

Zur Geschichte des Bodensees

Von Prof. Dr. Georg Wagner, Tübingen

Kein deutscher See ist so groß und soviel besucht wie unser Bodensee. Man sucht dort Erholung, freut sich seiner Schönheit, des Farbenspiels seiner Wasserfläche; aber nur wenige treten in ein persönliches Verhältnis zu ihm, sehen in ihm etwas Gewordenes und sich Wandelndes, erkennen, daß auch er eine Geschichte hat, die nur in anderem Zeitmaße verläuft als die der Menschen. Und doch ist das Menschengeschlecht sein Zeitgenosse gewesen, hat sein ganzes Werden miterlebt, allerdings ohne es zu überliefern. Es ist daher eine reizvolle Aufgabe für den Geologen, die Sprache der Steine und der Formen der Landschaft zu deuten, aus zuverlässigen Beobachtungen mit klaren Schlüssen und durch Kritik gezügelter Phantasie seinen Werdegang zu erfassen.

Erschwert wurde diese Aufgabe dadurch, daß wiederholt verschiedene Kräfte am Werke waren, Wasser, Eis und Tektonik, und daß deren Anteil schwer abzugrenzen ist. Die Forschung wurde von allen 5 Staaten, die an ihm Anteil haben, betrieben, so daß die Zusammenschau oft fehlte. Dann glaubte man, den Bodensee für sich allein betrachten zu können, während er doch nur im Rahmen aller Seen am Alpenrande verstanden werden kann.

Beginnen wir mit dem, was wir heute beobachten können. Der Bodensee ist mit 540 km² Fläche und 48,4 km³ Wasser der größte deutsche See. Sein durchschnittlicher Abfluß beträgt 300 m³/s; in 5—6 Jahren könnte er daher von seinen Zuflüssen gefüllt werden. Er ist ein riesiges Ausgleichsbecken, das die Hochwässer der Zuflüsse auffängt (bis 3000 m³/s) und das Niederwasser nicht so stark absinken läßt. So kommt es zu Jahresschwankungen von etwa 2 m, die bis 4 m steigen können. Der niedrigste Stand ist im März, weil da der größte Teil der Winterniederschläge noch in den Alpen als Schnee gespeichert ist. Ende Juli erreicht er seinen Höchststand. Im August kann man oft von Tag zu Tag sein Absinken beobachten; immer mehr Strand wird freigelegt. Man nimmt an, daß zur Zeit der sogenannten „Pfahlbauten“ (nach PARET nur Moorbauten) sein Spiegel wesentlich tiefer lag als heute.

Wir können aber auch bleibende Veränderungen am Bodensee beobachten, die wir miterleben. Blicken wir vom Gebhardsberg oder gar vom Pfänder auf das obere Ende des Bodensees herab (Tafel 1), so erkennen wir unmittelbar unter uns die Mündung der Bregenzer Ach, die aus dem Bregenzer Wald ungewöhnlich viel Schutt mitbringt und ihn im Bodensee ablädt. Sie hat so in den See ein halbkreisförmiges Delta vorgebaut, das früher jedes Jahr um 2,5 m vorrückte, bis die Kiesbaggerei einsetzte. Auf der anderen Seite des Alpentors finden wir den unscheinbaren Alten Rhein, der bis 1900

den Weg über St. Margrethen—Rheineck—Altenrhein wählte und dort die Rheinspitz 2 km weit in den See vorbaute. Auffälliger ist die schmale, weit vorspringende Rohrspitz, in der wir mit Recht ein altes Rheindelta vermuten. Und auf der Karte (Abb. 1 und 2) erkennen wir noch die alten Rinnen anderer Rheinmündungen zwischen beiden. Heute aber mündet der Rhein in die Fußacher Bucht, in die er in 62 Jahren sein heutiges Delta weit vorgeschoben hat. Dem Rhein war nämlich der Weg zum See zu weit geworden, so daß er sich selber immer wieder neue, kürzere Wege suchte. Außerdem hatte er immer wieder seine Uferdämme durchbrochen und weite Flächen des Rheintals überschwemmt, manchmal bis 1,8 m Sand und Schlamm auf den sumpfigen Wiesen abgeladen. Jahrelange Verhandlungen zwischen der Schweiz und Österreich zur Behebung der „Rheinnot“ führten endlich zum Fußacher Durchstich, der den 12,4 km langen Weg zur Rheinspitz auf 4,9 km zur Fußacher Bucht abkürzte. Nun konnte er sein Bett wieder vertiefen, seinen ganzen Schutt im Bodensee abladen und ein neues Delta in die Fußacher Bucht vorbauen. Man konnte sogar seine Leistung ziemlich genau

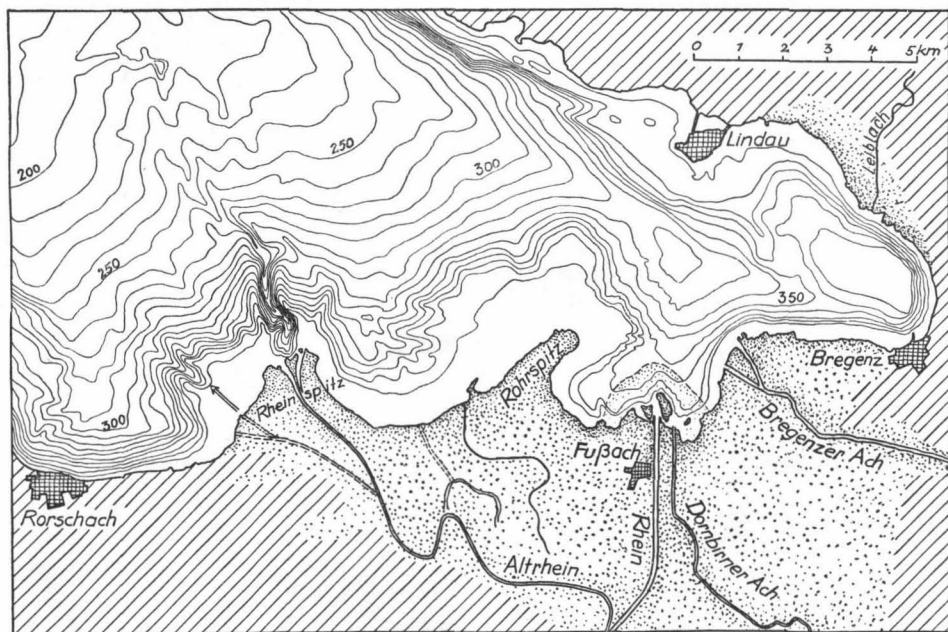


Abb. 1 Ostende des Bodensees. Mündungen von Rhein, Bregenzer Ach und Leiblach; ihre Aufschüttungen sind punktiert. Schraffiert = höher gelegenes Glazial und Tertiär. Begrenzung des Bodensees und Tiefenkurven im See nach dem Stande von 1921. Man erkennt an letzteren deutlich den unterseeischen Vorbau der älteren Rheinmündung an der Rohrspitz und den bescheideneren der letzten Rheinmündung an der Rheinspitz. An dieser lassen die Kurven noch zwei unterseeische „Rinnen“, je von zwei Aufschüttungswällen begrenzt, erkennen, von denen die ältere (vor dem Pfeil) schon stark verwischt ist, während die vor 1900 noch deutlich weit in den See hinausführt und erst in etwa 200 m NN ausklingt. Gestrichelt = verlassene Rheinmündungen. Der Durchbruch am Eselsschwanz zwischen Rheinspitz und Rohrspitz wurde rasch abgedämmt; dafür wurde der Rheindurchstich zur Fußacher Bucht 1900 vollendet. Vor ihm die bis 1921 aufgeschütteten Inseln. Punktiert und gestrichelt umrandet ist die Grenzlinie der bis 1957 vorgebauten Inseln (vergleiche Tafel 1). Bei der Bregenzer Ach ist der linke Mündungsarm erst nach 1921 angelegt worden.

fassen. Denn man hatte vorher von der Bucht genaue Tiefenkarten hergestellt und errechnete bei den Neuaufnahmen von 1900—1911 eine Aufschüttung von 7 Mio m³, von 1911—1921 sogar von 28 Mio m³, also im Jahr von 2,8 Mio m³. Man sah schon

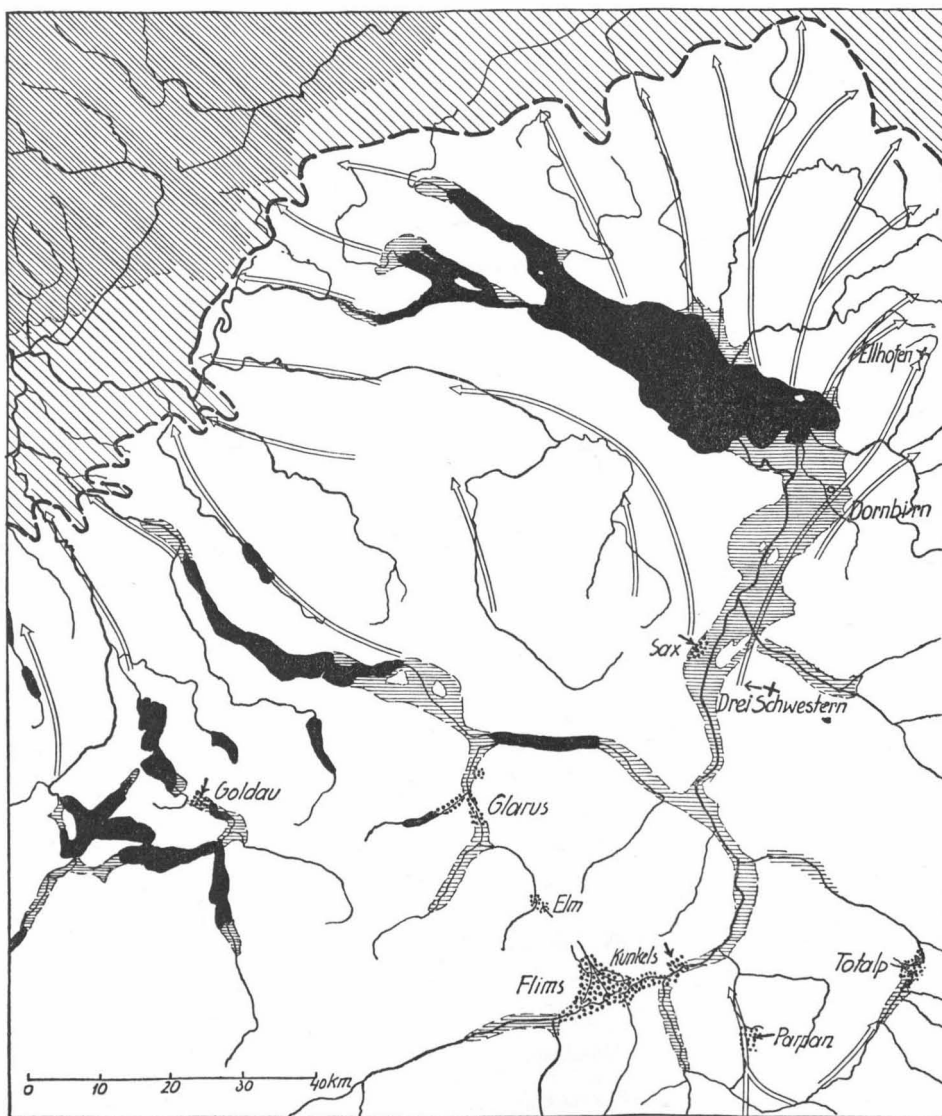


Abb. 2 Seen im Gebiet des Alpenrheins und der Ostschweiz. Schwarz = heutige Seeflächen. Waagrecht schraffiert = postglazial verlandete Seen. Punktiert = Bergstürze, Pfeile = Sturz-
bahn derselben; sie führten z. T. zur Bildung von Bergsturzseen (Glarus, Flims, Totalpe). Boden-
see, Walensee und Züricher See hängen postglazial als Rheinsee zusammen. Eng schräg schraffiert
= nicht vereistes Gebiet; weit schräg schraffiert = während der letzten Eiszeit zusätzlich eisfrei.
Die Pfeile mit Doppellinie geben die Hauptstromlinien des Rheingletschers während der letzten
Eiszeit. Der Weg des Bergsturzes von den Dreischwestern (vgl. Abb. 3 und 5) auf den Rhein-
gletscher nach Ellhofen (Kreuz) ist gekennzeichnet. Ring bei Dornbirn = Tiefbohrung der
Preußag.

im Geiste nicht nur die Fußacher Bucht zuwachsen, sondern die ganze Bregenzer Bucht und den Rhein bei Lindau münden. Ja, man „berechnete“ sogar, daß der ganze Bodensee in 12 000 Jahren zugefüllt würde, und einer schrieb es gutgläubig vom andern ab, ohne sich etwas dabei zu denken oder gar nachzuprüfen. Wohl ergeben die $48,4 \text{ km}^3$ Rauminhalt des Bodensees bei $2,8 \text{ Mio m}^3$ jährlicher Zuschüttung etwa 17 000 Jahre, und berücksichtigt man noch die übrigen Mitarbeiter, besonders die Bregenzer Ach, so würden 12 000 Jahre Lebensdauer schon stimmen. Trotzdem ist das ganze doch eine typische „Milchmädchenrechnung“. Denn die Laufverkürzung um 60% (7,5 km) hatte das Gefälle so stark erhöht, daß es zu dieser großen Leistung kam. Der Schutt stammte zum großen Teil aus dem sich eintiefenden Rheinbett, das in dieser Zeit etwa 2 m tiefer gelegt wurde. An der alten Mündung an der Rheinspitz hatte der Rhein zuletzt jährlich nur noch $48 000 \text{ m}^3$ gebracht. Damals war die Hauptmasse des anfallenden Schuttes im Rheintal oberhalb des Sees abgesetzt worden, das daher langsam in die Höhe wuchs. Je weiter sich die Mündung in den See vorschob, desto mehr mußte talauf abgeladen werden. Und bis die Rheinmündung Konstanz erreicht hätte, wäre Bregenz mindestens unter 20 m Schutt begraben worden, und bei Sargans hätte der Rhein den Weg nach Zürich gefunden! Die Schwaben brauchen sich also um ihr „Schwäbisches Meer“ nicht zu ängstigen; „es hebt noch“ einige 100 000 Jahre! Die Aufschüttung hat sich jetzt etwas verlangsamt, weil Baggerschiffe am Rheindelta bequem Kies holen können*).

Wenden wir aber nun unsere Gedanken rückwärts: Der Bodensee muß früher weiter nach Süden gereicht haben! Der große Schweizer Geologe ALBERT HEIM nahm sogar an, daß der heute nur noch 70 km lange Bodensee sich früher als „Rheinsee“ bis nach Reichenau, zur Mündung des Hinterrheins, also 90 km weiter, erstreckt habe und daß Walensee und Züricher See mit ihm zusammenhingen. So kämen wir auf etwa $1 200 \text{ km}^2$ Fläche des Rheinsees, von der etwa die Hälfte zugeschüttet ist. Leider fehlten bisher dafür die letzten Beweise durch Bohrungen. Geophysikalisch hatte man 15 km südlich des Bodensees eine Aufschüttung von 400 m gefunden. Eine Bohrung nördlich Dornbirn**) ergab 336 m quartäre Aufschüttungen über der tertiären Molasse, also bis 77 m NN. Es waren vorwiegend Tone und Sande, z. T. Bändertone. Pollenfunde erlaubten die Einreihung. Dr. W. KLAUS reihte die Funde von 260 m NN ins Boreal (Kiefer-Hasel-Eichenmischwaldzeit, 6000 v. Chr.) ein, bei 160 m NN in die Jüngere Kieferzeit (7000 v. Chr.), bei 101 m NN in die Jüngere Dryas- oder Tundrenzeit (geringe Pollendichte, 74% Kiefer, 26% Birke, 8000 v. Chr.). Vor 10 000 Jahren hatte somit der Rheinsee dort eine Tiefe von rund 300 m. Wir dürfen sogar annehmen, daß weiter ab vom Talrande der Meeresspiegel erreicht wurde.

*) Die bisher bekannten Werte haben sich als etwas zu niedrig erwiesen. Denn das Ablagerungsgebiet im Bodensee ist erheblich größer, als man bisher angenommen hatte. Vor allem Sand und Schlamm wandern weiter in den See hinaus. So nimmt H. JÄCKLI (Gegenwartige Geologie des bündnerischen Rheingebiets, Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geoteknische Serie L. 36, Bern 1957) eine jährliche Lieferung von $3 650 000 \text{ m}^3$ für Rhein und Bregenzer Ach an, einen Abtrag ihres Einzugsgebiets um $0,52 \text{ mm}$ im Jahr. Im Kubikmeter Rheinwasser sind 562 g Kies, Sand, Schlamm; dazu kommen noch 100 g Gelöstes, das allerdings nicht hier zum Absatz kommt. Der Rheinlauf verlängert sich jährlich um 27 m, die Deltafläche nimmt trotz Baggerei jährlich um $2,1 \text{ ha}$ zu. Die Zufüllung der Fußacher Bucht ergibt sich sowohl aus Karte 1 wie aus dem Vergleich der Aufnahmen von 1926 (Tafel 2) und 1958 (Tafel 1). Mit dem Vorrücken über die flache Fußacher Bucht hinaus wird der Flächenzuwachs sich rasch verlangsamen. An der voraussichtlichen Lebensdauer des Bodensees ändert sich auch durch die neuen Untersuchungen kaum etwas.

**) Der Preußag, welche die Bohrung ausgeführt hat, danke ich herzlich für die Überlassung der folgenden Ergebnisse.

Die Zufüllung des Bodensees von Oberschwaben her ist dagegen bescheidener. Am meisten leistete die Argen, die früher ihr Delta jährlich 2 m vorbaute. Leiblach und Schussen liefern weniger. Dagegen sieht man am Untersee bei Radolfzell die Singener Aach und am Überlinger See die Stockacher Aach sich vorbauen; und wenn man von den Randhöhen des Sees diese Deltas besser überblicken kann, dann erkennt man auch die früher größere Ausdehnung des Bodensees, so in der anschließenden versumpften Ebene, die 4 km weit bis Wahlwies reicht (Abb. 2 und Tafel 2b).

Wir dürfen aber den Bodensee nicht für sich allein betrachten, sondern müssen die übrigen Alpenseen zum Vergleich heranziehen. So sehen wir am Genfer See Port Valais, den römischen Hafen, heute 2 km vom See entfernt, und die junge Aufschüttungsebene reicht 20 km talauf bis St. Maurice. Der Vierwaldstätter See endete erst bei Altdorf (5 km), der Briener See bei Meiringen (9 km), der Lago Maggiore bei Bellinzona (12 km), der Comer See bei Chiavenna (18 km)!

Die Flüsse beteiligen sich somit kräftig an der Auffüllung der Seen; haben sie nun nicht auch an ihrer Ausräumung mitgearbeitet? Der Bodensee hat heute eine Tiefe von 252 m (143 m NN); so tief schneidet sich der Rhein erst kurz vor Straßburg ein. Wir sahen aber, daß der Rheinsee oberhalb des heutigen Bodensees wohl bis auf den Meeresspiegel hinabreichte. Das rinnende Wasser kann aber in der Regel nur wenig tiefer ausräumen, als der Ausfluß liegt, und zwar an Engpässen, wo es zu starker Wirbelbildung kommt. So ist der Rhein an der Loreley 30 m tief, ebenso die Donau in der Weltenburger Enge, und im Eisernen Tor erreichen die Kolklöcher gar 95 m Tiefe. Flußausräumung kommt aber bei der Übertiefung des Bodensees nicht mehr in Frage, auch deshalb nicht, weil die Sohle des Gardasees sogar bei —177 m, des Comersees bei —212 m liegt.

Deshalb zog man Tektonik zur Erklärung der tiefen Wannen heran und wählte dazu das Beispiel des Ostafrikanischen Grabens. Der Tanganjikasee ist 1435 m tief (bis —653 m NN!), und das Tote Meer erreicht gar —793 m NN. Dazu kommen noch die hoch aufsteigenden Wände des Grabens! Aber alle Seen fügen sich dort gut in den nachgewiesenen, sehr tiefen Grabenbruch ein. Beim Bodensee haben wir zwar den wohlbekannten Bonndorfer Graben, zu dem der Überlinger See gut paßt, aber nicht der ganze See. Vor allem aber reicht die Sprunghöhe des Grabens in keiner Weise aus; der Graben ist zudem weit älter als der Bodensee und wurde durch die Juranagelfluh und die oberste Süßwassermolasse völlig zugefüllt. Zu Beginn des Diluviums, ja schon im Pliozän, zog eine schiefe Aufschüttungsebene über ihn hinweg von den Alpen bis zur Alb, auf welcher Alpenflüsse der Donau zufließen konnten. So könnte es sich höchstens um kleine diluviale Nachsenkungen handeln, die aber nie das große Loch erklären können. Und die zahlreichen Brüche, die man früher angenommen hatte, haben sich leider als Irrtum erwiesen. Unsere Erdölgeologen fanden trotz genauester Kartierung, geophysikalischer Untersuchung und zahlreicher Bohrungen leider sehr wenig „Strukturen“, die zu „Erdölfällen“ hätten werden können. Bei allen anderen Seen des Alpenrandes hat noch niemand eine bruchtektonische Anlage behauptet, weil sie nirgends bewiesen werden konnte.

Nun wissen wir aber, daß im ganzen Tertiär das Alpenvorland abgesunken ist, eine große Vorsenke vorhanden war. Und die Tiefbohrungen haben ein starkes Abtauchen der Weißjurafläche ergeben. Man fand sie bei Heimertingen bei rund — 1000 m NN, bei Markdorf bei — 1235 m, bei Ettenkirch bei — 1495 m, bei Tettnang bei — 2151 m, bei Opfenbach gar bei — 3017 m NN, während der Jura in der Canisfluh wieder über 2000 m NN erreicht. Aber diese gewaltige Mulde ist während des Absinkens wieder aufgefüllt worden, war am Ende des Tertiärs nicht mehr an der Oberfläche erkennbar. Und im Diluvium ließ sich ein Einsinken am Alpenrand nicht nachweisen.

Nun haben wir aber im Alpenvorland bzw. am Alpenrand nicht nur die zahlreichen Seen, sondern noch große anschließende Becken, die in die langsam zur Donau sich senkende „Schwäbisch-Bayerische Hochebene“ eingetieft sind. So ist das Bodenseebecken fast 10mal größer als der Bodensee; das des Inn hat etwa 1600 km², das der Salzach 1000 km². Berechnen wir, was aus dem Bodenseebecken insgesamt ausgeräumt wurde, so kommen wir auf über 1000 km³, über 20mal soviel als das wassergefüllte See-

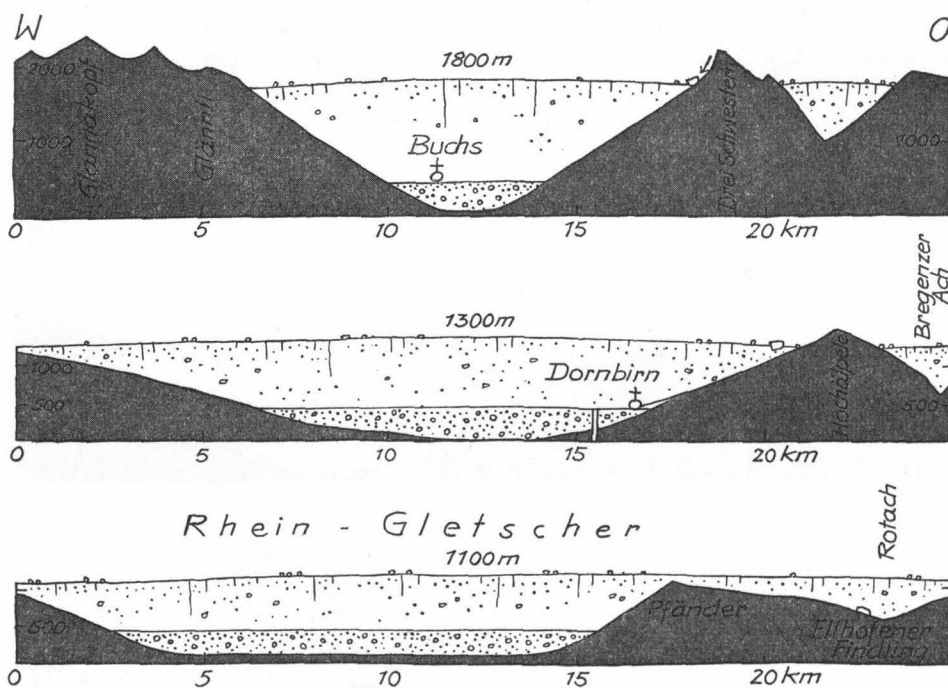


Abb. 3—5 Drei Schnitte durch den Rheingletscher (doppelt überhöht). Oben etwa 30 km südlich des Bodensees (Abb. 3), in der Mitte 10 km südlich des Sees bei Dornbirn (Abb. 4), unten am Alpentor beim Pfänder (Abb. 5). Getönt = anstehendes Gebirge. Hell mit Punkten und Ringen = Eis des Rheingletschers; die spätere Aufschüttung ist stärker herausgehoben. Weg des Bergsturzes von den Dreischwestern (Abb. 2 und 3) auf dem Rheingletscher am Hochälpele vorbei (Abb. 4) ins Rotachtal bei Ellhofen (Abb. 2 und 5). Die Oberkante des Rheingletschers senkt sich nach Norden, auch mit zunehmendem Querschnitt. Die starke Ausbreitung nördlich des Alpentors von 18 km auf über 100 km Breite bedingt dort ein rasches Absinken (Abb. 7, 10 und 11), auch verursacht durch stärkere Abschmelzung (Eintritt ins Zehrgebiet). Auch die deshalb langsamere Bewegung führt dann zu geringerer Ausräumung und dann zu zunehmender Aufschüttung (Abb. 7, 10 und 11).

becken hat. Hier brauchen wir einen anderen Gestalter als Flüsse und Tektonik. Es ist das Eis der Eiszeit, Gletscherarbeit! Daß die Gletscher Talübertiefungen und Seebecken geschaffen haben, ist allgemein anerkannt. Die früher eiserfüllten Fjorde Norwegens erreichen ja bis 1200 m Tiefe, während ihr Ausgang nur 120 m tief ist. Bei den kleinen Kargletschern unserer Gebirge können wir z. T. zwingend beweisen, daß keine Tektonik im Spiele ist, besonders wo der Fels freigelegt ist. Der Feldsee erreicht 32 m Tiefe, der Weiße See in den Vogesen 62 m, der Lac Bleu in den Pyrenäen gar 120 m! Dabei handelte es sich hier nur um kleine, wenig mächtige Gletscher. Wie ganz anders bei den gewaltigen Eismassen, die aus den Alpentoren herausquollen!

Ehe wir aber an das Bodenseebecken herangehen, wollen wir zuerst das ganze Gebiet überblicken. Wo ein größerer Fluß aus den Alpen austritt, einerlei ob ins nördliche Alpenvorland oder in die Poebene, haben wir ein größeres Becken in die schiefe Abdachung eingefügt; häufig zieht es sich noch in das Alpentor hinein, und vielfach ist noch der See erhalten. Am Südrand der Alpen, wo das Eis rascher abschmolz, sind die Becken mehr auf das Gebirge, d. h. das Alpentor, beschränkt. Nur der Gardasee reicht noch 7 km ins Vorland, seine Moränen aber 20 km. Dafür sind diese Seen besonders stark ausgetieft, einige bis unter den Meeresspiegel. Auf der Nordseite der Alpen, wo das Eis langsamer abschmolz, greifen dagegen die Gletscher viel weiter aus, der Rheingletscher bis 100 km vor das Alpentor; die Seen liegen heute z. T. ganz im Vorland, sind aber weniger tief, manche sogar schon verschwunden (Rosenheimer See 310 km²,

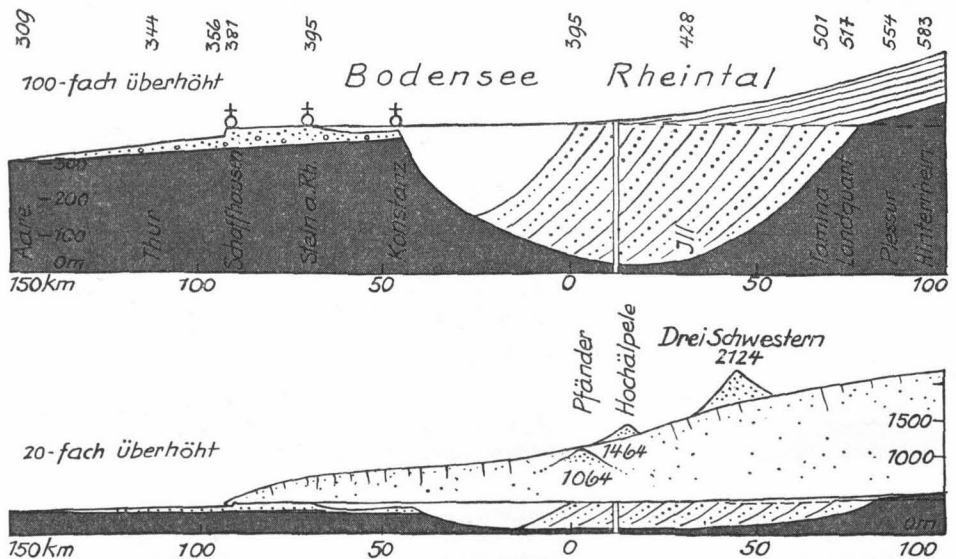


Abb. 6, 7 Zwei Schnitte vom Alpenrhein zum Hochrhein (oben 100fach, unten 20fach überhöht). Unten Rheingletscher im Höhepunkt der letzten Eiszeit (Würm), bei Schaffhausen endend. Getönt = anstehendes Gebirge. Punktiert = Auffüllung, sowohl glaziale eines interglazialen Rheintals zwischen Konstanz und Schaffhausen wie auch postglaziale des Rheinsees oberhalb des heutigen Bodensees. Das stark überhöhte Profil zeigt das starke Einfallen der Deltaschichtung im See wie das flachere durch den langsamen Höherbau der Aufschüttungsfläche durch den Rhein (entsprechend seinem geringen Gefälle). Der bei Schaffhausen am Rheinflall anstehende Weißjura ist nicht eingezeichnet, weil der Schnitt dem alten interglazialen Rheintal folgt.

Oberstdorfer See, Salzachsee). Immerhin übersteigt der Unterschied zwischen Beckenrand (Endmoränen) und Beckentief beim Bodensee noch 500 m. Je größer der heutige Fluß, je größer der frühere Gletscher, desto größer das Zungenbecken, desto größer und tiefer der See. Der Rheingletscher mit 7700 km² alpinem Einzugsgebiet (ohne Walenseearm) und der Rhonegletscher mit 7060 km² hatten das ausgedehnteste Vorlandeis, erzeugten die größten Seen. Der Zusammenhang zwischen Becken- bzw. Seengröße und Gletschergröße ist so augenfällig, daß wir Glazialerosion als Hauptursache der Beckenbildung annehmen müssen.

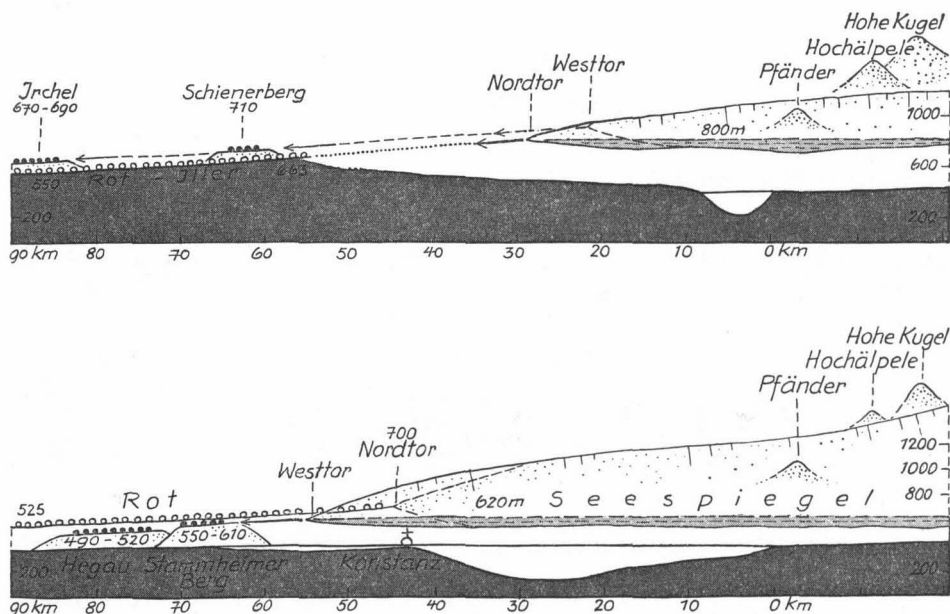


Abb. 8, 9 Zwei Schnitte durch den Rheingletscher und seine Schotterfelder (17fach überhöht). Oben (Abb. 8) zur Zeit der Alten Deckenschotter (Günz), unten (Abb. 9) zur Zeit der Jüngeren Deckenschotter (PENCK). Die zum Rhein führenden Schotterfelder sind durch ausgefüllte Kreise, die zur Donau führenden durch Ringe gekennzeichnet. Die Alten Deckenschotter (Abb. 8) steigen zu beiden Seiten der Rot (und Iller) von 550 auf 663 m NN an; ihre Verlängerung bis zum Gletschertor (etwa 30 km vom Alpentor entfernt) führt auf eine Höhe von etwa 800 m NN, die vermutliche Spiegelhöhe eines ersten kurzlebigen Bodensees unmittelbar nach dem Ende der Günzzeit. Die zum Rhein führenden Schotterfelder haben am Irchel 625–670 m als Auflagerungsfläche, von 654–690 m NN als Oberfläche des Sanders, auf dem Schienerberg 700–710 m. Beide führen daher zu wesentlich höheren Gletschertoren. Diese Westtore wurden daher beim ersten Gletscherrückzug sofort ausgeschaltet zugunsten des tieferen Nordtores

Das untere Bild (9) zeigt die Verhältnisse zur Zeit der Jüngeren Deckenschotter (Mindel), die von 525 m an der Rot gegen 700 m nahe dem Gletschertor ansteigen. Das Nordtor lag also bei etwa 700 m NN. Die Schotterfelder am Hochrhein dagegen liegen am Stammheimer Berg mit 600–620 m NN tiefer und dem Gletschertor sehr nahe, eine Folge des Heranrückens des Nordseerheins. Beim ersten Gletscherrückzug wurden daher die Nordtore sofort ausgeschaltet; das Westtor bestimmte die Spiegelhöhe des zweiten, auch kurzlebigen Bodensees mit etwa 620 m NN. Die etwas tieferen jüngeren Schotterfelder im Hegau (500–520 m) zeigen noch stärkere Ausräumung, die im folgenden Großen Interglazial zur Eintiefung bei Konstanz bis 350 m NN führte. Damit ist die Ablenkung des Alpenrheins zur Nordsee bewiesen.

Nun kann man „mit Butter nicht hobeln“. Das Eis selbst hobelt auch kaum. Aber um so mehr mit den am Grunde mitgeführten Blöcken, die wir nachher am Gletscherende, in den Endmoränen wohl abgeschliffen mit zahlreichen Schrammen und Kratzern finden, während das Abgeriebene als Gletschermilch abfließt oder als Geschiebemergel zurückbleibt. Nun reichte das Eis, sogar noch in der letzten Eiszeit, bis über den Gipfel des Pfänders (1064 m). Es war somit im Alpentor etwa 900—1000 m mächtig. bei Dornbirn über 1200 m. Die Blöcke wurden somit mit einem Druck von 60—80 Atmosphären (auf 1 dm² etwa 7 Tonnen) über den Untergrund geschoben. Dazu kam noch, daß der Gletscher am Alpentor unten nur etwa 7 km breit war (Abb. 5), während er davor zu einem 120 km, zeitweise sogar 200 km breiten Kuchen sich ausdehnte. Entsprechend nahmen draußen Mächtigkeit und Geschwindigkeit ab und damit auch die Erosionsleistung. Daher bei Hohenems—Dornbirn (Abb. 4) die stärkste Übertiefung (bis auf den Meeresspiegel) und vor dem Alpenrand das immer flacher werdende Becken. Es wirkte sich dazu noch aus, daß etwa gerade am Alpenrand die Grenze

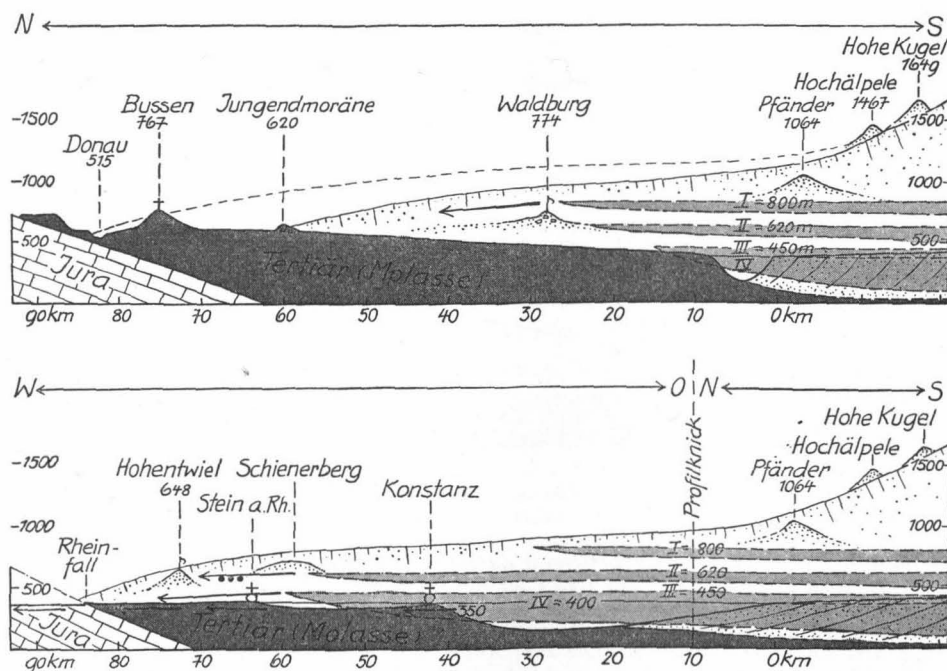


Abb. 10, 11 Zwei Schnitte durch den Rheingletscher (17fach überhöht). Gemauert = Weißjura, stark einfallend; grau getönt = Tertiär (Molasse); schräg geschichtet und punktiert = Aufschüttung im Rheinsee; leicht getönt = frühere Bodenseebecken I—IV. Oberkante des Rheingletschers zur Rißzeit (Abb. 10) = gestrichelt, zur Würmeiszeit = ausgezogen und senkrecht anschräffert. I = Bodensee kurz nach der Günzzeit (800 m NN, vgl. Abb. 8), noch nach Norden entwässernd. II = Bodensee kurz nach der Mindeleiszeit, etwa 620 m NN, nach Westen entwässernd (vgl. Abb. 9). III = Bodensee nach der Rißzeit, etwa 450 m NN, absinkend bis auf etwa 350 m Spiegelhöhe, aber das Interglazial überdauernd. IV = postglazialer (heutiger) Bodensee mit Auffüllung (vgl. Abb. 6 und 7). Die Pfeile zeigen die Entwässerungsrichtung. Das obere Profil geht Süd-Nord, das untere knickt im Bodensee rechtwinklig ab und zeigt in Pfeilen das interglaziale Rheintal. Beide Schnitte sind nur ein erster Versuch, die Entwicklung zu zeigen. Sie ist sicher weit komplizierter, als hier dargestellt wurde

zwischen Nähr- und Zehrgebiet lag und auch deshalb dort die Mächtigkeit rasch absank. Der Gletscher kann ja auch im Gegensatz zum Wasser sein Bett übertiefen, besonders an den Streifen raschester Bewegung und größter Mächtigkeit. Der Bodensee und das Bodenseebecken sind somit in erster Linie das Werk des großen Rheingletschers in der Eiszeit, im Pleistozän oder Quartär in den letzten etwa 600 000 Jahren, genauso wie der Genfer See das Werk des Rhonegletschers ist.

Wir können uns ein klares Bild machen, wie die Landschaft dort vorher, am Ende des Tertiärs, aussah. Bis zur Mitte des Pliozäns wurde das ganze Alpenvorland, von Genf bis Wien, zur Donau entwässert. Wir finden Gerölle des Aaregebiets auf der Hochfläche der Alb, nördlich der Donau. Dort lag damals die Tiefenlinie des ganzen Alpenvorlandes, der von Nordwesten und von Südosten die Flüsse zustrebten. Vor etwa 3 Millionen Jahren wurde dann die Aare nach Westen abgelenkt und floß durch den Sundgau über das Doubstal zu Saone und Rhone. Der Alpenrhein aber behielt noch, hoch über dem heutigen Bodenseebecken, den Weg zur Donau gegen Ulm, auch als die Aare zu Beginn des Diluviums bei Basel nach Norden über den Oberrheingraben zur Nordsee abgelenkt wurde. Mit dem Eintiefen der pliozänen Donau hatte auch der Alpenrhein langsam mit der Ausräumung seines Tales auf der schiefen Ebene zur Donau begonnen. Es lag wohl zu Beginn der Eiszeit am Alpentor etwa 900 m NN hoch, also 500 m über dem heutigen See, und verlief über dem heutigen Oberschwaben zur Donau.

Unmittelbar darauf quoll der erste Rheingletscher aus dem Alpentor heraus und breitete sich davor zu einem halbkreisförmigen Vorlandeis aus, etwa 30—40 km weit (Abb. 8). Seine Mächtigkeit betrug am Alpentor wohl nur einige 100 m. So konnte er nur ein flaches Becken in die schiefe Ebene zu beiden Seiten des alten Tales eintiefen. Weiter nach Norden füllten seine Schmelzwässer die alte, breite Rinne mit Fluvio-glazial, mit Schmelzwasserschutt, auf, die Älteren Deckenschotter der Günz-eiszeit*) ablagernd. Beim Eisrückzug entstand in dem flachen Becken der erste Vorläufer des Bodensees (Spiegelhöhe etwa 800 m NN), dessen Wasser, später gespeist vom Alpenrhein, zur Donau floß (Abb. 8). Der See verschwand aber bald, weil die Schwelle rasch durchsägt und der Beckenrest schnell aufgefüllt war. Im Interglazial durchquerte der Alpenrhein das Becken und räumte das Tal tiefer aus.

Deshalb war zu Beginn der Mindeleiszeit das Alpentor schon tiefer, der Rheingletscher dort mächtiger; er stieß auch weiter vor, aber nicht über das heutige Bodenseebecken hinaus. Aber er überschritt dabei im Westen die inzwischen von Waldshut nahe herangerückte Wasserscheide zum Nordseerhein, so daß diesem die Schmelzwässer seiner Westflanke zuströmten, während die Hauptmasse wie bisher nach Norden

*) Die Deutung bzw. Einreihung der verschiedenen Moränen und Schotter ist heute in starkem Umbruch; nicht die Reihenfolge, sondern die Benennung und Zuordnung. Fest steht, daß wir nicht mehr mit 4 Eiszeiten auskommen, daß aber auch die 13 Eiszeiten der Kurven von MILANKOVITCH, KÖPPEN, SOERGEL u. a., vor vor allem die drei Würmeiszeiten sich nicht halten lassen. Ebenso läßt sich aber auch nicht bestreiten, daß es mindestens 2 Rißeiszeiten gibt und daß man auch die Mindeleiszeit aufgliedern muß. Um in dieser laufenden Umbenennung wenigstens noch verständlich zu bleiben, benützen wir die PENCKschen Deutungen, im Altdiluvium die Gliederung von K. SCHÄDEL und reihen unsere Geschichte des Bodensees nach den betreffenden Schotterterrassen und Moränen ein, deren Namen später wechseln können. Das Bild, das wir für das bisherige Altdiluvium geben, ist zunächst noch Arbeitshypothese, auf Grund deren sich die weitere Klärung vollziehen kann. Fest steht aber, daß sich die Ablenkung des Alpenrheins nach Westen erst in der bisherigen Mindeleiszeit, spätestens an ihrem Ende vollzogen hat.

zur Donau ging, die Jüngeren Deckenschotter bildend (Abb. 9). Als nun aber der Gletscher abschmolz und vom Endmoränenwall zurückwich, füllte sich das jetzt tiefer gewordene Zungenbecken wieder mit Wasser bis zur Höhe des tiefsten Gletschertores der Umrandung. Dieses lag nun aber, wie man aus der Höhenlage der Deckenschotter schließen kann, nicht mehr im Norden, sondern im Westen (etwa bei 620 m NN). So fielen die übrigen höheren Gletschertore rasch trocken. Der Zungenbeckensee, der 2. Vorläufer des Bodensees, entwässerte nun nach Westen, zusammen mit der ganzen Wassermasse des Alpenrheins. Damit hatte der Nordseerhein zum erstenmal sein heutiges Einzugsgebiet in der Ostschweiz erobert; „Vater Rhein“ war damit (vor etwa 250 000 Jahren) „volljährig“ geworden.

Die Folgen waren „einschneidend“. Das westliche Gletschertor wurde jetzt von etwa 300 m³/s durchflossen, das Gefälle zum Aarerhein bei Waldshut betrug etwa 300 m. Das lockere Gestein des Beckenrandes (Moränen, Schotter, tertiäre Molasse) wurde rasch durchsägt, so daß der See keine lange Lebensdauer hatte (vielleicht 10 000 Jahre). Dann wurde auch das Seebecken selbst zerschnitten, bis unter den alten Seeboden hinab. Und die Zuflüsse vom Beckenrand zum Beckentief sägten sich, entgegen der alten Gletscher- richtung, tief ein. Bei Konstanz liegt die alte Talsohle jener Zeit 42 m unter dem heutigen Spiegel des Bodensees (Abb. 6 und 7). So wurde im Großen Interglazial eine gewaltige Erosionsleistung vollbracht, die größte des rinnenden Wassers in der ganzen Geschichte des Bodensees.

Dann kam die größte Eiszeit, die Rißeiszeit (Abb. 10 und 11). Der Rheingletscher reichte vom Alpentor 85 km weit nach NNW, bis über die Donau (680 m NN), und 115 km weit nach Westen bis Waldshut und vereint mit Aare- und Rhonegletscher sogar 135 km weit bis unterhalb Säkingen. Die vorher vom Wasser tief eingerissenen Täler wurden nun zu Leitlinien der Gletscherbewegung. Die tiefste Furche aber, das junge Rheintal, lenkte den Haupteisstrom nach Westen ab, so daß der vorher halbrunde Vorlandeiskuchen stark asymmetrisch wurde. Die tiefe Erosionsbasis im Westen wirkte sich „anziehend“ aus. Die weite Ausdehnung des Vorlandeises hing zusammen mit der großen Mächtigkeit des Eises, das in den Alpen und am Alpentor den höchsten Stand während der Eiszeiten erreichte. Auch dauerte die Rißeiszeit am längsten, umfaßte sogar mehrere große Eisvorstöße. So war sie auch die Zeit stärkster Eisausräumung, höchster Leistung im Bodenseebecken. Im Beckenninnern schürfte sie wohl noch tiefer aus, als ihr schon das Wasser vorgearbeitet hatte, während im Westen die fluviatilen Rinnen teilweise zugefüllt wurden. Deshalb war der Spiegel des beim Eisrückzug entstehenden Bodensees höher als heute; zum erstenmal konnte ein großer, tiefer See die Interglazialzeit überdauern. Das Einzugsgebiet der ihm zentripetal vom nördlichen Beckenrand zuströmenden Flüsse war etwas größer als heute. Es reichte fast bis zum Bussen und über Wurzach nach Norden (Abb. 2).

Als nun vor etwa 30 000 Jahren in der letzten oder Würmeiszeit der Rheingletscher erneut vorstieß, machte er dem See ein Ende. Kurze Zeit schwammen auf ihm die am vorrückenden Gletscherrande kalbenden Eisberge, bis das Eis so mächtig war, daß es überall den Grund berührte und sich langsam gegen den Beckenrand hinaufschob. Nicht mehr so weit wie früher; denn die Eiszufuhr war geringer. So füllte der Rhein-



Aufn. Georg Wagner, Tübingen 1958

Tafel 1 *Blicke vom Pfänder auf das obere Ende des Bodensees (vgl. Abb. 1). In die Bregenzer Bucht schiebt sich halbkreisförmig das große Delta der schuttreichen Bregenzener Ach weit vor. Ihr Unterlauf ist heute begradigt und von hohen Dämmen eingefasst. Dahinter die Fußacher Bucht, in die seit 1900 der Rhein mit einem Durchstich abgelenkt wurde. Man sieht deutlich, wie weit er seither in die vorher halbkreisförmige Bucht sein Delta vorgebaut hat. Die vorspringende Landzunge dahinter, die Rohrspitz, ist ein verlassenes älteres Delta. In die folgende Bucht brach zeitweise der Rhein durch (Eselsschwanz). Der letzte große Vorsprung, die Rheinspitz, ist die Rheinmündung bis 1900, die heute noch künstlich offengehalten wird, während noch früher die Mündung am hinteren Ende des Vorsprungs lag (Abb. 1). Die Aufschüttung erreicht Mächtigkeiten von 250—400 m (Abb. 6 und 7)*



Luftbild 5347 von Paul Strähle, Schorndorf
Tafel 2a Rheindelta im Bodensee 1926. Vorn Delta der Bregenzer Ach, noch nicht korrigiert.
Dahinter die neue Rheinmündung von 1900 mit weit vorstechendem Leitdamm. Man vergleiche
damit die 32 Jahre spätere Aufnahme Tafel 1. Miterlebte Geologie!



Luftbild 11 470 von Paul Strähle, Schorndorf
Tafel 2b Westende des Überlinger Sees 1930. Links Hohenbodman, am See Dorf Bodman.
Das Ende des Überlinger Sees lag früher 4 km weiter im Westen bei Wahlwies. Die Stockacher
Ach hat es zugebaut. Man sieht ihren Mäanderlauf und ihr Delta, das sich aber bei der geringen
Schuttführung nur langsam vorbaut

gletscher nicht mehr das alte Becken der Großen Eiszeit, nach Norden nur 60 km weit, nach Westen aber 80 km; denn dort war der Beckenrand am tiefsten (Farbtafel). Hier konnten auch die Schmelzwässer ungehindert rheinabwärts fließen. Im Norden dagegen bildeten sich zwischen dem Eisrande (der Äußeren Jungendmoräne) und dem noch ansteigenden Becken Stauseen (Federsee, Wurzacher See), deren Wasser sich erst einen Weg zur Donau suchen mußte. Doch erhielt damals die Donau noch, zum letztenmal, die Hauptmasse der Schmelzwässer des Rheingletschers.

Beim Eisrückzug, vor etwa 18 000 Jahren, bildeten sich zwischen der Äußeren Jungendmoräne und dem neuen Gletscherrande Stauseen, die zunächst noch durch die alten Gletschertore nach Norden entwässerten, so der etwa 50 km² große Aulendorfer See (Spiegelhöhe etwa 560 m NN), bis bei weiterem Rückzuge ein tieferer Weg vor dem Eisrande nach Westen gefunden wurde, so daß nun der Rhein alle Schmelzwässer erhielt und die Donau endgültig die letzten Reste ihres alpinen Einzugsgebiets oberhalb der Iller verloren hatte. Die weiteren Stauseen waren nur kurzlebig. Der Ravensburger See im Schussental hatte zuerst eine Spiegelhöhe von 505 m NN. Mit der Öffnung eines tieferen Wegs nach Westen senkte sich ruckweise sein Spiegel. Schließlich lag die Schwelle im Westen höher als das ausgeräumte Becken. Zuerst füllten sich die Enden von Überlinger- und Untersee, als der Eisrand bei Unteruhldingen—Konstanz lag und kalbende Eisberge sich von ihm lösten. Später lag der Eisrand bei Lindau, wo eine schwimmende Eismauer den Bodensee querte. Und als der Rheingletscher bis hinter das Alpentor abschmolz, folgte ihm der See. Als tiefer Fjord reichte nun der Rheinsee weit in die Alpen hinein, und die Eisberge konnten bis Konstanz und Zürich treiben. Das war vor etwa 15 000 Jahren. Damals hatte der Rheinsee seine größte Ausdehnung mit etwa 1200 km² (Abb. 2).

Nun erreichte aber auch die Verschüttung ihr höchstes Ausmaß. Der Schutt der Schmelzwässer wurde in der schmalen Furche abgeladen. Die durch den Gletscher übersteil gewordenen Hänge des U-Tals böschten sich in Bergstürzen ab. Bei Flims gingen allein 12 km³ ins Vorderrheintal nieder, dieses hoch auffüllend. Von den Seiten brachten Bäche und Flüsse viel zurückgebliebenen Gletscherschutt. Ihre Schwemmkegel vereinigten sich mit dem vorrückenden Rheindelta. Schließlich wurden Walen- und Zürichersee durch das Seez-Delta abgetrennt. Je weiter nach Norden, desto langsamer ging die Auffüllung. Denn der See wurde dort breiter und tiefer. Der Glazialschutt nahm ab, und die an Fläche wachsende Aufschüttungsebene mußte ja auch noch weiter erhöht werden, um das notwendige Gefäll für die Schutförderung zu erhalten. Landquart liegt heute ja 120 m höher als der Bodensee (Abb. 6 und 7). Je weiter das Rheindelta vorrückte, desto langsamer ging es. Vor 10 000 Jahren war der Bodensee bei Dornbirn noch rund 300 m tief! Die Zufüllung der letzten 10 km (von über 70 km Auffüllung) hat also keine 10 000 Jahre gedauert. In 15 000 Jahren ist die Hälfte des Rheinsees zugeschüttet worden. Die zweite Hälfte benötigt ein Vielfaches dieser Zeit!

Vergleichen wir den Bodensee mit den übrigen Seen des Alpenvorlandes, so können wir seine Größe wie die seines Beckens mit dem großen Rheingletscher erklären. Auch die Tiefe des Beckens läßt sich so deuten, aber nicht ausschließlich. Denn hier wirkt sich die tiefe Lage der Erosionsbasis aus, der Vorstoß des Rheinsystems ins Donauland.

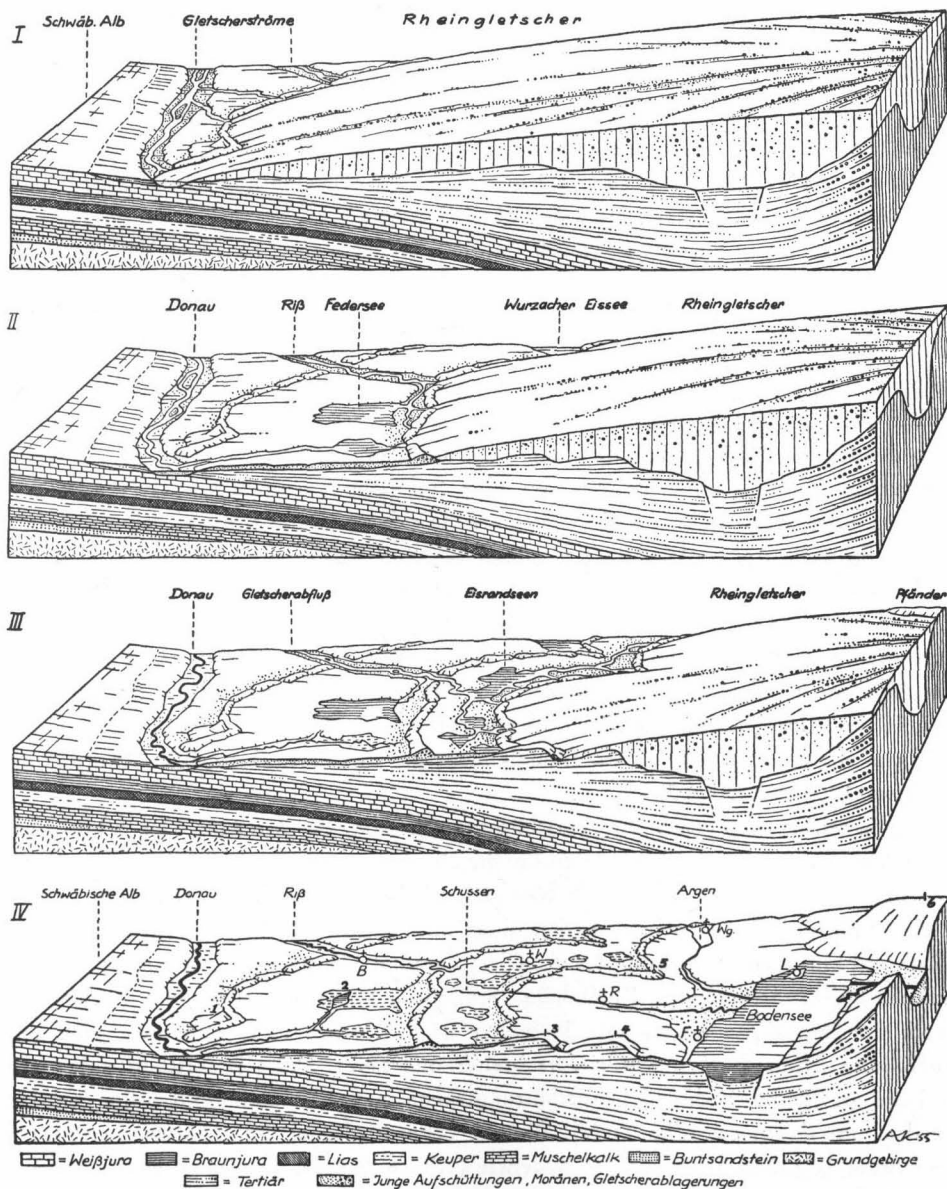


Abb. 12—15 Schematische Blockbilder der Eiszeit am Bodensee. I (Abb. 12). Zur Zeit der größten Vereisung (Rißeiszeit). Der Rheingletscher überschreitet gerade noch die Donau und entläßt seine Schmelzwässer in ihr altes Tal. Entstehung der Altendmoräne. II (Abb. 13). Im Höhepunkt der letzten Eiszeit (Würm). Entstehung der Äußeren Jungendmoräne. Der Rheingletscher staut die vorher nach Süden abfließenden Bäche zu Eiserndseen auf, z. B. Federsee, Würzacher See. III (Abb. 14). Bei einem Rückzugsbalt entsteht die Innere Jungendmoräne. Vor ihr bildet sich ein zweiter Kranz von Stauseen (Aulendorfer See), die zunächst noch nach Norden entwässern, alte Gletschertore ausnützend. Der Pfänder ragt als Nunatak aus dem Gletscher empor. IV (Abb. 15). Heutiges Bild. 1. Bussen. 2. Federsee. 3. Höchst. 4. Gehrenberg. 5. Waldburg. 6. Pfänder. B = Biberach. W = Waldsee. R = Ravensburg. F = Friedrichshafen. L = Lindau. Wg = Wangen

Denn Säkingen liegt so hoch wie Passau, der Bodensee 123 m tiefer als der Chiemsee! Erst als der Rhein ins Bodenseebecken einbrach und die tiefe Rinne schuf, die dann das Eis ausweiten und vertiefen konnte, wirkte sich die glaziale Ausräumung des Bodenseebeckens voll aus. Das zeigt sich auch in der Asymmetrie des Rheingletschers im Vorland wie in der Richtung des Bodensees selbst. Diese wollte man auf den Bonndorfer Graben zurückführen. Aber die Hauptausräumung des Bodensees wie des Eises ging ja nach Westen, rheinwärts, nicht nach Westnordwest, und zudem bildete sie sich erst im Laufe der Eiszeit heraus, als der Rhein das Bodenseebecken erreichte, erst seit der Mitte des Diluviums. So wurde die ursprüngliche Richtung zur Donau nach Nord und Nordnordwest mehr und mehr nach Westen abgebogen. Die Angliederung des Bodenseebeckens ans Rheinsystem brachte als Geschenk die tiefere Lage des Beckens und dadurch das günstigste Klima der deutschen Seen am Alpenrande.

Wir kommen nun zu der schwierigen Frage, welchen Anteil die verschiedenen Kräfte an der Ausräumung des Bodenseebeckens haben. Wir müssen hier klar scheiden zwischen dem heutigen Seebecken von 540 km² und 48 km³ Wasserinhalt (wobei wir die schon zugefüllte Hälfte nicht berücksichtigen) und dem ganzen Bodenseebecken bis zur Jungendmoräne von über 5000 km², das aus der schiefen Ebene des Alpenvorlands ausgeräumt worden ist, über 1000 km³, eine ungewöhnliche Arbeitsleistung. Der Tektonik kann hier keine größere Bedeutung zukommen. Denn größere Verwerfungen fehlen; ihre Zahl hat sich durch eifriges Suchen nur verringert. Außerdem war der verhältnismäßig schmale Graben am Ende des Tertiärs zugefüllt, also keine Tiefenlinie mehr. Man könnte höchstens annehmen, daß während der Eiszeit noch kleine Nachsenkungen stattgefunden hätten. Diese könnten aber nur einen Teil des Eisstroms in ihre Richtung gelenkt haben; ebenso könnte ein Teil der Grabenfüllung etwas rascher ausgeräumt worden sein. Aber all das fällt gar nicht ins Gewicht, vor allem nicht bei dem riesigen Bodenseebecken, das sich gar nicht darum kümmert. Mit 5 % ist der Anteil der Tektonik gut bewertet.

Mehr Bedeutung kommt dem rinnenden Wasser zu, das vor allem zwischen den Eiszeiten, besonders im Großen Interglazial, tiefe Furchen gerissen und damit dem Eis die Wege vorgezeichnet hat, vor allem aber durch den Anschluß des Bodenseebeckens ans rheinische System erst die so tiefe Ausräumung ermöglicht hat. Auch hat es sehr viel Schutt des Beckens donau- und rheinabwärts geführt. Berücksichtigen müssen wir auch, daß seine Arbeit mehr linear, in die Tiefe, weniger flächenhaft, in die Breite gerichtet war, so kommen wir auf etwa 15—20 % Anteil an der Ausräumung.

Die Hauptarbeit hat unbestritten das Eis in den wiederholten Vorstößen des Rheingletschers vollbracht. 75—80 % kommen ihm zu. Die Arbeitsleistung von Tektonik zu Wasser zu Eis verhält sich etwa wie 1 : 3—4 : 15.

Bodensee und Bodenseebecken sind das Werk der Eiszeit, in erster Linie das Werk des großen Rheingletschers. Seine Arbeit war schon abgeschlossen, als der Mensch vor 14 500 Jahren das Ren an der Schussenquelle jagte. Nach dem Eis hat das rinnende Wasser die Herrschaft angetreten. Die Zeit reichte aber noch nicht aus, um die „Unordnung“, die das Eis in die Landschaft gebracht hatte, zu beseitigen. Der Rheinsee ist zur Hälfte zugefüllt worden; Bodensee, Walen- und Zürichersee blieben übrig. Bis

an ihre Stelle eine große, schiefe Aufschüttungsfläche getreten und damit die letzten Störungen des alten „Regimes“ beseitigt sind, werden noch einige 100 000 Jahre vergehen.

Es wurde hier versucht, zu zeigen, wie mit den heutigen Methoden der Landschaftsgeschichte, eines jungen Zweigs am Baume der Geologie, auch ohne schriftliche Urkunden die Entstehung einer Landschaft, eines Sees geklärt werden kann, nicht mit zügelloser Phantasie, sondern durch Auswertung von Beobachtungen mit sauberen Schlüssen, aber ausmündend in eine große Übersicht. Zu oft werfen uns die Geisteswissenschaftler vor, wir würden die Natur, die Landschaft ihres Duftes berauben. Noch nie erhielt ein Historiker einen solchen Vorwurf, wenn er uns durch seine Forschung den Werdegang einer Stadt zeigte. Denn geschichtliche Kenntnisse gehören zur allgemeinen Bildung, auch wenn die Schulbücher der Geschichte in meinem Leben schon dreimal verbrannt wurden! Die Geschichte der Erde und ihres Lebens, der Landschaft unserer Heimat, ihrer Flüsse und Seen ist aber heute in den Schulen Stiefkind geworden. Deshalb sollte hier gezeigt werden, was sie uns heute zu bieten vermag. Auch wir Geologen freuen uns an der vielgestaltigen Landschaft, an ihrem Farbenspiel, an den ziehenden Wolken und an den fernen Schneebergen. Aber wir sehen in ihr nicht nur das Heute, nicht nur ein feststehendes Bild, sondern einen ablaufenden Film. Damit berauben wir sie aber nicht, sondern wir verleihen ihr ein Zauberkleid, das sie lebendig macht. Wir sehen den Bodensee bis hinauf zum Pfänder unter Eis begraben, das weit nach Norden reicht. Wir erleben das Abschmelzen des Eises, das Schrumpfen des Rheingletschers, den vor dem Eisrand werdenden See mit dem kalbenden Gletscher und den schwimmenden Eisbergen auf dem Rheinsee bis tief hinein in den Fjord zwischen den Alpenbergen. Dann erkennen wir, wie der Rhein und seine Zuflüsse den langen Fjord zufüllen, wie das Delta sich immer weiter verschiebt bis zum Alpentor. Und wenn wir dann vom Gebhardsberg oder vom Pfänder hinunterblicken, so lassen wir das Delta immer weiter hinausrücken, hinein in den See. Der See lebt mit uns, nur in anderem Zeitmaß. Ist damit unser Leben nicht reicher, köstlicher geworden?

Wir fügen zum Raume die Zeit,
Vergangenes und Künft'ges zum Heut'.

Nachwort:

Vor 47 Jahren schrieb W. SCHMIDLE, Konstanz, eine ausgezeichnete Arbeit: „Die diluviale Geologie der Bodenseegegend“, die auch heute noch ihren Wert hat. Einige Jahrzehnte geologischer Forschung haben den neuen ergänzenden Überblick ermöglicht.

Auf Wunsch der Schriftleitung wird hier ein in der „Naturwissenschaftlichen Monatschrift Aus der Heimat“ 1960 erschienener Aufsatz in erweiterter Form gebracht.

Zeittafel

(nur Größenordnungen, nicht endgültige Zahlen)

Vor 8 000 Jahren: Rheinsee 2 km N Dornbirn, noch 130 m tief.

Vor 9 000 Jahren: Rheinsee 2 km N Dornbirn, noch 200 m tief.

Vor 10 000 Jahren: Rheinsee 2 km N Dornbirn, 320 m tief.

14 500 Jahre: Renjäger an der Schussenquelle. Rheinsee reicht bis etwa nach Chur, wo er am zurückweichenden Rheingletscher endet.

20 000 Jahre: Ablenkung der Feldbergdonau zur Wutach.

25 000 Jahre: Höhepunkt der letzten oder Würmeiszeit.

Etwa 40 000 Jahre (?) letztes Interglazial.

Etwa 80 000—200 000 Jahre Rißeiszeit.

Um 250 000 Jahre: Großes Interglazial. Alpenrhein tieft die Verbindung zum Hochrhein rasch ein.

Etwa 300 000 Jahre: Ablenkung des Alpenrheins zur Nordsee.

300 000—600 000 Jahre: Ältere Eiszeiten (Mindel, Günz).

Um 600 000 Jahre: Ablenkung der Aare-Rhone bei Basel zum Nordseerhein.

3— 4 Mio Jahre: Ablenkung der Aare-Donau bei Waldshut zur Doubs-Rhone.

4— 10 Mio Jahre: Pliozäne Aaredonau.

10— 25 Mio Jahre: Miozän. Vulkane Süddeutschlands.

20 Mio Jahre: Letztes Meer in Süddeutschland, reicht bis zur Klifflinie auf der Alb.

25— 40 Mio Jahre: Oligozän.

30 Mio Jahre: Meer im Oberrheingraben und im Bodenseegebiet.

40— 60 Mio Jahre: Eozän. Einbruch des Oberrheingrabens beginnt.

60— 70 Mio Jahre: Paleozän.

70—135 Mio Jahre: Kreide.

135—180 Mio Jahre: Jura.

180—225 Mio Jahre: Trias.

Das mesozoische Deckgebirge Südwestdeutschlands entstand zwischen 225—170 Mio Jahren. Die Abtragung ging zwischen 170—60 Mio Jahren langsam und vorwiegend nach Südosten. Erst seit dem Eozän wirkt sich der Einbruch des Oberrheingrabens aus. Alpenvorland und Oberrheingraben werden mit dem Einsinken auch aufgefüllt. Vor 20 Mio Jahren steht die Waage im Gleichgewicht. Dann überwiegt die Ausräumung von der Rheinseite. Die Alpenfaltung begann in der Mitte der Kreide vor 100 Mio Jahren, hatte Höhepunkte besonders im Oligozän (25—40 Mio) (was die Nagelfluhschotter der gefalteten Molasse bezeugen), dann im Miozän (alpine Nagelfluh am Pfänder, Jura-nagelfluh), zuletzt im Pliozän (Faltenjura und Faltung bzw. Schuppung der Nagelfluhberge).

Rheingletscher und Vergletscherung des Schwarzwalds im Höhepunkt der Eiszeit vor 25000 Jahren

Maßstab 1:1 000 000. Vorland stark überhöht.

Aus dem Tal des Alpenrheins quillt die Hauptmasse des Rheingletschers (grau getönter Querschnitt) zwischen Gäbris und Hochälpele heraus und breitet sich fächerförmig als Vorlandeis aus. Die Strömungslinien sind angedeutet; der spätere Bodensee schimmert (zur Orientierung) durch. Östlich des zeitweise überflossenen Pfänders zweigt ein Teil ins Rotachtal nach Isny ab, auch ins Weißachtal, wo er mit dem Ill- und Bregenzerwald-Gletscher am Kojen vorbei bis nach Oberstaufen fließt. Westlich des Pfänders geht ein großer Eisstrom über das Argengebiet gegen das Illergebiet und staut den Wurzach-Eissee. Am weitesten stößt der Schussenlappen nach Norden vor, den damals weit größeren Federsee aufstauend. Die Hauptmasse des Eises zieht aber durch die schon in früheren Eiszeiten weit ausgeräumte Bodenseemulde auf bereits vorgezeichneten Wegen nach Westnordwest und zum Rhein bei Schaffhausen. Der Hohenstoffeln wird auf 3 Seiten von Eis umgeben; die Phonolithberge liegen noch unter Eis begraben. Vom Säntisgebiet zieht das Eis gegen Westen; Thur-, Töß- und Glattgletscher füllen die Lücke zum Walenseearm des Rheingletschers, der vereint mit dem Linthgletscher über den späteren Züricher See (östlich des überragenden Uetliberges) bis zur Lägernkette bei Baden führt. Dann schließt sich der Reußgletscher an. Ganz im Westen sieht man noch das Ende des Aare-Rhone-Gletschers bei Solothurn. Die Gletschertore liefern die zu Donau und Rhein abfließenden Schmelzwässer, die in weiten Schotterflächen, sich vielfach verzweigend, ihren Schutt zum großen Teile liegenlassen.

Im Südschwarzwald überzieht eine geschlossene Eiskappe das Feldberggebiet und entsendet nach allen Seiten Eisströme in die Täler. Der Gutachgletscher staut die linken Seitentäler zu Seen an und sendet seine Schmelzwässer, vereint mit denen des Haslachgletschers, hoch über dem heutigen Wutachtal durch die Blumberger Pforte in die Alb hinein zur Donau (Feldbergdonau). Nördlich davon sind nur Firnfelder und kleinere Kargletscher.

Der weiteste Eisvorstoß (Rißeiszeit) ist im Westen durch eine gestrichelte Linie und in Oberschwaben durch die Endmoränenwälle gekennzeichnet.

Das Grundgebirge des Schwarzwaldes (Gneis und Granit) ist karmin wiedergegeben; die permischen Porphyre sind zinnoberrot. Die Farben des Deckgebirges sind: Buntsandstein = ocker; Muschelkalk = hell rotviolett; Keuper = wiesengrün; Lias = blauviolett; Braunjura = hell- und dunkelbraun; Weißjura = himmelblau; Tertiär = gelb; tertiäre Vulkane = gelbbrot; Klifflinie des Tertiärmeeres = gelb gestrichelt; pliozäne Donauschotter = gelb, punktiert; Deckenschotter = hellgelb, waagrecht punktiert; Hochterrassenschotter = in der Fließrichtung punktiert. Altmoränenlandschaft = hellbraun. In den Alpen: Trias = rotviolett, Jura = blau, Kreide = grün, Flysch = schmutziggrün, Tertiär = gelb. Die Farbtabelle erschien in der „Einführung in die Erd- und Landschaftsgeschichte“ und ist eine verkleinerte Wiedergabe aus G. Wagner und A. Koch „Raumbilder zur Erd- und Landschaftsgeschichte Südwestdeutschlands“. Landesbildstelle Stuttgart.

Warum Naturwald-Schutzgebiete?

Bilder 1 mit 8b zu nachstehendem Aufsatz



Abb. 1 Natürlicher Mischwald in den unteren und mittleren Lagen des Hochgebirges

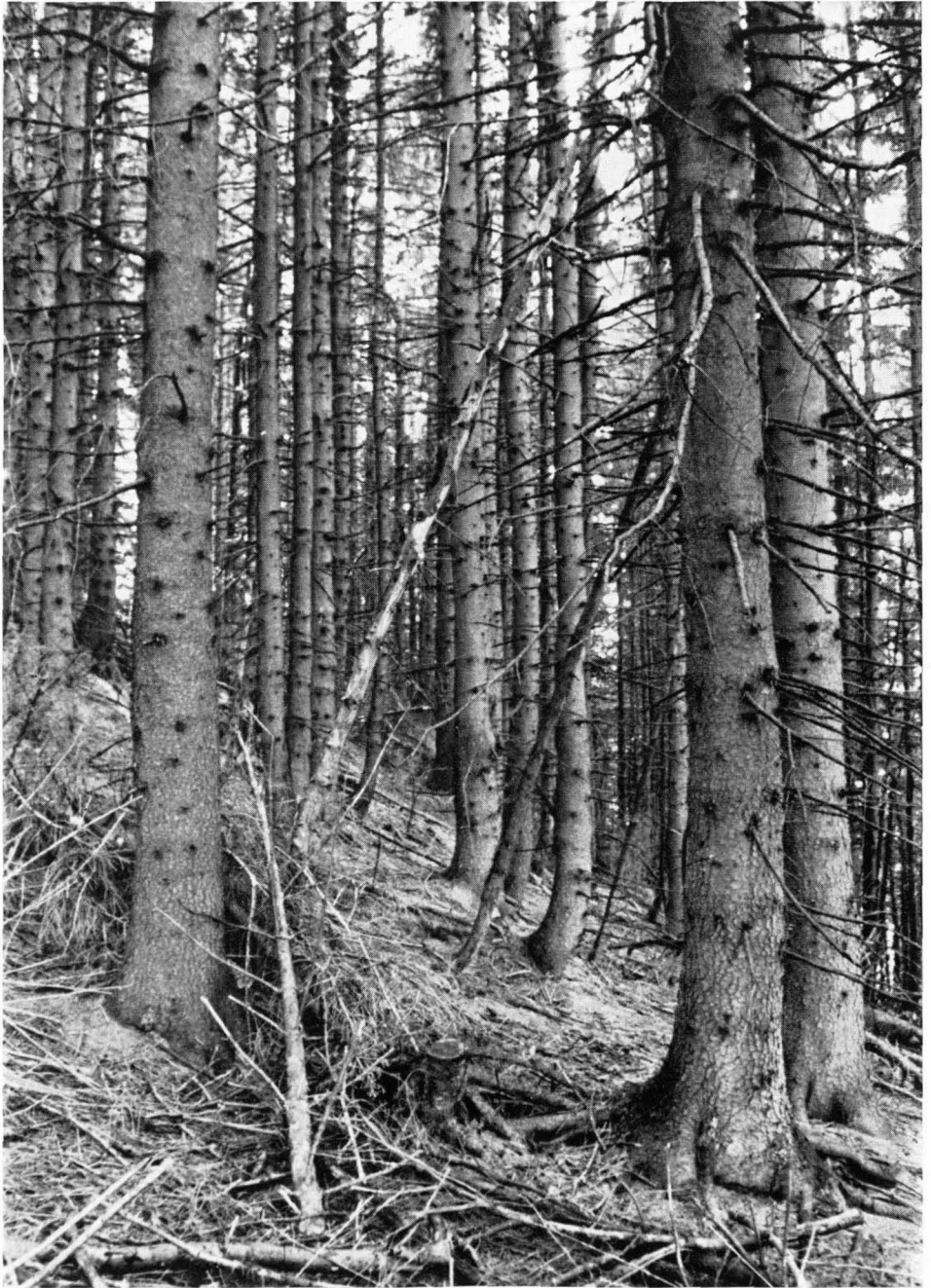


Abb. 2 Wirtschaftlich bedingter Sekundärbestand aus einer Fichte



Abb. 3 Durch Schneebruch zerfallende Fichtenbestände aus ungeeigneten Flachlandherkünften mit weitausladenden, sperrigen Kronen



*Abb. 4 Hervorragende kurz- und feinastige, walzenförmige bis spitze Kronenausformung von Hochgebirgsherkünften
a) der Fichte und b) der Kiefer*



Abb. 4 c Schlecht geformte, breitastige Kiefer, sehr schneedruckempfindlich



Abb. 5 Überalterter, absterbender Bergwaldbestand, verlichtet und ohne jede Verjüngung, als Folge übermäßiger Viehweide oder übermäßigen Wildstandes



Abb. 6 Wo Wild und Vieh Zutritt haben, kann sich eine Naturbestockung ohne Zaunschut nicht mehr entwickeln. Vergleiche den Stand des Jungwuchses bei gleichen Voraussetzungen innerhalb und außerhalb des Zaunes



Abb. 7 Ein lebendiger, sich reichlich aus sich selbst heraus verjüngender Bergwald in unzugänglicher Lage



*Abb. 8a Durch Wildverbiß
bis zur Vernichtung geschä-
digte Jungtannen*



*Abb. 8b Fichte, Tanne und Buche verjüngen sich zumeist willig. Der Jungwuchs wird jedoch
durch das Wild oft bis zur Vernichtung verbissen, so daß eine Verjüngung ohne menschliche
Hilfe vielenorts unmöglich geworden ist*

Sämtliche Aufnahmen von G. Meister, München

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbuch des Vereins zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere](#)

Jahr/Year: 1962

Band/Volume: [27_1962](#)

Autor(en)/Author(s): Wagner Georg

Artikel/Article: [Zur Geschichte des Bodensees 98-114](#)