Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft in Bern
Band: 77 (2020)

Artikel: Nacheiszeitliche Bergstürze im Kandertal und ihre Auswirkungen
Autor: Adamek, Gaston
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-869445

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: 09.08.2025

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

Nacheiszeitliche Bergstürze im Kandertal und ihre Auswirkungen

Exkursion der Naturforschenden Gesellschaft Bern vom 15.6.2019

Autor

Gaston Adamek

Eine Exkursion der NGB zum Thema «Extreme ökologische Auswirkungen eines Bergsturzes vor 9600 Jahren» führte uns ins Kandertal. Nebst spezifischen Erläuterungen zum Bergsturzgebiet Kandertal kamen zwischen Frutigen und Oeschinensee die geologische Entwicklung und die Vegetationsgeschichte dieser vielfältigen Landschaft zur Sprache.

Am 12. Dezember 2019 stürzten ca. 15 000 m³ Felsmassen vom «Spitzen Stein» östlich des Fisistocks Richtung Oeschinental ab. Weitere Felsabstürze von etlichen Tausend m³ Sturzmasse im mit Tachymetrie und GPS bestens überwachten Gebiet sind angekündigt (Geotest 2019). Allerdings sind solche Bergstürze massenmässig nicht vergleichbar mit jenem extremen, der sich wohl vor rund 9½ Tausend Jahren im gleichen Gebiet ereignete, als schätzungsweise 800 Millionen m³ Fels beim Fisistock abrutschten, sich etliche Kilometer verheerend durch das Kandertal ausbreiteten und sich dadurch die Vegetation auf lange Zeit hin drastisch veränderte (Tinner et al. 2005).

Am 15. Juni 2019, also noch vor dem letzten Bergsturz, trafen sich rund 30 Personen in Frutigen zur «Exkursion Kandertal – Extreme ökologische Auswirkungen eines Bergsturzes vor 9600 Jahren» der Naturforschenden Gesellschaft Bern NGB, welche unter der Leitung von Prof. Dr. Flavio Anselmetti (Institut für Geologie der Universität Bern) sowie Prof. Dr. Willy Tinner und Dr. Petra Boltshauser-Kaltenrieder (Institut für Pflanzenwissenschaften der Universität Bern) stand. Die Exkursion führte uns zu drei Standorten, zur Tellenburg bei Frutigen, zum Blausee und zum Oeschinensee, die wir zum Teil zu Fuss, per Bus oder Gondelbahn erreichten *(Abb. 1a)*. So wurden wir über neue Erkenntnisse zu den längst bekannten Bergstürzen des Kandertals unterrichtet, welche dank geologischer, physikalischer und paläoökologischer Untersuchungen der letzten Jahre zustande gekommen sind.

Tektonisch-geologische Aspekte des Kandertalgebietes

Das Berner Oberland im Bereich Kiental-Kandertal-Engstligental ist geologisch eines der komplexesten Gebiete der Alpen, was ein Blick auf die tektonische und geologische Karte *(Abb. 1b* und *1c)* und die geologischen Profile der beiden Kandertalseiten *(Abb. 3)* zeigt. Deshalb erläuterte uns Flavio Anselmetti auf der Tellenburg vorerst die Entstehungsgeschichte dieser Gebirgsregion, was hier in Kürze nachgezeichnet werden soll.

Zur Entstehung der frühen erdmittelalterlichen Ablagerungen im Alpinen Schelf des Thetys-Meeres (Tri-

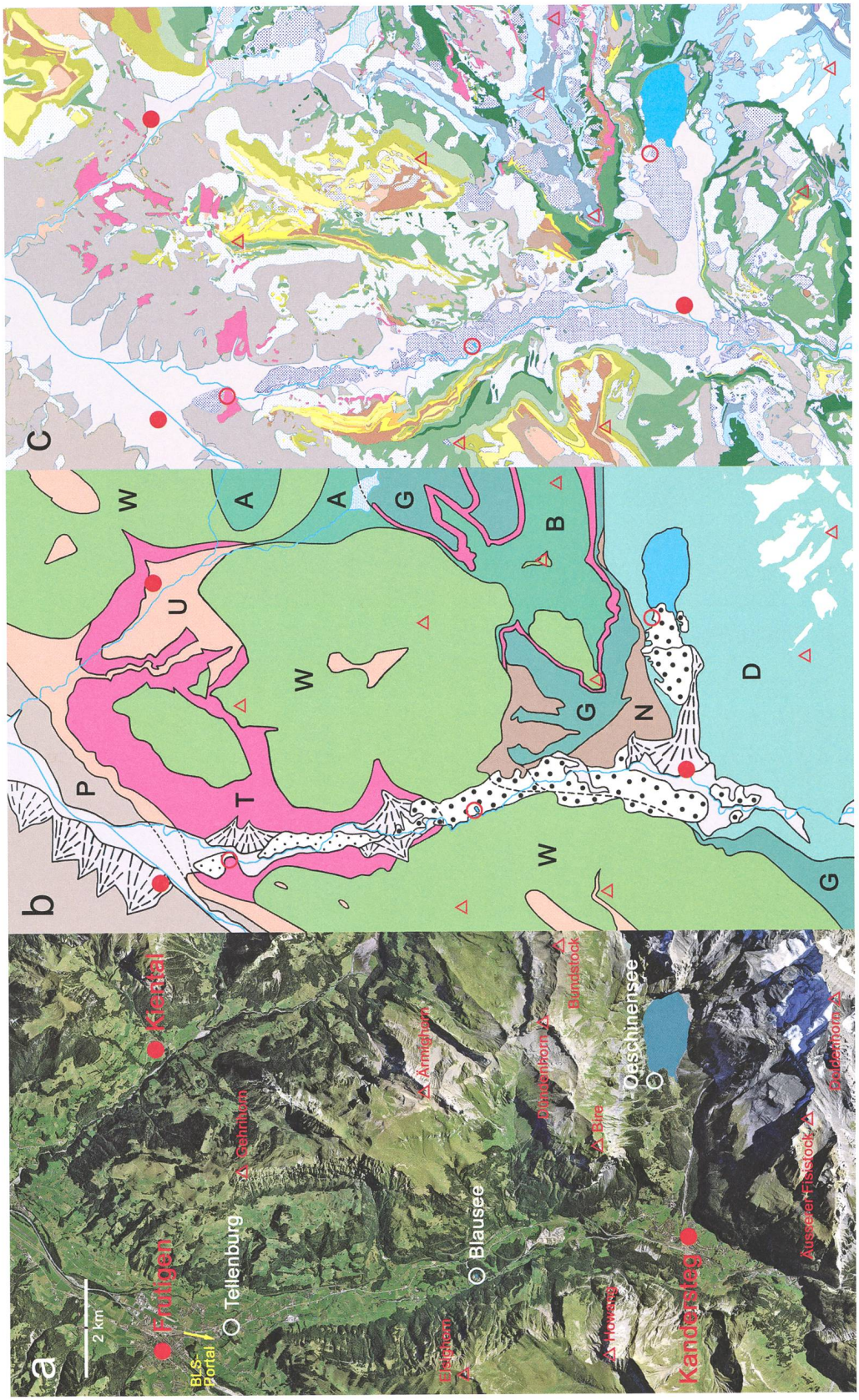


Abb. 1: Karte Kandertal-Oeschinensee mit Exkursionsorten, tektonischen und geologischen Einheiten. a: Luftbild mit Exkursionsorten Tellenburg, Blausee und Oeschinensee. b: Tektonische Karte. D (blaugrün) = Doldenhorndecke, G (graugrün) = Gellihorndecke, N (braun) = Nordhelvetischer Flysch, T (rot) = Taveyannaz-Serie, B und A (grasgrün) = Bundstock-Element und Axendecke, W (gelbgrün) = Wildhorndecke, U (blassrosa) = Ultrahelvetikum, P (graubraun) = Penninikum. (hellgrau) = Talsohlen und grosse Schuttfächer. (grosspunktiert) = Hauptmasse mehrerer Bergstürze, (kleinpunktiert) = Verschwemmtes Bergsturzmaterial, (weiss) = Gletscher. c: Geologische Karte. Vereinfacht, ohne Verwerfungsangaben. Farben der Gesteinsschichten entsprechen der Stratigraphie-Beschreibung der *Abb. 4*.
(Nach Furrer at al. 1993, Tinner et. al. 2005, Ziegler & Isler 2013, Swisstopo 2020, Strati 2020).

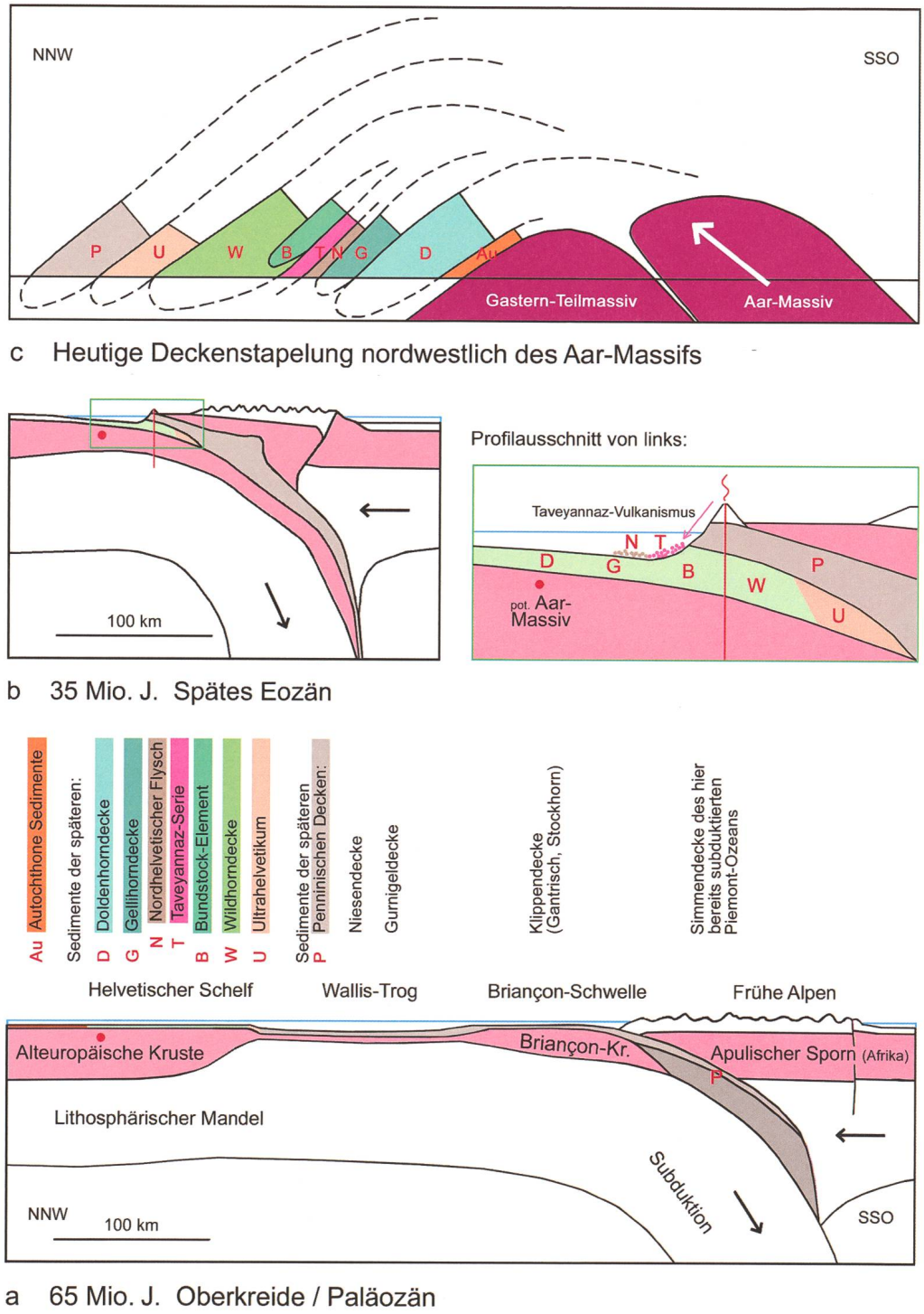


Abb. 2: Stark vereinfachte rekonstruierte tektonische Profildarstellungen zur Gebirgsbildung im Bereich des Kandertals. a: Vor 65 Mio. J. Oberkreide / Paläozän. Bereiche der Sedimentablagerungen späterer Gebirgsdecken im Penninischen Ozean. Roter Punkt = Lage des Krustenbereichs des späteren Aarmassifs. b: Vor ca. 35 Mio. J. Spätes Eozän. Ablagerung von Taveyannaz- und Nordhelvetischen Flysch-Sedimenten während der Subduktion des Helvetischen Schelfs. c: Prinzipielle Deckenstapelung heute in Folge des oligozänen Plattenabbruchs bzw. starker Rückwärts- und Auftriebsbewegungen. (In Anlehnung an Adrian & Schuler 1977, Herwegh & Pfiffner 2005, Pfiffner 2015)

as 250–200 Mio. J.) wird hier nicht weiter eingegangen, da deren Gesteinsformationen im Kandertal nur eine marginale Rolle spielen. Hier soll dafür detaillierter die Gesteinsbildung der im Kandertalbereich abgelagerten Formationen dargestellt werden.

Im Gebiet des Kandertals sind nebst dem erdaltertümlichen (variszischen) Kristallin des Gasterntals und den erdneuzeitlichen losen Ablagerungen fast nur erdmittelalterliche ± ursprüngliche und metamorphisierte Sedimentgesteine des Juras (200–145 Mio. J.), der Kreide (145–66 Mio. J.) und des frühen Tertiärs (66–33 Mio. J.) zu finden. Diese Sedimentgesteine werden grösstenteils dem geologischen Deckensystem des Helvetikums zugeordnet. Dessen Bildung bzw. Ablagerungen fanden im Penninischen Nachfolge-Ozean des westlichen Thetys-Meeres statt, in unserem Fall von Bedeutung in dessem Seitenast des Walliser-Trogs *(Abb. 2a*; Pfiffner 2015).

Das Helvetikum bildete auf der europäischen Kontinentalplatte den nördlichen Kontinentalschelf (Flachmeer), dessen Wasserstand im Erdmittelalter je nach Klima schwankend war und deshalb zu unterschiedlichen Ablagerungen und schliesslich Gesteinen führte. Die vereinfachte Stratigraphie *(Abb. 4*; Zwahlen 1993, Pfiffner 2015) des Helvetikums (u. a.) zeigt die hauptsächlichen Gesteinsformationen, die nun im Gebiet des Kandertals zu finden sind (vergleiche mit *Abb. 1c* und *3*).

Im Anschluss an eine südliche Thetys-Subduktion (Abtauchen der europäischen unter die adria-afrikanische tektonische Platte) begann nördlich davon am Ende der Kreidezeit (vor ca. 100 Mio. J.) auch im südlichen Ast des Penninischen Ozeans, dem Piemont-Ozean, eine Subduktion der Europäischen Kontinentalplatte. Während im westlichen Bereich des Walliser-Trogs nur Meeres-Sedimente abgelagert wurden, bildeten sich im Piemont-Ozean nebst Meeres-Sedimenten zusätzlich aus der tieferliegenden «lithosphärischen Kruste» auch eine neue «basaltische Kruste».

Durch den Sog der absinkenden Europäischen Platte und das Nachstossen der Adriatischen Platte (Apulia) wurden auf dem europäischen «Lithosphären-Förderband» immer mehr nördlichere Bereiche subduktiert: Nach dem Piemont-Ozean (vor ca. 65 Mio. J.), der Briançon-Mikrokontinent (ab 50 Mio. J.), der Walliser-Trog (ab 40 Mio. J.), das Helvetikum (ab 35 Mio. J.). Dabei wurden meist die Sedimentauflagen sowie auch Teile des Kristallins abgeschert und gestapelt. Je tiefer die Gesteinsschichten abtauchten, desto mehr wurden sie unter erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur verformt, metamorphisiert und verdichtet (*Abb. 2a* und *b*; Stampfli et al. 1998, Pfiffner 2015).

Als im frühen Oligozän (vor ca. 34–32 Mio. J.) in weit über 100 km Tiefe ein grosses Stück der untertauchenden Europäischen Platte abbrach (slab break-off), überstieg der Auftrieb des spezifisch leichteren Reststücks den Abwärtszug, sodass nun wieder aufsteigendes Subduktionsmaterial den Keil des abgescherten Gesteins zu heben begann. Die für das Kandertal vorherrschenden Gesteinsschichten des Helvetikums wurden als Decken vom sich hebenden Aarmassiv nach Norden verschoben. Die im helvetischen Schelfmeer südlicher gelegenen Bereiche kamen nun auf der Alpennordseite über die ursprünglich nördlicher abgelagerten Schichten zu liegen und drangen auch mehr nach Norden vor *(Abb. 2a–c, 3*; Adrian & Schuler 1977, Zwahlen 1993, Pfiffner 2015).

Während des Abscherens und dem späteren Überschieben der Gesteinsschichten wurden diese in mannigfaltiger Art verändert, sei es durch Faltungen, durch z.T. grossflächige Verschiebungen und natürlich durch Erosion. Die heutige Landschaftsstruktur mit den tiefen Taleinschnitten und erodierten Gesteinsdecken entstand insbesondere während der Vergletscherungsphasen und Interglazialen von ca. 2½ Mio. bis vor rund 18 000 Jahren. Dabei haben sich eine Vielzahl von Eis- und Warmzeiten ergeben, vorerst etwa in 40- und danach in 100-Tausendjahrrhythmen. Zugleich dürften sich auch im Kandertalgebiet etliche Gletschervorstösse und etliche fluviale Phasen ergeben haben, die für die Gesteinsbearbeitung, den Materialein- und -abtransport wesentlich waren. Nachgewiesen ist auch, dass sich das Eisdeckengewicht und dessen Fehlen auf die Geschwindigkeit der Alpenerhebung ausgewirkt haben. So entstand aufgrund dieser zahlreichen Einflüsse das wie bereits erwähnt geologisch komplexe geologische System, wie wir es aufgrund der selbst vereinfachten *Abb. 1b–c* und *3* erahnen können.

In der *Abb. 2b* ist auch zu sehen, dass sich zur Zeit der Bundstock-Subduktion, im neuzeitlichen Eozän, zwischen Bundstock- und Gellihorndecke-Sedimenten nebst Flyschsedimenten ein sog. Taveyannaz-Sandsteinsediment ablagerte, welches vulkanischen Ursprungs ist. Die Vulkane selbst befanden sich im südlichen Hinterland des Subduktionsgebietes; von den Vulkanen gibt es keine Spuren mehr, da sie später wahrscheinlich vollständig subduktiert wurden. Der Taveyannaz-Sandstein liegt heute zwischen der Gellihorndecke und der Bundstock- bzw. Wildhorndecke und reicht vom Hohtürli bis ins Frutigland *(Abb. 2b* und *3)*. Francis de Quervain erwähnt in seiner Dissertation von 1928 bereits dreissig Geologen, unter ihnen nebst dem Namensgeber Bernhard Studer auch Oswald Heer, Albert Heim und Pierre-Marie Termier, welche sich

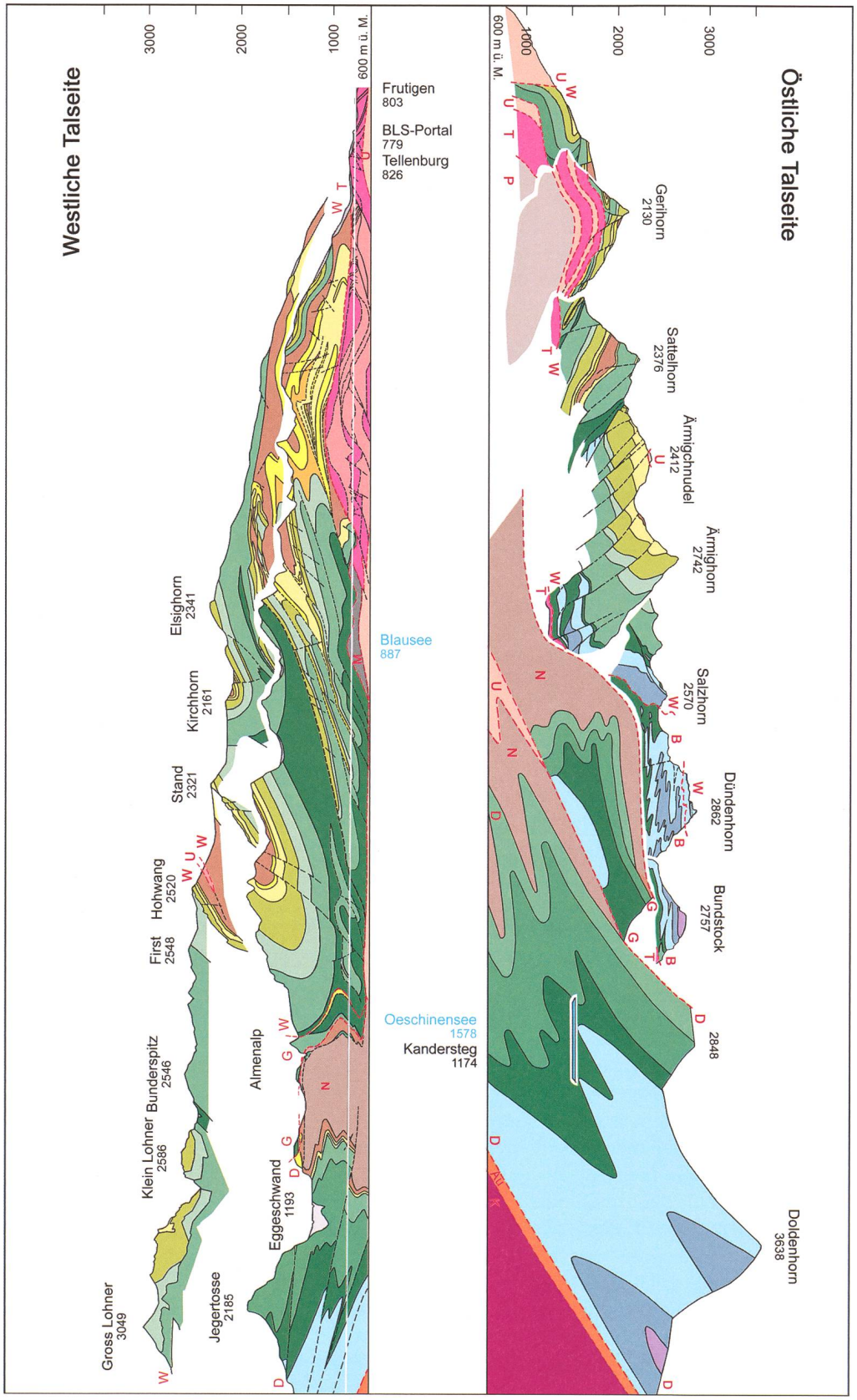


Abb. 3: Geologische Profile der westlichen und östlichen Seite des Kandertals (Kombiniert und vereinfacht nach Quellen mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad. **Adrian 1915, Günzler-Seiffert 1933, Cadisch & Furrer 1967, Zwahlen 1993, Pfiffner 2010, Ziegler & Isler 2013). Farben der Gesteinsschichten entsprechen der Stratigraphie-Beschreibung der *Abb. 4*.**
Rote Buchstaben:
K = Gastern-Kristallin,
Au = Autochthone Sedimente,
D = Doldenhorndecke,
G = Gellihorndecke,
N = Nordhelvetischer Flysch,
T = Taveyannaz-Serie,
B = Bundstock-Element,
W = Wildhorndecke,
M = Mélange,
U = Ultrahelvetikum,
P = Penninikum.
Weisse Linie im Westprofil: Lötschberg-Basistunnel.

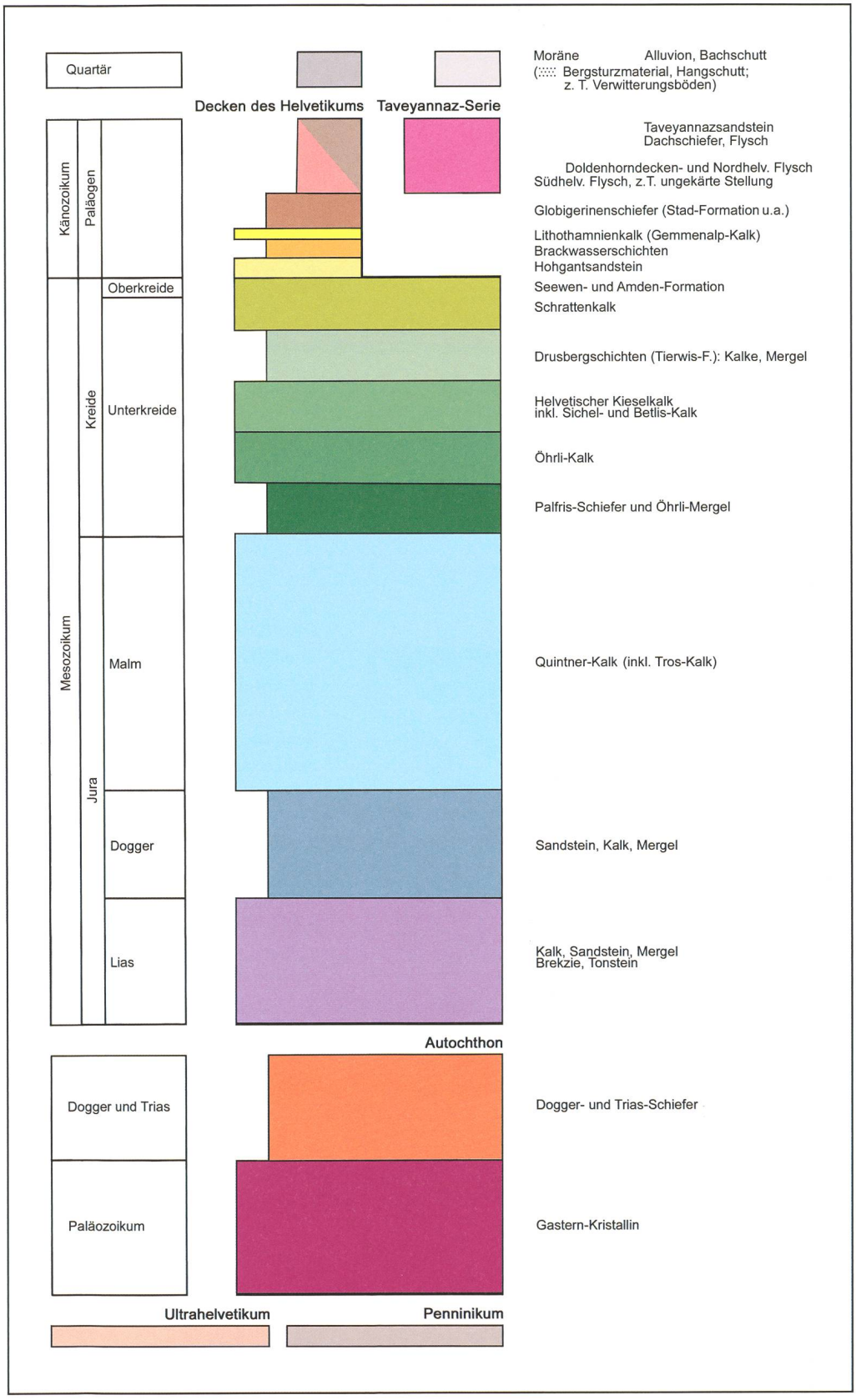


Abb. 4: Sehr stark vereinfachte synoptische Stratigraphie zum Gebirge östlich und westlich des Kandertals (nach Zwahlen 1993, Ziegler & Isler 2013, Pfiffner 2015).

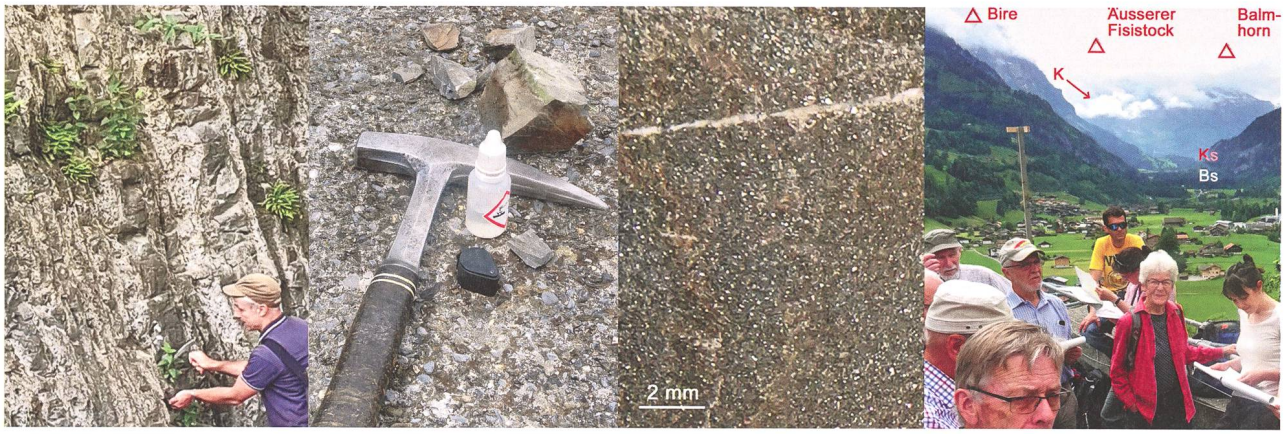


Abb. 5: Geologisches auf der Tellenburg: Flavio Anselmetti beim Abschlagen von Handstücken vom Taveyannaz-Sandsteinfelsen, der Grundfeste der Tellenburg. / Geologenwerkzeug und Handstückbeute. / Unter der Lupe sich präsentierendes Bild der sternengleich funkelnden Quarzkörner im dunkeln vulkanischen Grundgestein. / Während den Erläuterungen zur Entstehung der Alpen des Kandertalgebiets ein erster Blick ins obere Kandertal. Gebirge und Abrissnische des grossen Kandertalbergsturzes (K) sind bereits wolkenverhangen. Bs = Blausee, Ks = Kandersteg. (Fotos: P. Martignoli, G. Adamek)

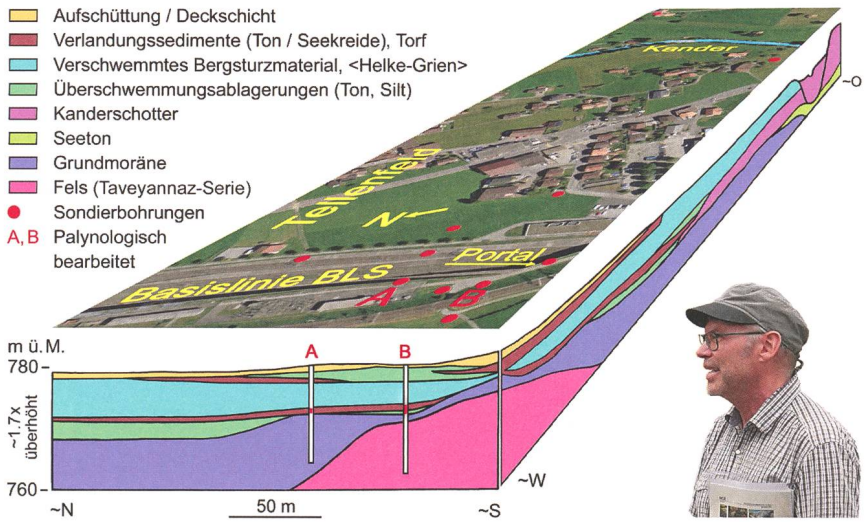


Abb. 6: Luftbildkarte mit den Sondierbohrungs-Standorten im quartären Schwemmbecken des Tellenfeldes bei Frutigen anlässlich des Baus des Lötschberg-Basistunnels (245 m × 700 m) sowie zwei adaptierte geologische Profile in Richtung S > N und W > O nach Zwahlen und Soom (Tinner et al. 2005). Im S > N-Profil sind nur die beiden Sondierbohrungen A (= Tf 74) und B (= Tf 70) eingetragen deren Verlandungssedimente palynologisch aufgearbeitet wurden. (Luftbild: Swisstopo 2020). / Willy Tinner referiert zur Palynologie und Vegetationsgeschichte. (Foto: J. Buschor)

mit dem «Taveyannaz-Gesteine» auseinandersetzten. Dies dürfte wohl Flavio Anselmetti animiert haben, als Erstes vor unseren Augen die Taveyannaz-Grundfesten der Tellenburg mit Hammer und Meissel zu bearbeiten, um uns anschliessend diese Spezialität in Worten und mit Lupe vorstellen zu können *(Abb. 5)*. Im Gegensatz zu den basischen meist kalkreichen Gesteinen des Kandertals ist der silikathaltige Taveyannaz-Sandstein mässig sauer. Sein vulkanischer Ursprung kann der Spezialist (mikroskopisch) aufgrund von Gesteinseinschlüssen des Andesits erkennen. Anselmetti verschonte uns Laien vor einer detaillierteren Erläuterung dieses komplexen Gesteins, so wie es bereits de Quervain beschrieb: «Die Komponenten sind: Ergussgesteine, Einzelergussgesteinsplagioklase, Quarze, Orthoklase, Perthite, Plagioklase aus Tiefengesteinen, Muskovite, Biotite. 30–40% ist vulkanisches Material. Das sehr spärliche Bindemittel wird durch Limonit, Calzitkörner und Serizitschuppen gebildet.» Aha, ... doch kommen wir nun zu den Bergstürzen.

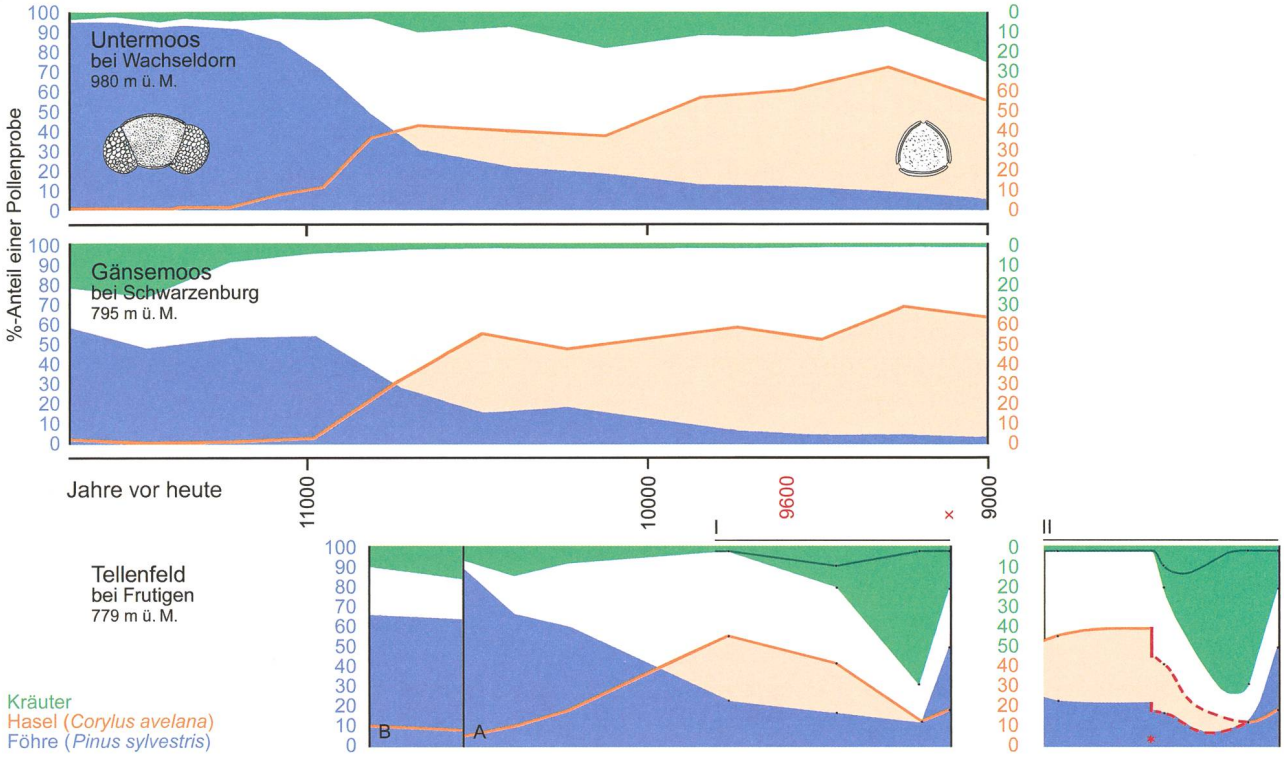


Abb. 7: Auszug aus dem Pollendiagramm der Aufschlüsse des Frutigen-Tellenfelds (Tinner et al. 2005) im Vergleich zu zwei Pollendiagrammen von Schwarzenburg-Gänsemoos und Wachseldorn-Untermoos (Welten 1982). Der Auszug beschränkt sich auf die bzgl. Fisistock-Bergsturz/Luftdruckwelle/Waldbrand aussagekräftigsten Zeitverläufe der Föhren-, Hasel- und Kräutervegetation; weitere Grössen siehe Text. A und B: Pollendiagramme der Tellenfeldprofile gemäss *Abb. 6*. I: Letzter Tellenfeldsee-Zeitabschnitt gemäss erfasstem Pollendiagramm. II: Ein mögliches Szenario der Vegetation während des Zeitabschnittes I vor ca. 9600 Jahren. Roter Stern*: Möglicher Zeitpunkt bzgl. grossem Bergsturz/Luftdruckwelle. Rote gestrichelte Linie - -: Waldbrand-Phase (Holzkohlefunde). Schwarze Punkte des letzten Tellensee-Zeitabschnitts sind Werte der Pollenanalyse; die dunkelgrüne Linie stellt das Farnvorkommen in dieser Phase dar. Rotes x: Zeitpunkt der Überschüttung des Tellenfeldsees durch verschwemmtes Bergsturzmaterial («Helke-Grien») vor ca. 9100 Jahren.

Der grosse (und der kleinere) Bergsturz des Kandertals

In der Folge soll vorerst von zwei grossen Bergstürzen des Kandertals und deren Datierung berichtet werden, welche sich im Bereich des Fisihorns und der Bire ereigneten. Wenn man die Formationsschichtungen der Doldenhorndecke in *Abb. 3* (Ostprofil) betrachtet, so lässt sich eine starke (rund 30°) Neigung erkennen, die sich von Südost nach Nordwest zieht. Schon früh erkannten Geologen, dass sich am Fisistock einer der grössten alpinen Bergstürze auf der heute sichtbaren «Gleitfläche» ereignet haben musste *(Abb. 9*; Brückner 1897, Turnau 1906), deren Gesteinsmassen weit ins Kandertal hinunterrutschten. Diese Ablagerungen wurden von Bachman (1870) noch durchwegs als Moränen kartiert. Noch Mitte des letzten Jahrhunderts wurde vermutet, dass das Gesteinsmaterial wohl über eine Eis- und Schneedecke im Kandertal geglitten sei (Cadisch & Furrer 1967). Willy Tinner hat uns allerdings auf der Tellenburg erläutert, dass der grosse Fisistock-Bergsturz aufgrund neuerer Untersuchungen wohl vor etwas mehr als 9½ Tausend Jahren vonstattenging. Diese Untersuchungen erfolgten an Kernbohrungsmaterial, welches vor Baubeginn des Lötschberg-Basistunnels von 2002 im Bereich des heutigen Tunnelnordeingangs im Tellenfeld bei Frutigen gewonnen wurde *(Abb. 6*; Tinner et al. 2005).

Im zuvor als Moränenmaterial gedeuteten Wall am nördlichen Ende der Elsighornkette kamen zwischen

Geschiebematerial zwei sedimentierte Schichtungsbereiche eines ursprünglichen stehenden Gewässers zum Vorschein. Dieses dürfte vor ± 10 500 Jahren aus einem mäandernden Altlauf der Kander im aufgestauten Schwemmbecken des Engstligen-Schuttfächers entstanden sein. Es verlandete allmählich und existierte mindestens 1½ Tausend Jahre. Dank pollenanalytischer Bearbeitung liess sich die Vegetationsgeschichte dieser Epoche rekonstruieren. An zusätzlichen Holzfunden liessen sich dendrologische sowie ^{14}C-Altersdatierungen vornehmen (Tinner et al. 2005).

Das pollenanalytische Profil des Frutiger Tellenfelds lässt erkennen, dass vor rund 9600 Jahren ein abrupter Vegetationswechsel stattfand. Dieser Vegetationswechsel ist in anderen Profilen des Berner Oberlands und der Voralpen nicht zu finden (Welten 1982, Schwörer et al. 2014). In allen Profilen ist vor 11 000–10 000 bis vor 9000 Jahren eine Abnahme der Föhre *(Pinus)* und gleichzeitig eine Zunahme der Hasel *(Corylus)* (und anderer wärmeliebender Baumarten) zu erkennen, während Gräser und Kräuter einen relativ geringen Anteil aufweisen *(Abb. 7)*. Dieser abrupte Wechsel von vorwiegend Baumpollen (also primär Hasel/Laub-Wald) zu Krautpollen (Pionierpflanzen-Grasland-Sträucher-Sukzession) wird als Auswirkung des grossen Felssturzes gedeutet, welcher wohl im oberen Bereich des Kandertals Bergsturzmaterial deponierte und bis in den grossen Umkreis der untersuchten Profile bei Frutigen den Wald grösstenteils durch eine enorme Luftdruckwelle «wegfegte». Nebst überdurchschnittlich vielem Totholz liess sich viel Holzkohle nachweisen, was sich beim Bergsturz durch Funkenschlag ausgelösten oder späteren Totholzbrand deuten lässt.

Die postulierte Luftdruckwelle bzw. der grosse Bergsturz am Fisistock dürfte wohl unmittelbar bei der drittjüngsten Tellenfeld-Probenentnahme nachweisbar sein *(Abb. 7)*, da dort vorübergehend Farne, danach Gräser und speziell die Kräuter stark zunahmen. Etwas verzögert entwickelte sich aussergewöhnlich wieder ein Föhrenpionierwald, dies zusammen mit der gleichzeitig starken Zurückdrängung der Kräuter (und Sträucher). Im Pollendiagramm in *Abb. 7* lässt sich der genaue Zeitpunkt und die Intensität der Waldzerstörung nicht direkt erkennen (I); deshalb wurde die Abbildung trotz vorgegebener Genauigkeitsunsicherheit mit einem möglichen Szenario ergänzt (II).

Beck (1952) konnte aufgrund der Gesteinszusammensetzung nachweisen, dass nach dem Fisistock-Bergsturz ein weiterer jedoch kleinerer Bergsturz an der Bire stattfand, welcher eine wohl rund 200 m hohe Absperrung des Kandertals bewirkte und sich dadurch im Bereich des heutigen Kanderstegs vorübergehend ein See entstand *(Abb. 9)*. (Es ist nicht auszuschliessen, dass sowohl am Fisistock wie auch an der Bire noch weitere kleinere Bergstürze stattfanden.) Dieser See

Abb. 8: Exkursionshalt beim Blausee: Petra Boltshauser-Kaltenrieder (unterstützt durch ihren Forschernachwuchs) zeigt rund 10½ Tausend Jahre alte Haselnussschalen aus dem Profil B in *Abb. 6* und *7*. / Wissenschaftliches Sitting mit Willy Tinner (oder Sit-in mit fünf fehlenden Stühlen). / Imposanter Felsbrocken beim Blausee. (Fotos: J. Buschor, G. Adamek)

dürfte wenige hundert Jahre später katastrophenmässig ausgeflossen sein, sodass ein grosser Teil der Absperrung als Murgang das Kandertal und somit auch das stehende Gewässer im Tellenfeld-Bereich mit verschwemmtem Bergsturzmaterial, dem sogenannten «Helke-Grien», überschüttete.

Auf der Tellenburg gab es unter den Exkursionsteilnehmern eine kurze Diskussion zur Namensherkunft der Tellenburg. Für Wilhelm Tell gab es keine Stimmen. Aus Botanikersicht wurde auf Dähle (Tälle, also Föhre) getippt. Aus Historikersicht bedeutet Tälle Steuer wie auch Zollabgabe, welche früher möglicherweise als Gemmipass-Handelsverkehrsabgabe eingezogen wurde (Schweizerisches Idiotikon 2020). Als neueste Erkenntnis leitet sich der Burgname von einem einstigen Besitzer Tel(l)o ab (Kosename von Tanno/Tenno) (mdl. Mitt. Erich Blatter).

Wir konnten allerdings ohne Wegzollabgabe von der Tellenburg zum zweiten Standort Blausee weiterziehen. Dort erläuterte uns Petra Boltshauser-Kaltenrieder weitere Untersuchungsergebnisse der Frutiger Profile: Pflanzen-, Pilz-, Insektenreste und Schneckengehäuse. So wurden uns mittels ^{14}C-Datierung untersuchte Haselnussschalen gezeigt, die 10 500 (± 200) Jahre alt sind und somit aus der Frühphase des aufkommenden Haselwaldes stammten *(Abb. 8)*.

Beeindruckend waren um den Blausee die grossen Felsbrocken, von welchen einige vor kurzem vom Ionenstrahllabor des Physikalischen Instituts der ETH auf ihre Ablagerungszeit hin untersucht wurden; die Resultate sind noch nicht publiziert. Auf diese Arbeit wird aber später in diesem Bericht noch hingewiesen werden. Von der EAWAG wurde 1996 dem Blausee ein 64 cm tiefer Sediment-Bohrkern entnommen; leider liegt dazu keine palynologische Analyse vor (Guthruf et al. 1999).

Vegetationsgeschichtliche Aspekte des Kandertales

Nebst der Vegetationsentwicklung zur Zeit des grossen Bergsturzes von Kandersteg erläuterte Willy Tinner ergänzend auch die Dynamik der Vegetationsentwicklung vor, während und nach der känozoischen Eiszeitphase und dies auch im Hinblick auf die möglichen Szenarien der Entwicklungen bzgl. gegenwärtiger Klimaerwärmung.

Zurzeit der Ablagerungen der Helvetischen Sedimente im mesozoischen Thetismeer sowie in der darauffolgenden tertiären Subduktion dieser Sedimente (vergl. *Abb. 2*) herrschte in unseren Breitengraden ein stets tropisches oder subtropisches Klima. Die Vegetation war dominiert von den Pteridophyten und Gymnospermen, doch begannen sich die Blütenpflanzen (an Land) nach dem Aussterben der Saurier (ca. *Abb. 2a*) durchzusetzen. Bei der Fauna begann die grosse Entwicklung der Vögel und Säuger. Bis zu Beginn des Eiszeitalters vor etwa 2½ Mio. J. herrschten relativ stabile Bedingungen, unter welchen in unserer Gegend u. a. auch Magnolien- und Zypressengewächse wuchsen. Danach verarmte die europäische Flora um zwei Drittel der Arten. Insbesondere die späteren 100-tausendjährigen Eiszeitphasen wirkten sich heftig auf die Flora aus, da deren Interglazialzeiten jeweils viel kürzer waren. In Kaltzeiten dehnten sich in gletscherfreien Gebieten baumlose Tundren oder Waldtundren aus, worin z. B. Fellnashörner, Steppenelefanten, Mammut und Höhlenbär lebten. In den wärmeren Interglazialzeiten drangen jeweils wärmeliebende Pflanzen und Tiere (z. B. Flusspferd und Waldelefant) meist aus dem mediterranen Gebiet wieder in die nördlicheren Alpentäler ein. Nach der letzten Eiszeit traten vor 14 000 Jahren als erste Bäume Birke und Föhre auf, welche im montanen Frutigland allmählich durch Hasel und Eichenmischwald konkurrenziert wurden *(Abb. 7)*. Durch das ozeanischer und somit relativ feuchter werdende Klima vor rund 8200 Jahren setzten sich im montanen Bereich gegenüber Eiche, Ulme, Linde und Esche vermehrt die Buche und die Weisstanne durch. Ein Blick von der Tellenburg in die Umgebung zeigt, dass anstelle der natürlichen Laubmischwälder mit Weisstanne vor allem Fichtenwälder zu erkennen sind. Dies sind durch anthropogene Beeinflussung entstandene Wälder, da die Fichte sich als Bauholz sehr eignet und durch Wildtiere weniger verbissgefährdet ist als die Weisstanne.

Wie uns Christoph Schwörer bestätigen konnte, ist der Fichtenwald in der subalpinen Zone nur teilweise natürlich, so wie wir ihn schliesslich auch beim Oeschinensee antrafen. Schwörer et al. (2014) konnten beim Iffigsee in der Lenk auf wenig über 2000 m ü. M. nachweisen, dass, nicht in dieser Höhe, aber im Tiefland im Einzugsgebiet des Pollenflugs, wie im Tellenfeld nach anfänglicher Waldföhre *Pinus sylvestris* (vor 11 000 J.) ebenso eine Phase mit Hasel und Eichenmischwald folgte. Vor 8000 J. wurde wie im montanen Bereich die Weisstanne (aber kaum die Buche) dominierend, und ab 6000 J. begann die Fichte als Folge von Nutzungstätigkeiten (Beweidung, Brandrodung) zu dominieren (Markgraf 1970, Rey et al. 2013, Schwörer et al. 2015). Zusätzlich war auf dieser Höhenlage über die ganzen 11 000 J. die Arve *Pinus cembra* stark vertreten, die wie die Weisstanne durch menschliche Nutzung stark zurückgedrängt wurde.

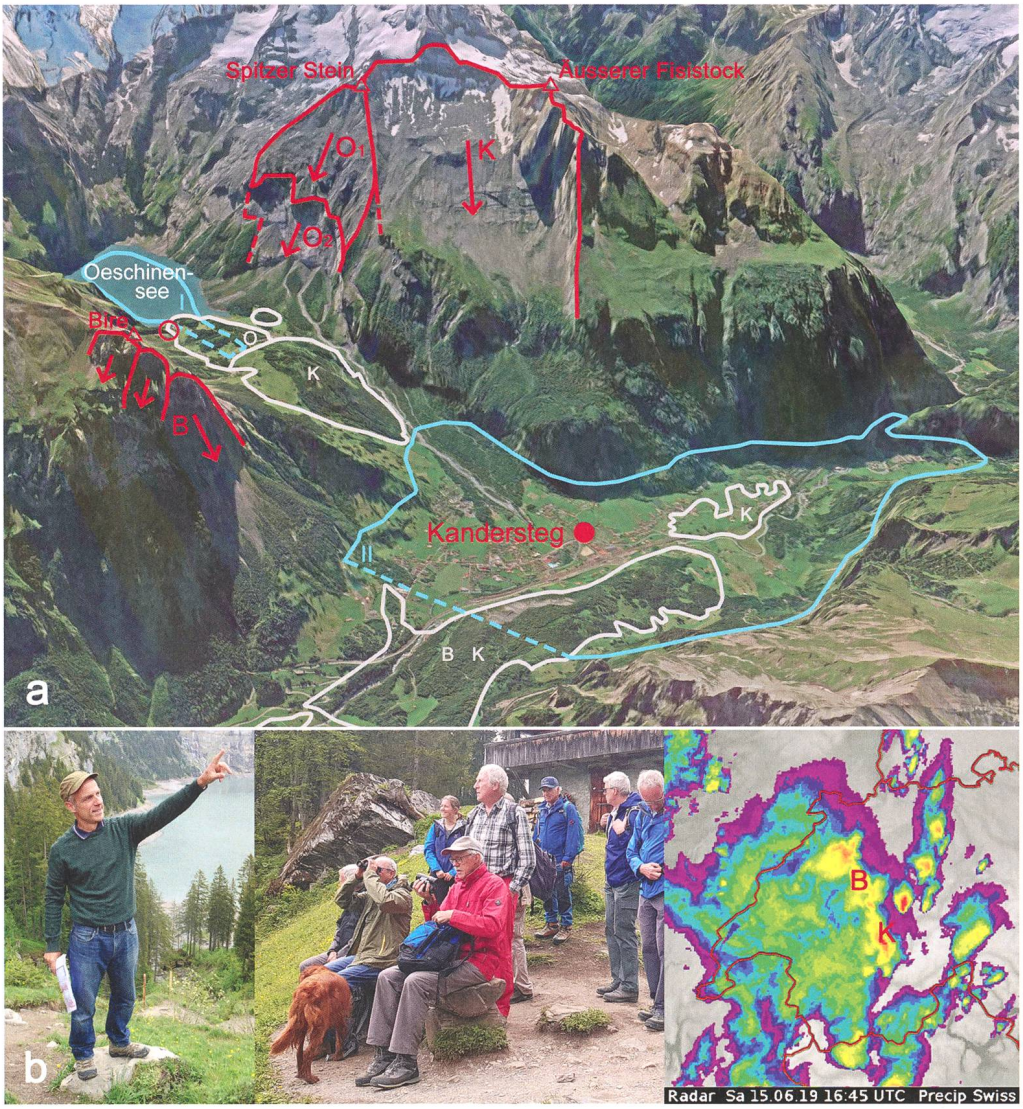


Abb. 9: Bergsturzgebiet bei Kandersteg. a: Rot markierte Abrissgebiete des grossen Kandertalbergsturzes vor 9.6 ka (K), des Bire-Bergsturzes (B) und der grösseren Oeschinen-Bergstürze vor 2.5 ka (O1) und 1.7 ka (O2). Hellgrau markierte Abgrenzungen der noch erkennbaren Bergsturz-Hauptmassen (K, B, O). Hellblau marierte Abgrenzungen der vermutlich einstigen Seen. (I) Paläo-Oeschinensee mit über 50 m tieferem Seeniveau als der Oeschinensee. (II) Vermutetes Niveau des Kanderstegsees von 1300 m ü. M. Roter Ring = Letzter Exkursionsstandort. (Gemäss Google Earth 3D, Furrer at al. 1993, Tinner et. al. 2005, Knöpfli et al. 2018, Knapp et al. 2018) b: Flavio Anselmetti peilt Spitzen Stein (im Wolkenbereich) an, der Abrissbereich des ersten Oeschinensee-Bergsturzes. / Den Exkursionsteilnehmenden nähern sich Regenwolken. / Fallböe mit extremstem Regen und Hagel begleitet uns zwischen Kandersteg und Bern (Sturmarchiv 2019). (Fotos: G. Adamek, P. Martignoli)

Während im alpinen Bereich, also oberhalb der Waldstufe, stets eine reiche Flora vorhanden war, war diese in den Waldstufen geringer. Dies änderte sich vor 8000–6000 J. enorm durch das Aufkommen des Ackerbaus und der Viehwirtschaft, womit als Kulturfolger sog. Archäophyten sprunghaft zunahmen, «heimisch» wurden. Beachtet man die grösseren Zeiträume, so veränderte sich die Vegetation stets und wird sich auch in Zukunft stets verändern. So werden sich gemäss Tinner in Kürze sowohl Fichten- wie auch Buchenwälder aufgrund der Klimaerwärmung nicht halten können. Trockenresistentere Bäume werden sich durchsetzen.

Falls wir forstwirtschaftlich nicht zu arg eingreifen (z. B. durch Douglasien-Kulturen) und zusätzlich die zu grossen Jagdtierbestände reduzieren, könnten sich allenfalls Eiche, Linde, Ulme und Weisstanne wieder vermehrt ausbreiten.

Bergstürze lassen den Oeschinensee entstehen

Obwohl auf unserer Exkursion die höchsten Gipfel bereits verhangen waren, war uns der Wettergott auf dem Weg zum letzten Standort oberhalb des Oeschinensees gnädig. Leider war die grosse Abbruchstelle des Fisistocks grösstenteils durch Wolken zugedeckt. Umso eingehender erklärte uns Flavio Anselmetti einen weiteren gut untersuchten Bergsturz beim Oeschinensee, welcher etwas östlich des Fisistocks vor ca. 2½ Tausend Jahren erfolgte und mit ca. 40 Millionen m³ etwa 20 mal kleiner war als der grosse Bergsturz vor ca. 9½ Tausend Jahren *(Abb. 9)*. Während Knöpfli et al. (2018) diesen Bergsturz der Steilwandabrisskante O1 in *Abb. 9* zuordnen, halten Knapp et al. (2018) aufgrund ihrer Untersuchungen die obere Abrisskante O2 beim Spitzen Stein für wahrscheinlicher und ordnen den unteren grossen Abbruch einem Bergsturz vor etwa 1.7 Tausend Jahren zu. Obwohl ein Grossteil der Abschrankung des Oeschinensees zum Kandertal hin aus Material des grossen Bergsturzes besteht, dürfte der Oeschinensee in seiner heutigen Ausdehnung durch die vollständige Dammbildung vor 2½ Tausend Jahren entstanden sein. Auf tieferem Niveau hatte sich aber höchstwahrscheinlich bereits zuvor ein See (Paläo-Oeschinensee) befunden, dessen Bildung wohl durch den grossen Kandertalbergsturz verursacht wurde. Der heutige Seeabfluss erfolgt wenige hundert Meter unterirdisch durch die Bergsturzablagerung, um danach von der Oeschibachquelle aus (und wohl weiteren Nebenquellen) Richtung Kandersteg abzufliessen.

Das Alter des ersten Oeschinenseebergsturzes liess sich mittels Oberflächenexpositionsdatierung (^{36}Cl-Nuklid-Erzeugung aufgrund kosmischer Einstrahlung) an abgelagerten Felsbrocken bestimmen. Dessen Zeitpunkt fällt mit einem in Seesedimenten paläoseismisch bestimmten Ereignis zusammen, was auf ein Erdbeben als Auslöser deutet. Eine Absturz-Modellierung ergab Spitzengeschwindigkeiten bis zu 65 m/s.

Mittels sedimentologischen und seismischen Untersuchungen sowie ^{14}C-Analysen liessen sich im 2½-tausendjährigen Oeschinensee bis zu elf Bergsturzereignisse erfassen (allein sechs aus dem Bereich O1/O2), welche als Auslöser z. T. auch (prä)historischen Erdbeben zugeordnet werden konnten (Knapp et al. 2018). Die unerwartet hohe Rate von ca. 1 Bergsturz pro 300 Jahre lässt vermuten, dass auch andernorts häufiger mehrstufige Felsabstürze stattfanden und dass das die Bildung und schliesslich das Auslaufen des allfälligen Kandertalsees noch komplexer gestaltete.

Gespannt dürfen wir auf eine noch nicht publizierte Arbeit der ETH Zürich sein, welche im April 2019 an der Generalversammlung der Europäischen Union der Geowissenschaften in Wien vorgestellt wurde. Dem Tagungs-Abstract (Singeisen et al. 2019) können wir entnehmen, dass der grosse Kandertalbergsturz eingehend u. a. mittels kosmogener Nukliddatierung, Strukturanalyse und Absturz-Modellierung untersucht wurde. Die Ergebnisse dieser Studie sollen Informationen über Einlagerungsprozesse von Langzeitereignissen liefern, die sich durch den Eintrag von Sedimentsubstrat in flüssigere Massenbewegungen entwickeln, und zudem den Zeitpunkt des Bergsturzes in einen völlig neuen Kontext stellen. Wir haben somit bezüglich Kandertalbergsturz noch nicht ausgelernt.

Flavio Anselmettis und Willy Tinners beschwichtigende Handzeichen und Worte am Oeschinensee reichten nicht aus, um den Rückweg vollständig tropfenfrei in Angriff zu nehmen. Die Veranstaltung fand ihren Abschluss bei der Bergstation der Gondelbahn. Die Teilnehmenden bedankten sich für die «extrem» interessante Exkursion. «Extrem» war schliesslich das Motto für 2019 der Naturforschenden Gesellschaft Bern. Unsere Organisierenden toppten allerdings das «Extreme»: Auf der Heimreise zwischen Kandersteg und Bern setzten sie uns (ob mit Auto oder Bahn) einer Fallböe mit extremstem Regen und Hagel aus *(Abb. 9*; Sturmarchiv 2019) – eindrücklich, herzlichen Dank!

Nachtrag

Nach der Abfassung obigen Berichtes ist die dort erwähnte noch ausstehende Publikation von Singeisen et al. erschienen (Singeisen et. al. 2020). Nach ihren Untersuchungen ist der grosse Bergsturz vom Äusseren Fisistock auf ein Ereignis zurückzuführen, welches geschätzte 750–900 Mio. m³ Felsmasse umfasste und sich vor 3200 Jahren ereignete. Wir dürfen nun gespannt sein, wie die weitergehenden Diskussionen, Interpretationen und hoffentlich zusätzlichen Untersuchungen im Gebiet der Kandertalbergstürze weitergehen werden.

Besten Dank an Willy Tinner, Flavio Anselmetti, Petra Boltshauser-Kaltenrieder und Christoph Schwörer für die kritische Durchsicht des Berichts, José Buschor und Paul Martignoli für die zur Verfügung gestellten Fotos.

Literatur

Adrian H. (1915) Geologische Untersuchungen der beiden Seiten des Kandertals im Berner Oberland. Eclogae geol. Helv. 13, 228–351.

Adrian H. & Schuler P. (1977) Die Geologie des Amtes Frutigen. In: Das Frutigbuch. Heimatkunde für die Landschaft Frutigen. Haupt, Bern. 25–46.

Bachmann I. (1870) Die Kander im Berner Oberland. Ein ehemaliges Gletscher- und Flussgebiet. Dalp, Bern.

Beck P. (1952) Neue Erkenntnisse über die Bergstürze im Kandertal. Eclogae geol. Helv. 45, 277–280.

Brückner E. (1897) Die feste Erdrinde und ihre Formen. Ein Abriss der allgemeinen Geologie und der Morphologie der Erdoberfläche. Tempsky, Wien.

Cadisch J. & Furrer H. (1967) Thun-Spiez-Kandersteg-Gemmipass-Leukerbad (Exkursion Nr. 16). In: Hrsg. Nabholz W./Schweiz. Geol. Ges., Geologischer Führer der Schweiz 4, 254–268.

De Quervain F. (1923) Zur Petrographie und Geologie der Taveyannaz-Gesteine. Diss. ETH Zürich.

Furrer H., Huber K., Adrian H., Baud A., Flück W., Preiswerk C., Schuler P. & Zwahlen P. (1993) Geologischer Atlas der Schweiz. Blatt 87, Adelboden. Swisstopo.

Geotest (2019) Kandersteg, «Spitze Stei» Gefahrenmanagement. [1] Ergebnisse und Auswertungen 2019. [2] Felsabbruch 20.12.2019: Kurzdokumentation. Geotest AG Zollikofen. Unter «Spitzer Stein» bei https://www.gemeindekandersteg.ch/.

Günzler-Seiffert H. (1933) Geologische Profile des Kientals. Beilage in: Schweizerische Alpenposten, Kiental Poststrasse Reichenbach-Griesalp. Eidg. Postverwaltung, Bern.

Guthruf J., Guthruf-Seiler K. & Zeh M. (1999) Blausee In: Kleinseen im Kanton Bern. Amt Gewässerschutz Abfallwirtschaft Kt. Bern. 47–48.

Herwegh M. & Pfiffner O. A. (2005) Tectono-metamorphic evolution of a nappe stack: A case study oft the Swiss Alps. Tectonophysics 404, 55–76.

Knapp S., Gilli A., Anselmetti F. S., Krautblatter M. & Hajdas I. (2018) Multistage rock-slope failures revealed in lake sediments in a seismically active alpine region (Lake Oeschinen, Switzerland). J. Geophys. Res. Earth Surface 123, 658–677.

Knöpfli P., Grämiger L. M., Moore J. R., Vockenhuber C. & Ivy-Ochs S. (2018) The Oeschinensee rock avalanche, Bernese Alps, Switzerland: a co-seismic failure 2300 years ago? Swiss J. Geosc. 111, 205–219.

Markgraf, V. (1970) Palaeohistory of the spruce in Switzerland. Nature 228, 249–251.

Pfiffner O. A. (2010) The helvetic nappe system and landscape evolution of the Kander valley. Swiss Bull. Angew. Geol. 15(1) 53–61.

Pfiffner O. A. (2015) Geologie der Alpen. 3. Aufl. Haupt, Bern.

Rey F., Schwörer C., Gobet E., Colombaroli D., van Leeuwen J. F. N., Schleiss S. & Tinner W. (2013) Climatic and human impacts on mountain vegetation at Lauenensee (Bernese Alps, Switzerland) during the last 14000 years. Holocene 23, 1415–1427.

Schwörer C., Kaltenrieder P., Glur L., Berlinger M., Elbert J., Frei S., Gilli A., Hafner A., Anselmetti F. S., Grosjean M. & Tinner W. (2014) Holocene climate, fire and vegetation dynamics at the treeline in the Northwestern Swiss Alps. Veget. Hist. Archaeobot. 23, 479–496.

Schwörer C., Colombaroli D., Kaltenrieder P., Rey F. & Tinner W. (2015) Early human impact (5000–3000 BC) affects mountain forest dynamics in the Alps. Journal of Ecology 103, 281–295.

Schweizerisches Idiotikon (2020) Wörterbuch der schweizerdeutschen Sprache. https://www.idiotikon.ch/.

Singeisen C., Ivy-Ochs S., Wolter A., Kronig O., Yesilyurt S., Vockenhuber C. & Akçar N. (2019) Detachment mechanism, runout and age of the Kandersteg landslide event, Switzerland. EGU General Assembly Vienna, Geophys. Res. Abstr. 21, EGU2019-3702.

Singeisen C., Ivy-Ochs S., Wolter A., Steinemann O., Akçar N., Yesilyurt S. & Vockenhuber C. (2020) The Kandersteg rock avalanche (Switzerland): integrated analysis of a late Holocene catastrophic event. Landslides 2020, online 21 p.

Stampfli G. M., Mosar J., Marquer D., Marchant R., Baudin T. & Borel G. (1998) Subduction and obduction processes in the Swiss Alps. Tectonophysics 296, 159–204.

Strati (2020) Lithostratigraphisches Lexikon der Schweiz. https://www.strati.ch/.

Sturmarchiv (2019) http://www.sturmarchiv.ch/index.php?title=20190615_03_Gust_Genfersee (12.2019).

Swisstopo (2020) Luftkarten, tektonische und geologische Karten unter https://map.geo.admin.ch/.

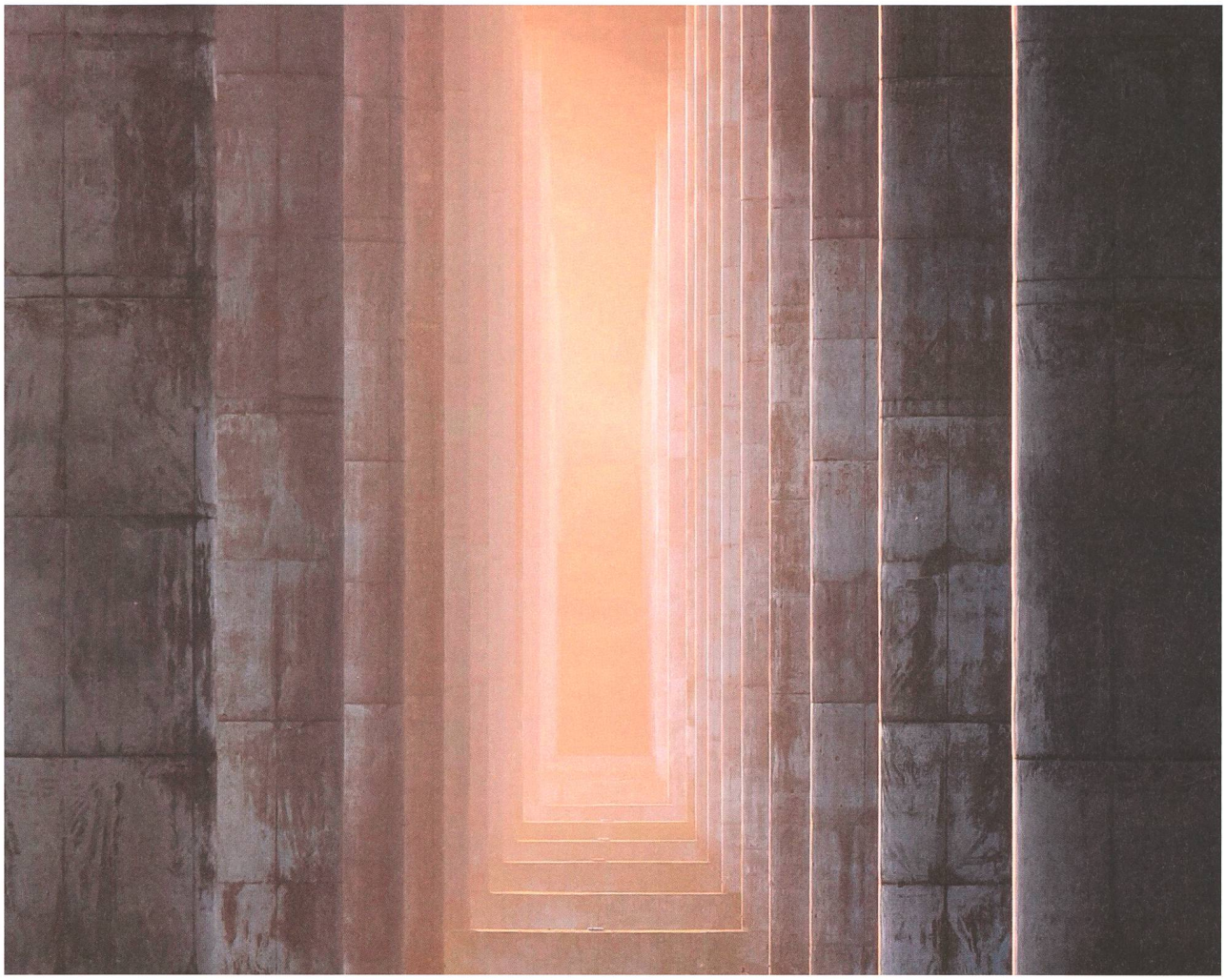
Tinner W., Kaltenrieder P., Soom M., Zwahlen P., Schmidhalter M., Boschetti A. & Schlüchter C. (2005) Der nacheiszeitliche Bergsturz im Kandertal (Schweiz): Alter und Auswirkungen auf die damalige Umwelt. Eclogae geol. Helv. 98, 83–95.

Turnau V. (1906) Der prähistorische Bergsturz von Kandersteg. Beiträge zur Geologie der Berner Alpen, 1. Teil. Mitt. Nat.forsch. Ges. Bern (1906), 1–35.

Welten M. (1982) Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen: Bern-Wallis. Denkschr. Schweiz. nat.forsch. Ges. 95, 1–104.

Ziegler H.-J. & Isler A. (2013) Lötschberg-Basistunnel – zusammenfassender geologischer Schlussbericht. Mit 4 Beilagen. Ber. Landesgeol. 4.

Zwahlen P. (1993) Das Bundstock-Element, eine diskontinuierliche helvetische Teildecke an der Kandertal-Störung. Eclogae geol. Helv. 86(1), 65–86.



Die Entwicklung der abendländischen Naturwissenschaft beruht auf zwei grossen Leistungen: Der Erfindung des formal logischen Systems (in der euklidischen Geometrie) durch die griechischen Philosophen, und auf der Entdeckung der Möglichkeit, durch systematisches Experimentieren kausale Beziehungen herzustellen.

Quelle: Einstein sagt – Zitate, Einfälle, Gedanken,
Herausgegeben von Alice Calaprice; 1997 Piper Verlag München,
ISBN 978-3-492-25089-4, 4. Auflage Februar 2013.