

1 | DIE GEOLOGISCH JÜNGSTE KLIMAENTWICKLUNG



Abb. 1

Die Klimaentwicklung der letzten 800 000 Jahre, dargestellt anhand des Temperaturniveaus und der Eisbedeckung, zeigt ein kräftiges Auf und Ab in einem Rhythmus von ca. 100 000 Jahren.

Eiszeitliche Schwankungen

Die Schwankungen weisen eine Bandbreite auf, die zwischen kurzen, sehr warmen Perioden wie heute und sehr kalten Phasen, den allgemein bekannten Eiszeiten Günz, Mindel, Riß und Würm pendelt.

In den Eiszeiten kam es auf der Nordhalbkugel zur Bildung kontinente umspannender Eisschilde (Nord-Amerika, Eurasien) und weltweit zur Vergletscherung der höheren Gebirge (s. Tafel 6 + 7).

Methoden

Die Temperaturwerte wurden durch Messungen der Verhältnisse bestimmter Isotope des Sauerstoffs und des Wasserstoffs in den Schalen von Mikroorganismen der Ozeane sowie aus Eisbohrkernen der Antarktis gewonnen (Methoden, s. Vitrine 1). Die Messung des CO₂-Gehalts der im Eis eingeschlossenen Luft bestätigt die Ergebnisse der letzt genannten Methode.

Die Werte zeigen, wie das Klima weltweit die Eisbildung steuert und dabei entscheidend auf Vegetation, Tierwelt sowie Niederschlagsverteilung und Höhe des Meeresspiegels einwirkt. Auch geologische Vorgänge wie Sedimentation und Erosion werden stark beeinflusst.

War das in der geologischen Geschichte immer so?

Wie kommt es zu diesen großen Klimaschwankungen?

2 | ASTRONOMISCHE GEgebenHEITEN



Abb. 4



Abb. 5

Der Wärmehaushalt der Erde wird von der Sonne bestimmt. Die durch die Sonneneinstrahlung eingebrachte Menge an Energie ist zeitlich und regional unterschiedlich. Sie zeigt nicht nur Schwankungen innerhalb eines Jahres, sondern ändert sich periodisch auch in längeren Zeiträumen, was für Entstehung und Verlauf der Eiszeiten bestimmend ist.

Der Energieeintrag der Sonne wird durch drei Effekte beeinflusst:

1. Die exzentrische Erde

Hauptsächlich durch die Anziehungskraft der anderen Planeten unseres Sonnensystems bedingt, ist die Umlaufbahn der Erde einmal stärker ellipsenförmig, dann wieder mehr kreisförmig. Sie ändert also ihre Exzentrizität (Abweichung der Ellipsenbahn von der Kreisbahn). Die Änderungen der Exzentrizität der Erdbahn weisen einen Rhythmus von 100 000 Jahren auf. Sie bewirken deutliche Änderungen der Sonneneinstrahlung und bilden sich auch in rhythmischer Sedimentation von Meeressedimenten älterer Perioden ab (Abb. 4 + 5).

2. Die schräge Erde

Die Drehachse der Erde ist in einem bestimmten Winkel zur Ebene ihrer Umlaufbahn um die Sonne (Ekliptik) geneigt – der Grund für die Jahreszeiten. Dieser Neigungswinkel ist veränderlich. Er variiert in einem Rhythmus von ca. 41 000 Jahren zwischen $21^{\circ}55'$ und $24^{\circ}18'$. Derzeit beträgt die Neigung $23,5^{\circ}$. Durch diese Schwankungen verändert sich die eingestrahelte Energie mit der geographischen Breite, wobei mit Zunahme der Neigung der Energieeintrag in höheren Breiten ab 65° deutlich größer wird.

3. Die torkelnde Erde

Außerdem weist die Erde bei ihrem Umlauf um die Sonne noch eine taumelnde Bewegung ähnlich einem Kreisel auf. Diese Bewegung der Drehachse der Erde im Uhrzeigersinn wird als "Präzession" bezeichnet. Ein voller Umlauf erfolgt in ca. 25 000 Jahren.

Dieses Torkeln verursacht das Wandern der Jahreszeiten um den Globus, da sich beim Umlauf immer andere Bereiche der Erdoberfläche zu einer gegebenen Zeit der Sonne zuwenden. So fällt z.B. der Sommer der nördlichen Hemisphäre derzeit in etwa auf den entfernteren Scheitelpunkt der Ellipse (Punkt 1), wodurch naturgemäß weniger Energie eingestrahlt wird, wie noch vor ca. 11 – 12 000 Jahren, als diese Konstellation am näheren Scheitelpunkt eintrat. Die durch die Präzession bedingten Änderungen der eingestrahelten Energie sind besonders unterhalb von 65° geographischer Breite (z.B. im Nordatlantik) wirksam. Dieser Umstand ist für den Auf- und Abbau der Eismassen in den Eiszeiten von entscheidender Bedeutung (s. Tafel 5).

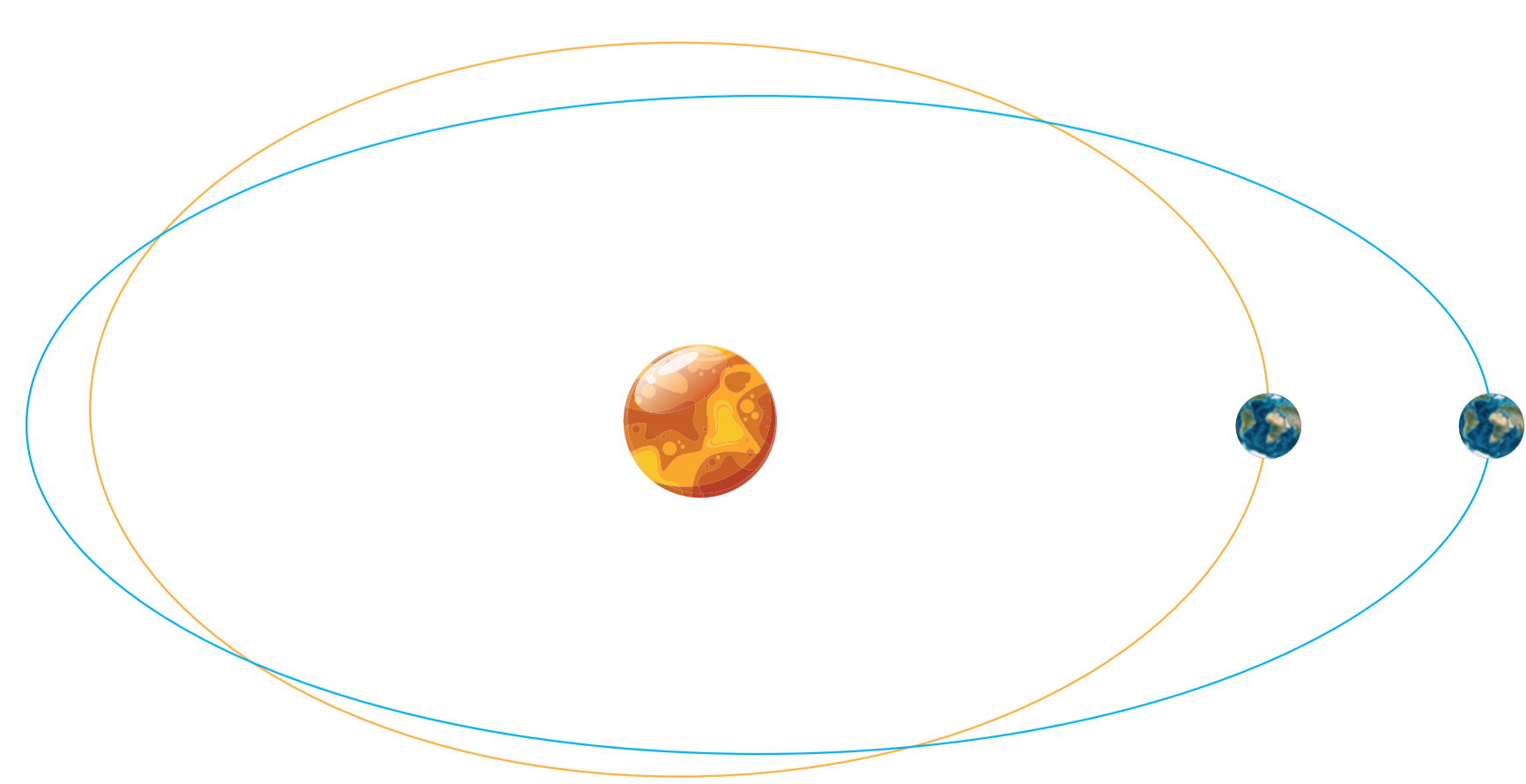


Abb. 1

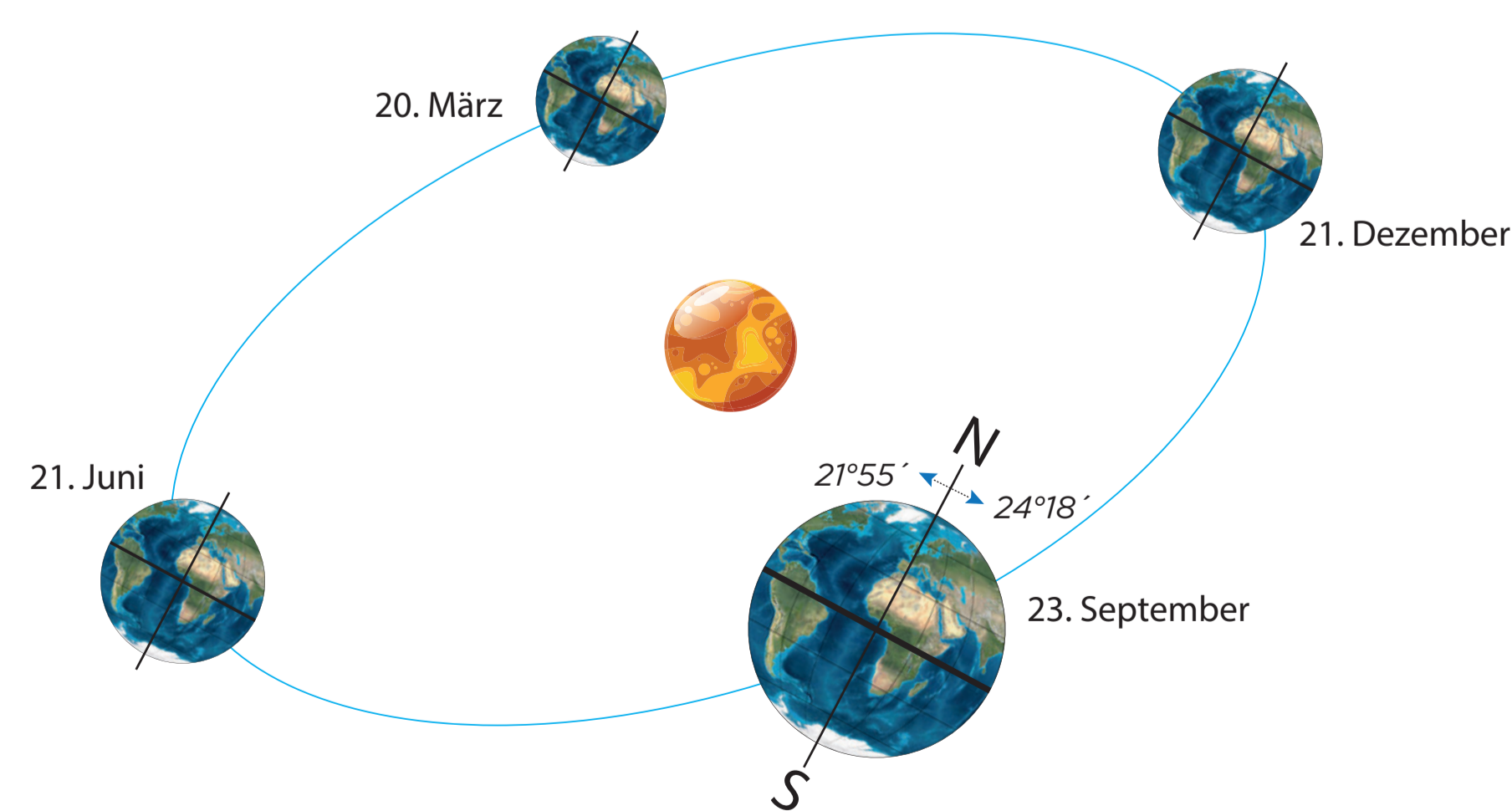


Abb. 2

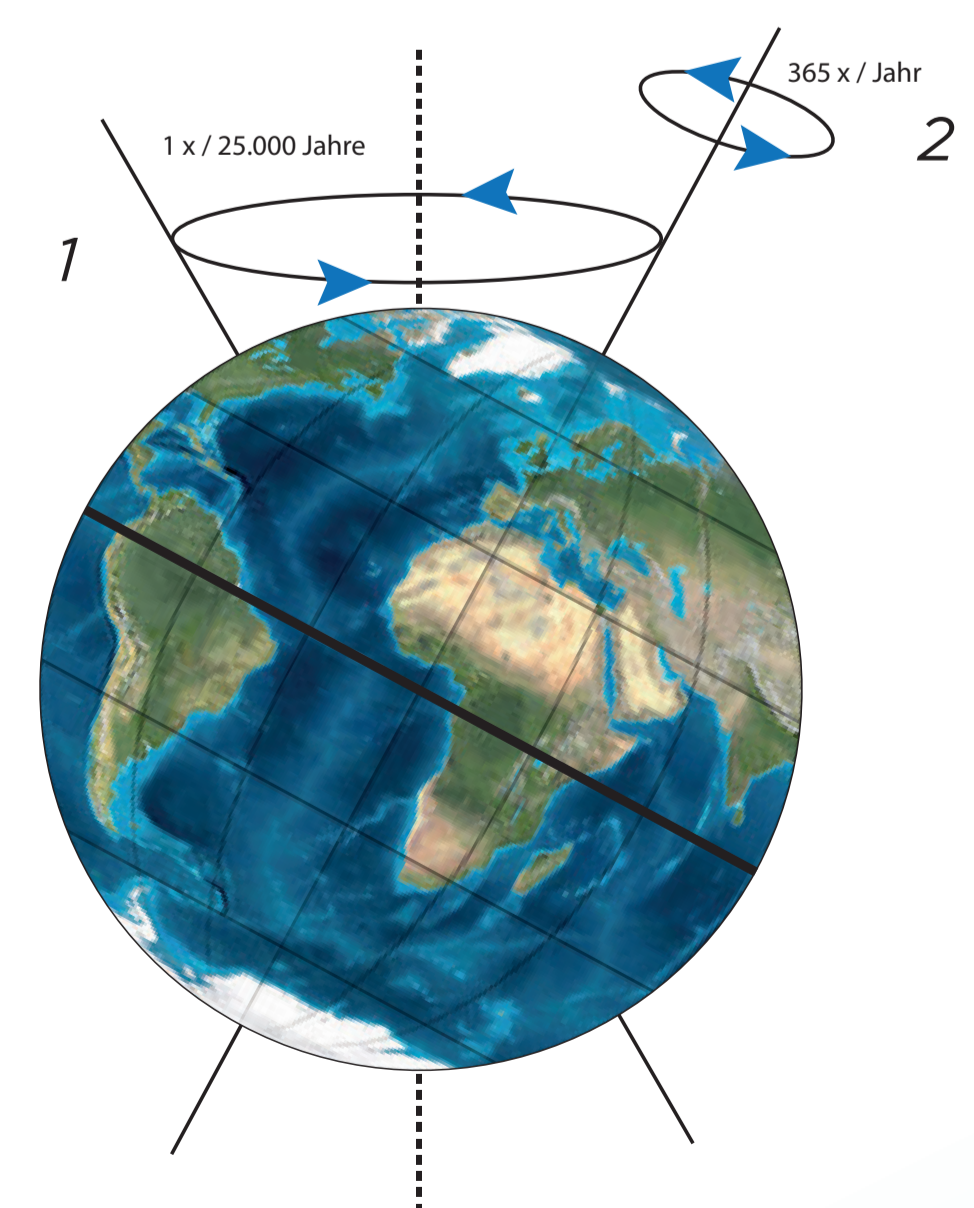


Abb. 3

3 | PLATTENTEKTONISCHE VORAUSSETZUNGEN

Wie aus der Rekonstruktion der Entwicklung der Erde hervorgeht, gab es in den letzten 500 Millionen Jahren zwei Perioden mit großflächigen, anhaltenden Vergletscherungen der Kontinente - im Paläozoikum (Erdaltertum) und im jüngeren Teil des Känozoikums (Erdneuzeit). Diese Phasen der Erdgeschichte werden auch als kryogene Phasen bezeichnet.

Position der Kontinente und Albedo-Effekt

In beiden kryogenen Phasen kamen durch die Wanderung der Kontinente große Landmassen im Bereich des Südpols zu liegen. Dadurch waren klimatische Verhältnisse gegeben, die zur Bildung großer Eismassen

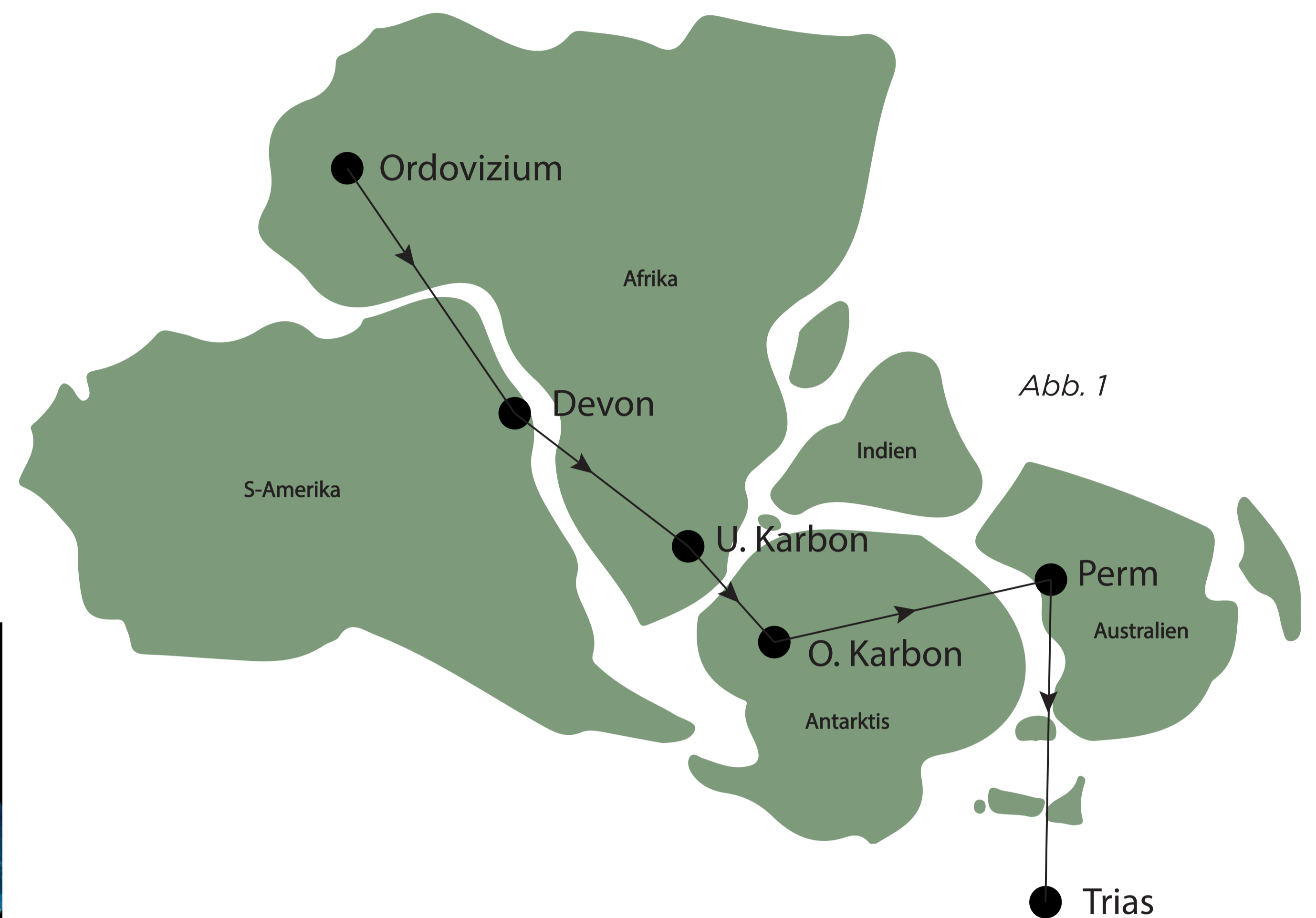


Abb. 1

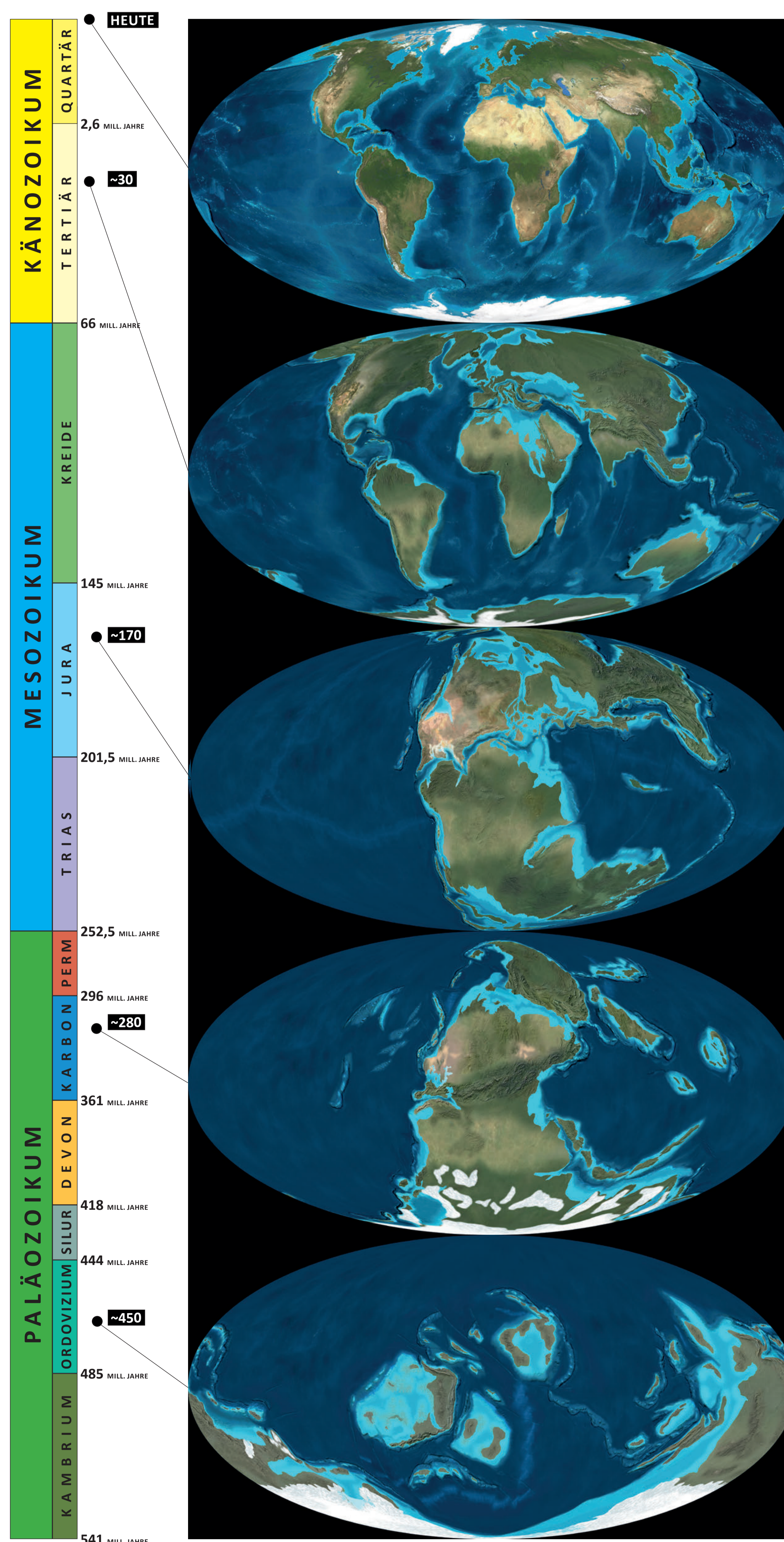


Abb. 2

auf dem Land führten. Der Grund für die Bildung der Eismassen liegt in der Menge der auf die Erde eingestrahltene Sonnenenergie (s. Tafel 2). Durch die hohe Aufnahme- und Speicherkapazität des Ozeans kann sich im Polbereich bei diesen Klimaverhältnissen nur im Winter kurzfristig etwas Treibeis bilden. Auf den helleren Landflächen, mit ca. 20% der Speicherkapazität des Wassers, bilden sich unter gleichen Bedingungen anhaltende Schneeflächen.

Eine großflächige Schneedecke strahlt die auftreffende Sonnenenergie vermehrt in den Weltraum zurück (Albedo). Eine verstärkte Abkühlung ist die Folge. Schneeeinkummulation und Eisbildung werden weiter begünstigt. Durch diesen anhaltenden Rückkoppelungseffekt können sich schließlich große Eisschilde bilden (z.B. aktuell die Antarktis).

Im Erdaltertum waren diese Bedingungen vom Ordovizium bis ins Perm durch die Konzentration der kontinentalen Kruste um den Südpol - dem Großkontinent Gondwana - erfüllt. Damals lag der Südpol auf Krustenteilen, die heute auf den weit auseinander liegenden Kontinenten zu finden sind (Abb. 1).

Ähnliche Bedingungen ergaben sich nach der weltweit eisfreien Zeit des Mesozoikums erst wieder, als die "Antarktische Platte" in Pollage driftete und sich in den letzten ca. 30 Millionen Jahren ein Eisschild aufzubauen begann. Damit nahm die aktuelle kryogene Phase ihren Anfang.

4 | DIE AKTUELLE PLATTENTEKTONISCHE SITUATION DER ERDE

Die aktuelle klimarelevante Stellung der Kontinente, die zu einem ausgedehnten Eisschild auf dem Kontinent Antarktis und dadurch zur Abkühlung der gesamten Erde führte, besteht seit rund 30 Millionen Jahren. Seit damals bildete sich nach und nach das Muster der gegenwärtigen weltumspannenden Meeresströmungen und der großen Flüsse auf den Kontinenten aus.

Meeresströmungen

Zu dieser allgemeinen Abkühlung trägt auch das Muster der Meeresströmungen bei. Nach Öffnen der Drake-Passage zwischen Südamerika und der Antarktis bildete sich vor ca. 20 Millionen Jahren der zirkumantarktische Strom. Vor 4,5 Millionen Jahren führte die endgültige Bildung der Landbrücke von Panama Jahren zum Golfstrom in seiner heutigen Stärke.

Durch dieses aktuelle Muster der Meeresströmungen kam und kommt es ständig zum raschen, weltweiten Temperaturengleich zwischen beiden Hemisphären. Damit entstanden auch im Norden Temperaturverhältnisse, welche die Bildung ausgedehnter Eisfelder auf den großen Landmassen Nordamerikas und Eurasiens ermöglichten. Erst durch diese Konstellation können die astronomischen Effekte, insbesondere die Präzession, ihren aktuellen Einfluss erlangen (s. Tafel 2).

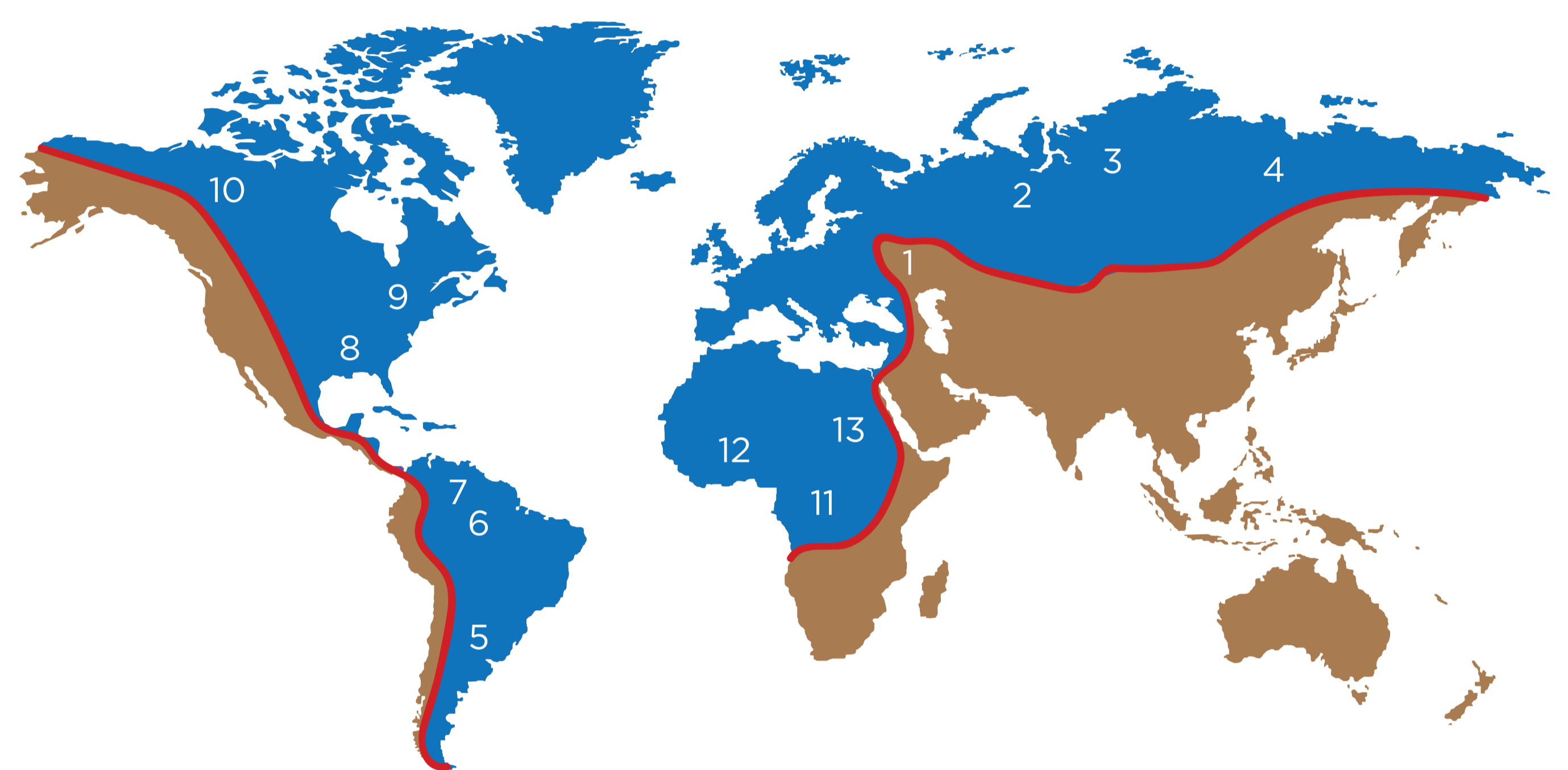


Abb. 1

Nord-Atlantik

Der warme Golfstrom transportiert große Mengen von Feuchtigkeit weit nach Norden bis in den arktischen Ozean und die großen Landmassen um den Nord-Atlantik (s. Tafel 5). Ein wichtiges Faktum ist dabei, dass fast alle bedeutenden Ströme beider Amerikas, Europas und Asiens in den Atlantik und den arktischen Ozean entwässern. Durch den raschen Wasserkreislauf tritt eine verstärkte Interaktion zwischen Land und Ozean ein.

Damit wird der sich durch die Präzession jahreszeitlich ändernde Energieeintrag vor allem um den Nord-Atlantik von großer Bedeutung (s. Tafel 5). Ekliptik und Exzentrizität überlagern diesen Effekt in ihren größeren Rhythmen.

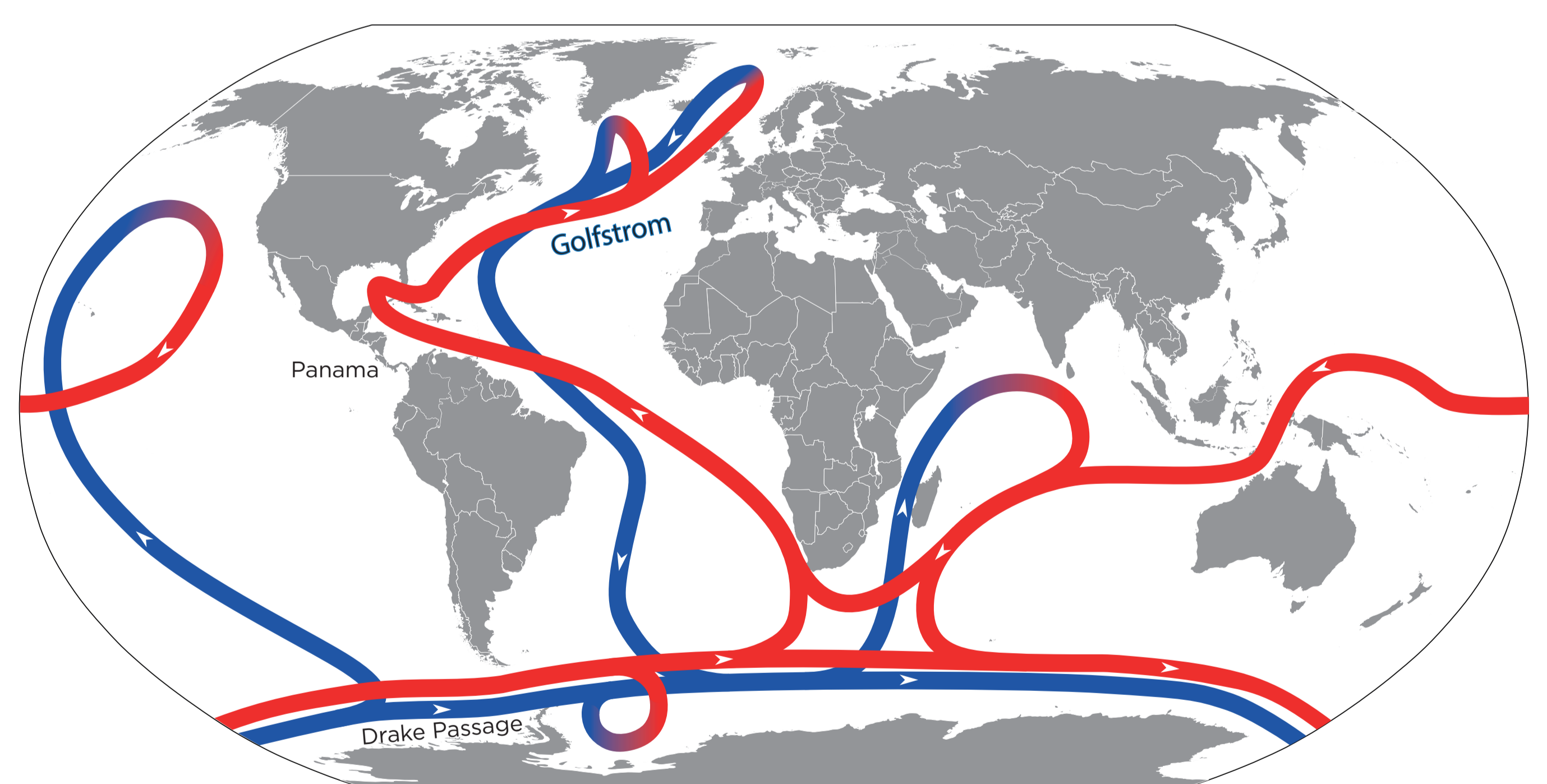


Abb. 2

5 | BILDUNG DER KONTINENTALEN VEREISUNG IN DEN EISZEITEN

Durch das Zusammenspiel der Erdbahneffekte, insbesondere der Präzession, kommt es zu einer regional sich ändernden Einstrahlung von Sonnenenergie. In der Folge steht um den Nord-Atlantik entweder im Winter oder im Sommer einmal mehr, einmal weniger Energie zur Verfügung. Bedingt durch die unterschiedliche Energiespeicherkapazität von Land und Meer kommt es zu Rückkoppelungseffekten, die jeweils verstärkend in die eine oder andere Richtung wirken. Sie führen einerseits zum Aufbau großer Eiskappen in Nord-Amerika, Nord-Europa und am Südrand des arktischen Ozeans, andererseits verursachen sie auch deren rapiden Abbau.

1. Eisaufbau

Wenn die Einstrahlung im Sommer gering, im Winter hingegen hoch ist, bleibt auf den Landmassen der hohen Breiten und in Gebirgen die Schneedecke erhalten, da sie in den kühleren Sommern nicht gänzlich schmilzt. Die nun wirksame Rückstrahlung (Albedo-Effekt) verursacht zusätzliche Abkühlung und weitere Schnee- und Eisbildung. Das wird auch durch den Ozean begünstigt. Auf ihm bildet sich dank der hohen Einstrahlung auch im Winter wenig Packeis. Zusätzlich lässt der durch die Verdunstung erhöhte Salzgehalt das Oberflächenwasser weniger gefrieren. Somit bleibt der Ozean auch im Winter als Lieferant von Niederschlägen bis in hohe Breiten erhalten.

Durch die massive Eisbildung sinkt der Meeresspiegel ab, wodurch sich die Eisschilde auch über die heutigen Küstenlinien hinaus auf die Schelfgebiete ausdehnen konnten (s. Tafel 6).

2. Eisabbau

Im Gegensatz dazu treten bei einer hohen Einstrahlung im Sommer und einer geringen im Winter starke Schmelzvorgänge an den Eisschilden auf. So wird dem Nord-Atlantik viel Süßwasser zugeführt, das, über dem schwereren Salzwasser liegend, im Winter zu starker Packeisbildung führt. Dadurch vermindern sich aber die für die Eisbildung wichtigen Niederschläge auf den Eisschilden. Zusätzlich führt der steigende Meeresspiegel zum Kalben der Gletscher auf den Schelfgebieten. Es kommt zur Bildung großer Eisberge. Diese führen dem Ozean zusätzlich Süßwasser zu und behindern die Vermischung mit dem Salzwasser, da sie die Oberfläche bei Stürmen beruhigen.

Der Auf- und Abbau der Eisschilde bestimmt auch das Klima auf der ganzen Erde.



Abb. 1

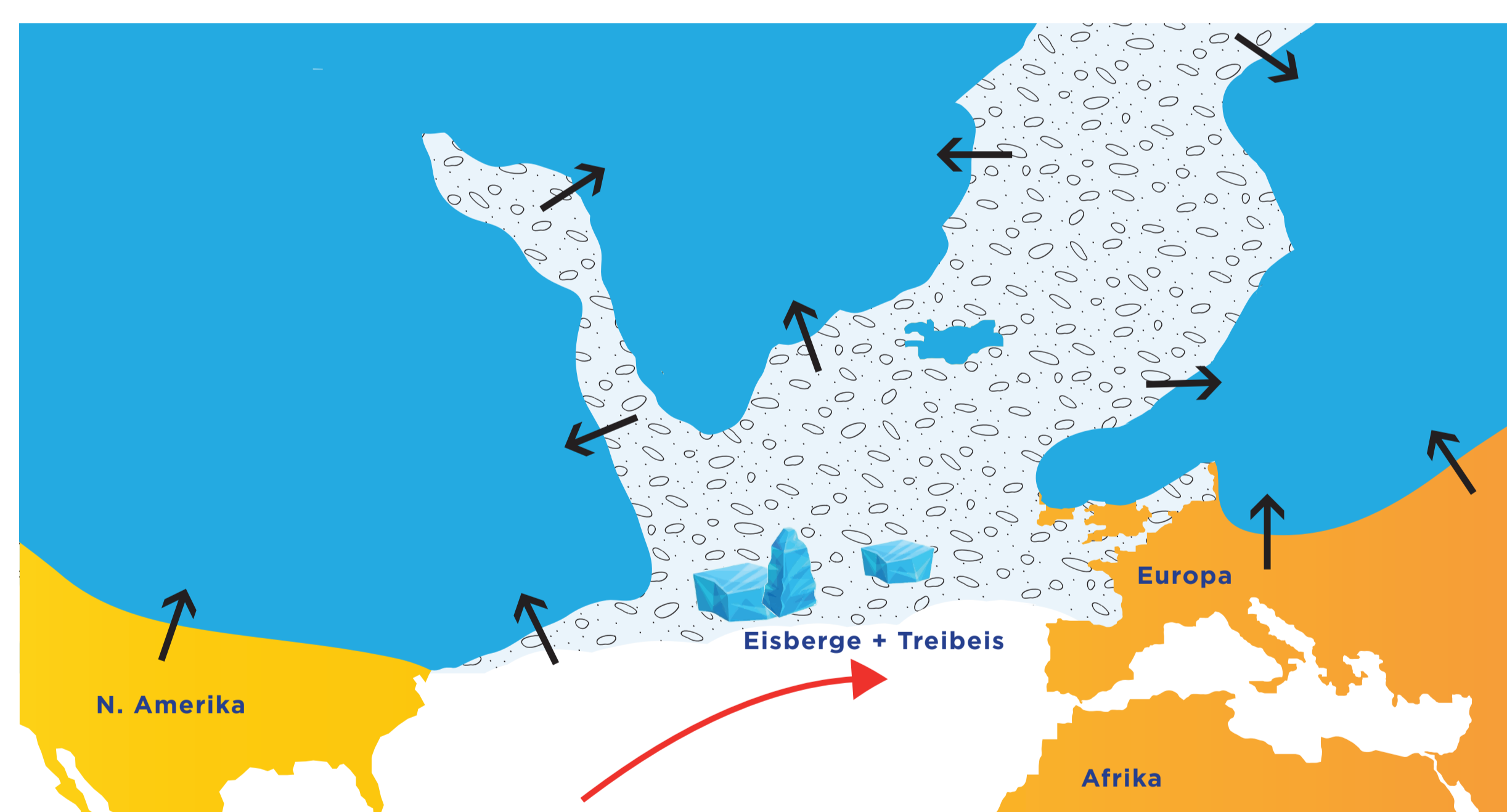


Abb. 4

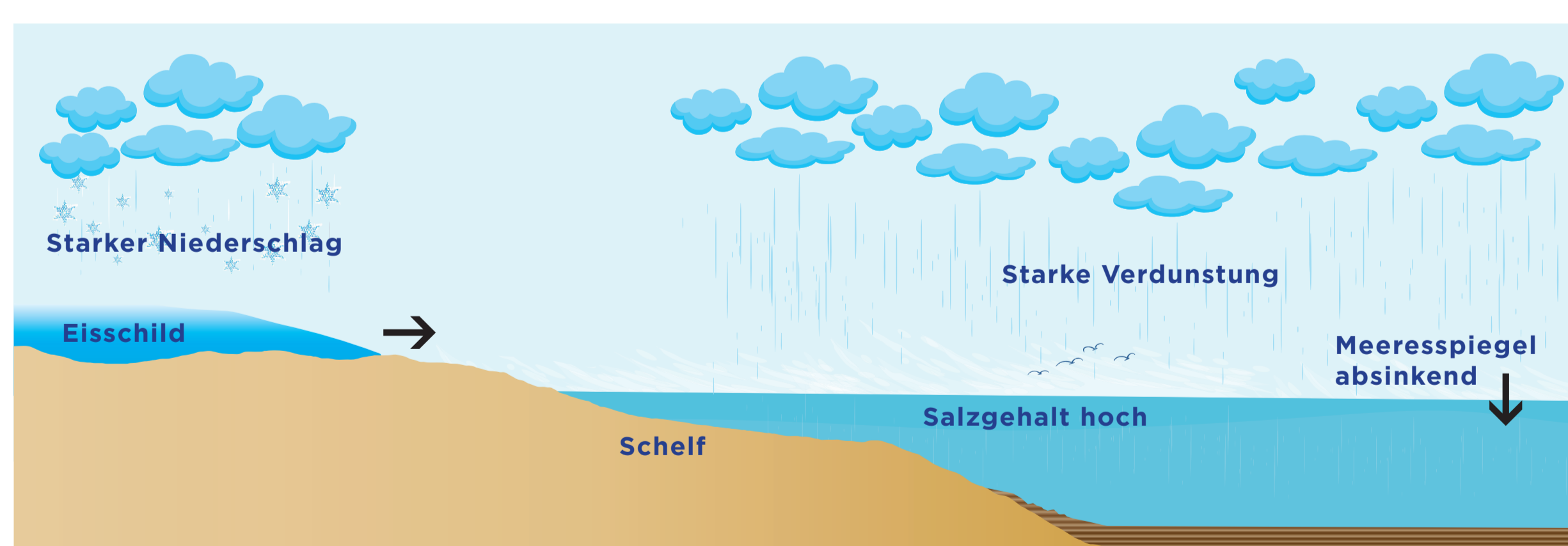


Abb. 2

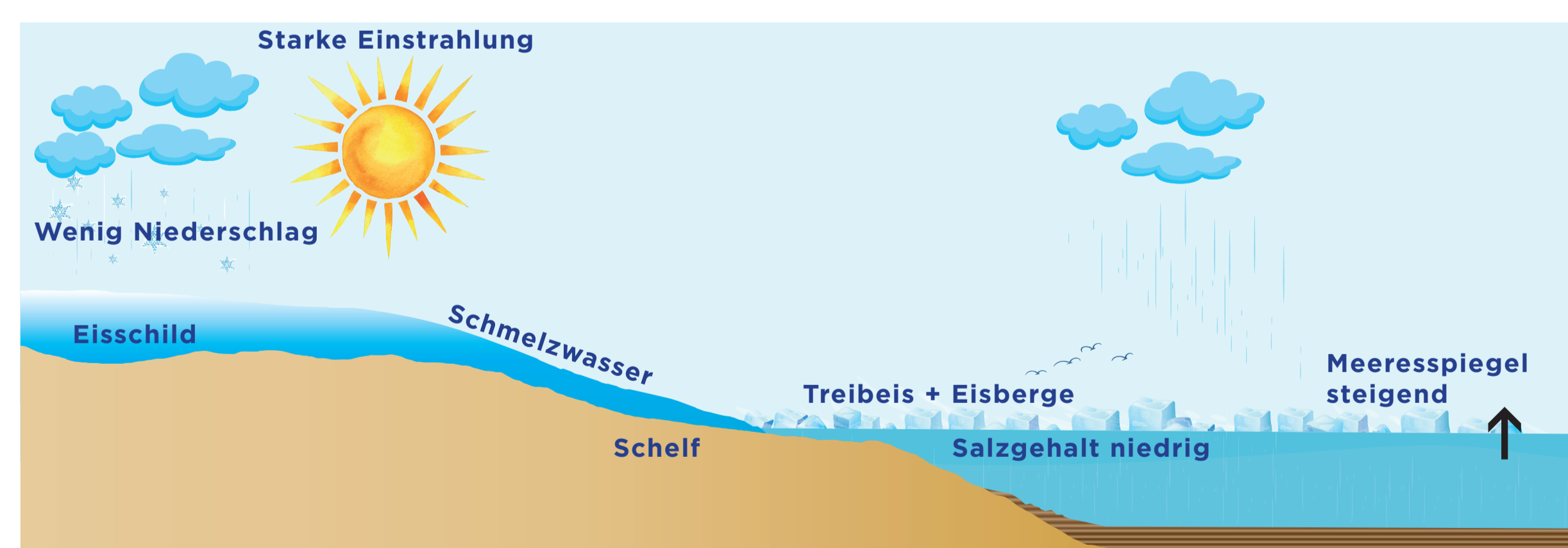


Abb. 5

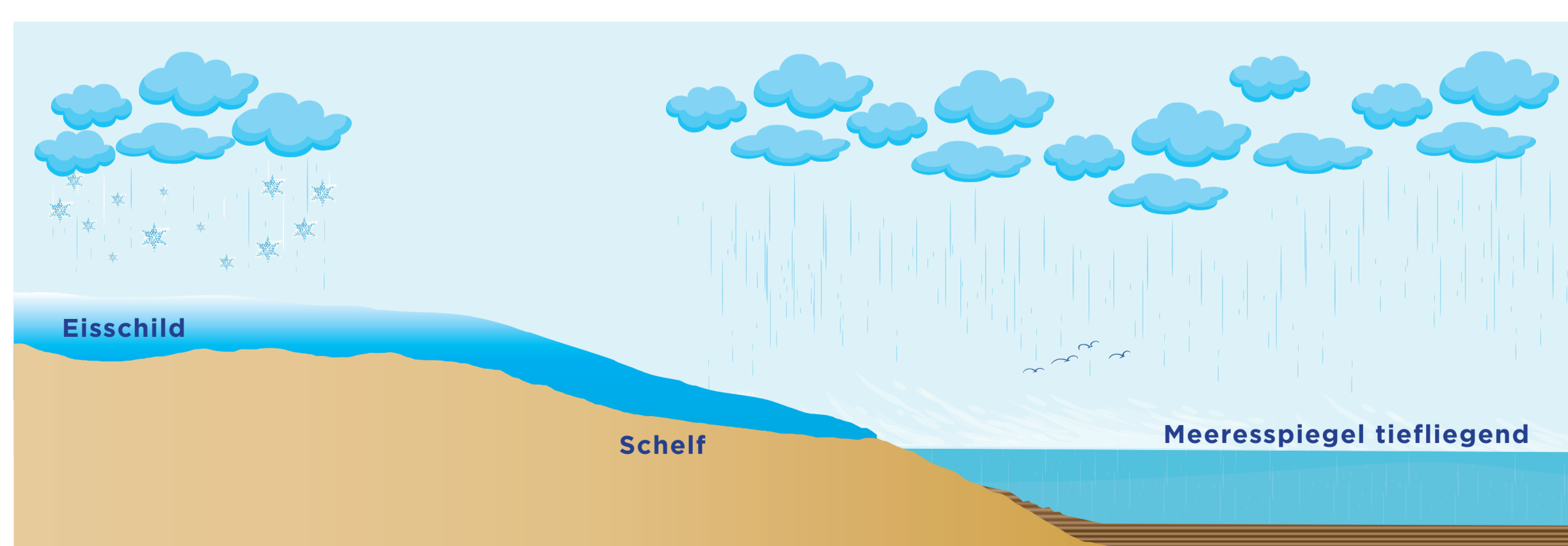


Abb. 3

Abb. 1 Räumliche Situation um den N-Atlantik und den arktischen Ozean während der Aufbauphase. Rote Pfeile: Zugbahnen der Tiefdruckgebiete

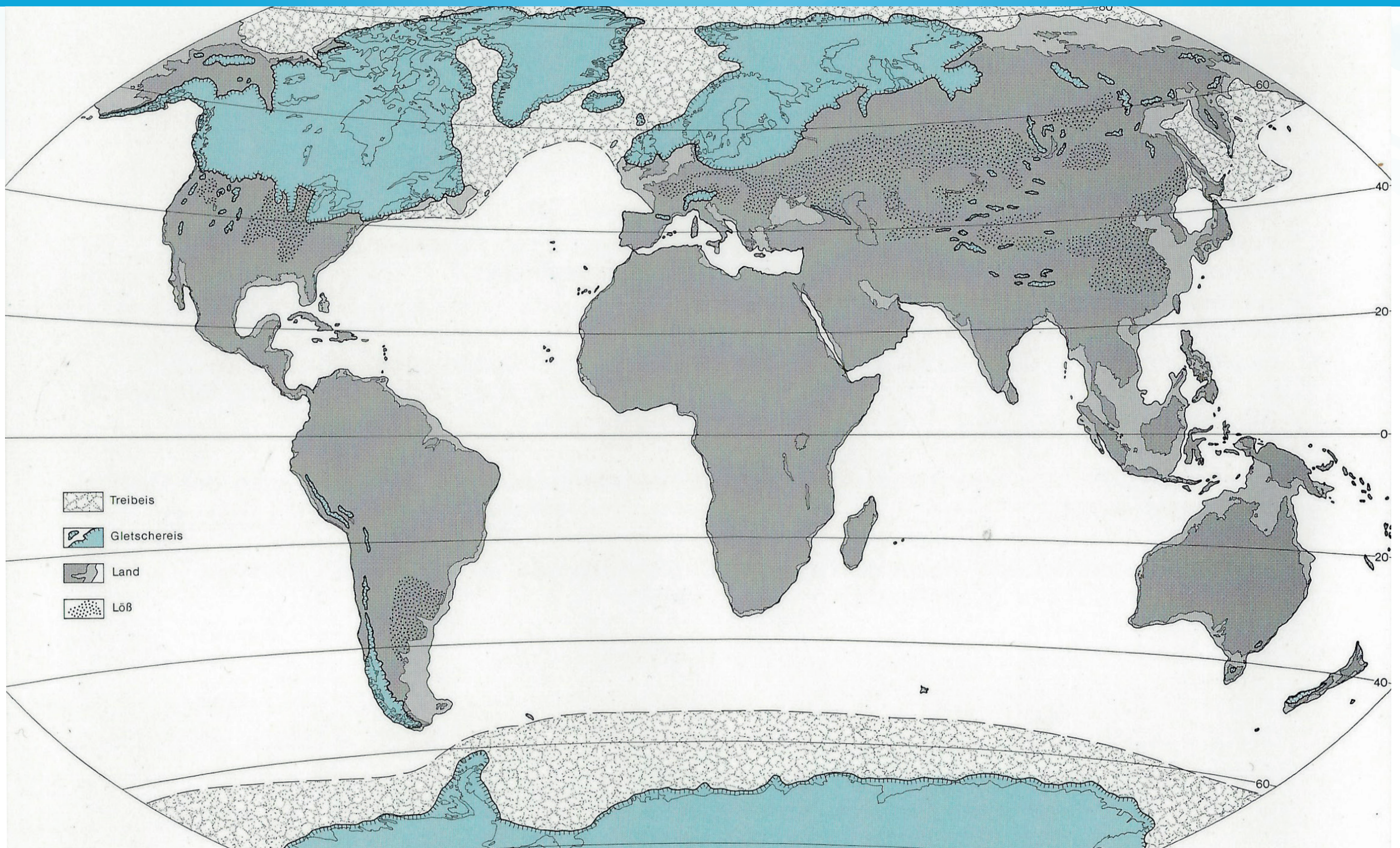
Abb. 2 Beziehung der Kontinente zu N-Atlantik und arktischem Ozean während der Aufbauphase

Abb. 3 Beziehung der Kontinente zum N-Atlantik am Ende der Aufbauphase und am Höhepunkt der Eiszeit

Abb. 4 Räumliche Situation um den N-Atlantik und den arktischen Ozean am Beginn und während der Abbauphase. Roter Pfeil: Zugbahnen der Tiefdruckgebiete

Abb. 5 Beziehung der Kontinente zum N-Atlantik während der Abbauphase

6 | DIE ERDE ZUR ZEIT DER LETZTEN VEREISUNG (WÜRM)



Innerhalb der letzten 800 000 Jahre folgt die Bildung ausgedehnter Eismassen auf den Kontinenten und in den Gebirgen einem rund 100 000 Jahre dauernden Zyklus (s. Tafel 1). Er weist Temperaturschwankungen auf, die zu Vorstoß und Rückzug der Gletscher führten. Nur die kurzen Perioden der größten Eisausbreitung werden als "Eiszeiten" im engeren Sinn bezeichnet. Die mit dem Eisaufbau einhergehende Temperaturabnahme für unsere Breiten (Mitteleuropa) belief sich auf rund 10° - 12° im Jahresmittel.

Eisschilde

Die riesigen Eismassen in Nordeuropa und Nordamerika (max. Mächtigkeit rund 4 000 m) führten zu einem starken Absinken des Meeresspiegels um rund 120 - 140 m und zum Trockenfallen ausgedehnter Schelfgebiete in Ostasien, Südamerika und Europa. Dadurch waren zahlreiche Gebiete, die heute Inseln sind, mit dem Festland verbunden (z.B. Falkland, Sumatra, Java, Borneo, Neuguinea, Taiwan, Japan).

Die Eismassen erstreckten sich über die heutigen Küstenlinien hinaus und bedeckten z.B. die Barentssee südlich Spitzbergen und Franz-Joseph-Land, die Karersee östlich Nowaja Semlja sowie die Nordsee zwischen Norwegen und England.

Gebirgsgletscher

Durch die Temperaturabnahme bildeten sich in allen Hochgebirgen ausgedehnte Vergletscherungen wie in den Alpen, den Pyrenäen und den Anden.

Landbrücken

Ihre Bildung trug nicht nur zu einem Floren- und Faunenaustausch, sondern auch zu Wanderbewegungen der Menschen bei. So ermöglichte das Trockenfallen der Beringstraße die Besiedelung Amerikas.

LÖß

Die Flüsse der ausgedehnten Tundragebiete (heute gemäßigte Zone der mittleren Breiten) transportierten in breiten verwilderten Flussbetten sehr viel Schutt, aus dem der Staub ausgeblasen und als Löß entlang der Täler abgelagert wurde. Diese Ablagerungen erreichen in Europa wenige bis max. 30 m, in China bis zu 300 m Mächtigkeit. Sie gehören heute zu den wertvollsten, da ertragreichsten landwirtschaftlich genutzten Böden.

7 | DIE ALPEN IN DER LETZTEN EISZEIT



Abb. 1

Die Alpen gehören zu jenen Gebirgen der nördlichen Hemisphäre, die weitgehend von Gletschern bedeckt waren. Vor allem im Bereich der Westalpen um das Rhonetal erfolgten auch die ersten wissenschaftlichen Untersuchungen zur Vergletscherung von Gebirgen. Auch die weltweit anerkannte Gliederung in vier Eiszeiten wurde um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert anhand der Vergletscherung der Alpen entwickelt (s. Tafel 1).

Eisstromnetz

Die Alpen bildeten damals - unter den geänderten Bedingungen - so wie auch heute eine klimatische Barriere, die Mitteleuropa von Südeuropa trennt. Mächtige, zusammenhängende Eisströme füllten die großen Alpentäler, sodass nur noch die höchsten Berge herausragten (s. Tafel 8, Abb. 1). Sie stießen im Norden bis weit ins Alpenland vor und bildeten riesige Zungen (Rhongletscher vom Genfer See bis nordöstlich Bern, Rheingletscher um den Bodensee sowie Inn- und Salzachgletscher). Im Süden hingegen konnten die Gletscher nur wenig über den Rand des Alpenkörpers in die Po-Ebene vorstoßen, wie am Gardasee und nördlich von Mailand und Turin. Das ist darauf zurückzuführen, dass die Niederschläge so wie heute hauptsächlich von West- und Nord-West-Winden bestimmt wurden.

Umland

Rund um die Alpen erstreckte sich das baumlose Grasland einer Kältsteppe mit Schotterebenen und Lößbildung entlang der Flüsse. Erst am Alpenrand zur Poebene konnten Bäume und Sträucher gedeihen, die wohl auch auf dem heutigen Meeresboden der Adria wuchsen, der damals, wie in vielen flachen Meeren, trockengefallen war (s. Tafel 6).



Abb. 2

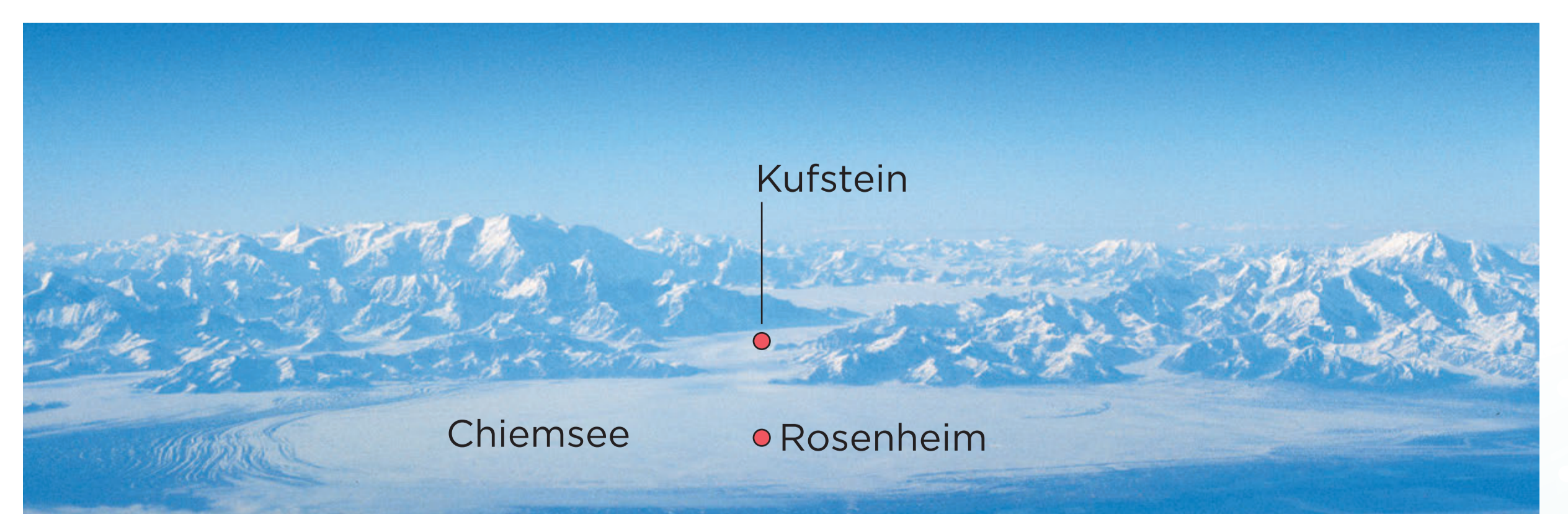


Abb. 3

8 | DAS TRAUNTAL UND DAS AUSSEERLAND IN DER LETZTEN EISZEIT (WÜRM)

Trauntal

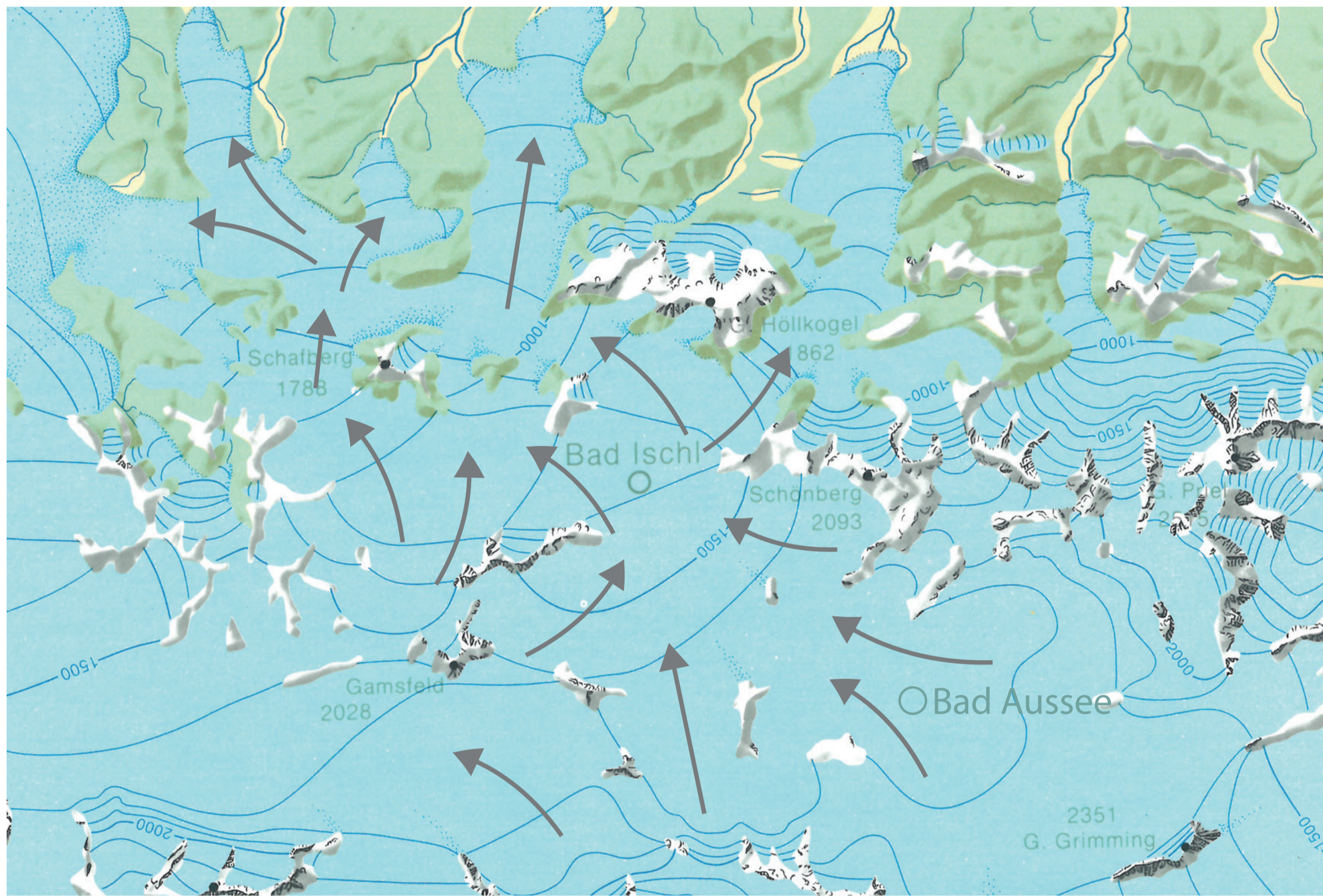


Abb. 1

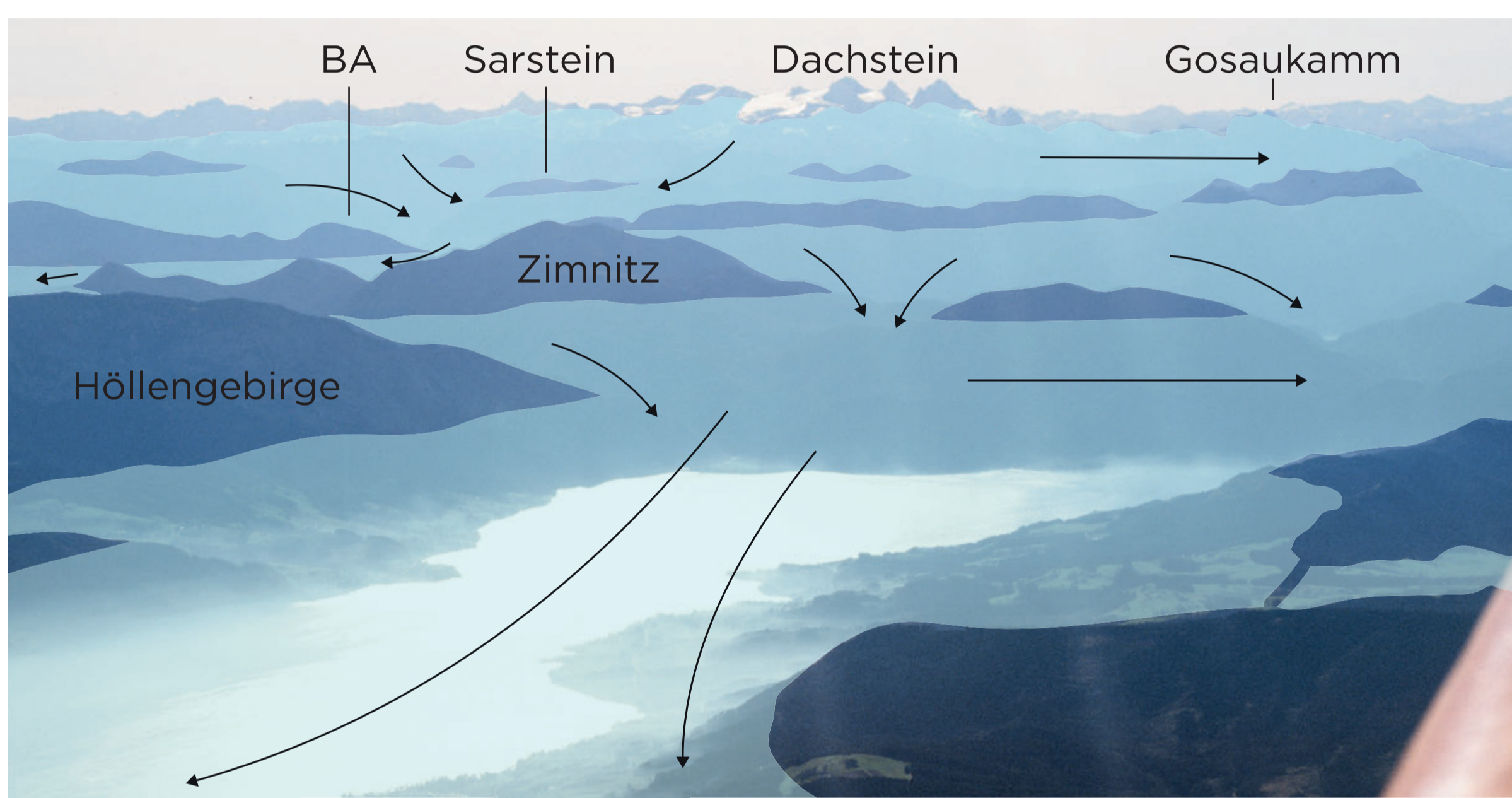


Abb. 2

Zum Höhepunkt der letzten Eiszeit, vor rund 25 000 – 19 500 Jahren, erfüllten mächtige Gletscherströme das weitverästelte Einzugsgebiet der Traun. Sie reichten bis zum Nordrand der Alpen (Abb. 1).

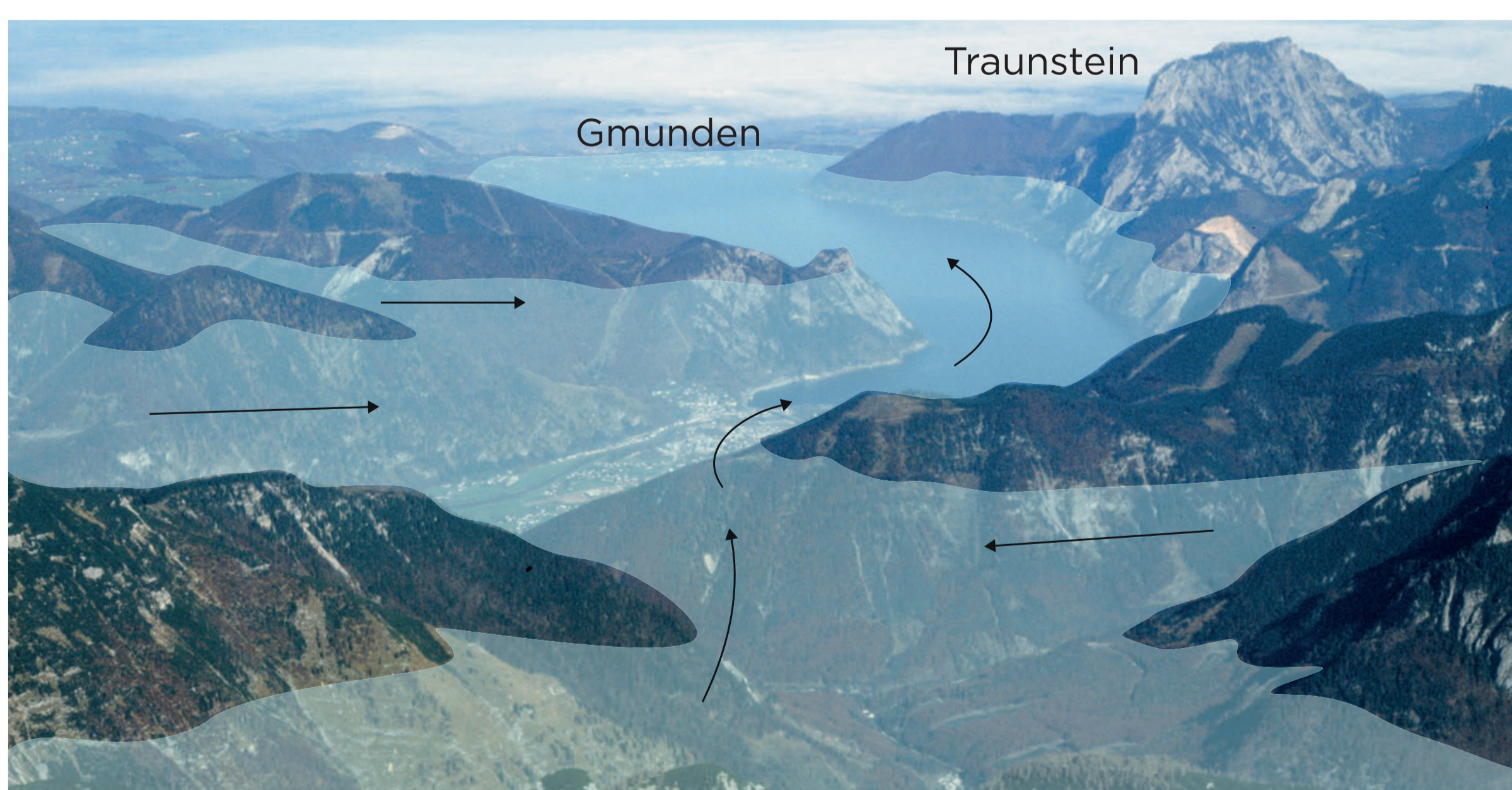


Abb. 3

Heute sind die Becken dieser Eisströme (s. Tafel 10) mit Wolfgang-, Fuschl-, Mond-, Irr-, Atter- und Traunsee erfüllt (Abb. 2 und 3).

Ausseerland

Ausgehend von den ausgedehnten Plateaulandschaften des Dachsteins und des Toten Gebirges erreichten die Gletscher die Talböden und erfüllten die Täler zuletzt gänzlich. So lag die Oberfläche des Eisstroms bei Bad Ischl bei ca. 1400 m, im Becken von Bad Aussee in rund 1700 m Höhe (Abb. 4). Der Eisstrom wies also eine Mächtigkeit von ± 1000 Meter auf. Dieser Zustand blieb 5 - 6000 Jahre erhalten. Vergleichbare Verhältnisse sind heute z.B. in Alaska zu beobachten (s. Tafel 7).



Abb. 4

Das Eis floss aus dem Becken von Bad Aussee hauptsächlich über die Pötschenhöhe und das Rettenbachtal ab. Zu diesem beherrschenden Eisstrom kam auch noch Eis aus dem westlichen Teil des Mitterndorfer Beckens, das durch das Tal der Kainischtraun floss. Über das Koppental kam kein Eisabfluss zustande, da dieser Weg durch den kräftigen Eisstrom vom zentralen Dachsteinplateau blockiert war.

Das wenn auch langsame Fließen der Eismassen (einige 100 m bis 1 - 2 km im Jahr) führte zu Akkumulation und Erosion (s. Tafel 10+11) und somit zu einer starken Umgestaltung der Täler in Abhängigkeit vom geologischen Aufbau des Untergrunds (s. Tafel 9).

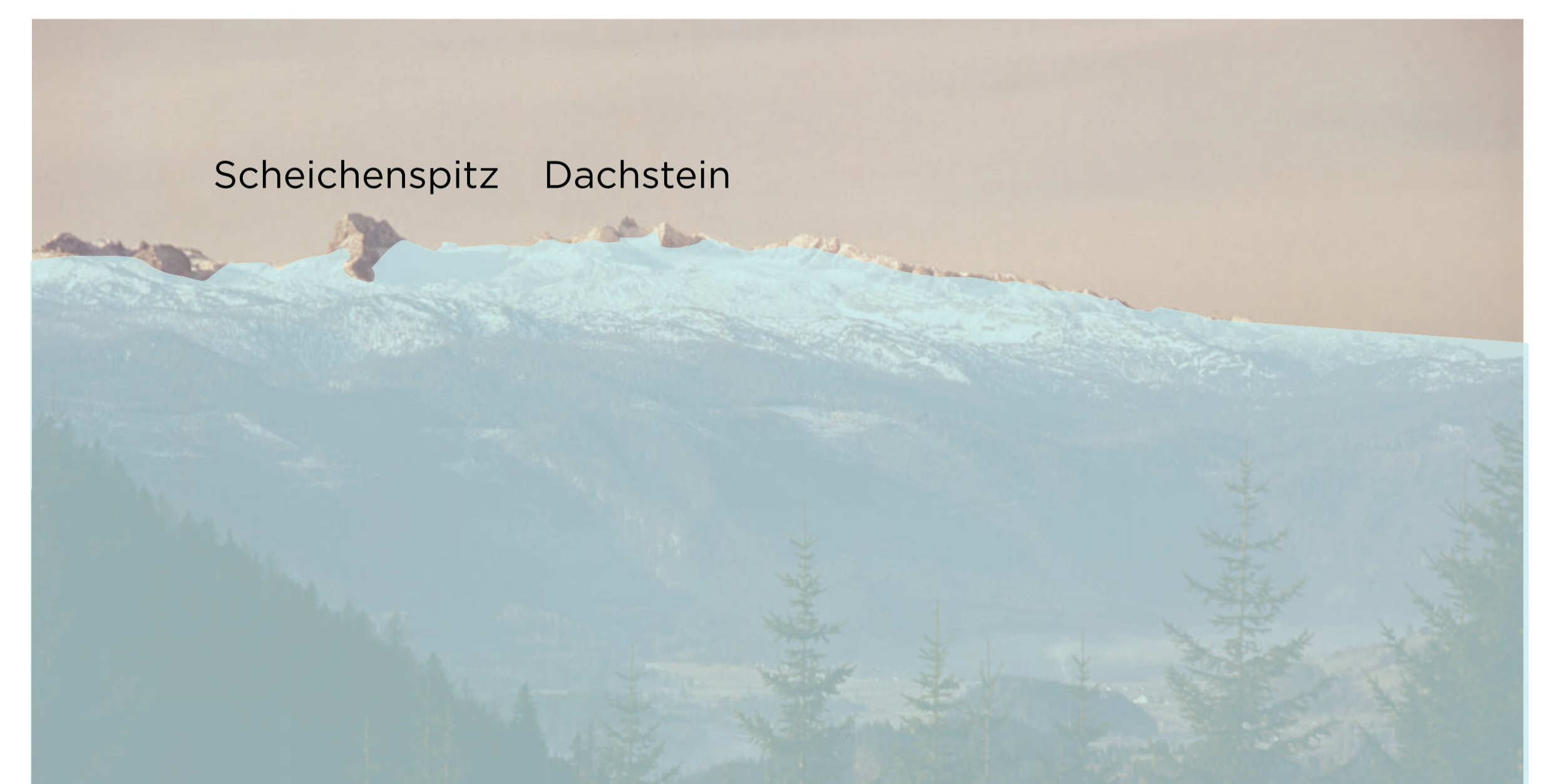


Abb. 5

9 | GEOLOGISCHER AUFBAU UND LANDSCHAFT DES AUSSEER BECKENS

Die Landschaft um Bad Aussee wird durch zwei geologische Einheiten, die Plateaukörper und die dazwischen liegende Hallstätter Zone, und deren Formung durch die Gletscher bestimmt.

Die Plateaus

Dolomite und Kalke des Mesozoikums, dominiert vom Dachsteinkalk, bauen die ausgedehnten Plateaus auf: im N das Tote Gebirgs- und im S das Dachsteinmassiv (Abb. 3+ 4). Die Plateaus liegen heute als stark verkarstete Gebirgsstöcke vor. Durch ihre interne Entwässerung blieben sie als geschlossene Hochflächen erhalten. Sie bilden die tektonischen Einheiten der Totengebirgs- und Dachsteindecke.

Die Hallstätter Zone

Zwischen diesen beiden Einheiten liegen in einem Streifen die gleich alten Gesteine der Hallstätter Zone, die aber unter anderen Bedingungen gebildet wurden. Neben Kalken finden sich hier tonig sandige Ablagerungen in Verband mit mächtigem Haselgebirge. In diesem sind große Körper von Salz (Bergbau in Altaussee) und Gips (Bergbau Wienern) eingelagert (Abb. 2).

Diese inhomogene Gesteinsfolge wurde im Zuge der Bildung der Alpen durch Einengung von Süden her über die Dachsteindecke bis auf den Südrand der Totengebirgsdecke transportiert (Abb. 2, Profil 4). In Folge dieser anhaltenden Einengung wurden die beiden starren Platten getrennt und übereinander geschoben. Die Gesteine der Hallstätter Zone wurden zwischen beiden eingeklemmt, stark durchbewegt und verfaultet (Abb. 2).

Landschaftsentstehung

Nach der Hebung der Gesteinseinheiten über den Meeresspiegel setzte der Abtrag ein, der sich besonders im Dachsteinkalk auf die fortschreitende Verkarstung beschränkte. Im Gegensatz dazu bildeten sich im Bereich der Hallstätter Zone Bäche, bevorzugt in den feinkörnigen Ablagerungen und entlang von tektonischen Störungen. Dadurch entstand das heutige Gewässernetz. Ein schönes Beispiel dafür stellt die Furche des Grundl-, Topplitz-, Kammersees dar, wo sich das Gerinne entlang einer Störung bis tief in das verkarstete Dachsteinkalk-Plateau entwickeln konnte. Hier entspringt die Traun in einer großen Karstquelle oberhalb des Kammersees.

In Haselgebirgs-Bereichen der Hallstätter Zone bewirkte die Gletschererosion die Bildung von Becken, z.B. das Becken von Bad Aussee (s. Tafel 10).

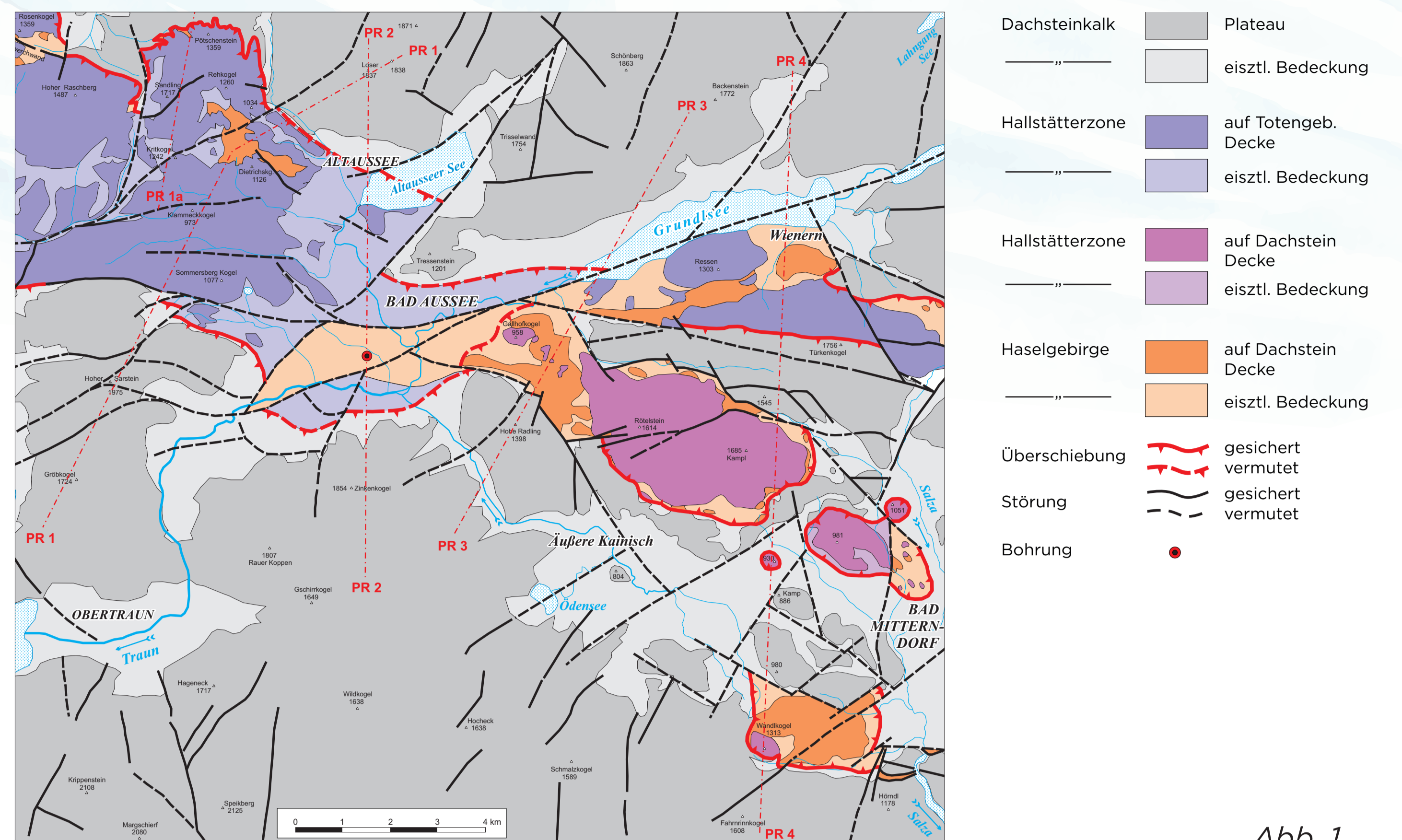


Abb. 1

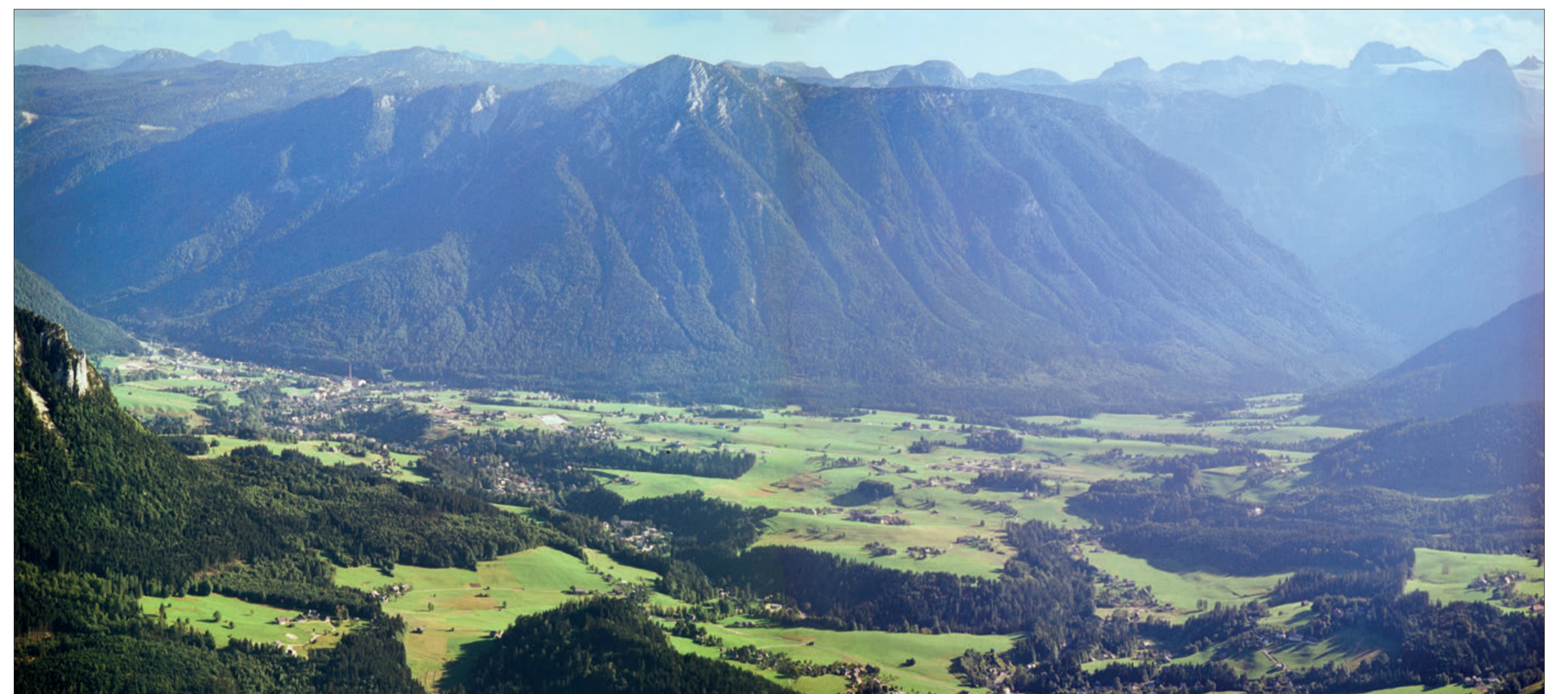


Abb. 4

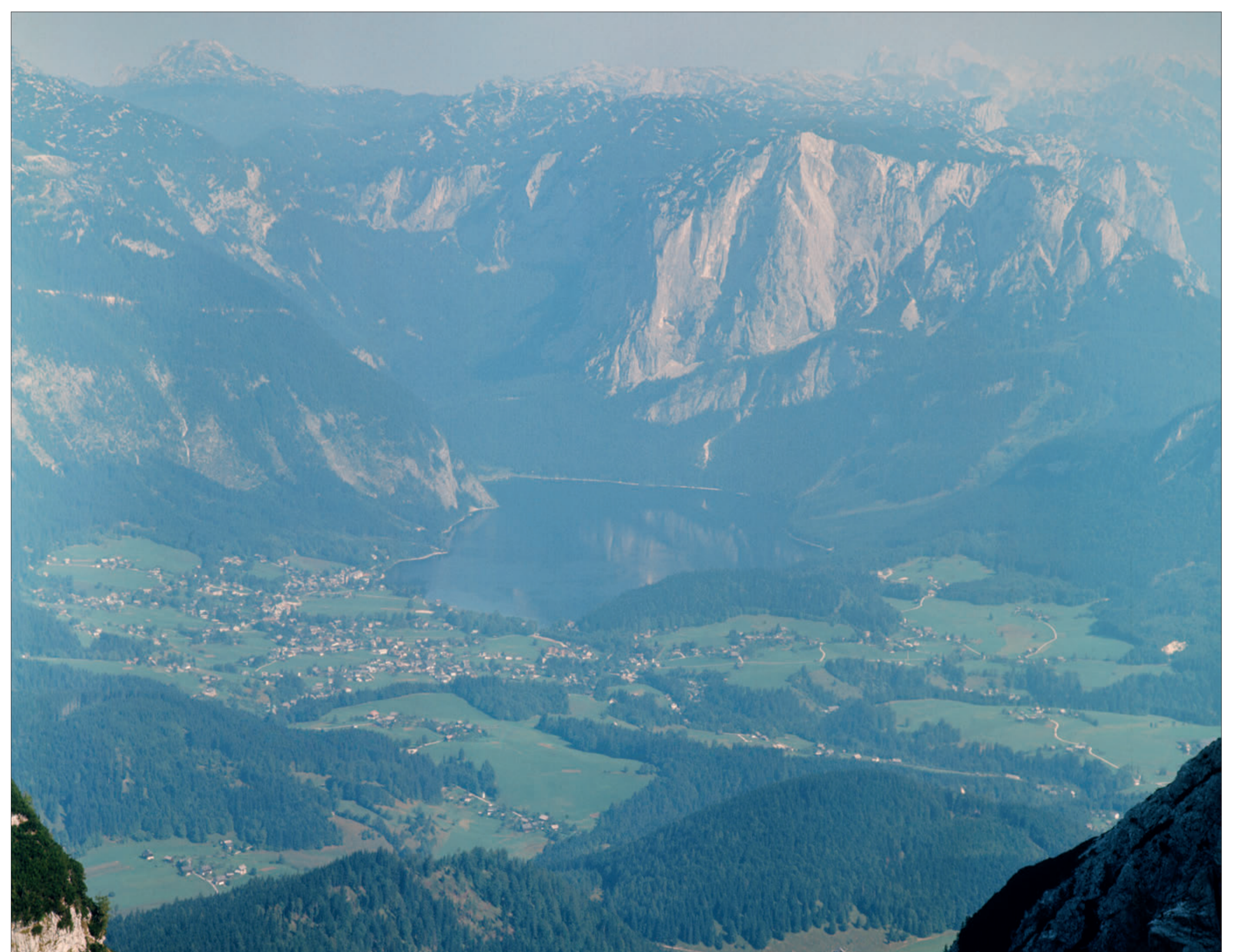
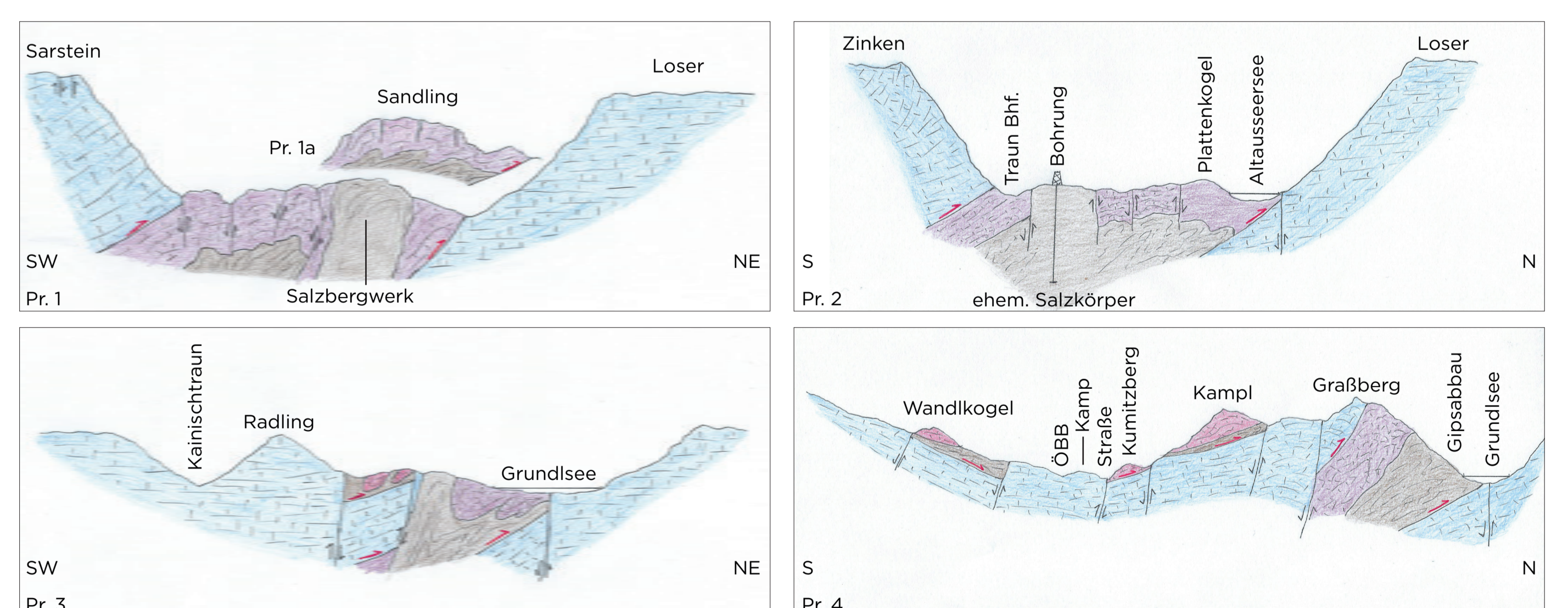


Abb. 3



Legende Profile



Abb. 2

10 | AUSWIRKUNG DER GLETSCHER (SEDIMENTATION)

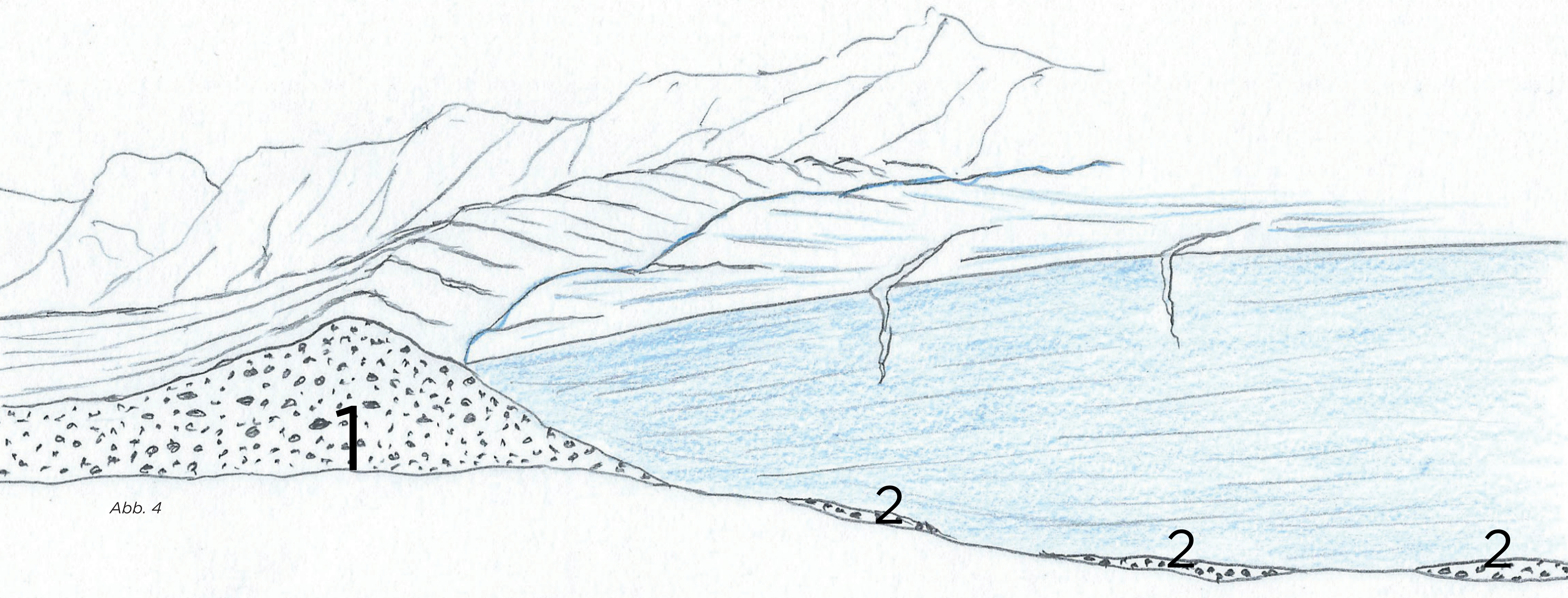


Abb. 4

Die Gletscher hinterlassen charakteristische Ablagerungen, welche die Tallandschaft prägen. Im Becken von Bad Aussee treten diese Sedimente nahezu flächendeckend auf.

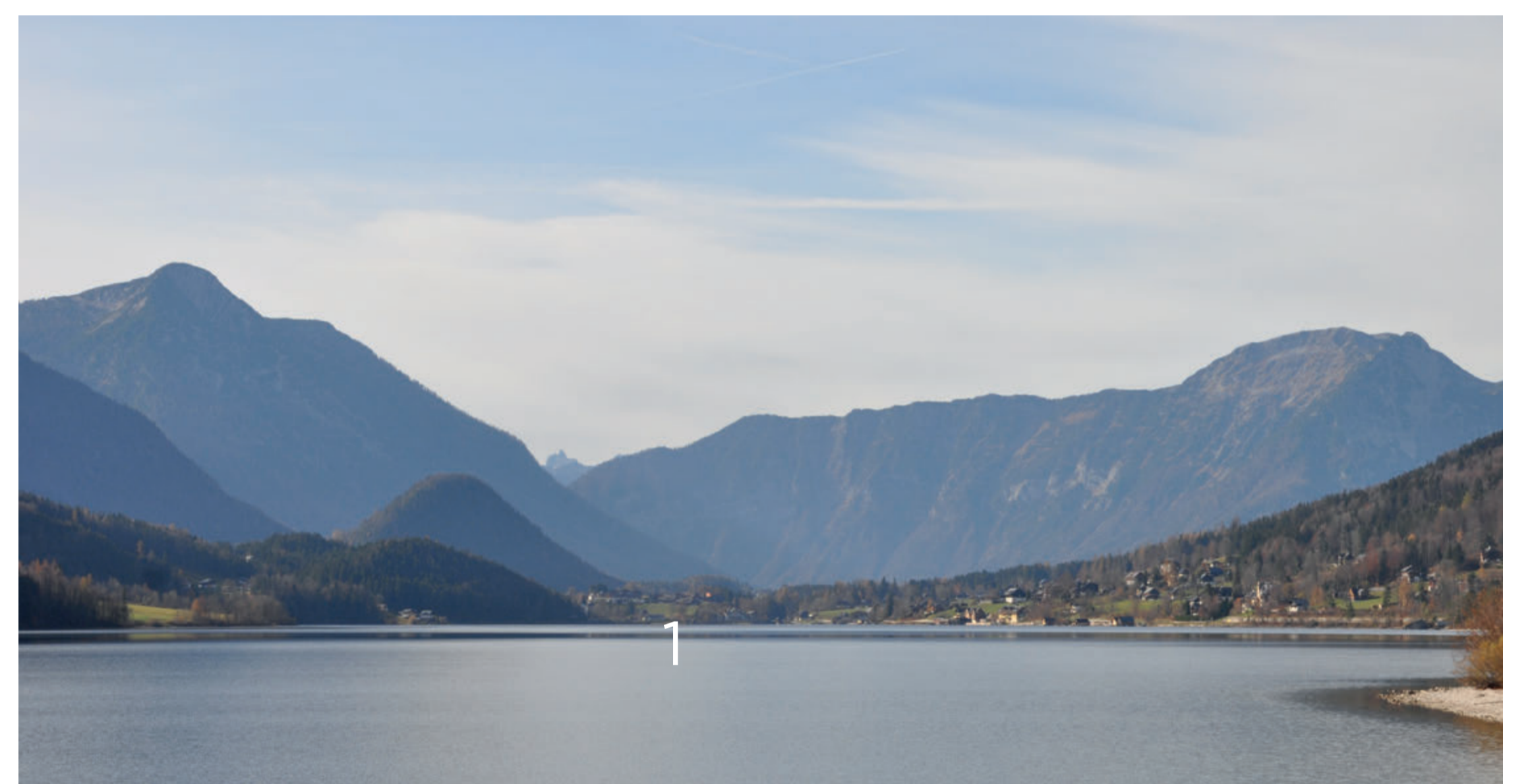


Abb. 5

Grundmoräne

Das an der Gletschersohle transportierte Gesteinsmaterial wird wie in einer Mühle zerkleinert, abgeschliffen und zerrieben (s. Tafel 10, Abb. 2+3). So bildet sich an der Basis des Gletschers ein Brei aus Eis, Geröllen, sowie viel Schluff und Ton, woraus nach dem Schmelzen des Eisanteils die Grundmoräne entsteht (Abb. 1).

Die Grundmoräne bildet oft langgestreckte, stromlinienförmige Körper (Drumlins), welche die Eisflussrichtung nachzeichnen. Im Becken von Bad Aussee findet man Drumlins am Reiterer Plateau um die Wasnerin und am Schmidgut sowie bei Reith (Abb. 2+3). Sie dokumentieren das Fließen des Eises nach Westen zum Pötschenpass hin.

Endmoräne

Bei über längere Zeiträume gleichbleibenden Klimawerten tritt im Gletscherkörper ein stabiler Zustand zwischen Eisbildung (Nährgebiet) und Abschmelzen (Zehrgebiet) ein und das Gletscherende behält seine Position bei. Dabei wird das Moränenmaterial durch das anhaltende Fließen des Eises weiter bewegt und schließlich am Eisrand zu einem Wall, der Endmoräne, aufgeschüttet (Abb. 4).

Im Trauntal gibt es zwei Bereiche mit deutlichen Endmoränen: Am Alpenrand z.B. um Gmunden vom Höhepunkt der letzten Eiszeit (s. Tafel 8, Abb. 3) und im Ausseerland am Grundl-, Altausseer- und Ödensee aus dem Gschnitz, dem Zeitraum des letzten Gletschervorstoßes zwischen 17 000 und 16 000 Jahren vor heute (s. Tafel 15).



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3

11 | AUSWIRKUNG DER GLETSCHER (EROSION)



Abb. 2



Abb. 3

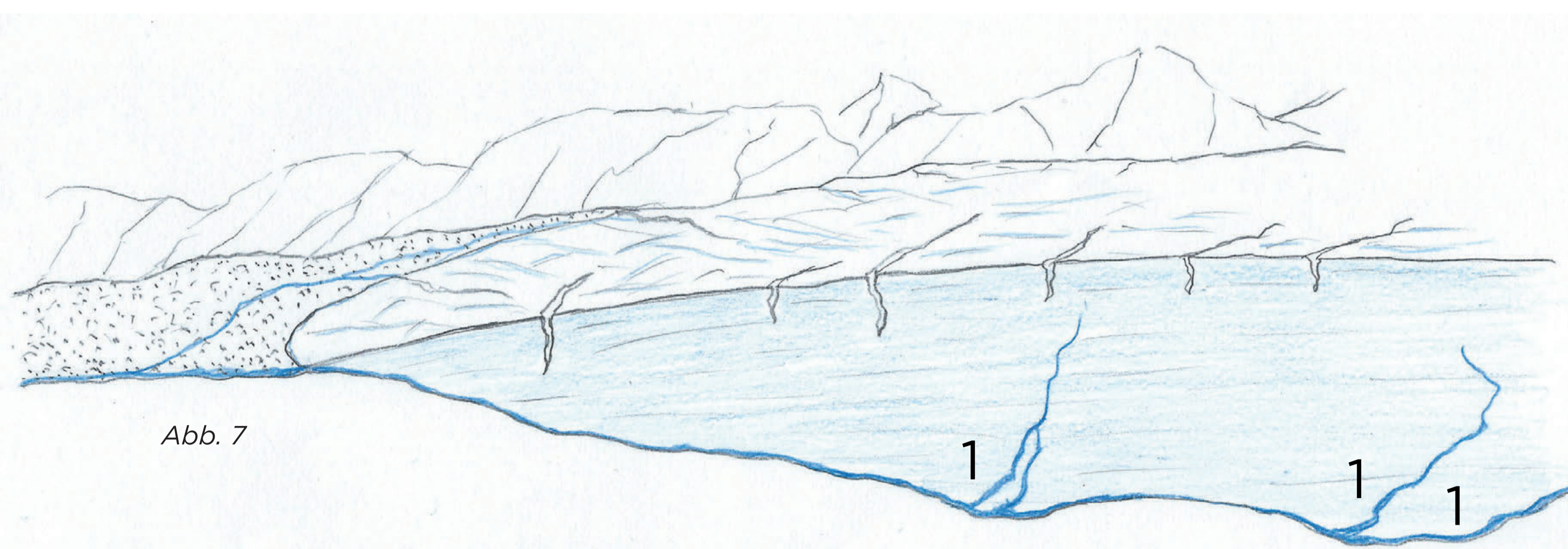


Abb. 7

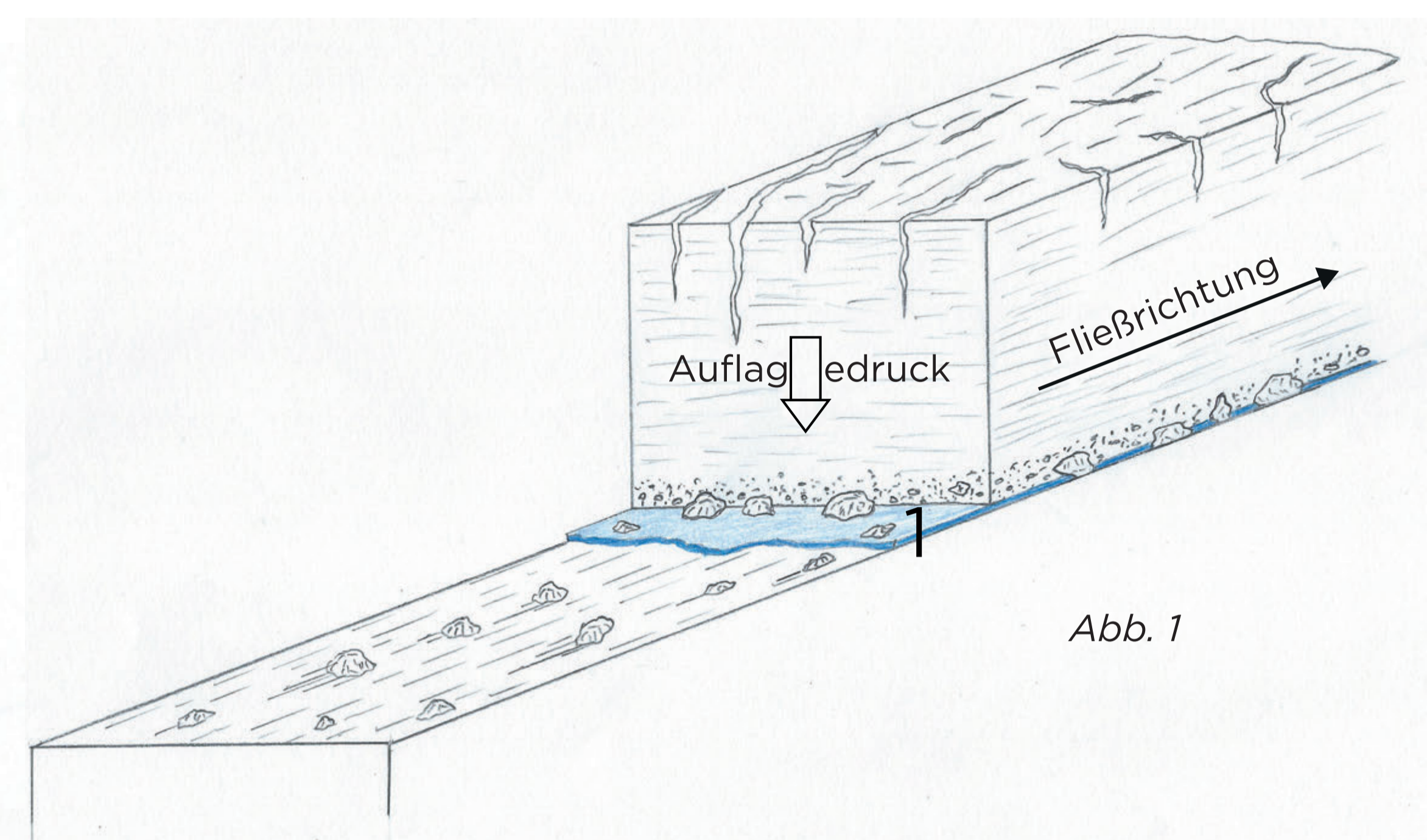


Abb. 1

Die Erosionsleistung der Gletscher ist in ihrer Fließbewegung begründet. Dabei sind für Gletscher der Größe des Traungletschers Bewegungen von mehreren Dezimetern bis mehreren Metern pro Tag anzunehmen (s. Tafel 8).

Gletschererosion

Der Gletscherkörper gleitet - wie wir beim Schlittschuhlaufen - auf einem sehr dünnen Wasserfilm, der sich durch den Auflagedruck bildet (Druckschmelzen, Abb. 1). Das Gletschereis enthält im Bereich der Sohle Gesteinsbruchstücke (Abb. 2+3). Die größeren wirken bei der Bewegung wie Hobeisen kratzend-schabend, die feinen wie Schleifpapier schleifend-polierend (Abb. 4). Dabei werden primäre Unebenheiten wie auch härtere Gesteine in charakteristischer Art zu Rundhöckern überformt (Abb. 5, 6+7). Da sich die Gletscher wie zähplastische Körper bewegen, wird das durch die Flüsse geschaffene Gewässernetz (s. Tafel 9) durchwegs zu breiten Talböden und den Beckenlandschaften von Grundlsee und Bad Aussee ausgeformt.

Wirkung des Schmelzwassers

Im Bereich der Eissohle spielt die Erosion der Schmelzwässer neben der reinen glazialen Erosion eine bedeutende Rolle (s. Tafel 12). Das Schmelzwasser an der Gletschersohle führt häufig Schutt und Geröll, womit es den Untergrund lokal unterschiedlich stark erodieren kann.



Abb. 4



Abb. 5

Übertiefe Zungenbecken

Sie sind ein besonderes Phänomen der Gletschererosion (Abb. 8). Ihre Felssohle liegt deutlich tiefer als der Felsuntergrund im Bereich des Abflusses (z.B. Grundl- und Toplitzsee um über 100 m, Altausseersee um mehr als 50 m). Sie verdanken ihre Entstehung einer erhöhten Fließgeschwindigkeit des Eises und zunehmender Schmelzwasserführung mit viel Schutt. So entstehen Wannen mit Tiefen von einigen hundert Metern, die heute mit Sedimenten oder mit Seen (alle großen Salzkammergutseen) gefüllt sind.



Abb. 6

12 | Das "Loch von Bad Aussee"

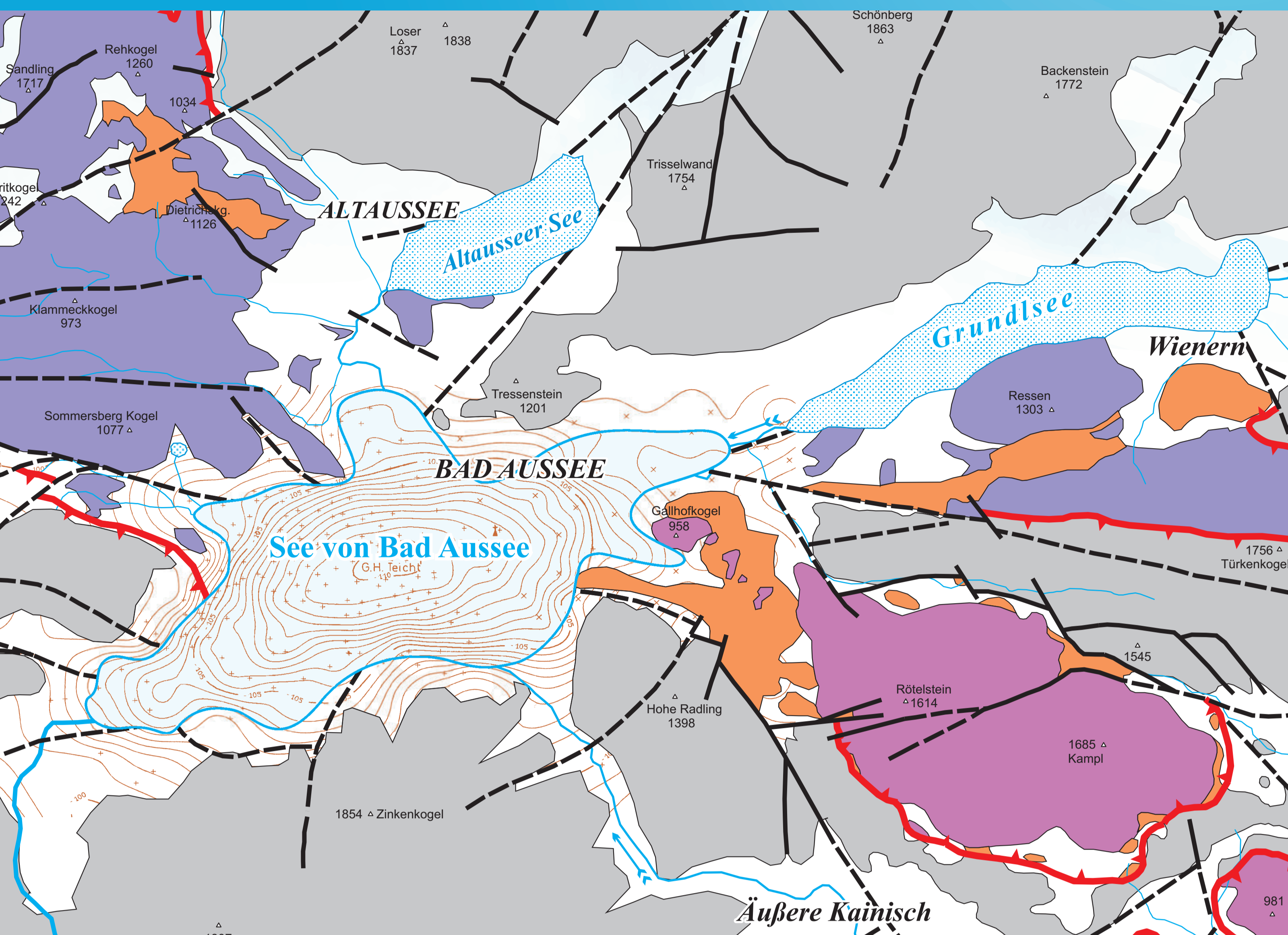


Abb. 1

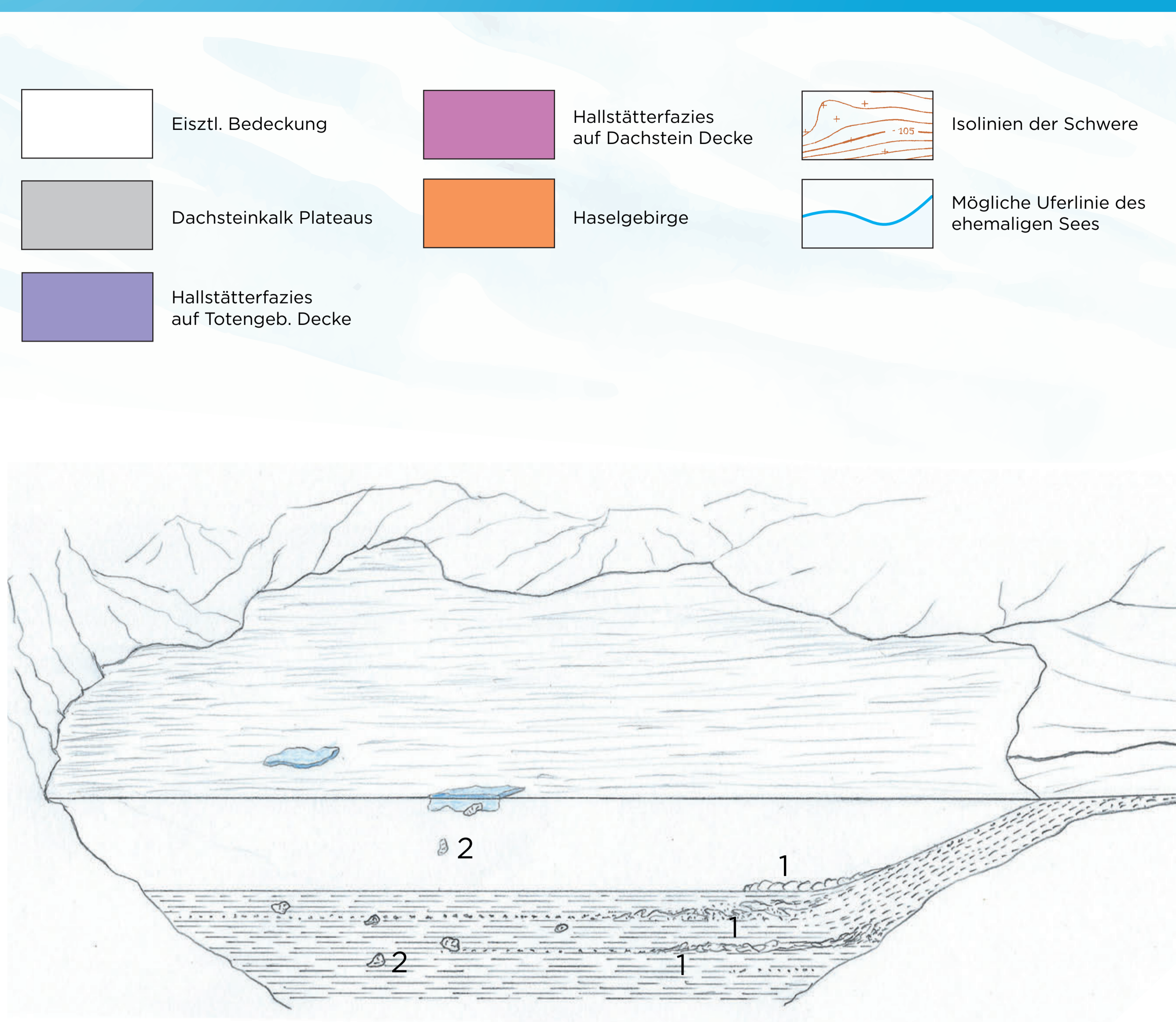


Abb. 5

Im Becken von Bad Aussee kam es aufgrund des großflächig auftretenden Haselgebirges zur Ausräumung durch die Gletscher. So entstand das weite Becken zwischen Zinken, Ischkogl, Tressenstein und Radling, das heute flächendeckend mit Grundmoräne der letzten Eiszeit ausgekleidet ist (s. Tafel 10). Unter ihr verbarg sich eine überraschende Geschichte.

Die Untersuchungen

Gravimetrische Messungen ergaben eine Anomalie (Abb. 1), die nahe legte, dass im Haselgebirge des Beckenuntergrunds ein großer Salzkörper (Dichte 2 g/cm^3 , übrige Gesteine $2,6 - 2,8 \text{ g/cm}^3$), ähnlich dem im Bereich des Altausseer Bergbaues, vorhanden ist (s. Tafel 9, Abb. 2). Er würde die deutliche Anomalie begründen. Auch ergänzende geophysikalische Untersuchungen schienen das zu bestätigen. Eine Erkundungsbohrung bis in eine Tiefe von 880 Meter im Areal des Krankenhauses erschloss aber kein Salz, sondern nur überwiegend feinkörnige Sedimente eines ehemaligen Sees im Ausseer Becken.

Ablagerungen des Sees

Die Bohrung erschloss eine Abfolge von lamellierten Tonen mit Sandeinschaltungen und Verfaltung (Abb. 2, 3 und 4), die durch Rutschungen aus dem Mündungsbereich der Zuflüsse entstanden waren. Es fanden sich auch öfter Driftblöcke, ausgeschmolzen aus auf dem See schwimmenden Eiskörpern (Abb. 5). Sie weisen auf Gletscher in der unmittelbaren Nachbarschaft des Sees hin. Die darüber folgenden, zunehmend gröbereren Ablagerungen, entsprechen gut der Verfüllung eines Sees durch ein sich rasch vorbauendes Delta.



Abb. 4

Seebildung und Bestandsdauer

Während einer der ersten Eiszeiten im Ausseerland wurde offensichtlich ein tiefreichender Salzkörper im Haselgebirge durch die Glazialerosion angeschnitten. Die an der Gletschersohle auftretenden Schmelzwässer lösten dann das Salz. In den entstehenden Hohlraum drang das Gletschereis dank seiner Fähigkeit zur plastischen Verformung ein, bis kein Salz mehr vorhanden war. Am Ende der Eiszeit, als die Gletscher sehr rasch abschmolzen, bildete sich der See mit einer Tiefe von rund 1000 m und der Ausdehnung der Anomalie (s. Abb. 1).

Die Verfüllung des Sees mit Sedimenten erfolgte unmittelbar anschließend in sehr kurzer Zeit, wahrscheinlich in Jahrzehnten oder 1 - 2 Jahrhunderten.



Abb. 3



Abb. 2

13 | “DIE HUCHT“ ODER DAS “AUSSEER-KONGLOMERAT“



Abb. 1



Abb. 4

Die in Bad Aussee deutlich hervortretenden Konglomerate sind entlang der Altausseer- und Grundlseer Traun bis ins Koppental zu verfolgen (Abb. 1). Das oberflächennah gut verfestigte Konglomerat ist durch Verkittung aus grobem, sandreichem Schotter entstanden, wie er auch heute im Bett der jeweiligen Traun transportiert wird. Beim Bau der PVA-Krankenanstalt war zu sehen, dass das Konglomerat einer verwitterten Grundmoräne aufliegt (Abb. 2). Überlagert wird es überall von Grundmoräne (Abb. 3).

Zeit der Bildung

Demnach wurden die Schotter lange nach der vorletzten Eiszeit, dem Riß, und knapp vor der letzten, dem Würm, vor rund 35 000 – 30 000 Jahren abgelagert (s. Tafel 15, Abb. 1). Sie sind als “Vorstoßschotter“ in der letzten Ausbreitungsphase der Gletscher im Ausseer Becken anzusehen.



Abb. 2

Bildungsbedingungen

Die Schotter wurden durch Schmelzwässer im Vorfeld jener Gletscherzungen aufgeschüttet, die sich vom Plateau des Toten Gebirges bis in die Becken des Altausseer- und Grundlsees ausgebreitet hatten (Abb. 2 und 4).

Zu dieser Zeit herrschten auch im Talbereich schon länger Klimaverhältnisse mit starker Frostverwitterung und schütterer Vegetation. Derartige Verhältnisse sind heute im Vorfeld der Gletscher Alaskas anzutreffen, wo große Schuttmengen bewegt und abgelagert werden (Abb. 5). Die sich dann endgültig ausbreitenden Gletscher bedeckten die bis gut 25 m mächtige Schotterablagerung mit Grundmoräne.

Als der Abfluss der Traun zum Hallstättersee nach der letzten Eiszeit wieder frei geworden war, wurden die Grundmoränen-Decke und die liegenden Schotter von der Traun wieder bis auf das Niveau der heutigen Talböden zerschnitten.



Abb. 5

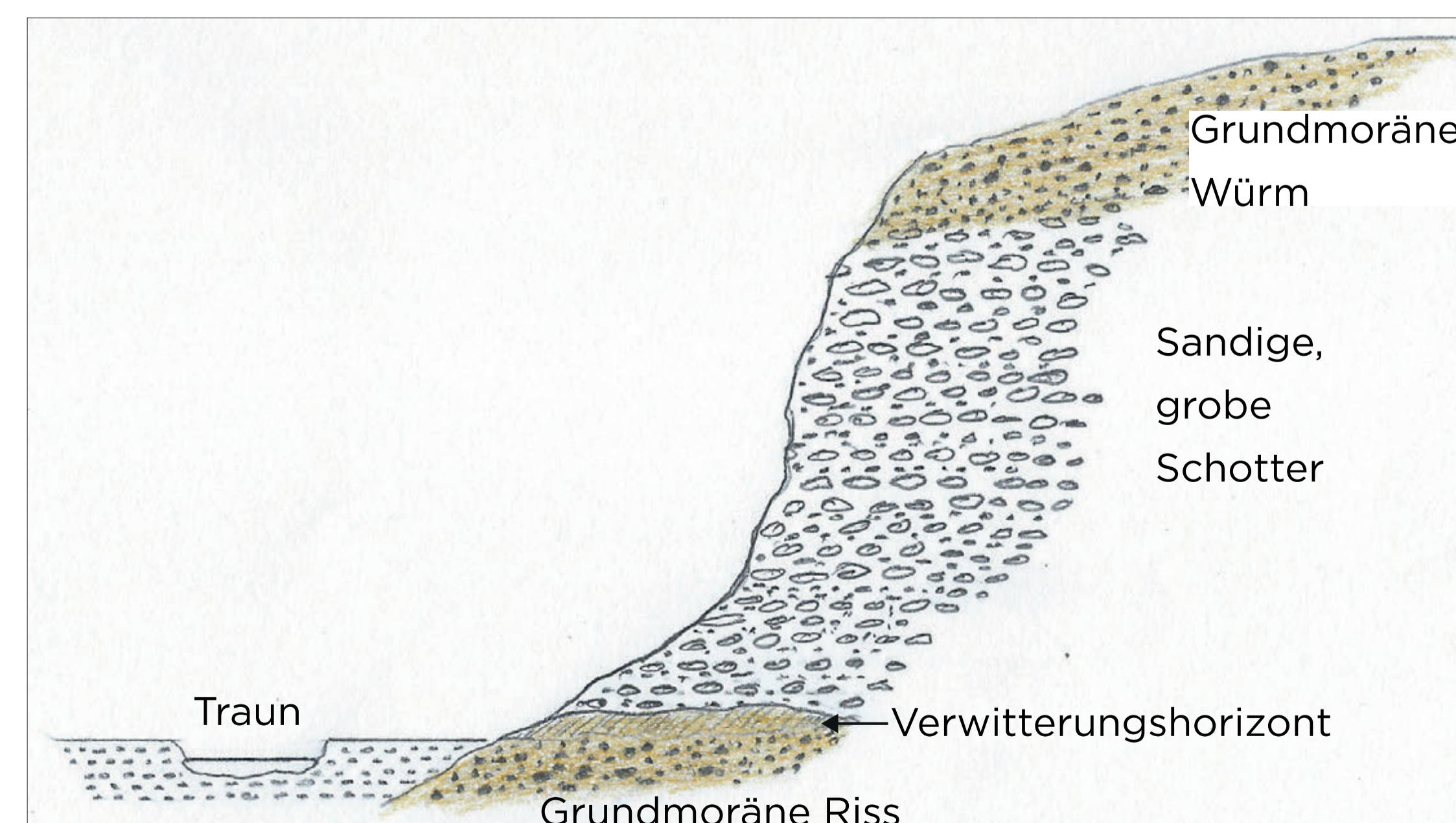


Abb. 3

14 | ALS DIE TRAUN ZUR ENNS HIN ABFLOSS



Abb. 3



Abb. 4

Durch eine Klimaverbesserung verschwanden die Eismassen am Ende der maximalen Ausdehnung der Gletscher sehr rasch aus dem Trauntal. Aktiv blieben nur die Gletscherzungen im Becken von Bad Aussee und des Hallstättersees. Damals schmolz auch das Eis im Becken von Bad Mitterndorf (s. Tafel 15, Abb. 1). Im Talboden lagen aber noch restliche Eiskörper, zwischen denen sich erste Gerinne ihren Weg zu bahnen begannen.

Die Beobachtungen

Ein Beispiel dafür ist das Trockental nordwestlich von Bad Mitterndorf, südlich Reith. Es stellt ein kurzfristiges ehemaliges Bachbett des Rödschitzbaches dar, als er einen Eiskörper im Bereich des Moores bei Rödschitz umfließen musste (Abb. 1). Derartige Gerinne von den Sonnenhängen suchten sich ihren Weg auch in Spalten der Eiskörper, die sie mit Schottern füllten (Abb. 2).

Unmittelbar danach schmolzen die Eiskörper und es bildeten sich Seen. Der größte erfüllte das Becken bei Kainisch bis zum Ödensee und Mühlreith. Mit einem Seespiegel von 802 – 803 m hatte dieser See seinen Abfluss durch das Tal südlich des Kamps zur Salza und Enns hin. Das Tal wird heute von der Eisenbahn genutzt (Abb. 3).

In den Seen wurden Schluffe abgelagert, die durch die allgegenwärtige Gletschermilch der schmelzenden Eiszungen in großer Menge zur Verfügung standen. Diese Schluffe bilden heute die Basis der ausgedehnten Moore bei Rödschitz und entlang der Ödensee Traun und des Riedelbaches (s. Tafel 15, Abb. 1).

Gleichzeitig zu den feinkörnigen Sedimenten im ausgedehnten Seebecken baute sich von Westen, von der Wasenbrücke an, ein Delta vor (Abb. 4). Es wurde von einem "Traun-Fluss" als Abfluss der schmelzenden Eismassen im Becken von Bad Aussee aufgeschüttet, da das Koppental durch den Hallstätter Gletscher noch blockiert war. Erst als dieser Weg frei wurde, bildete sich das heutige Gerinne der Kainischtraun. Die Deltaterrasse wurde zerschnitten und der See von Kainisch verschwand. Damit wurde der Abfluss der Kainischtraun aus dem Seebecken sozusagen als "jüngster der drei Quellflüsse der Traun" hergestellt.



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 5



Abb. 5

Nach unserem heutigen Wissen endete die maximale Ausdehnung der Eisströme auch im Trauntal vor rund 19 500 Jahren mit einem raschen und weitgehenden Abschmelzen. Am Ende dieser Entwicklung wurden zuerst das Becken von Bad Mitterndorf und danach das Becken von Bad Aussee eisfrei. In dieser Phase gab es noch die Seen von Rödschitz und Kainisch (s. Tafel 14).

In den liegenden Schluffen des Moores von Rödschitz fanden sich spärliche organische Reste, die eine Datierung ermöglichten. Das bedeutet, dass die Traun um rund 18 500 Jahren vor heute – also nur knapp 1000 Jahre nach dem Gletscherhochstand – in der kurzen Episode zur Enns hin abfloss (s. Tafel 14).

Zeittafel

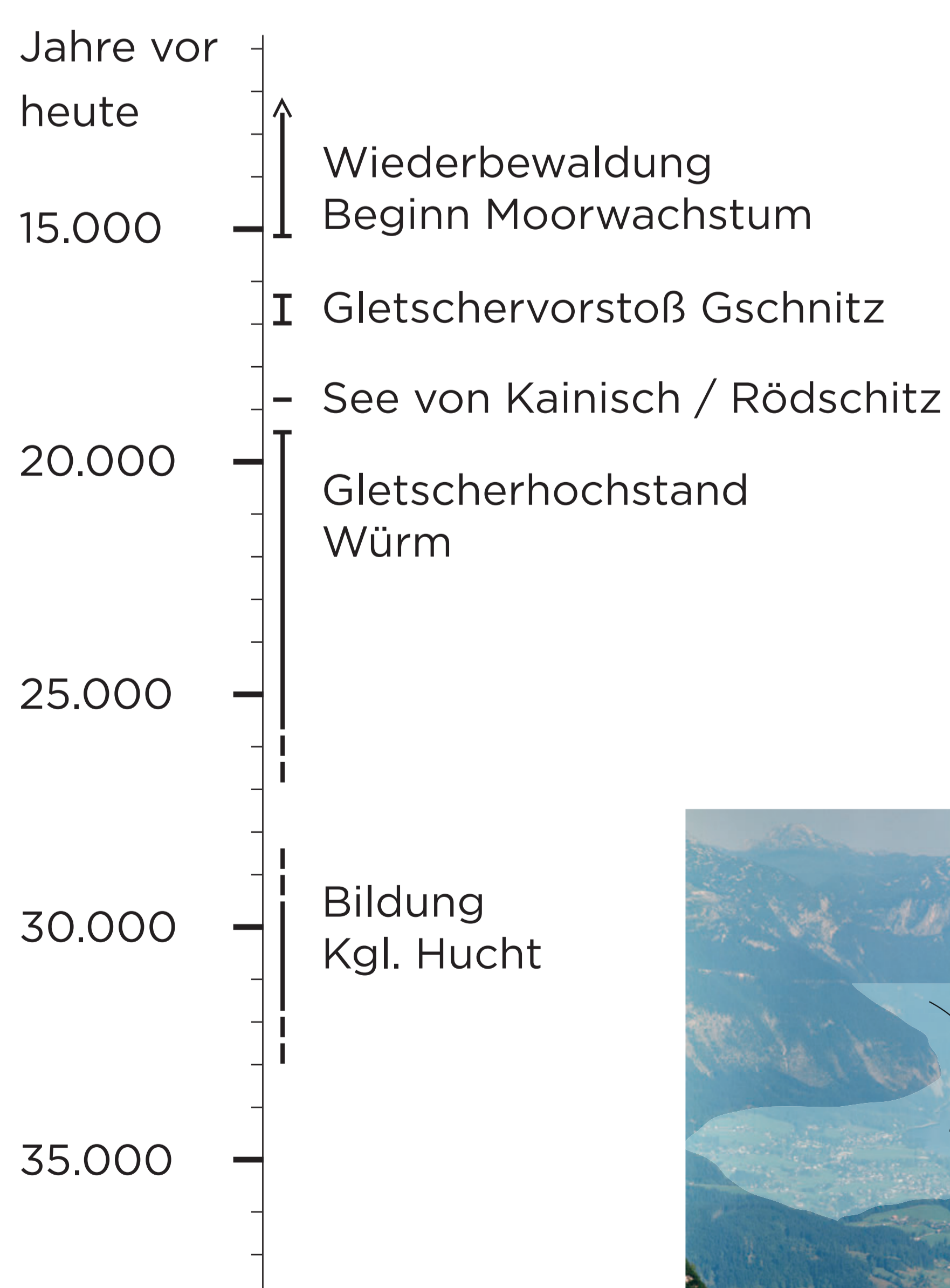


Abb. 1

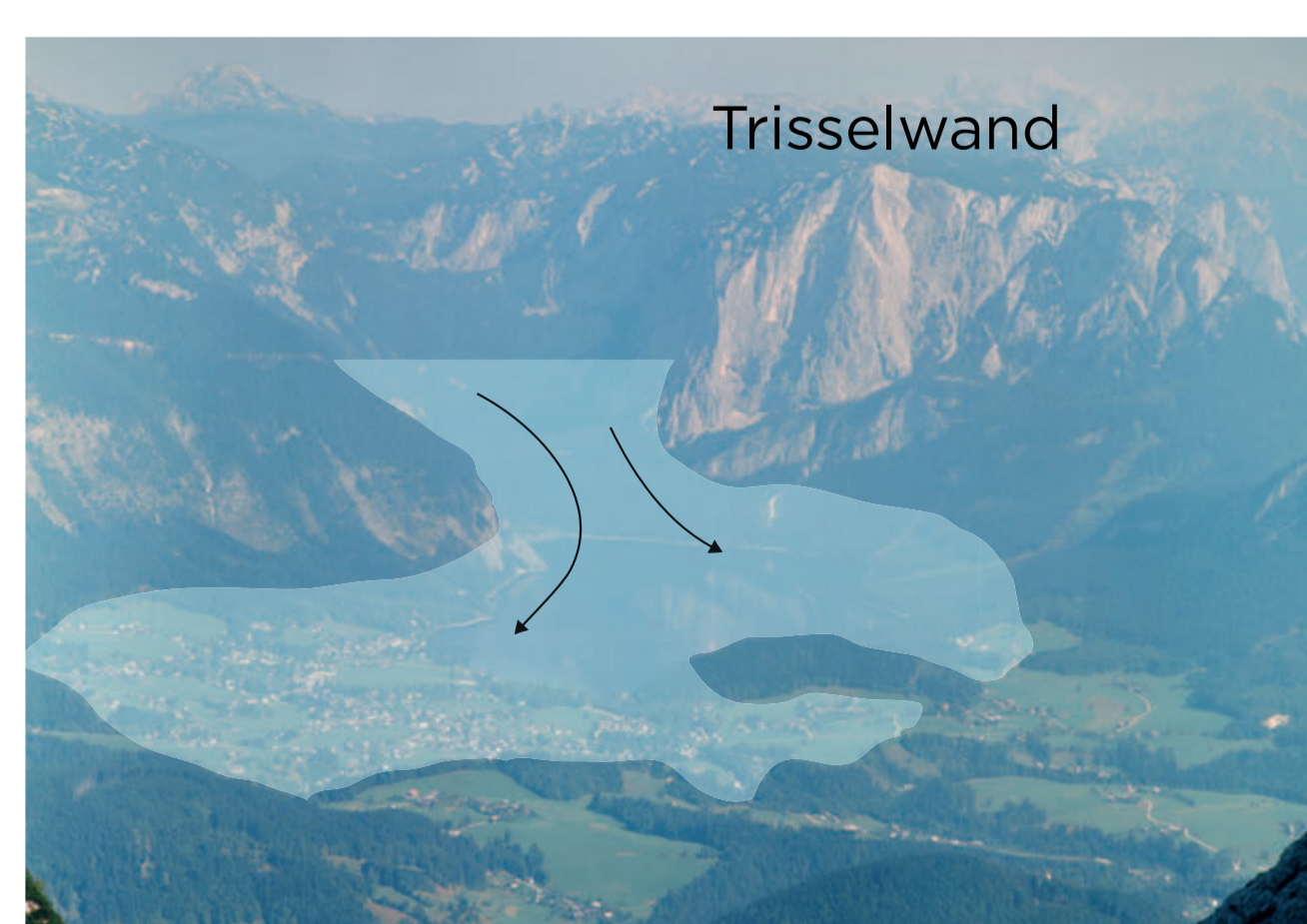


Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4

Der Gletschervorstoß im Gschnitz

Rund 1 500 Jahre später kam es zu einem nochmaligen markanten Klimarückschlag, der ab rund 17 000 Jahre vor heute die Gletscher für ca. 500 Jahre vom Toten Gebirgs- und Dachsteinplateau letztmals vorstoßen ließ. Sie bildeten unterhalb der Plateaus stabile Zungen in den Becken des Altausseer-, Grundl- und Ödensees (Abb. 2, 3 und 4) sowie auch im Becken des Hallstätter Sees. Dieser Gletschervorstoß wird als Gschnitz bezeichnet.

In dieser Periode wurde der Abfluss der Traun aus dem Ausseerland durch den Hallstätter Gletscher am Ausgang des Koppentales nicht mehr blockiert. Der Abfluss erfolgte wohl unter dem Eis der Gletscherzunge.

Mit dem Verschwinden dieser Gletscherzungen wurden die Plateaus des Toten Gebirges und östlichen Dachsteins endgültig eisfrei.

Die Vegetationsentwicklung

Nach dem Abschmelzen der Eismassen kam auch eine erste Pioniervegetation (Gräser und Kräuter) auf, die bis ca. 15 000 Jahre vor heute Bestand hatte. Dann, mit besserem Klima und fortschreitender Bodenbildung, besiedelten auch Gehölzpflanzen (primär Latschenkiefer) die kargen Böden und die Moore um den Ödensee und in Rödschitz begannen zu wachsen (Abb. 5).

16 | BERGE IN BEWEGUNG ALS ERBE DER GLETSCHER



Abb. 1

Wenn 1 000 m Eis in wenigen hundert Jahren abschmelzen (s. Tafel 14 und 15), ändern sich die Stabilitätsverhältnisse der Hänge. Einerseits fehlt die stützende Wirkung des Eises, andererseits sind durch Eiserosion neue, steilere Böschungen entstanden. Bei passenden geologischen Verhältnissen blieben die Böschungen in vielen Fällen stabil.

Instabil

wurden aber Bereiche, in denen mächtige Kalke über Haselgebirge liegen (s. Tafel 9, Abb. 2). In diesem Fall reagiert das tonig-schluffige, salzhaltige Gestein unter der Auflast plastisch, besonders wenn durch zutretendes Wasser das Salz aus dem Haselgebirge ausgelaugt und der Rest aufgeweicht ist (Abb. 1). Eine derartige Situation ist an der Westflanke des Röthelsteins gegeben. Das darunter liegende Blockwerk größerer Felsstürze deutet darauf hin, dass die Bewegungen früher stärker waren (Abb. 2).

Im Bereich des Sandlings (Abb. 3) wird die deckende Platte aus Kalken von einem mächtigen Körper aus Haselgebirge unterlagert, in dem auch der Salzbergbau umgeht (s. Tafel 9, Abb. 2). Die durch das Haselgebirge ausgelöste Instabilität hatte die Zerlegung der Platte zur Folge. Die jüngsten Bewegungen führten 1920 zum Zusammenbruch der Felsmassen an der Westflanke beim „Pulverhörndl“ und zur Mure im Michlhallbach. Auch die auffällige Loslösung des Felskörpers „Usinni Kira“ (Abb. 4) und die Auflösung des „Brochan Kogel“ (Abb. 5) ist auf das unterlagernde plastische Haselgebirge zurückzuführen. Der auffällige Streifen jungen hellen Schutts beim „Schaffleck“ deutet hingegen auf großflächigere Bewegungen hin (Abb. 3).

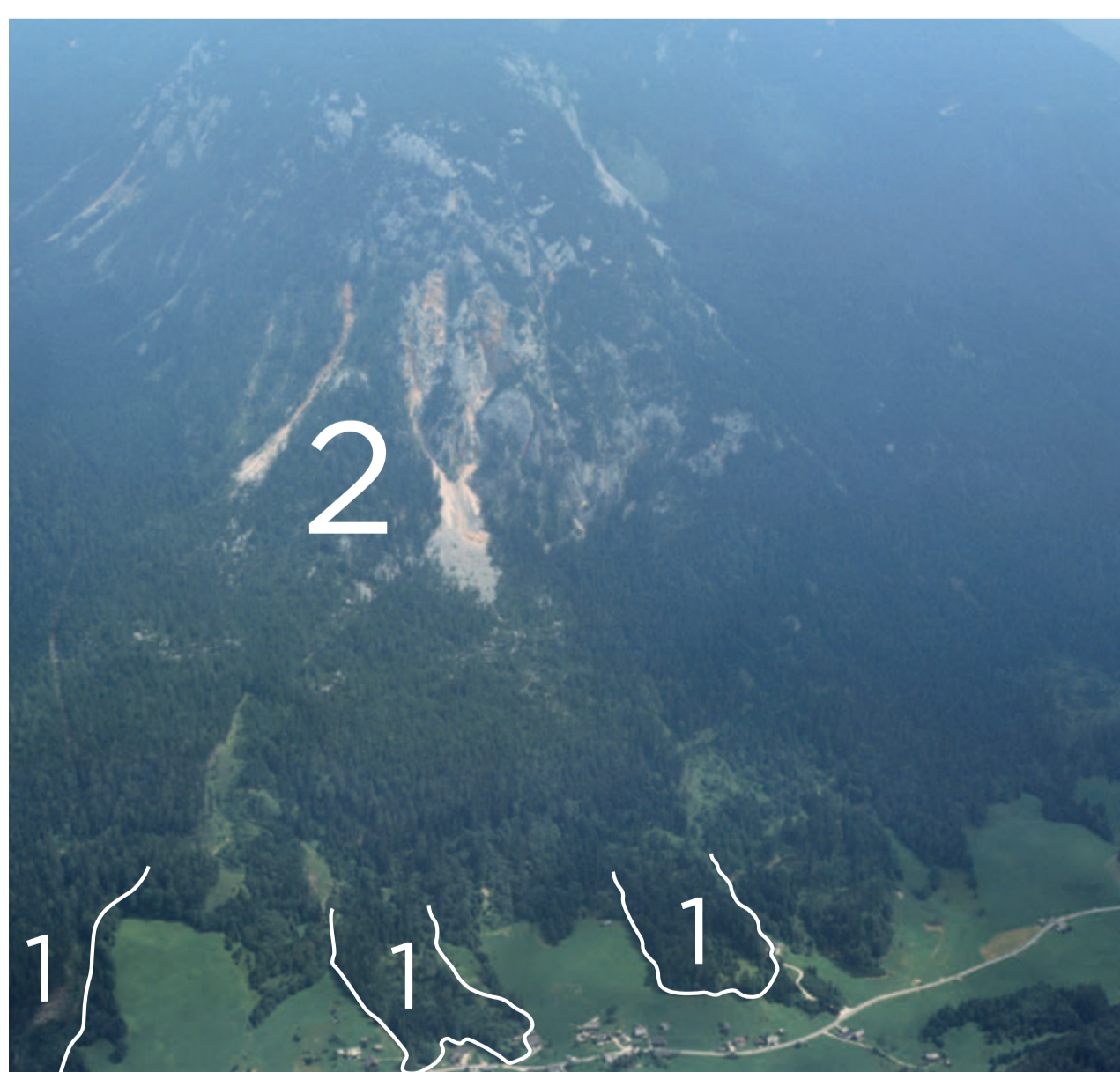


Abb. 2

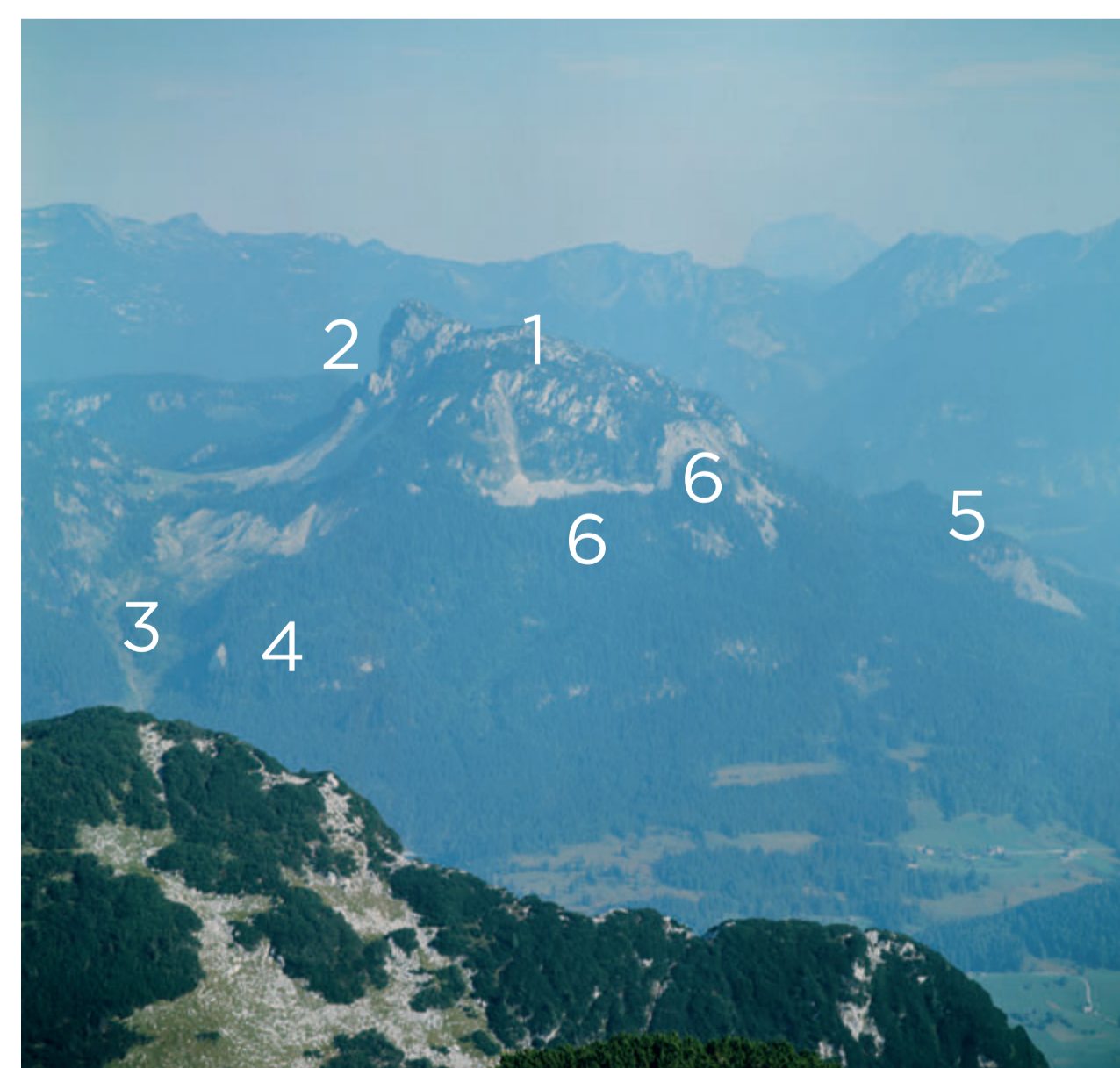


Abb. 3

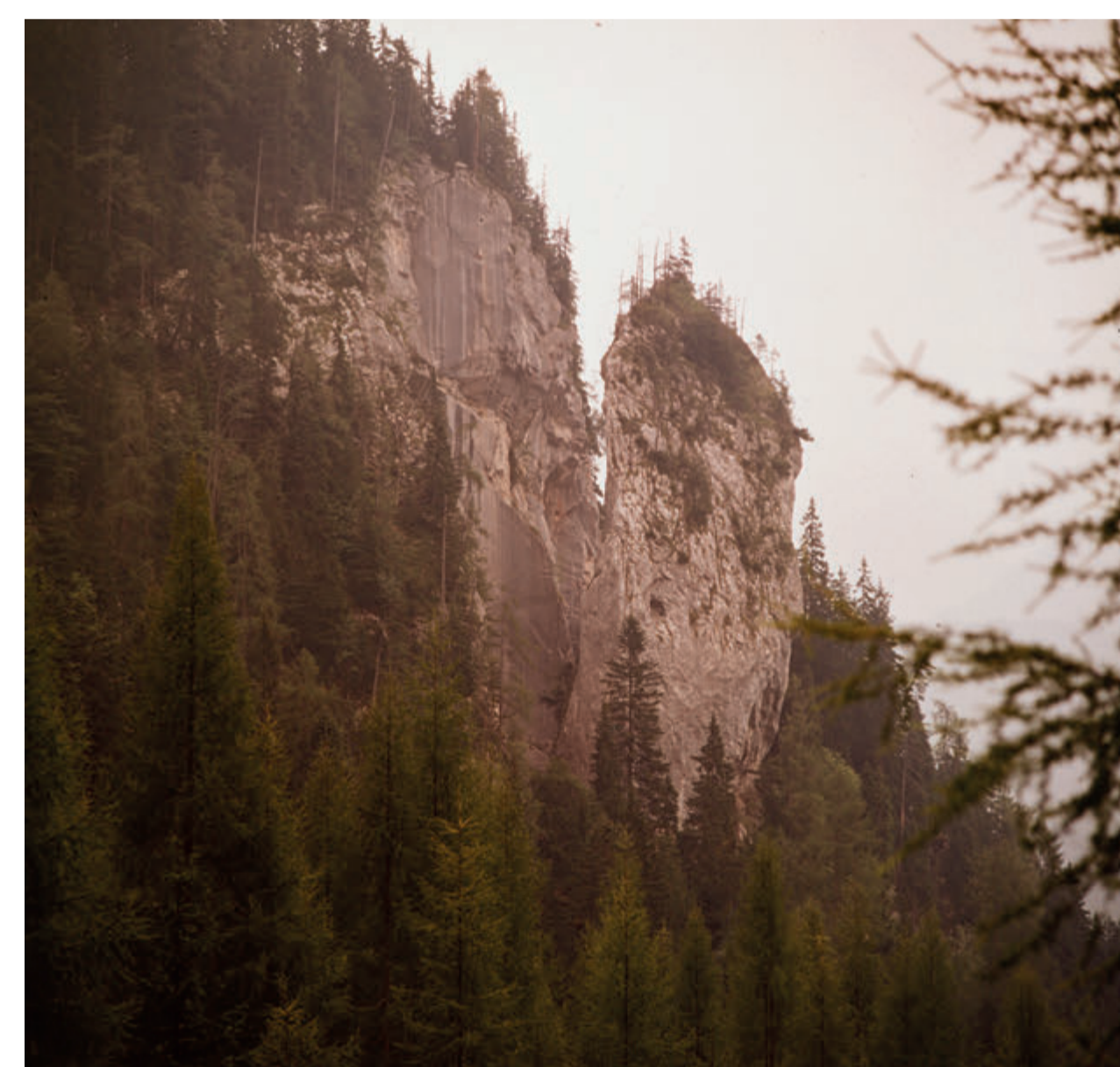


Abb. 4



Abb. 5