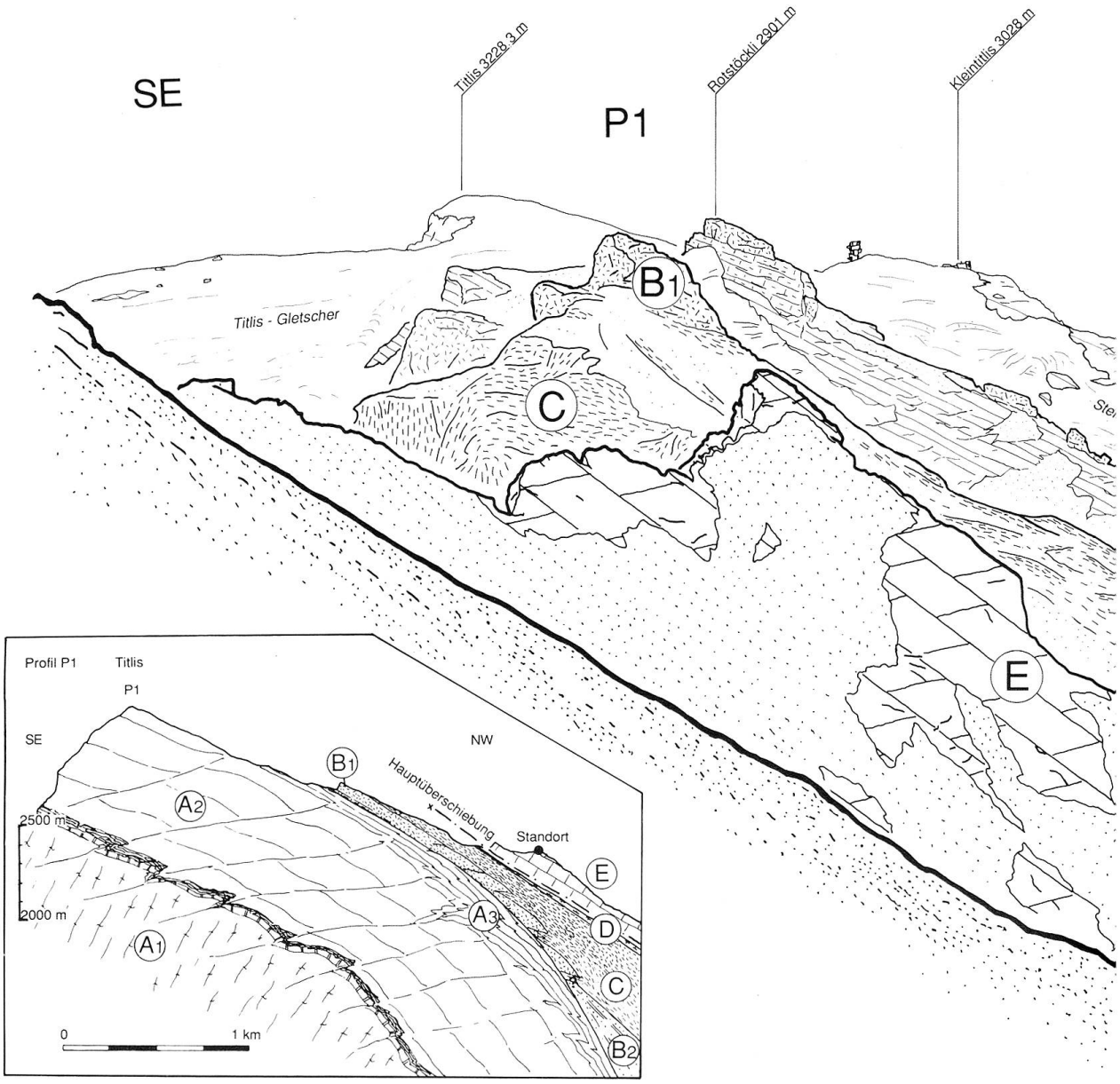
Während einer wärmeren Phase am Ende der letzten Eiszeit wurden – infolge der Eisentlastung – bereits bestehende Klüfte und Brüche erweitert und neue geöffnet, so dass der Kontakt des Berges mit der Gesteinsmasse am Trübsee nicht mehr gewährleistet war. Der «Trübsee-Hahnen» glitt ab. Dabei bot die schiefe Ebene vom «Laub» mit der plattigen Kalkunterlage eine geeignete Rutschfläche. Ein Gesteinsvolumen von zirka 2500 Millionen m³ stürzte mit hoher Geschwindigkeit in das noch enge, durch einen letzten eiszeitlichen Gletscher ausgefüllte Engel-





berger Tal. Dadurch wurden Trümmer bis auf 1600 m am Gegenhang hinaufgeworfen (gestrichelte Linie).

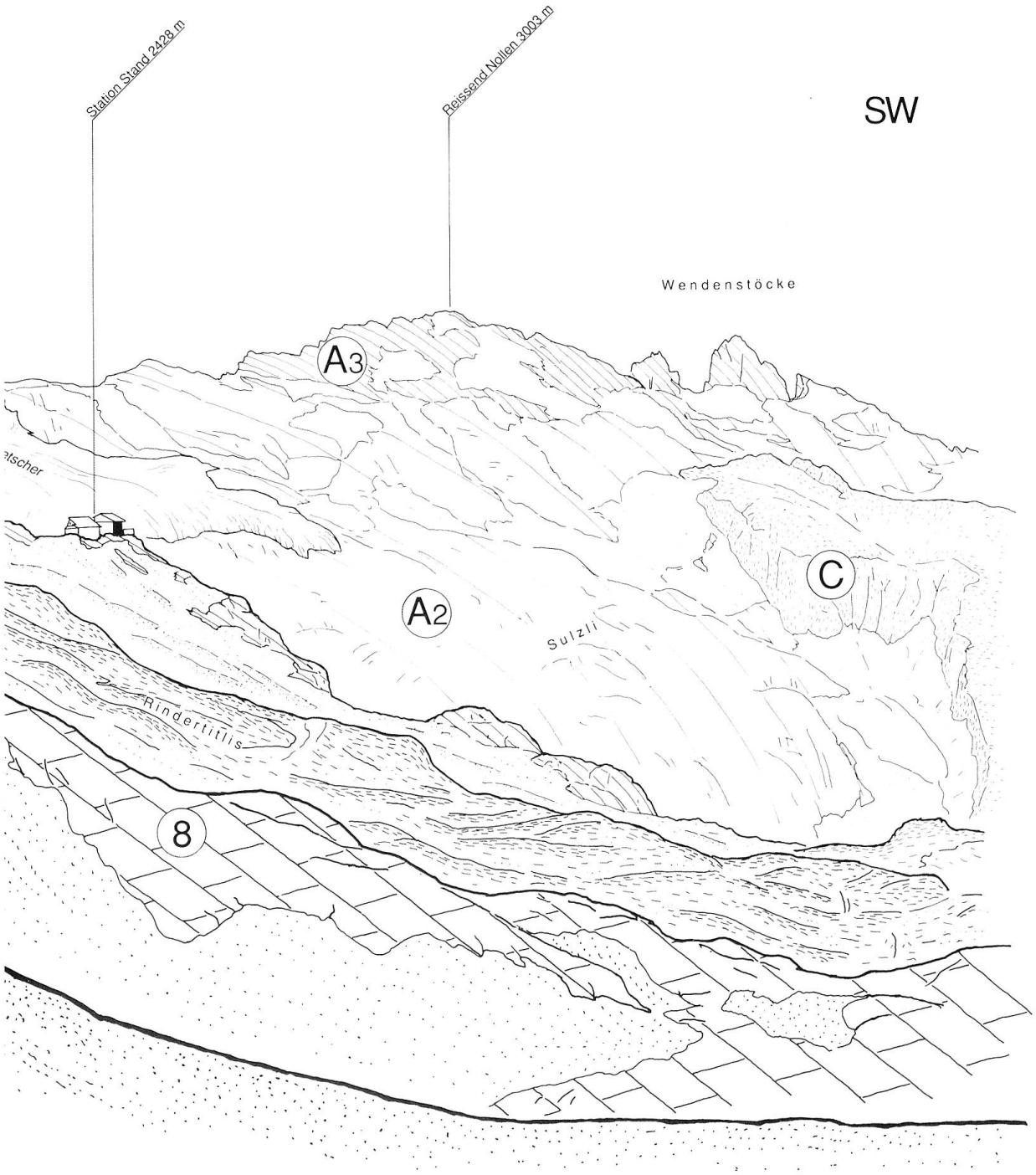
Das Profil P2 nach B. SPÖRLI (1966) zeigt die relativ komplizierten Verhältnisse im Querschnitt durch die Gebirge auf. Daraus lässt sich vorstellen, wie der «Trübsee-Hahnen» auf der diesseitigen Quintner Kalk-Platte (8) gestanden hatte.

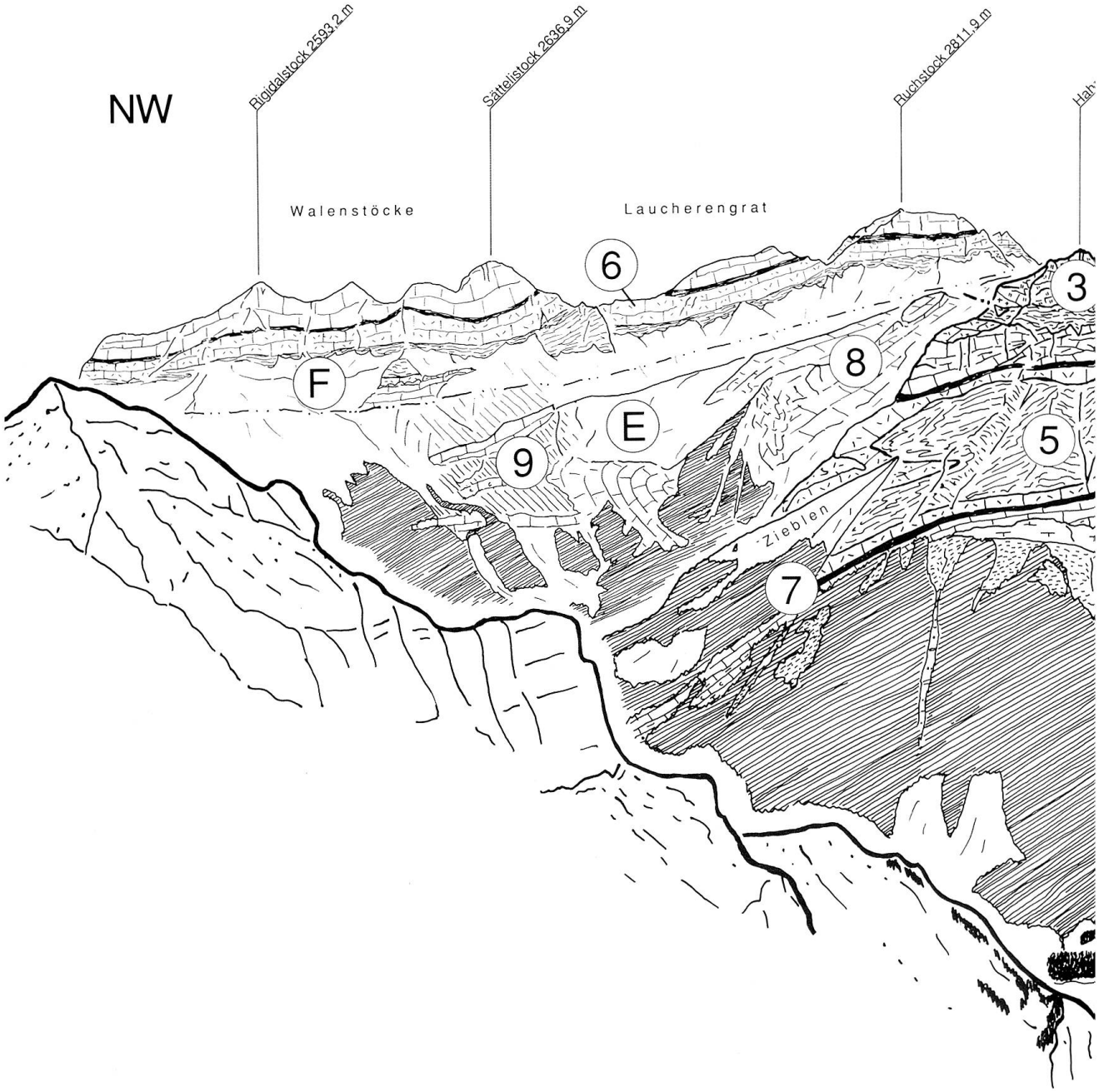


Tafel 5:
Gegen den Titlis ist eine Stufung einzelner Einheiten zu beobachten. Die Gesteinsmasse im Hintergrund (A2 + A3) liegt noch mehr oder weniger am Ort ihrer Bildung (autochthon). Darüber folgen ursprünglich etwas südlicher gelegenere Schuppen (B1), die bei der Alpenfaltung vom Untergrund abgeschert und über das Autochthon geschoben wurden. Dabei wurde auch der Schutt der werdenden Alpen, der bei submarinen Rutschungen abgelagerte Flysch (C), mitverfrachtet und eingefaltet.

Zuletzt wurden die am weitesten aus dem Süden stammenden Helvetischen Decken (E, Untere Urirotstock-Decke) darüber geschoben und verfaltet. Der Kontakt zwischen Helvetikum und Flysch wird als Helvetische Haupt-Überschiebung bezeichnet.

Das Profil P1 quer zur Ansicht dient zum besseren Verständnis des beschriebenen Aufbaus und des Kontakts zwischen autochthonen und überschobenen Elementen.

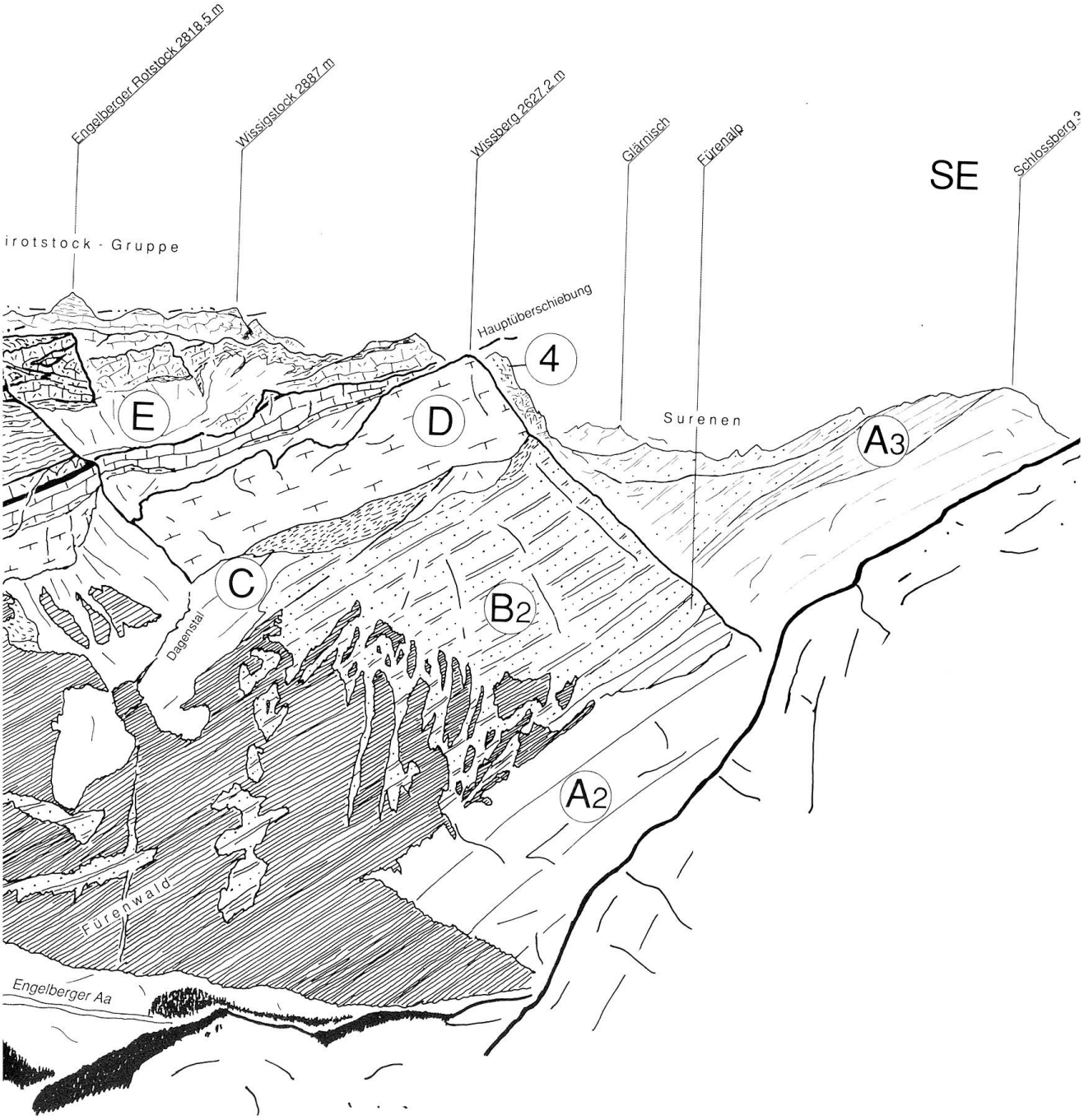

Station Stand 2428 m
Reissend Nollen 3003 m
SW
Wendenstöcke
A3
A2
C
Sulzli
Rindertitlis
8



Tafel 6:
Die Berge vom Schlossberg bis zu den Walenstöcken gewähren Einblick in den komplizierten Aufbau der verschiedenen Einheiten.

Ganz im SE liegt der autochthone Sockel (A2 + A3). Die darüberliegenden parautochthonen (nur wenig vom Ort der Bildung entfernten) Schuppen (B2), der Flysch (C) und die Wissberg-Scholle (D) bilden die Unterlage der Helvetischen Decken (E + F), die hier aus Teilen der Axen- und Druesberg-Decken bestehen. Die Obere Urirotstock-Decke (F) bildet die Hahnenspitze und die Gipfel der Walenstöcke bis zum Wissigstock. Sie wurde über den unteren Teil, die Untere Urirotstock-Decke (E), überschoben. So liegen immer wieder ältere Schichten über jüngeren, die durch Überschiebungen und Verfaltungen an ihren Standort gelangten.

Hier am «Stand» ist die Helvetische Haupt-Überschiebung, der Kontakt zwischen Flysch und den Helvetischen Decken, zu erkennen (vgl. mit Tafel 5).


Engelberger Rotstock 2818,5 m
Wissigstock 2887 m
Wissberg 2627,2 m
Glärnisch
Fürenalp
SE
irotstock - Gruppe
Hauptüberschiebung
4
E
D
Surenen
A3
C
B2
Dagenstal
A2
Fürenwald
Engelberger Aa

Im Einzelverkauf erhältlich

Unsern Mitgliedern können wir noch folgende Bände anbieten:

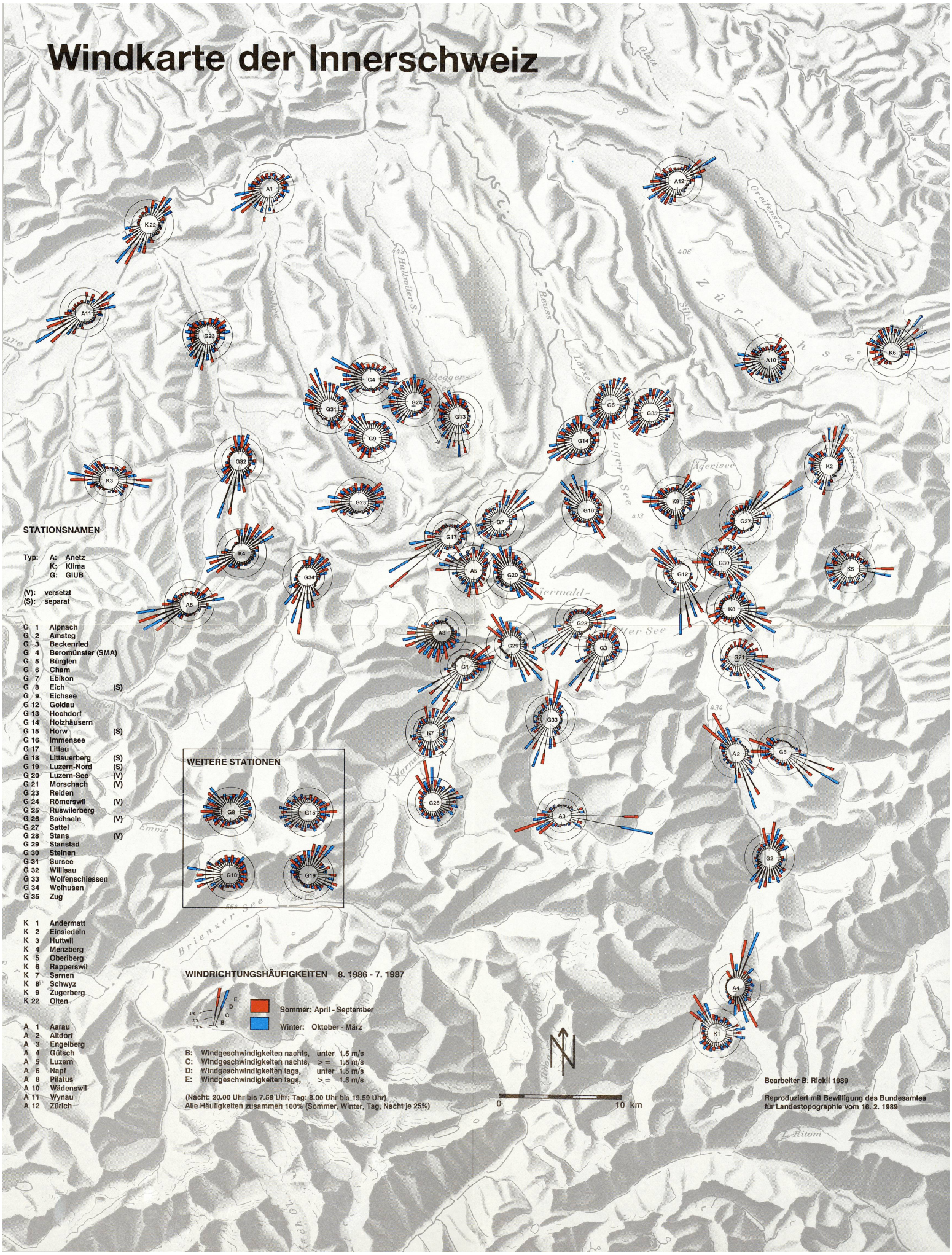
1. Flora des Kantons Luzern Fr. 48.–

2. Band 29 der Mitteilungen 1987
   Sonderband
   «Eiszeitforschung», mit allgemeinen und regionalen Beiträgen Fr. 25.–

3. Band 30 der Mitteilungen 1988/89
   Sonderband
   «Rigi», mit Beiträgen zur Geologie, Ve getation, Flora und Fauna der Rigi sowi Untersuchungen in chemisch-physikali scher Richtung, über Naturlandschaft Gefährdung und Tourismus Fr. 35.-

Bezugsquellen: Dr. Josef Wicki, Archivar, Brambergstrasse 42, 6004 Luzern, und Natur Museum Luzern

Windkarte der Innerschweiz



STATIONSNAMEN

Typ: A: Anetz
K: Klima
G: GIUB

(V): versetzt
(S): separat

G 1	Alpnach	
G 2	Amsteg	
G 3	Beckenried	
G 4	Beromünster (SMA)	
G 5	Bürglen	
G 6	Cham	
G 7	Ebikon	
G 8	Eich	(S)
G 9	Eichsee	
G 12	Goldau	
G 13	Hochdorf	
G 14	Holzhäusern	
G 15	Horw	(S)
G 16	Immensee	
G 17	Littau	
G 18	Littauerberg	(S)
G 19	Luzern-Nord	(S)
G 20	Luzern-See	(V)
G 21	Morschach	(V)
G 23	Reiden	
G 24	Römerswil	(V)
G 25	Ruswilerberg	
G 26	Sachseln	(V)
G 27	Sattel	
G 28	Stans	(V)
G 29	Stanstad	
G 30	Steinen	
G 31	Sursee	
G 32	Willisau	
G 33	Wolfenschiessen	
G 34	Wolhusen	
G 35	Zug	

K 1	Andermatt
K 2	Einsiedeln
K 3	Huttwil
K 4	Menzberg
K 5	Oberiberg
K 6	Rapperswil
K 7	Sarnen
K 8	Schwyz
K 9	Zugerberg
K 22	Olten

A 1	Aarau
A 2	Altdorf
A 3	Engelberg
A 4	Gütsch
A 5	Luzern
A 6	Napf
A 8	Pilatus
A 10	Wädenswil
A 11	Wynau
A 12	Zürich

WEITERE STATIONEN

G8 G15 G18 G19

WINDRICHTUNGSHÄUFIGKEITEN 8. 1986 - 7. 1987

E D C B 4% 2% 0%

Sommer: April - September

Winter: Oktober - März

B: Windgeschwindigkeiten nachts, unter 1.5 m/s
C: Windgeschwindigkeiten nachts, > = 1.5 m/s
D: Windgeschwindigkeiten tags, unter 1.5 m/s
E: Windgeschwindigkeiten tags, > = 1.5 m/s

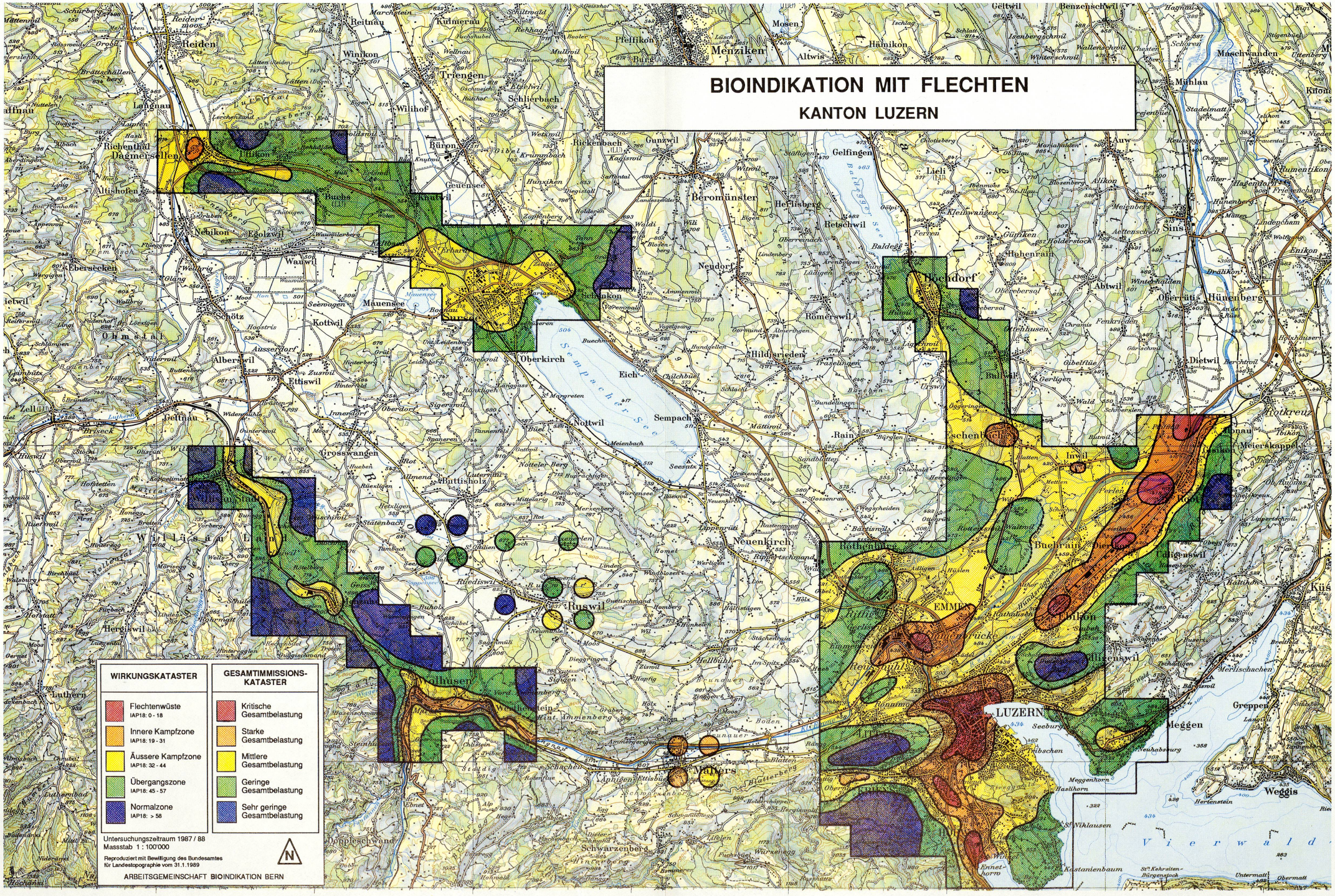
(Nacht: 20.00 Uhr bis 7.59 Uhr; Tag: 8.00 Uhr bis 19.59 Uhr)
Alle Häufigkeiten zusammen 100% (Sommer, Winter, Tag, Nacht je 25%)

Bearbeiter B. Rickli 1989

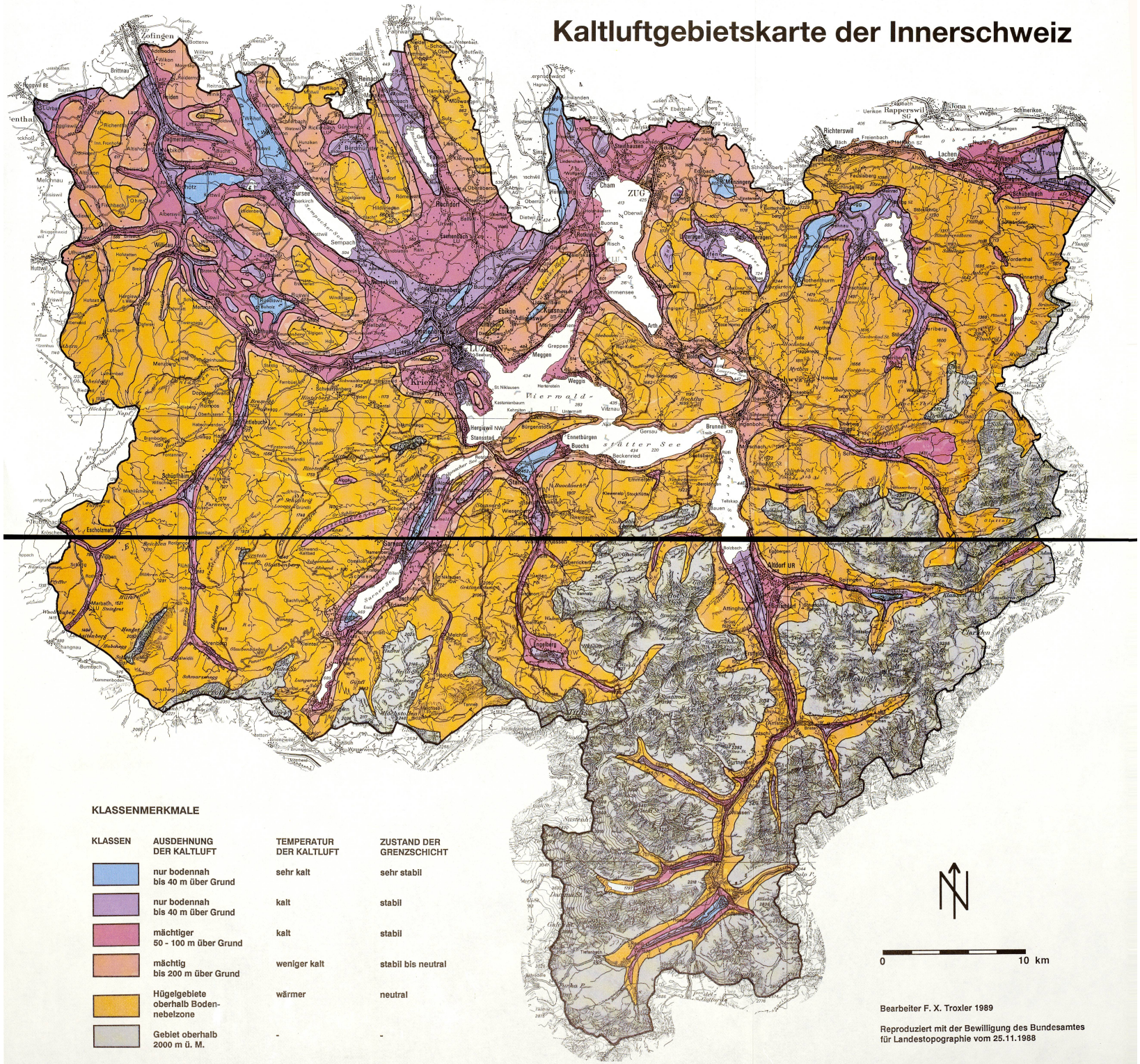
Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 16. 2. 1989

BIOINDIKATION MIT FLECHTEN

KANTON LUZERN



Kaltluftgebietskarte der Innerschweiz


Zofingen
Sursee
Sempach
Hochdorf
Reinach
Rapperswil
Richterswil
Lachen
Cham
ZUG
Ebikon
Kriens
Weggis
Vierwald-
stätter See
Altdorf UR
Schwyz
Escholzmatt
Sarnersee
Engelberg
Meiringen
Melchnau
Huttwil
Willisau
Menznau
Schüpfheim
Wolhusen
Malters
Emmen
Kleinwangen
Eschenbach
Ennetbürgen
Buochs
Stansstad
Hergiswil NW
Brunnen
Gersau
Küssnacht
Arth
Goldau
Einsiedeln
Wädenswil
Horgen
Thalwil
Zürich
Uetikon
Feldbach
Hurden
Pfäffikon SZ
Wurmsbach
Bollingen
Schmerikon
Uznach
Kaltbrunn
Gommiswald
Ricken
Wattwil
Ebnat-Kappel
Nesslau
Wildhaus
Unterwasser
Alt St. Johann
Wildhaus
Gamprin
Triesenberg
Vaduz
Schaan
Balzers
Triesen
Eschen
Mauren
Schellenberg
Ruggell
Gretschins
Bad Ragaz
Sargans
Mels
Flums
Walenstadt
Quarten
Weesen
Amden
Mühlehorn
Glarus
Näfels
Mollis
Linthal
Elm
Braunwald
Klöntal
Schwanden
Hätzingen
Sernftal
Kerenzerberg
Filzbach
Obstalden
Mühlehorn
Gottharddorf
Hospental
Andermatt
Realp
Oberwald
Gletsch
Furka P.
Susten P.
Grimsel P.
Klausen P.
Pragel P.
Ibergeregg
Rigi
Pilatus
Titlis
Urner Boden
Muotatal
Illgauer Berg
Sattelberg
Stockhorn
Niesen
Gurnigel
Schwarzenegg
Kandersteg
Frutigen
Adelboden
Lenk
Gstaad
Saanen
Zweisimmen
Wimmis
Spiez
Thun
Interlaken
Brienz
Meiringen
Grindelwald
Lauterbrunnen
Wengen
Mürren
Gimmelwald
Stechelberg
Kandersteg
Leukerbad
Leukerbad
Gampel
Steg
Visp
Brig
Naters
Simplon
Gondo
Zermatt
Saas Fee
Saas Grund
Saas Almagell
Mattmark
Grächen
Randa
Täsch
Zermatt
Arolla
Evolène
Les Haudères
Hérémence
Nendaz
Veysonnaz
Thyon
Les Collons
Bagnes
Le Châtelard
Martigny
Sion
Sierre
Montana
Crans
Lens
Chalais
Vercorin
Grimisuat
Savièse
Ayent
Arbaz
Mollens
Randogne
Chermignon
Lavey-les-Bains
Leysin
Les Diablerets
Gstaad
Saanen
Zweisimmen
Lenk
Adelboden
Frutigen
Kandersteg