

Zeitschrift: Schweizerische pädagogische Zeitschrift
Band: 7 (1897)
Heft: 6

Artikel: Aus der Geschichte der Erde : 5. Teil
Autor: Äppli, Aug.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-789035>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 08.01.2026

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

Aus der Geschichte der Erde.

Von Dr. Aug. Aeppli, Zürich.

Über Gebirgsbildung.

I.

Die Gesteinsschichten, die sich auf der Erde von der kambrischen Zeit bis zur Gegenwart gebildet haben, sind nur noch zum Teil in ihrer ursprünglichen Lage. In ganzen, grossen Gebieten sind ursprünglich wagrechte Schichten schief aufgerichtet, senkrecht gestellt oder überkippt worden, oder sie sind in den kühnsten Biegungen gefaltet. Alle diese Bewegungen bezeichnet man als *Dislokationen*; sie sind es, welche das Relief der Erdoberfläche in den Hauptzügen bestimmen, indem sie die Gebirge erzeugen.

Die einheitliche Ursache für alle grossen Dislokationen liegt in dem Wärmeverrat, der im Erdinnern noch vorhanden ist, oder eigentlich in der **Abnahme dieses Wärmeverratis**. — Dass das Erdinnere eine sehr hohe Temperatur hat, geht aus einer Reihe von Tatsachen hervor: Überall, wo man ins Erdinnere eindringt, sei es bei Tunnelbauten, in Bergwerken oder bei Tiefbohrungen, zeigt sich eine Zunahme der Temperatur. In allen Zonen findet man warme und heisse Quellen, und endlich finden sich tätige und erloschene Vulkane über die ganze Erde zerstreut. Wenn ein solcher Wärmeverrat existirt, so muss er durch Ausstrahlung in den kalten Weltraum beständig abnehmen. Da gegenwärtig (und schon sehr lange) die Temperatur der Erdrinde derjenigen des Weltraums viel näher liegt, als derjenigen des Erdkerns, da ferner der Wärmeverlust der Rinde von innen immer wieder teilweise ersetzt wird, so kühlt sich jetzt (und schon lange) die Rinde weniger ab als der Erdkern. Die Folge davon ist, dass der Kern sich stärker zusammenzieht als die Rinde; es entsteht zwischen beiden ein leerer Raum; die Rinde wird für den schrumpfenden Kern zu gross.

Natürlich kann die Rinde nicht ohne Stützen, gleichsam schwebend bleiben, sondern es treten Dislokationen ein. Entweder zerbricht sie in Schollen, und von diesen sinken die einen so lange, bis sie die Unterlage erreicht haben, während andere Schollen, dadurch festgekeilt, in der Bewegung nach unten zurückbleiben. Oder eine Rindenpartie faltet sich durch horizontalen Zusammenschub. Die erste Art von Dislokationen ist also vorwiegend vertikal; dadurch entstehen die Plateaugebirge, die an ihren Rändern durch Brüche oder Verwerfungen begrenzt sind. Die horizontalen Dislokationen erzeugen durch die Faltung der Schichten in zweiter Linie auch Hebungen und Senkungen; so bilden sich die Falten- oder Kettengebirge.

Beide Arten von Dislokationen finden sich je in grossen Erdstrichen vorherrschend, es gibt Bruchregionen und Faltenregionen. Ein schönes Beispiel eines Plateaugebirges bietet der Schwarzwald. Seine Hauptmasse besteht aus sehr alten Gneissen, die von mächtigen Gängen und Stöcken von Granit, Diorit, Porphyd durchbrochen werden. Oben auf der Höhe lagern, fast wagrecht, noch Schichten der Trias (besonders Buntsandstein und Muschelkalk) und stellenweise auch der Jurazeit. Geht man aber auf der Höhe des Plateau nach Osten, so stösst man östlich vom Randen auf eine plötzliche Absenkung: östlich und nördlich von Lohn steht man auf oberem Jurakalk, unten im Tal aber liegen die viel jüngern Tertiärschichten und erst unter diesen folgen Jura und Trias. Hier ist also der östliche Teil im Vergleich mit dem westlichen abgesunken. — Auch auf der Westseite des Schwarzwaldes ist der Abfall gegen das Rheintal durch

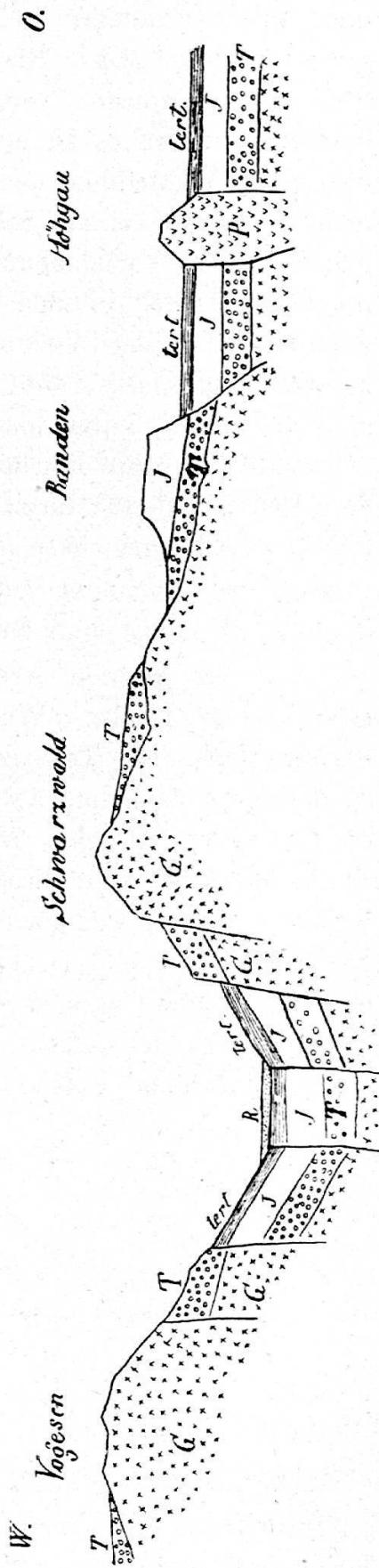


Fig. 31. Schematisches Profil durch den Schwarzwald.
G = Gneiss und Granit; T = Trias; J = Jura; tert. = Tertiär; P = Phonolith und Basalt; R = Rheinkies.

einige solche Brüche gebildet, die staffelförmig auf einander folgen, und auf der andern Seite des Tales verhalten sich die Vogesen ganz ähnlich. Das Rheintal von Basel bis Mainz ist auf beiden Seiten durch solche Verwerfungen begrenzt; es ist nicht durch Erosion gebildet, sondern es ist eine Grabenversenkung. Die Bewegungen, die diese Verstellung der Schollen gegeneinander bewirkt haben, sind nicht etwa auf einen Schlag, sondern ruckweise, nach und nach, in ganz kleinen Verschiebungen erfolgt. Sie dauern jetzt noch fort und manifestiren sich in den vielen Erdbebenstössen, welche in schmalen Streifen längs der Verwerfungslinien auftreten. Das grosse Erdbeben zu Basel im Jahr 1356 war ein solches Dislokationsbeben. — Wenn aber zu beiden Seiten eines Stückes Erdrinde Absenkungen vorkommen, während die Mitte zurückbleibt, so entsteht ein Plateaugebirge wie der Schwarzwald; durch die Grabenversenkung des Rheintales sind Schwarzwald und Vogesen, die früher zusammenhingen, als zwei Gebirge von einander getrennt worden. — Andere Plateaugebirge von ähnlicher Bildung sind das Erzgebirge, das skandinavische Gebirge etc.

Bei der zweiten Art von Dislokationen ist die primäre Bewegung eine horizontale. Wenn nämlich ein Stück Erdrinde, das für den darunterliegenden Kern zu gross geworden, sich zwischen zwei festen Widerlagern befindet, so entsteht in demselben eine Gewölbespannung, ein horizontaler Druck. Wenn sich dann in diesem Streifen eine schwächere Stelle findet, so wird dieselbe dem Horizontaldrucke nach der Seite ausweichen, wo am wenigsten Widerstand ist, also in die Luft, nach oben. Die Schicht biegt, faltet sich. Wenn die Biegung an einem Punkte einmal begonnen hat, so wird sie durch jeden neuen Druck im gleichen Sinn weiter fortgesetzt. — An einer Falte erhalten die verschiedenen Teile die Namen, welche in nachstehender Figur angegeben sind.

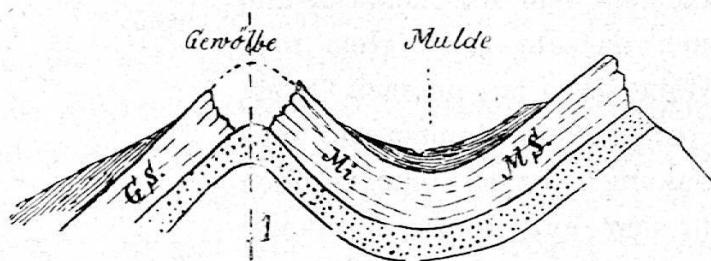


Fig. 32. Teile einer Falte; aufrechte Falte.

GS = Gewölbeschenkel, Mi = Mittelschenkel, MS = Muldenschenkel, A = Axialebene.

Durch den weiteren Zusammenschub können aus der vorstehenden aufrechten Falte andre Formen entstehen. Wenn die Axialebene der Falte statt senkrecht (Fig. 32) schief steht (Fig. 33), so haben wir eine

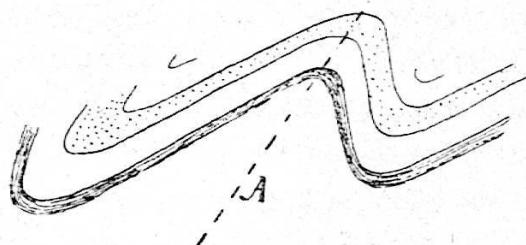


Fig. 33. Schiefe Falte.

unsymmetrische **schiefe Falte**, bei welcher der eine Schenkel steiler ist als der andre. Geht die Bewegung noch weiter, so entstehen die **überliegende** und **liegende Falte** (Fig. 34, 35), bei welchen im Mittelschenkel verkehrte Schichtfolge entsteht, indem die ältern Schichten dort auf die jüngeren zu liegen kommen. Bei diesen intensiveren Faltungen wird der Mittelschenkel, wie die Figuren andeuten, immer mehr in die Länge gezogen, „ausgewalzt“, indem der Abstand des Gewölbescheitels und Muldenscheitels zunimmt. Dabei kann die Reduktion des

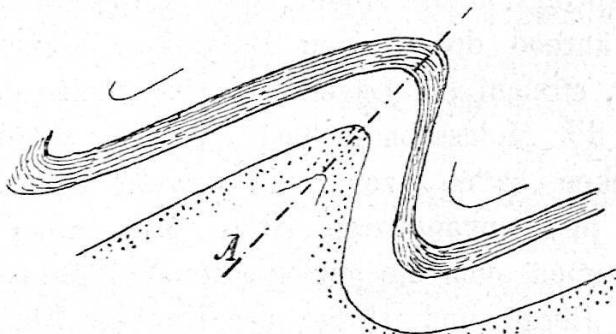


Fig. 34. Überliegende Falte.

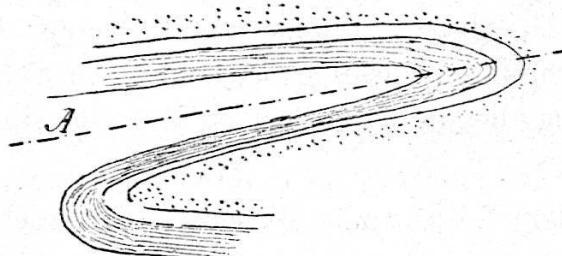


Fig. 35. Liegende Falte.

Mittelschenkels schliesslich so weit gehen, dass er in einzelne linsenförmige Fetzen zerrissen wird oder schliesslich ganz verschwindet. So entsteht die **Faltenverwerfung** oder **Faltungsüberschiebung**. (Fig. 36.)

Mit der mechanischen Reduktion des Mittelschenkels geht Hand in Hand auch eine Umformung der Gesteine: dieselben erlangen eine kry-stallinische Struktur, so dass z. B. dichter Kalkstein in Marmor übergeht; Petrefakten werden deformiert, gestreckt, zerrissen, oder zu langen Streifen ausgezogen.

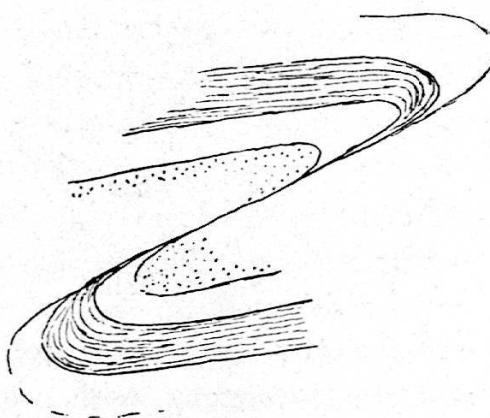


Fig. 36 Faltenverwerfung.

II.

Das einfachste Faltengebirge, das wir auf zürcherischem Boden haben, ist die Lägern. Schon auf einer mittelmässigen Karte des Kantons Zürich springt in die Augen, dass die Lägern ein ganz fremdes Element ist. Während die übrigen Bergreihen alle ungefähr von SO nach NW gehen, streicht die Lägern, im Gegensatze dazu, von W nach O. — Während die Molasseberge fast alle eine ziemlich sanfte Form, mit breiten Rücken haben, zeigt die Lägern einen langgestreckten, scharfen, früher fast ungangbaren Grat. Mit diesen Differenzen der äussern Form stimmen auch die geologischen Verhältnisse aufs genaueste überein. — Die Berge und Hügel des Kantons Zürich bestehen (mit Ausnahme der Lägern) durchaus aus den Ablagerungen der Tertiärzeit, und zwar der Miocänzeit. Es sind die Sandsteine, Mergel und Nagelfluhschichten, die alle unsere Berge: Albis-, Zürichberg-, Allmann- und Hörnlikette, zusammensetzen. Die Schichten dieser miocänen Ablagerungen liegen fast horizontal, wie sie sich ursprünglich gebildet haben.

Anders bei der Lägern. Diese besteht nicht aus Schwemmgesteinen, wie unser schweizerisches Mittelland, sondern da finden wir fast nur Kalksteine, dann etwas Mergel und schliesslich noch Gips. Es sind nach den Versteinerungen, die sich darin finden, alles Meeresablagerungen. Aber diese Schichten befinden sich nicht mehr in der horizontalen Lage, in welcher sie sich gebildet haben; sie sind schief aufgerichtet, senkrecht gestellt, oder sogar die ältern über die jüngern Schichten hinübergelegt.

Betrachten wir nun die Gesteine der Lägern etwas genauer, als es in der allgemeinen Übersicht möglich gewesen ist. Die ältesten Schichten, welche im Juragebirge und auch speziell in der Lägern zu

Tage treten, sind diejenigen der Trias. Zwar findet sich die unterste Trias, der **Buntsandstein**, in der Schweiz nur an ganz wenigen Punkten, während er jenseits des Rheins massenhaft verbreitet vorkommt. Es ist aber durch Bohrungen an verschiedenen Orten nachgewiesen, dass er tief unter der Oberfläche auch im Juragebiet als Grundlage der jüngern Sedimente vorhanden ist. Der **Buntsandstein** führt seinem Namen mit Recht, denn er besteht aus rotem, grünem, weissem, oft geflecktem Sandstein. Gegen den Schwarzwald hin wird sein Korn immer größer; auch stammen die roten Quarzkörner und Feldspattrümmer des Buntsandsteins von den Graniten und Gneissen des Schwarzwaldes. Dieses Gestein ist also eine **Uferbildung** vom Schwarzwald her, welcher vor und während der untern Triaszeit ein Festland war. Auf den Buntsandstein folgt der **Muschelkalk**. Dies ist keine Strandbildung mehr, sondern eine marine. Man kann aber deutlich erkennen, wie das Meer nach und nach an Tiefe zugenommen hat: Der unterste **Muschelkalk**, der **Wellenkalk**, zeigt nämlich sehr oft sogenannte Wellenfurchen, wie sie durch den Wellenschlag auf einem sandigen oder schlammigen Boden entstehen, und wie man sie am Ufer unserer Seen oft deutlich sehen kann. Also war damals das Meer sehr wenig tief. Auf den Wellenkalk folgt die **Anhydritgruppe**. Sie besteht aus **Anhydrit**, **Gips** und **Mergeln** und deutet schon auf ein etwas tieferes Meer hin. Der **obere oder Hauptmuschelkalk** beweist durch seine zahlreichen Versteinerungen, dass das Trias-Meer in dieser Gegend 100—200 m Tiefe gehabt hat. Man findet da nämlich als ein ungemein häufiges Fossil **Encrinus liliiformis**, eine Seelilie mit rundem Stiel, mit tulpenförmigem Kelche. Manche Bänke sind vollständig mit den Stielgliedern derselben durchspickt. Die nächsten Verwandten dieses Tieres leben heutzutage in einer Tiefe von 100—200 m am Grunde festgewachsen. Ausserdem findet man noch zahlreiche Muscheln, z. B. **Lima lineata**, **Lima striata**, auch eine Art Ammonhörner, **Ceratites nodosus**. (Fig. 28.) Die gesamte **Mächtigkeit** des Muschelkalkes beträgt etwa 80 Meter.

Der folgende Abschnitt der Trias, der **Keuper**, besteht fast nur aus **Mergeln** und **Gips**; er hat eine Mächtigkeit von zirka 60 m. Dies ist das älteste Gestein, das im eigentlichen Lägerngebiet, östlich von Baden, bei Ehrendingen, zu Tage tritt, während der **Muschelkalk** erst westlich von Baden an der Oberfläche erscheint. Bei Ehrendingen finden sich im Keuper grosse **Gipsgruben**.

Über dem Keuper liegt die **Juraformation** mit ihren drei Hauptabteilungen: **Lias**, **Dogger**, **Malm**. Der **Lias** besteht weitaus zum

grössten Teile aus dunkel, fast schwarz gefärbten Mergeln, weswegen er auch schwarzer Jura genannt wird. Dahin gehören z. B. die berühmten Insektenmergel der Schambelen a. d. Reuss; hier findet man, offenbar aus einer seichten, geschützten Bucht, Insekten und Landpflanzen mit Meerestieren zusammen eingeschlossen, erstere sind wahrscheinlich durch den Wind resp. durch Bäche ins Meer getragen worden. — Über diesen Mergeln findet man auch eine Bank von hartem, inwendig blauem krystallinischem Kalk, den Arietenkalk, der aussen meist sandig, rauh verwittert. (Sackhölzli bei Ehrendingen.)

Zu den häufigsten Petrefakten des Lias gehören die Belemniten (Fig. 30) und die echten Ammoniten (Fig. 29). Von letzteren sind z. B. Leitfossilien des Lias: Amm. Bucklandi, Amm. bisulcatus. Unter den Muscheln finden sich häufig *Gryphäa arcuata*, *Gryphäa cymbium* etc.

Die folgende Stufe, der Dogger oder braune Jura hat seinen Namen davon, dass seine Gesteine im Jura und in den Alpen, ja fast in ganz Europa durch Eisenhydroxyd braun gefärbt sind. Während der Lias in unserm Gebiet fast nur aus Mergeln besteht, finden wir im Dogger fast nur Kalksteine. Dieselben zerfallen wieder in verschiedene Unterabteilungen, welche jeweilen durch eigene Ammonitenspezies charakterisiert sind. Solche sind von unten nach oben: Amm. Opalinus, A. Murchisonae, A. Sowerbyi, A. Humphriesianus.

Der weisse Jura oder Malm trägt nicht bloss an der Lägern, sondern im ganzen Juragebirge seinen Namen mit vollem Recht, indem er fast durchweg aus weissen, oder wenigstens hellen, gelblichen Kalksteinen mit untergeordneten Mergelschichten besteht. Die Malmschichten haben an der Lägern eine Mächtigkeit von zirka 150 m, in andern Partien des Jura steigt dieselbe auf 300 m. — Die sämtlichen 5—10 Unterabteilungen des Malm sind marine Bildungen, in einem Meere von 200—100 m Tiefe gebildet. An Versteinerungen haben wir wieder viele Muscheln, zahlreiche Seeigel verschiedenster Art, Ammoniten, dann im oberen Malm (in den Badener Schichten) ganze Bänke von Schwämmen u. s. w.

Nun würde nach der normalen Reihenfolge die Kreideformation folgen; dieselbe findet sich in der Tat auch in den Alpen, sowie in der Westschweiz bis zum Bielersee. Von da an aber fehlt die Kreide im ganzen östlichen Jura, also auch an der Lägern.

Dies kann nicht anders erklärt werden, als dadurch, dass hier während der Kreidezeit kein Meer, sondern Festland, ein *flaches Festland* war. Da fand also keine Ablagerung neuer Schichten, sondern im Gegenteil eine Abtragung der obersten Teile des Malm statt.

Was in der Kreidezeit mit dem östlichen Jura geschah, das geschah in der darauffolgenden Eocänzeit im ganzen Juragebirge: Der Jura hob sich als Plateau über das Meeresniveau, während das ganze Alpengebiet noch tief im Meere lag. Das beweisen die eocänen Ablagerungen: in den Alpen haben wir marine Bildungen, während wir im Jura an zahlreichen Stellen Landbildungen finden. Zu diesen gehört das Bohnerz, das sich in Spalten, Klüften und Höhlen findet: grössere und kleinere Knollen von Eisenhydroxyd, mit Ton gemischt. Es ist wahrscheinlich an einzelnen Stellen als Quellenabsatz entstanden, an der Mehrzahl der Fundorte dagegen als Lösungsrückstand von Kalksteinen. Diese sind nämlich immer etwas ton- und eisenhaltig; wenn nun durch das Wasser der Kalk gelöst wurde, so blieben Eisen und Ton als unlöslich zurück und wurden in Spalten und Klüften angehäuft. In einigen Höhlen hat man denn auch, in solches Bohnerz eingebettet, die Knochen von Landsäugetieren eocänen Alters aufgefunden.

Seit der Eocänzeit ist der Jura und damit die Lägern, immer Festland geblieben bis heute. Am Schluss der Eocänzeit und während der Miocänzeit erheben sich dann auch die Alpen immer höher aus dem Meere. Zwischen Alpen und Jura bildet das schweizerische Mittelland einen grossen Süsswassersee, der während der Miocänzeit durch die Geschiebe der Alpen- und Juraflüsse ausgefüllt wird. Die dadurch gebildeten Ablagerungen gliedern sich in *a) untere Süsswassermolasse, b) marine Molasse und c) obere Süsswassermolasse*. An der Lägern reichen die Molasseschichten bis zu 650 m hinauf, bleiben also noch mehr als 200 m unter dem höchsten Gipfel. Um so viel ragte also die Lägern über den Miocänsee.

Die untere Süsswassermolasse hat an der Lägern eine Mächtigkeit von 30 m, gegen die Alpen hin wird sie viel mächtiger. Die Gesteine sind an der Lägern fast nur Sandsteine, mit untergeordneten Mergellagen.

Über der untern Süsswassermolasse folgt die marine Molasse mit einer Mächtigkeit von 50—60 m. Dass in dem gleichen Molassesee marine Ablagerungen erfolgten, ist nicht so schwer zu erklären; man braucht dabei keine grosse Senkung anzunehmen, es genügt, wenn der vorherige See in erneute bessere Verbindung mit dem Meere kam. — Die Gesteine der marinen Molasse sind bei uns in einem Streifen längs des Jura, sowie längs der Alpen entblösst. Am Jurarande, also auch an der Lägern, findet man den sogenannten **Muschelsandstein**, der z. B. bei Würenlos gebrochen wird. Es ist ein fester grobkörniger Sandstein mit grünen Punkten, welcher einen vortrefflichen Baustein

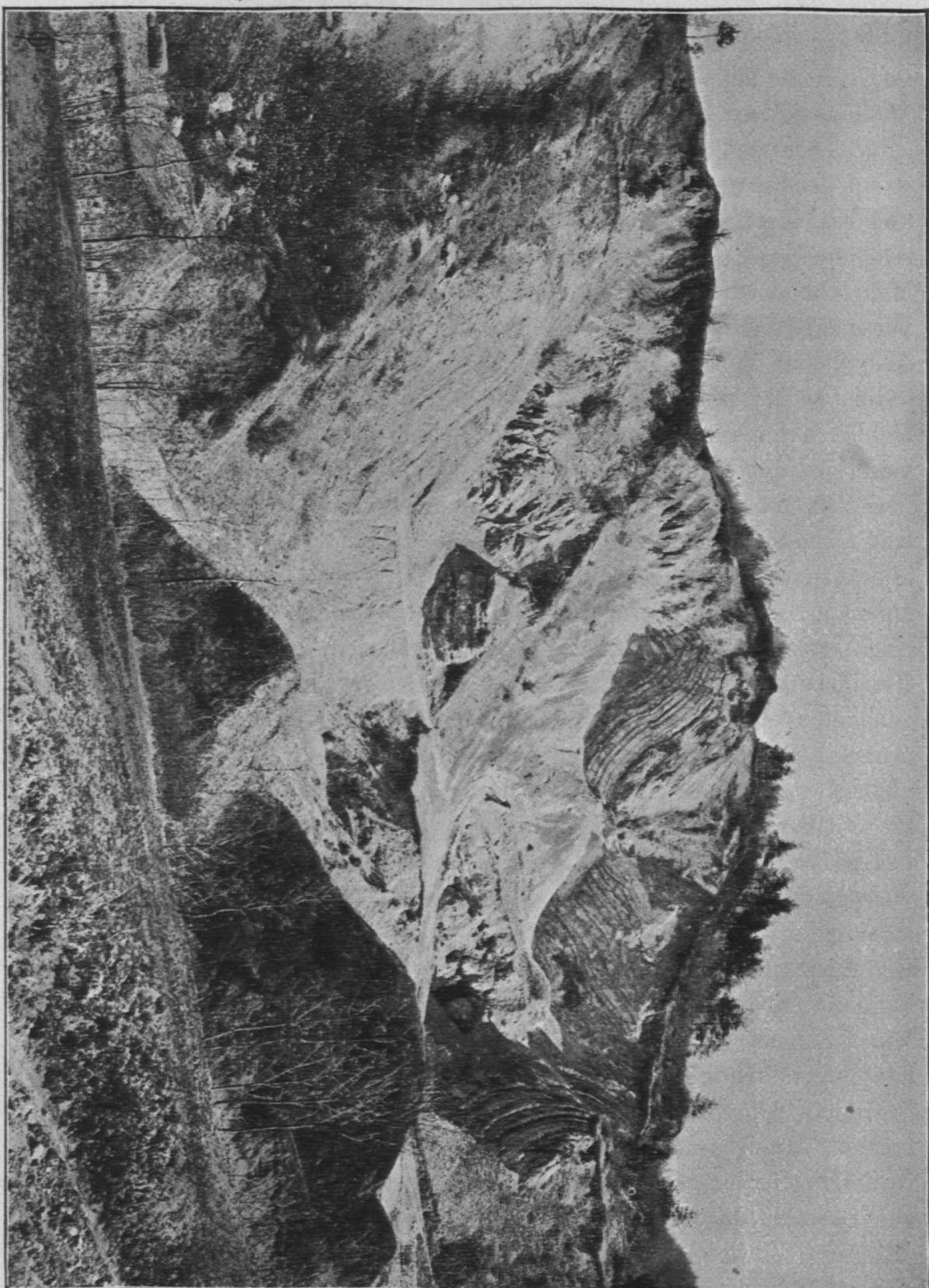


Fig. 37. Gipsgruben im Keuper bei Ehrendingen.

Phot. Dr. L. Wehrli Geolog.

abgibt. In demselben findet man häufig Haifischzähne, z. B. von *Lamna*, *Carcharodon*; marine Schnecken, wie: *Trochus*, *Turitella*, *Conus*; Muscheln, wie: *Cardium*, *Lima*, *Pecten*, *Ostrea*, *Tapes helvetica*. Aber all diese Stücke sind schlecht erhalten, zerschlagen oder abgerundet; bei den Muscheln findet man nie die zwei Schalen beisammen, wie beim lebenden Tier. Man hat es also hier mit einer Strandbildung zu tun, wo die Trümmer von der Brandung hin und her gerollt wurden.

Später schloss sich die Verbindung des Molassesees mit dem offenen Meere wieder; er wurde ausgesüßt und statt der marinen Tiere traten Süßwassertiere auf. Dann wurde der See mehr und mehr ausgefüllt. In den Schichten der oberen Süßwassermolasse, die aus Sandsteinen, Mergel und Nagelfluh bestehen, findet man daher die Süßwasserschnecken *Planorbis* und *Melania*, dann aber auch Landschnecken, wie *Helix*, und Landpflanzen. Gerade an der Lägern sind z. B. Blattabdrücke in Menge gefunden worden.

III.

Nach den Gesteinen sehen wir uns nun die Lagerungsverhältnisse der Lägern an; diese werden Aufschluss über Art und Zeit der Entstehung der Lägernkette geben.

Den Kern der ganzen Lägernfalte finden wir am schönsten entblößt in den Gipsgruben von Ehrendingen (Fig. 37). Man sieht auf der Nordseite die Gipsschichten nach Norden, auf der Südseite nach Süden fallen; sie bilden also ein Gewölbe. Der Scheitel desselben ist allerdings nicht ein einfacher Bogen, sondern bildet noch eine sekundäre Falte (Fig. 37 und 38). Diese Lage der Gipsschichten gibt uns sichern Aufschluss über die Art der Dislokation, die hier stattgefunden hat. Denken wir uns nämlich die gefalteten Schichten wieder ausgeglättet, so bekommen wir einen breiteren Streifen, als er jetzt ist, ein Zuviel an Erdrinde. Die Endpunkte der Gewölbekanten waren früher weiter von einander entfernt als jetzt; sie sind horizontal zusammengeschoben worden. Es ist nicht möglich, durch eine bloss vertikale Bewegung, Hebung der Mitte oder Senkung der beiden Seiten, sich diese Faltung zu erklären; das Primäre ist tatsächlich die horizontale Verschiebung; die Hebung zum Gebirge geht sekundär daraus hervor. —

Zu beiden Seiten dieses Gewölbekerns folgen in symmetrischer Reihenfolge die jüngern Schichten: Lias, Dogger, Malm. Je mehr man sich von der Mitte entfernt, desto jüngere Gesteine trifft man an. Die Richtung

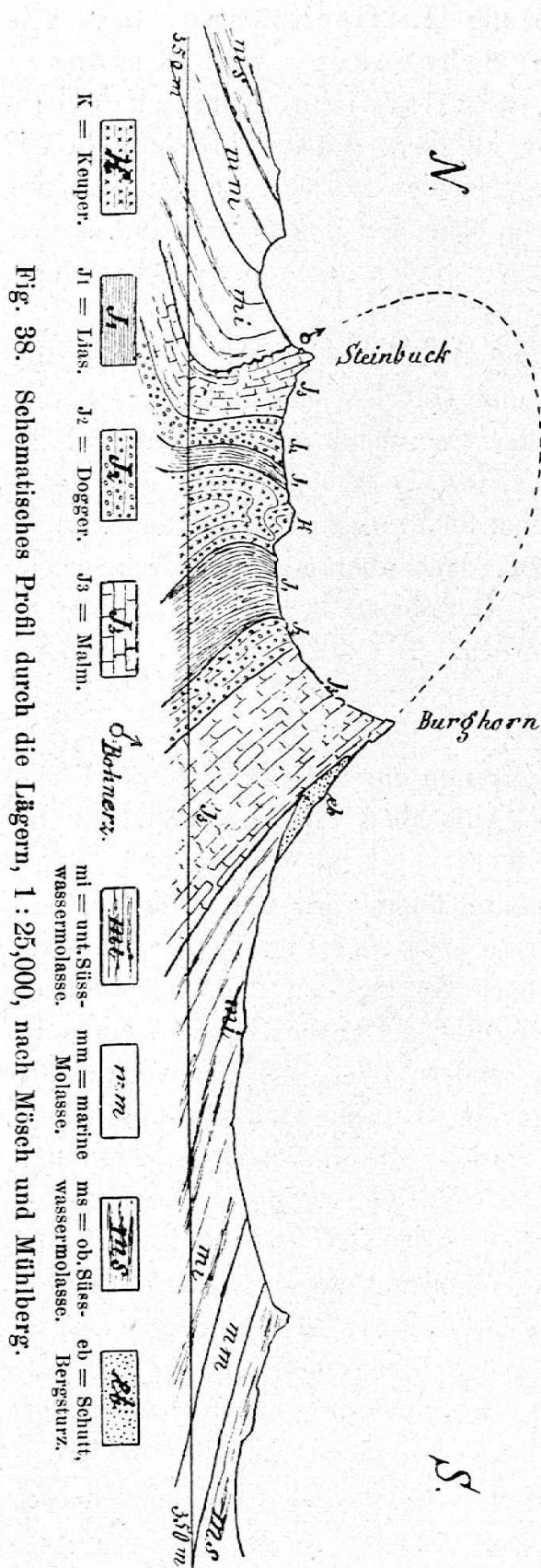


Fig. 38. Schematisches Profil durch die Lägern, 1:25,000, nach Mösch und Mühlberg.

derselben ist allerdings nicht ganz symmetrisch. An der Lägern, dem Südschenkel der Falte, fallen die Schichten alle mit $40-50^{\circ}$ nach S; im Nordschenkel dagegen, am Steinbuck, und ebenso in der Verlängerung am Hertenstein bei Baden stehen sie senkrecht oder sind sogar nach N übergelegt. Das Lägern gewölbe ist also im westlichen Teile eine nach N überliegende Falte. Auffallend ist dabei, dass sich auf dem Scheitel des Gewölbes gerade ein Tal befindet, so dass der höchste Teil der Kette nicht durch den Scheitel des Gewölbes, sondern durch den Südschenkel gebildet wird. Diese Erscheinung ist aber im Jura eine sehr häufige; das Tälchen von den Gipsgruben nach Baden hinaus ist ein Antiklinaltal (mit entgegengesetzter Neigung der Schichten), die Lägern ein Isoklinalkamm (mit gleicher Neigung der Schichten).

Wenn man der Lägernfalte nach Osten folgt, so nimmt ihre Intensität ab; an Stelle der überliegenden Falte hat man noch eine schiefe und bei Regensberg eine aufrechte Falte. In der gleichen Richtung legen sich dann, wie Zwiebelschalen, auch immer jüngere Schichten über den Kern des Gewölbes. Gerade oberhalb der Gipsgruben schliesst sich der Lias, auf dessen leicht verwitternden Mergeln die schönsten Wiesen sind; bei

Schöfflisdorf legt sich der Dogger darüber und bei Regensberg schliesst sich auch der Malm. Das Städtchen (Fig. 39) steht gerade auf dem

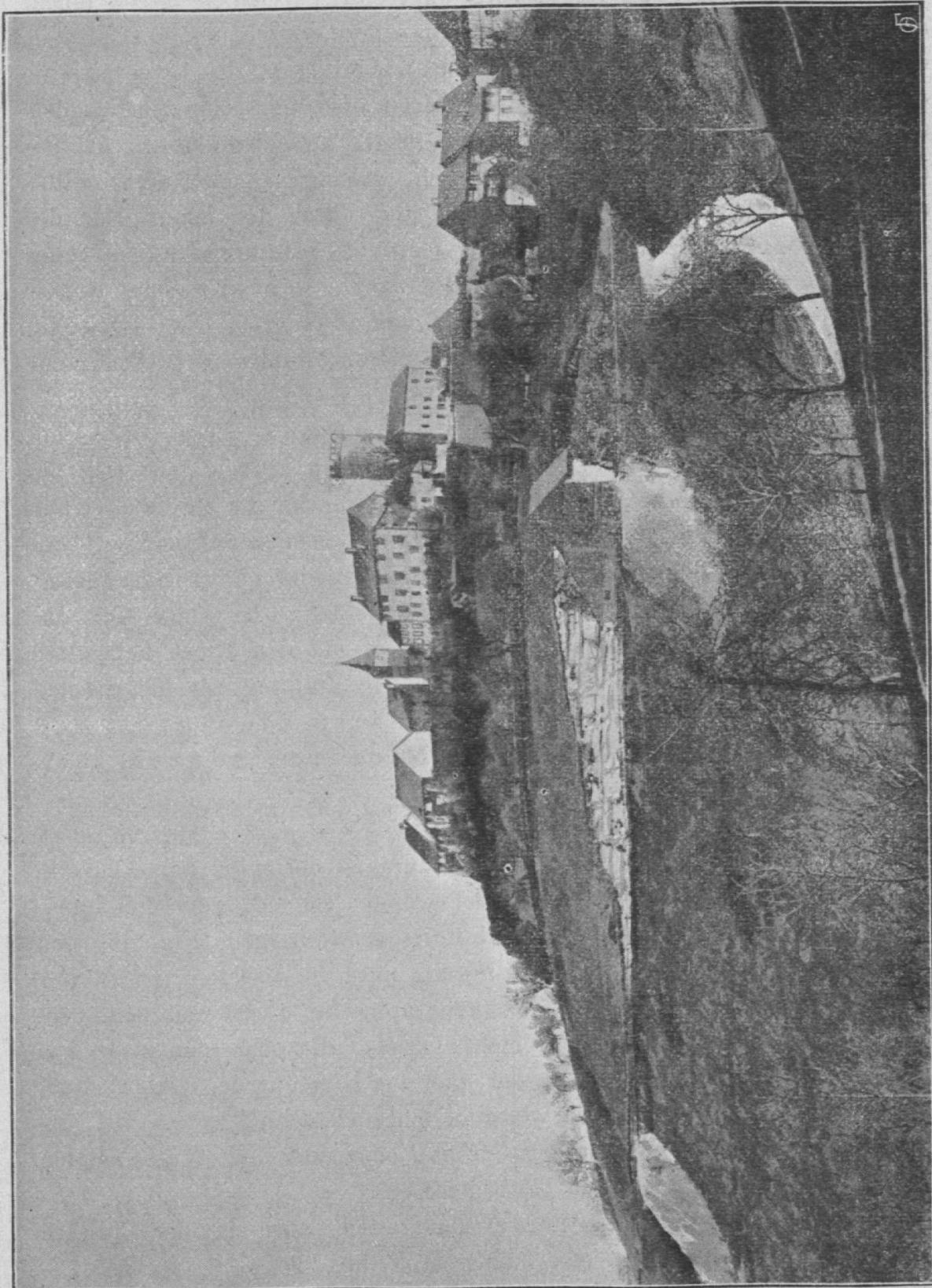


Fig. 39. Steinbruch im oberen Malm bei Regensburg.
Phot. Dr. M. Stephani.

Scheitel des Gewölbes, daher liegen hier die Schichten in dem kleinen Steinbruch westlich von Regensberg wagrecht. — Östlich davon taucht die Falte dann unter die Molasseschichten und erreicht so ihr Ostende; das westliche Ende ist am Mont Terrible. Die Lägernfalte ist somit eine der längsten des Juragebirges. Dieses bietet eines der schönsten Beispiele eines Falten- oder Kettengebirges von relativ einfachem Bau. All die langgestreckten schmalen Kämme nämlich, welche schon auf einer mittelmässigen Karte des Jura hervortreten, sind durch den innern Bau des Gebirges bedingt; es sind entweder Gewölbe (Antiklinalkämme) oder Isoklinalkämme wie die Lägern. Der Jura besteht aus einer Schar von Falten, die anfänglich von SW nach NO streichen, dann gegenüber dem alten Festlande des Schwarzwaldes mehr und mehr nach O umbiegen.

Unser Profil (Fig. 38) zeigt auch noch, wann diese Dislokation eingetreten ist. Von der Trias bis zum obersten Malm folgen sich die Schichten lückenlos und vollkommen parallel oder konkordant. Die Kreideschichten fehlen, dagegen findet man stellenweise auf beiden Seiten der Falte eocene Bohnerze. Auch die Schichten der untern Süßwassermolasse sind noch konkordant. Dagegen bildet, wenigstens auf der Nordseite, die marine Molasse einen Winkel mit den ältern Schichten, sie ist also diskordant angelagert. Die Faltung der jurassischen Schichten begann also hier nach der untern Miocänzeit und setzte sich durch das obere Miocän hindurch fort.

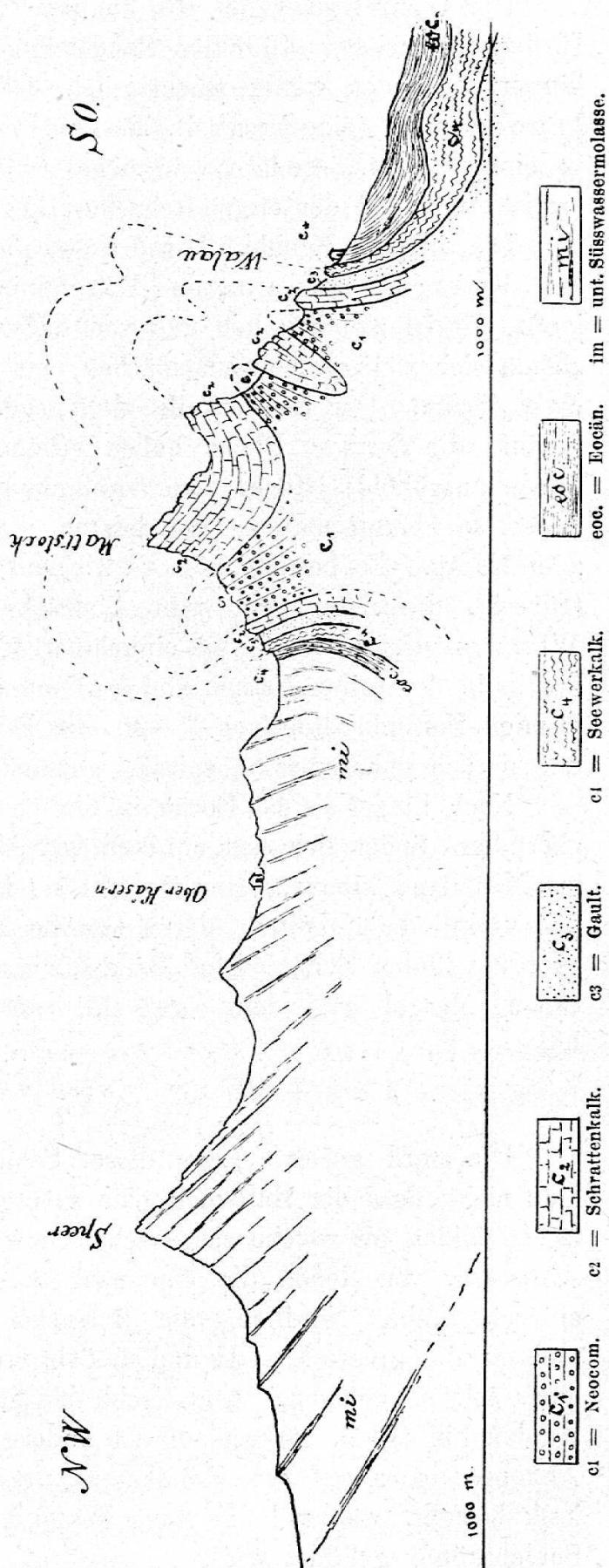
IV.

Viel komplizirter als der Bau des Jura ist derjenige der Alpen. Nicht nur ist die Zahl der Falten viel grösser, sie sind auch viel intensiver; liegende Falten (Fig. 35) und Faltenverwerfungen (Fig. 36) sind sehr häufig. Zudem hat die Verwitterung und die Erosion viel stärker gearbeitet, so dass manchmal die orographische Form mit dem geologischen Bau im Widerspruche steht: zwei Täler schneiden z. B. aus einer Falte einen Kamm heraus, der quer zur Richtung der letztern steht (Mürtschenstock), oder auf dem Scheitel eines Gewölbes ist ein Tal eingeschnitten (Kalfusertal oberhalb Vättis), oder aus einer Mulde ist ein Kamm herausmodellirt worden (Bifertenstock).

Ziemlich einfache Verhältnisse finden sich noch in den äussern Falten der Alpen, gegen das Molasseland hin, so z. B. am Mattstock (Fig. 40). Derselbe besteht aus den verschiedenen Stufen der Kreideformation, also gerade aus den Schichten, die im östlichen Jura fehlen. Bequemer als am Mattstock lassen sich die sämtlichen Kreide-

stufen: Neocom, Schrattenkalk, Gault, Seewerkalk, studiren an der Strasse von Weesen nach Amden. Am Seeufer bei Fly wird in einem Steinbruch unteres Neocom ausgebeutet. Es ist ein dunkler, harter kieseliger Kalkstein, der die Pflastersteine für die Stadt Zürich liefert. Etwas höher besteht das Neocom manchmal aus knolligen Kalksteinen oder aus Mergeln; die obersten Schichten enthalten oft ganze Bänke einer Auster: *Exogyra Couloni*.

Der darauffolgende Schrattenkalk ist ein heller, etwas krystallinischer Kalkstein, der meist weiss oder bläulich anwittert. An vielen Orten ist er durch Korallen gebildet worden, an andern steckt er ganz voll Schalen der Muschel *Requienia ammonaea*, deren Durchschnitte als scharfe Kurven auf der Anwitterungsfläche hervortreten. — Weil dieser Kalkstein fast chemisch rein ist, so bilden sich darauf leicht Karrenfelder (Schratten). In der Mitte des Schrattenkalks, der leicht über 200 m Mächtigkeit erlangt, findet sich gewöhnlich eine schwache Mergelschicht voll Versteinerungen z. B. *Orbitulina lenticularis*, eine linsengrosse Foraminiere (an der Strasse nach Amden im Niveau von ca. 610 m).



Der Gault schwankt von ein paar Meter Mächtigkeit bis zu 50 m. Er besteht meist aus dunklen Sandsteinen mit vielen grünen Glaukonitkörnern. Wo er wenig mächtig ist, enthält er sehr viel Petrefakten: *Inoceramus* (eine Muschel), *Turrilites* (ein Ammonitidier, der nicht in einer Ebene, sondern schraubenförmig gewunden ist). Den Gault erreicht man bei der ersten scharfen Biegung der Strasse (680 m).

Die oberste Kreide, der Seewerkalk, besteht endlich wieder aus Kalkstein, der arm an Petrefakten ist (selten etwa ein Seestigel). Er ist ziemlich hell und von dichtem Gefüge; durch das Gestein ziehen sich wellige Ablosungsflächen, auf denen schwarze, kohlige Häutchen liegen. Der Seewerkalk zieht sich bis über das Dorf Amden hinauf; die dortigen Bäche haben schöne, tiefe Erosionskessel in demselben ausgehöhlt. Steigt man durch die prächtige Amdener Mulde noch höher, so kommt man zu den letzten marinen Bildungen der Alpen, zum Eocän. Es besteht hier vorwiegend aus einfarbig grauen Mergeln (Flysch), die dann und wann Abdrücke von Algen oder Spuren von Würmern zeigen. Im Flysch eingelagert sind einzelne Bänke von Nummulitenkalk, der seinen Namen von den Nummuliten hat. Dies waren linsenförmige Foraminiferen von 3—20 mm Durchmesser, einzellige Urtiere mit zierlich gekammerter, spiraling gewundener Schale.

Noch jünger als das Eocän ist die untere Süßwassermolasse; aber diese findet sich erst nördlich vom Mattstock, am Speer und weiter ins Mittelland hinaus. Hier besteht sie fast durchweg aus sehr grober, fest verkitteter Nagelfluh, deren Gerölle bis kopfgross sind. Nur untergeordnet finden sich einzelne Sandsteinbänke und Mergellagen; die mio-cänen Mergel sind bunt gefleckt, am Kontakt gegen das Eocän hin rot.

V.

Die stark gestörte Lage dieser Schichten ergibt sich aus Fig. 40. Man sieht, dass der Mattstock eine grosse nach N. überliegende Hauptfalte bildet, an welche sich nach S. zwei sekundäre Falten anschliessen, von denen die eine nach S. überliegt, während die andere aufrecht steht. Nördlich vom Mattstock bildet die untere Süßwassermolasse eine grosse Mulde und südlich davon ist auch das Dorf Amden in einer solchen gelegen. Alle Kreideschichten, die vom Mattstock gegen Amden hin fallen, steigen auf der andern Seite annähernd parallel zum Abhang wieder auf zum Leistkamm, dessen scharfer Grat aus Seewerkalk besteht, während die hohe Wand gegen den Walensee durch die Schichtköpfe gebildet wird.

Besonderes Interesse bietet noch der Mittelschenkel der Nordfalte am Mattstock, an der „kleinen Nase“. Von der dortigen Einsattelung aus ist leicht die verkehrte Schichtfolge zu konstatiren, wie sie im Mittelschenkel einer liegenden Falte sein muss: im tiefsten Punkt des Sattels sind gefleckte miocene Mergel, darüber Nummulitenkalk (Eocän), dann bildet der Seewerkalk eine kleine Felswand; darüber folgt der Gault mit einem Rasenband, der Schrattenkalk als eine zweite Felswand und dann erst im Kern der Falte das Neocom. Darüber folgt wieder Schrattenkalk in normaler Lagerung, als Gewölbeschenkel der Falte.

An dieser Stelle zeigt sich auch deutlich die beginnende Reduktion der Mächtigkeit;

Seewerkalk	hat anstatt 100 m, bloss 12 m,
Gault	„ „ 70 m, „ 10 m,
Schrattenkalk	„ „ 220 m, „ 30 m Dicke.

Die sämtlichen Schichten sind also auf $1/7 - 1/8$ reduzirt. In der westlichen Verlängerung der Mattstockfalte geht die Reduktion bis auf $1/20$, ja bis auf $1/100$! Dabei zeigt sich auch ganz deutlich die früher erwähnte Umformung der Gesteine: Der Schrattenkalk ist durch den Druck marmorisiert worden, sogar der sonst dichte Seewerkalk zeigt halbkrystallinische Struktur.

Über die Zeit, wann diese Faltung stattgefunden hat, gibt das vorliegende Profil nur teilweisen Aufschluss, weil sämtliche Schichten, mit Einschluss des Miocäns konkordant sind. An andern Stellen des Alpenrandes dagegen, z. B. am Rigi, ist zwischen Eocän und Miocän eine scharfe Diskordanz. Daraus folgt also, dass die Hebung der Alpen am Schluss der Eocänzeit begann, durch die ganze Miocänzeit hindurch und noch ins Pliocän hinein sich fortsetzte.

* * *

Die Grösse des Zusammenschubes in irgend einem Faltengebirge lässt sich messen, wenn man ein exaktes Profil quer durch dasselbe konstruiert. Man hat dann einfach die Länge einer gefalteten Schicht zu vergleichen mit der horizontalen Entfernung ihrer Endpunkte. Für den Jura hat sich so ein Zusammenschub von 5—5,3 km ergeben, das sind circa 30 %. Für die Zentralalpen berechnet Heim eine Faltung von 120 km oder von 52 %. Die Schichten sind also in

horizontaler Richtung auf weniger als die Hälfte ihrer früheren Breite zusammengeschoben worden; oder Mailand und Bern sind einander um 120 km näher als ohne die Faltung.

So gross dieser Betrag erscheint, so ist er doch nur 0,3 % des Erdumfangs. Nehmen wir (nach Heim) den linearen Ausdehnungskoeffizienten der gewöhnlichen Gesteine = 0,000015, so würde eine Abkühlung des Erdkerns um 200° den Umfang der Erde um 120 km verkleinern, also genügen, um ein Faltengebirge von der Höhe der Alpen zu erzeugen. — Nun finden sich allerdings auf dem gleichen Meridian noch andre Faltengebirge; man kann für dieselben aber höchstens das Doppelte der Faltung der Alpen annehmen, zusammen ist dies eine Veränderung des Erdumfangs von 0,9 %. Wenn also der Erdkern sich um 500—600° abkühlte, so war dies genügend, um sämtliche Faltengebirge der Erde zu erzeugen.

* * *

In der grossen Frage nach der Entstehung der Gebirge ist es der Geologie gelungen, für die unendliche Fülle der Erscheinungen eine einheitliche Ursache zu finden. Die Abnahme des Wärmeverraten im Erdinnern und die daraus folgende Schrumpfung des Erdkerns ruft sowohl die Plateau- als auch die Kettengebirge hervor. Denn indem die Rinde für den schwindenden Kern zu gross wird, bricht sie an den einen Orten in Schollen, von denen die einen tiefer sinken, andere zurückbleiben und Plateaugebirge erzeugen, welche durch Verwerfungslinien begrenzt sind. In andern Regionen finden wir statt dieser vertikalen Dislokationen einen horizontalen Zusammenschub, eine Faltung; so entstehen die Falt- oder Kettengebirge.

Längs der Brüche, welche sich am Rande der Plateau- oder der Kettengebirge bilden, findet aber auch das feurigflüssige Magma des Erdinnern am leichtesten Gelegenheit, sich einen Ausweg zu bahnen. Daher finden wir die tätigen und erloschener Vulkane so häufig reihenweise am Rande der Plateau- und der Faltengebirge.

Ob diese horizontalen und vertikalen Bewegungen noch fortdauern? Gewiss! Zeuge davon sind die vielen tausend Erdbebenstösse, die alljährlich erfolgen, und von denen nur ein kleiner Teil mit vulkanischen Erscheinungen zusammenhängt. Der Rest ist lokal gebunden an die

grossen Dislokationslinien (Brüche und Falten), und ist die Folge von kleinen Verschiebungen von Rindenteilen.

Aber es ist schon dafür gesorgt, dass die Berge nicht in den Himmel hinauf wachsen: Luft, Wasser, Eis und organische Wesen arbeiten ununterbrochen daran, dieselben wieder abzutragen. Und mit welchem Erfolge! Sämtliche Hochgebirge der Erde sind, geologisch gesprochen, jung; ihre Haupterhebung hat erst in der Tertiärzeit stattgefunden. Ältere Gebirge, deren Faltung früher, in der Jura- oder Triaszeit sich vollzog, sind zu Mittelgebirgen erniedrigt worden, noch ältere, aus der Carbonzeit, sind vollständig abgetragen. Die Dislokationen ergreifen eben nur eine Zeitlang das gleiche Rindenstück; wenn dieses durch Bildung eines Gebirges dann genügend verdickt ist, wird es zu steif; die schwächsten Stellen liegen dann anderswo, und dort setzt die Dislokation ein. In dem zur Ruhe gekommenen Gebiete aber erlangen die abtragenden Kräfte die Oberhand und ruhen nicht, bis die Höhen wieder nivellirt sind. Die Gebirge sind gerade so wenig von ewiger Dauer wie ein Tal, ein See, ein Vulkan: sie werden und vergehen im Laufe der geologischen Epochen wie jeglich Ding auf Erden.