

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 19 (1925-1926)
Heft: 2

Artikel: Die Klippengruppe Buochserhorn-Musenalp und ihre Unterlage
Autor: Knecht, H.
Kapitel: I: Einleitung
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-158416>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 09.07.2025

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

I. Einleitung.

1. Abgrenzung und orographische Orientierung.

Die Grenzen des Untersuchungsgebietes sind:

- im N: der Vierwaldstättersee,
- im W: die Engelberger-Aa,
- im S: Seklisbach-Haldibach-Brisen,
- im E: Schimberg und Lielibach.

Dieses ca. 49 km² grosse Gebiet ist dargestellt auf Sektion 4, Blatt XIII, No. 382 der schweizerischen Kartenwerke.

Morphologisch und geologisch zerfällt es in zwei Teilgebiete, welche im E-W verlaufenden Tale des Buchholzbaches aneinander grenzen:

1. im N das Gebiet der Klippen (ca. 29 km²); beherrscht vom Buochserhorn, dessen Gipfel ungefähr die Form einer dreiseitigen Pyramide aufweist. Die Musenalp, ein ringsum steil abfallendes Plateau, liegt in der Verlängerung des südöstlichen Buochserhorngrates;

2. im S das Gebiet des Brisens, mit dem dachförmigen Haldigrat; ein Ausschnitt der Oberbauen-Brisenkreidekette.

2. Bodengestaltung (Quartärbildungen).

Am Fuss der Klippenberge häufen sich gewaltige, zusammenhängende Schuttmassen. Sie bedecken fast dreiviertel des nördlichen Teilgebietes. Die Form der Berge scheint in ihren Hauptzügen schon vor der Risseiszeit herausgerodiert worden zu sein, denn die mächtigen Moränen der letzten und vorletzten Vergletscherung erfüllen die Hohlformen derselben (Rübigraben, Unter-Spis, Nieder-Rickenbach). Als Nunataker mag der Gipfel des Buochserhorns nur wenige hundert Meter aus den Eismassen hervorgeragt haben; denn Moränenrelikte finden sich noch bis auf 1400 m Meereshöhe (20; 53)¹⁾. Kristalline Erratika fand ich im Buochserhorngebiet noch auf 900 m Höhe (oberhalb Sassi; im Rübigraben). Die weit ausgebreiteten Moränenmassen, welche das hügelige Wiesenland am N- und E-Fuss des Buochserhorns (zwischen Buochs und Büren) bilden, bezeichnen die Stelle, wo einst Reuss- und Engelbergeraagletscher zusammenflossen. Am Ennerberg sind die Glazialablagerungen wohl geschichtet, mit 15°—25° NE fallend; im allgemeinen liegt aber ungeschichtetes Moränenmaterial vor.

¹⁾ (20; 53) = Nummer und Seite des Literaturnachweises; vgl. p. 343.

Einzelne Moränenwälle lassen sich als kleine Hügelzüge oder Terrassen noch erkennen. Häufig sind sie aber unterbrochen und verschwemmt. Sogar charakteristische Talformen durchschneiden den Glazialschutt. Das schönste dieser Gebilde ist das Teuftal; eine breit „U-förmige“, gewundene, heute trockene, ca. 2 km lange Talrinne. Auch östlich unterhalb Obersassi tritt der Abschluss eines solchen Tälchens auf. In dieses letztere mündet von rechts her (bei 600 m ü. M.) der Träschlibach ein; die breite U-Talform ist aber auch von hier an abwärts vorläufig noch erhalten geblieben. Der steile Talabschluss in der Nähe der Auflagerungsfläche der Klippen, das Fehlen eines Einzugsgebietes und von Nebentälern, lässt vermuten, dass diese Rinnen von Klippenquellbächen herrühren, welche später versiegten.

Die rezenten Wildbäche schaffen sich steile „V-förmige“, enge Rinnsale und bildeten erhebliche Schuttkegel (Buoholzbach, Delta des Träschli- und des Lielibaches). Die beiden Klippenquellen (bei Ursprung und Ober-Sassi) besitzen keine Täler. Der Ursprungbach fliesst über einen bedeutenden Tuffkegel. Grössere Tuffmassen finden sich auch am S-Hang des Huetlerentobels bei ca. 900 m ü. M.

3. Die Geschichte der geologischen Erforschung.

A. ESCHER VON DER LINTH war wohl der erste, der Notizen über die lokalgeologischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes gemacht hat. Auf seinen äusserst zahlreichen Reisen berührte dieser Forscher mehrmals diese Gegend.

Als er, im Oktober 1839 von Kriens her über Stans nach Engelberg hinauf wanderte, fiel ihm die helle, schroffe Kalkwand auf, welche sich als mächtiger Felsabsturz hoch oben unter dem N-Grat des Buochserhorns hinzieht. Von der W-Kante des Berges an, fällt dieses Felsband gegen S rasch ab und nähert sich oberhalb Büren-Dallenwil schon sehr dem Talboden, um dann jenseits des Buoholzbaches unter dem Namen Wandfluh wieder langsam anzusteigen. Nach dem Verlauf dieser Kalke erschien das Tal des Buoholzbaches als typisches Synklinaltal. Es enthält in seinem Kern junge tertiäre Flyschgesteine, also Sand- und Mergelkalke mit Fucoïden; ferner Dolomit, bunte Mergel, Rauhwacke und Gips (wie ein kleiner Abstecher in das, die Mulde gegen W fortsetzende Steinibachtal ergab). Das Buochserhorn liess sich demnach als ein Antiklinalgipfel einer zwischen Brisen und Bürgenstock sich erhebenden Kreidefalte deuten.

Zwei Jahre später traf es sich, dass Escher wieder, diesmal zusammen mit Studer und Désor dieses Gebiet durchquerte, um von Beckenried nach Ober-Rickenbach zu gelangen. Beim Aufstieg über Unterspis-Alpen zeigte sich recht wenig Anstehendes; nur unten in dem Bachtobel die grauen Flyschmergelschiefer und dann oben bei Alpen neben Dolomiten die einförmigen, grauen flyschähnlichen, kieseligen Sandkalke des Buochserhorn-Osthanges. Gross war aber das Erstaunen, als sich auf der Höhe des Bleikepässchens unvermutet ein helles, schrattenkalkartiges Gestein (Urgon?) fand. Die darunterliegenden flyschähnlichen Sandkalke konnten demnach nicht dem Flysch (Tertiär) angehören, denn erst oben auf dem Gipfel der Musenalp fanden sich die bunten Mergel und Rauhbacken, d. h. die erwarteten Gesteine des Kernes der Niederrickenbach-Wiesenbergmulde, deren Axe also sehr rasch gegen E anzu- steigen schien. Umsonst aber suchten sie über dem hellen schrattenkalkartigen Kalke der Musenalp die Gesteine des Gault und Seewerkalkes, welche ja am gegenüberliegenden Hang über dem Schrattenkalk des Brisen typisch ausgebildet sind.

Im Jahre 1859 wird Escher durch eine forstwirtschaftliche Exkursion (von Stans über Niederrickenbach-Emmetten nach Stans zurück) veranlasst, dem Südfuss der Musenalp zu folgen. Da bemerkt er, dass die Seewerschiefer und der Flysch unter die Kalke der Musenalp einfallen. Sonderbar! Dann ein Vorkommnis von Flysch im Lielibachtobel, tief unterhalb den viel älteren, den normalliegenden schrattenkalkähnlichen Gesteinen der Musenalp; dasselbe Rätsel! „Wie die Flyschmulde von Rickenbach (gegen E) endet, ist mir nicht recht klar . . .“, sind Eschers letzte Worte über diesen Gegenstand.

B. STUDER hat seine Ansicht über die geologischen Verhältnisse des Buochserhorngebietes in seiner „Geologie der Schweiz“ (2; 175) kurz angedeutet. Das Buochserhorn schien ihm eine schwach S-fallende Platte von Neocomkieselkalk, die Musenalp eine steilstehende Platte von Schrattenkalk zu sein. Beide stellen nach seiner Ansicht zusammenhanglose Schollen dar, welche zwischen den ausgedehnten Kreidemassen von Brisen und Bürgenstock liegen, während ihre Bruchflächen von Rauhbacke und bunten Mergeln begleitet sind.

Studer vertritt noch die zu jener Zeit herrschende Ansicht vom wirren Schollenbau der Kalkalpen. Auf das Klippengebiet angewendet, erscheint sie zufällig richtiger, als der ihr überlegene Gedanke Eschers vom Faltenbau der Alpen. Grundlegend für die weitere Erforschung des Buochserhorngebietes sind aber nicht die genannten Detailbeobachtungen dieser beiden Forscher,

sondern ihre Förderung der Alpengeologie im allgemeinen, vor allem ihre Anregung zur Herstellung einer geologischen Karte der Schweiz im Masstab 1:100.000; ein Unternehmen, welches seinerseits wieder zur systematischen Erforschung der Geologie der ganzen Schweiz veranlasste.

F. J. KAUFMANN machte im Jahre 1871 mehrere private Exkursionen in die Gegend von Buochs und Beckenried. Er hielt sich meist nur am Fusse des Buochserhornes auf und besuchte die Tobel des Lieli- und Träschlibaches. Die gewaltigen Moränen- und Gehängeschuttanhäufungen liessen ihn ausser Flyschgesteinen wenig Anstehendes finden. „Weisse schrattenkalkähnliche Gesteine, jedoch ohne Miliolithen und oft jurassischen Kalken gleichend“, welche kleine Abstürze am bewaldeten E-Hang des Hörnli bilden, liessen weder in der Nähe noch aus der Ferne ihre Schichtlage erkennen. Erst auf einer letzten Exkursion nach dem N-Grat des Buochserhorns beobachtete Kaufmann, dass in der Umgebung von Oberspis dunkle Kieselkalke, vermutlich Neocom, zum E-Hang des Berges parallel liegen. An dem hellen Felsband, wohl Schrattenkalk, welches am W-Hang unterhalb diesem Neocom liegt, konstatiert er dasselbe SE-Fallen. Wie er aber auf dem schmalen Grat weiter gegen das Buochserhorn ansteigt, findet er nochmals eine weisse schrattenkalkähnliche Fluh (Alpeli), ähnlich der unteren. „Was ist nun aber das ziemlich breite grasige Band, welches sich zwischen diesen beiden Fluhbändern hinzieht?“, fragt sich Kaufmann. Nebel und Regen zwingen ihn heimzukehren und Jahre vergehen, bis ein weiteres Ereignis von neuem seine Aufmerksamkeit auf das Buochserhorngebiet lenkte.

Escher, der neben Kaufmann, Moesch und Gutzwiller an der geologischen Bearbeitung des Blattes IX der Dufourkarte beschäftigt war, starb (1872), und Kaufmann erhielt den Auftrag, in die entstandene Lücke einzuspringen.

Es schienen namentlich an den Mythen noch Aufnahmen notwendig, um Eschers Notizen zu ergänzen. Kaufmann war durch seine Arbeiten am Pilatus, Rigihochfluh usw. mit der Stratigraphie der alpinen Randzone vertraut geworden. Bei der Untersuchung der Mythen, stösst er nun auf so viel Unterschiede in Gesteinscharakter und Schichtfolge gegenüber den nahen Kalkketten, dass er am Kreidealter dieser Gesteine zu zweifeln beginnt. Umsonst sucht er nach Fossilien um Gewissheit zu erlangen. Schliesslich erinnert er sich, dass ihm auf seinen Exkursionen anno 1871 im Buochserhorn-Klewengebiet schrattenkalkähnliche Gesteine aufgefallen waren, welche den hellen Mythenkalken ähnlich waren. Da ihm die Alp Hütleren

am Buochserhorn als ergiebiger Fundort geschildert wurde und ihm vorgelegte belemnitenführende Gesteinsproben von dort mit dem schwärzlichbraunen Mythenkalk einige Ähnlichkeit zeigten, entschloss er sich, dort die Lösung der Frage zu suchen. Sein erster Besuch (1874) galt Kaplan Joller in Dallenwil, einem eifrigen Sammler. Diesen hatten die Älpler auf die sonderbaren „Hüetleren-Gigel“, (Belemniten) aufmerksam gemacht, die in den Baugruben der Hüetlerenalphütten (1844) zum Vorschein gekommen waren. Kaplan Joller hatte dann diese Fundstelle aufgesucht und noch viele andere Fossilien gefunden. Diese Sammlung (Verzeichnis derselben s. 9; 65 und 66) zusammen mit ergänzenden Funden Kaufmanns wurde P. de Loriol zum Bestimmen übersandt und ergaben, dass die Hüetlerenschichten zur Zeit des mittleren Lias abgelagert worden seien. Eine *Terebratula insignis* aus den hellen Riffkalken der Musenalp liess jene Gesteine als oberjurassisch erkennen.

Dem grossen Eindruck, den diese umwälzende Entdeckung in Geologenkreisen hervorrief, verleiht B. Studer in einem Brief (vom 13. April 1874) auf Kaufmanns diesbezügliche Mitteilung folgende Worte: „... Ihr Gedanke, den ganzen Mythen, Buochserhorn und Stanserhorn aus der Kreide, den Jurassiern einzuschliessen ist mir schreckbar, denn auf die genannten Gebirge würde sich diese Annexion nicht beschränken ...“. Die weiteren Folgen solcher Annexionen waren noch unabsehbar, doch mochte Studer vielleicht ahnen, dass sie geeignet waren, die Ansichten über den Bau der Alpen, die er an der Spitze der Geologen seiner Zeit sich errungen hatte, ins Wanken zu bringen.

Durch den Erfolg ermutigt, verbrachte Kaufmann noch einige Tage im Buochserhorngebiet. Er erkannte, dass die Rauhwacken, Quarzite und roten Mergel des Musenalpgipfels einer normalen, annähernd horizontalliegenden Riffkalkplatte aufliegen. Aus diesem Grunde konnte er seinem Kollegen Moesch, der, vom Triasalter dieser Gipfelschichten überzeugt, ihn während ein paar Tagen begleitete, in dieser Frage nicht vorbehaltlos zustimmen. Lieber hätte er jene roten Mergel mit den roten Kalkschiefern des Grossmythengipfels und den ihnen ähnlichen Schichten, welche er am N-Hang des Buochserhorns entdeckt hatte (3; 19. Juli 1874 — 5; 12), verglichen. Er wagte aber nicht, diese Vermutung auszusprechen, da er in den roten Musenalpmergeln vergebens nach Foraminiferen gesucht hatte. Die Tektonik des Buochserhorns blieb ihm vollends ein Rätsel. Die vom Engelbergertal (zwischen Stans und Wolfenschiessen) aus sichtbare Malmfelswand (Giebelfluh) schien, wie die darüberliegenden Trias- und Lias-Schichten und

der von Triaslagern begleitete Malmzug von Bleike, welcher sich zwischen Buochserhorn und Musenalp einschiebt, einer einheitlichen gegen S einfallenden Platte zu entsprechen. Die Beziehungen der Gesteine dieser seltsamen Gebilde zu den umliegenden Gesteinen der Kreideketten erklärt Kaufmann, indem er darauf hinweist, dass alle diese fünf „Jurassier“ (Mythen, Buochserhorn, Stanserhorn — — — — und Rotspitz) ungefähr in einer Geraden, parallel zum allgemeinen Streichen der Alpen liegen, mit folgenden Worten (5; 31): „. . . letzteres scheint auf einen einstigen Zusammenhang zu deuten, wohl etwa ein oder mehrere jurassische Ketten, die wir als Bindeglieder zwischen den Juraschichten der Walenseegegend und denen des Stockhorngebirges (Préalpes) anderseits auffassen können. Die nachfolgenden Kreide- und Eocänbildungen hatten alsdann den grösseren Teil dieser Ketten bedeckt, nur unsere Inseln schauten als stumme Zeugen der grossartigsten Veränderung über das Kreidemeer und die tertiären Gewässer empor; selbst die letzte Hebung der Alpen haben sie überstanden.“

Vermutlich ist dies Kaufmanns ureigenster Gedanke und unabhängig von Studers „nördlichem Randgebirge“. Dieser sah sich zu der Annahme von „Gebirgsgruppen, die früher den N-Rand der Alpen, wie jetzt noch den S-Rand begleitet haben müssen und durch das später erfolgte Zusammenpressen und Überschieben der Kalkgebirge oder durch ihre eigenen Trümmer bedeckt worden sind (2; 359)“, veranlasst, um die Herkunft der Gerölle südalpinen Charakters in den Flyschbreccien und in der miocänen Nagelfluh zu erklären. Kaufmann dagegen sucht die Strandbildungen seiner Jurassierinseln in deren unmittelbaren Umgebung und bringt sie in keinen Zusammenhang mit der miocänen Nagelfluh.

C. MOESCH führte die Untersuchungen Kaufmanns weiter und nahm das Gebiet im Auftrag der Schweiz. geol. Kommission im Masstab 1:100.000 geologisch auf. Auch Moesch ist der Ansicht, dass die Jurassier Kaufmanns Überreste eines einst zusammenhängenden Gebirges sind. Die stratigraphischen Verhältnisse erinnerten ihn an den östlichen Schweizerjura. Hier wie dort beobachtet er die Anwesenheit von bunten Triasmergeln und fossilreichem Lias, das Fehlen von Kreidegesteinen. „Da von den älteren Kreidegesteinen nichts bekannt ist, muss angenommen werden, dass die Wangschichten den Malm überlagern; eine Kontaktstelle ist bisher nicht aufgefunden worden (9; 100)“. „Resultatlos verlässt man die tiefausgespülten Schluchten am N-Fuss der Musenalp. Anstatt hier die erwartete Anlagerung von Eocängesteinen zu finden, steht man im losen

Schutt der durch die Brandung von den Klippen losgelösten Trümmer. Erst weit unten am Berghange, in der wilden Lieli-
bachschlucht finden sich eocäne Schiefer. Das Eocän in dieser Entfernung fällt aber für die Kontaktfrage nicht mehr in Betracht, indem seine Niederschläge bereits ausserhalb des Uferstriches liegen (9; 78).“

Wie im Jura, so schien auch hier Faltenbau vorzuliegen, denn am Buochserhorn werden E- und W-Hang, selbst ein Teil des N-Hanges von Schichtflächen gebildet. Die Trias auf dem Musenalpgipfel liess sich ebenfalls nur als Kern eines aufgebrochenen kuppelförmigen Gewölbes deuten. Wie ein Mantel schien die normal liegende Folge der jurassischen Schichten um die mächtigen Keuperkerne dieser beiden Gebirgsstöcke gelegt. „Und rings an den Flanken dieser Gewölbe liegt der lose Schutt, dessen Ablagerung in Form steiler terrassenförmiger Wellen vermuten lässt, dass er schon unter dem Wasserspiegel des unteren Eocänmeeres abgelagert wurde (9; 79).“ Die starke Verfaltung der Kreideschichten im S des alten jurassischen Klippengebirges mochte von der Stauchung herühren, welche diese Sedimente zur Zeit der tertiären Auffaltung der Alpen an dessen starren Rumpf erfuhren.

U. STUTZ, aufmerksam gemacht durch eine Publikation Kaufmanns (4; 390), unternahm eine Exkursion ins Buochserhorngebiet (im Sommer 1878), um sich den Hütlerenlias anzusehen. Bei dieser entdeckte er den Fundort von Rhätfossilien an der untern Grenze der Hütlerenalp.

Schon seit Jahren hatte sich Stutz mit besonderem Interesse dem Studium der „Kontaktzone“ zugewandt, jenem ununterbrochenen Band von Triasbildungen, das sich längs der „aus kristallinen Gesteinen bestehenden Zentralmasse der Alpen“ hinzieht, diese von dem „nördlichen Kalkgebirge“ trennend. Als er vernimmt, dass am N-Rand der Kalkzone eine Reihe von Jurassiern auftreten, angeordnet in der Streichrichtung der Alpen und begleitet von Trias-Sedimenten, scheint ihm dies auf einen grossartigen Zusammenhang zu deuten. Möglicherweise liess sich der Triaszug der Vierwaldstätter-
gegend jenseits des Brienerrothorns verfolgen und mit der Triaszone des Thunersees und dann weiter, durch das ganze Oberland hindurch mit dem grossen Triasbecken von Bex verbinden. Dann würde sich am Aussenrande der Kalkalpen ein ebenso konstantes Keuperband nachweisen lassen, wie am Innenrand; also würde die Gesamtheit der aus Jura-, Kreide- und Eocänbildungen bestehenden, durch Absenkungen in zahllose Schollen zerlegten nordseitigen Kalkalpen in einer gewaltigen Triasmulde liegen.

<i>Benennung der Schichten des Buochserhorn-Musenalp Gebietes in den Jahren 1841 bis 1924.</i>						
Escher u. Studer	Kaufmann	Stutz	Moesch	Tobler	Knecht	
H	—	—	(Birmensdorfer horizon)	Couches rouges (ob. Kreide)	Couches rouges	H
G	Seewerähnliche Kalke (ob. Malm?)		Fleckenkalk (= Janitor kalk) (Malm)	Fleckenkalk (Neocom)	Stockhornkalk	G
	Schraffenartige Kalke (= mythenartig) (ob. Malm)	Hühnerhäuserkalk (= Musenalp k. k. k.) (Corallien, weisser Jura)	Juwelkalk (Tithon)	Riffkalk (= Felsenkalk) (= Châtelkalk) (ob. Malm)	Felsenkalk	
F			Murchisonae Schichten	Studflussschichten (Oxford)	Studflussschichten	F
	Wang-Kieselartige Schiefer	Wedelsandstein (brauner Jura)	Oxford-schiefer	Pflanzensandkalk (= Rinderalpschichten)	Rinderalpschichten	
	Aptartiges Gestein	Siebenleiersandstein (= Giebelschichten) (brauner Jura)	Parkinsoni Schichten	Giebelschichten (ob. Dogger)	Giebelschichten	
E	—	Unterer Rissestein (brauner Jura)	Posidonien-Schiefer	Cancellophycos - Dogger (= Hausschichten)		E
	—	—	Angulatus-Horizont pp	Spiskalk (ob. Lias)	Spiskalk	
D	—	—		Posidonien-schiefer (Toarcien)		D
	Gaulähnliches Gestein = Hüetleren Gestein (mit H. Lias)	Belemnitenkalk (Lias)	Arietenkalk	Hüetlerensschichten (mit H. Lias)	Hüetlerensschichten	
C	—		Planorbis-horizont	Hettangienoolith	Pectenkalk	C
B	—	—	—	Rhät sandstein (= Psilonotensandstein)	Müllerbodensandstein	B
	—	Ostreenmergel (Rhät)		Grossmuschelpfatten	Grossmuschelpfatten	
	—		Kössenerschichten (Rhät)	Rhätkalke	Lumaschellenkalke	
A	Flysch (Tertiär)	(Trias)	Vans Kalk (Trias u. Rhät)	Rätartiger Dolomit (ob. Trias)	Dolomit	A
	(Keuper? od. Eocän?)		Keupermergel	Bunte Mergel u. Rauhwaacke	Bunte Mergel u. Rauhwaacke	

Fig. 1.

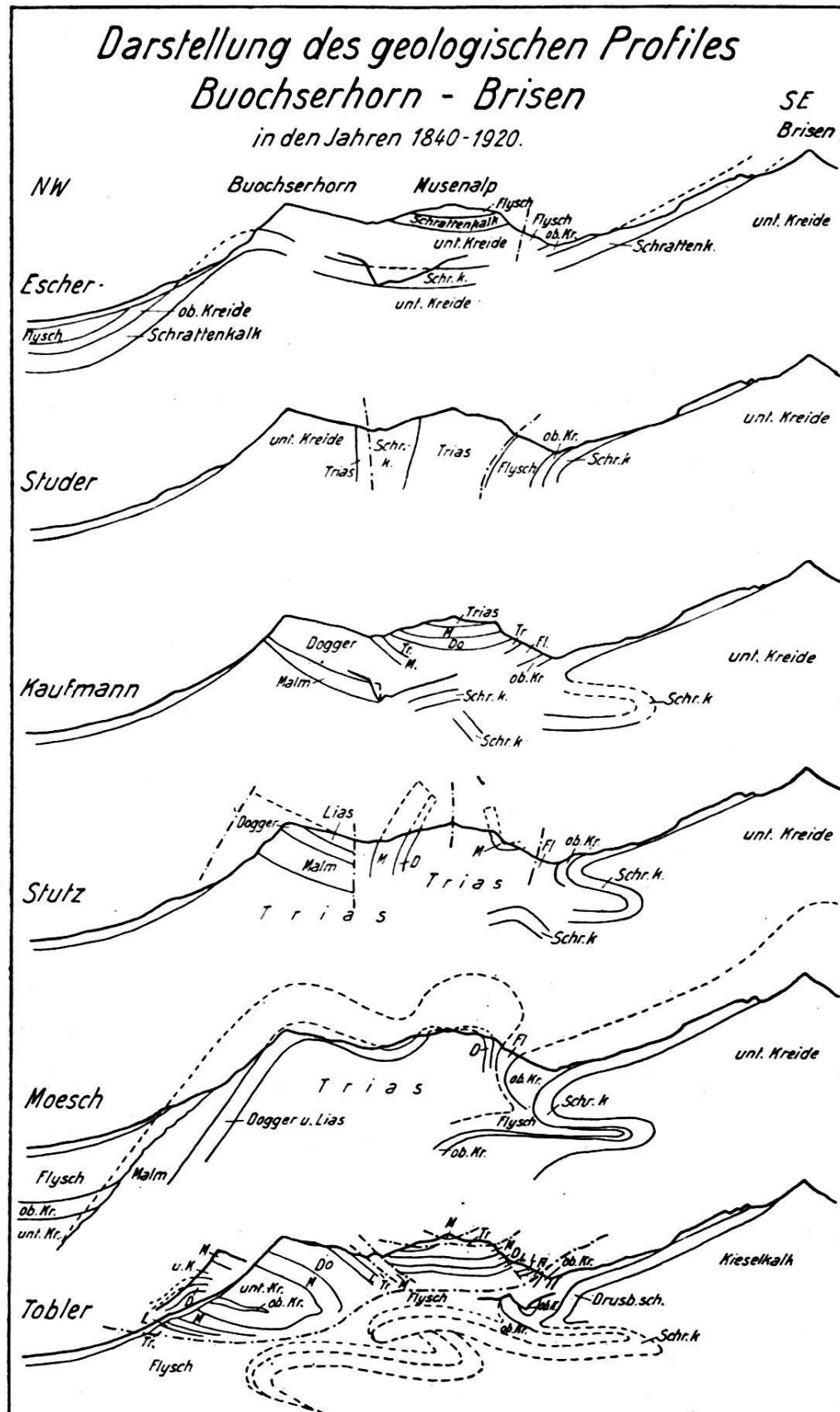


Fig. 2.

Masstab 1 : 100 000

Das „Keuperbecken am Vierwaldstättersee“ schien allerdings einige Unregelmässigkeiten aufzuweisen. Während an den Mythen die Keupersedimente wirklich am Alpenrand liegen, tauchen weiter westlich merkwürdigerweise als Grenzwall gegen die Molasse S-fallende Kreideschichten auf. Dadurch scheinen die übrigen „Keupergruppen“ in einer Kreidemulde zu liegen. „Es versteht sich von selbst, dass die beiden Kreideränder unter dem Keuperbecken hindurch nicht als Mulde zusammenhängen können, sondern bloss beiderseitig gegen dieses Becken eingesunken sind.“ Fast immer halten sich die Keuper- und Jura-
gruppen hart an die N-wärts einfallenden Schichten der dritten Kalkkette (Frohnalp-Brisen), im übrigen aber weicht ihr Bau gänzlich von demjenigen der umgebenden Kreideketten ab. Jedes der drei Reviere (Mythen, Buochser- und Stanserhorn, Giswilerberge) bildet eine Gruppe von kleineren Gebirgsstöcken, von denen jeder als unabhängige, durch Rauhwacke von den andern getrennte, sehr verschobene Scholle erscheint.

Der Buochser-Stansergypsstock zerfällt geologisch in drei Schollen: Klewenstock, Musenalp und die Kette Buochser-Stanserhorn. An der Musenalp sind infolge Auslaugung des unterteufenden Gypses die Juraschichten allmählich nach allen Seiten hin abgerutscht, bis sie in den weniger mobilen Keupermergeln und Sandsteinen sitzen blieben. So bilden sie heute eine Felsenkrone um das riesige Keuperhaupt des mächtigen Gypsstockes. Die Buochser-Stanserhornscholle ist eine bei der Senkung umgekippte und nun verkehrt gelagerte, langgestreckte Sedimenttafel, welche nachträglich noch von der Engelbergeraa entzweigeschnitten wurde.

Dieser zweiten Geologengeneration, Kaufmann, Moesch und Stutz, kommt das Verdienst zu, die Existenz von Trias- und Jurasedimenten inmitten jüngerer Gesteine am N-Rand der Alpen entdeckt und in den Umrissen erforscht zu haben. Die verschiedenen Gesteine sind durch sie — bis auf einige wenig verbreitete Bildungen — bekannt geworden. Im Detail gingen die Ansichten über den Gebirgsbau und das Alter der Gesteine noch stark auseinander. Noch allgemein galt aber die Ansicht, dass die Klippen älteren, triasischen und vor-triasischen Sedimenten aufruhon, dass sie „wurzeln.“

A. TOBLER. Jahre eifrigen Forschens vergingen ehe man erkannte, dass die Klippen „wurzellose“ Massen seien, unterlagert von Wildflysch, aufgeschoben auf die Kreideschichten des Alpenrandes. Von diesem Zeitpunkt an konnte man sie genetisch nicht mehr von den exotischen Blöcken im Flysch trennen, denen sie auch faciell glichen. Das „Klippengebirge“

Kaufmanns und Moeschs und das „Randgebirge“ Studers wurden synonym. Später identifizierte man es mit dem „vindelicischen Gebirge“, welches Gümbel supponiert hatte, um die am N-Rand der bayrischen Alpen auftretenden faciellen und tektonischen Discontinuitäten zu erklären. Dieses vindelicische Gebirge schien in der Westschweiz (Préalpes romandes) als zusammenhängende Gebirgsmasse noch erhalten geblieben zu sein, während man es östlich des Thunersees versunken und von seinen eigenen Denudationsrelikten bedeckt glaubte. Als Zeugenberge waren hier nur noch die schollenartig dem Flysch aufliegenden Klippen und Blöcke zu finden; Erosionsrelikte einer, von dem nördlich vorgelagerten vindelicischen Gebirge gegen S, auf helvetisches Gebiet aufgeschobenen Gesteinsdecke (Quereau Lit. 18).

Schon kurze Zeit später zeigte H. Schardt, dass auch die ganze Gebirgsmasse der Préalpes romandes mit Triassedimenten dem Flysch aufruht, demnach ebenfalls wurzellos ist wie die Klippen und Blöcke. Eine grosse Überschiebungsdecke schien vorzuliegen, welche sich östlich des Lac d'Annecy über das Stockhorngebirge ausdehnte und, wie die Klippen und exotischen Blöcke zwischen Thunersee und Rheintal bewiesen, einst auch die Unterwaldner-, Schwyzer- und Glarneralpen überdeckt haben musste, sich in dem Gebirge des Rätikon fortsetzend. Die Heimat der exotischen Gesteine dieser Decke sucht Schardt im Gebiete südlich der alpinen Zentralmassive.

Infolge dieser Neuorientierung der Alpentektonik schien es notwendig, die Klippen am Vierwaldstättersee erneut zu untersuchen. Diese Aufgabe übergab die Schweizerische geologische Kommission 1897 an A. Tobler, welcher sich schon vorher mit der Bearbeitung der legatweise an das Naturhistorische Museum in Basel übergegangenen Sammlung von U. Stutz beschäftigt hatte. Den Aufnahmen wurden die Siegfriedblätter 1:25.000 oder, wo diese fehlten, die zu diesem Masstab vergrösserten Blätter 1:50.000 zu Grunde gelegt. Die sehr sorgfältig durchgeführte Feldaufnahme ergab, dass das Buochserhorn die östliche Fortsetzung des Stanserhorns bilde und wie dieses den Bau einer liegenden Mulde aufweise. Arvigrat und Musenalp schienen sich ebenfalls in jeder Hinsicht zu entsprechen. Im Buochserhorngebiet wurden noch wesentliche Komplikationen erkannt. Zwischen Buochserhorn und Musenalp schiebt sich noch eine steilstehende Scholle ein (Bleike). Die Triasmergel des Musenalpgipfels, in deren Liegendem Liasechinodermenbreccien aufzutreten scheinen, mochten einer verkehrt gelagerten höheren Schuppe angehören. Darüber finden sich auf

dem Gipfelgrätchen Malmblocke, welche einer noch höheren Schuppe anzugehören schienen. Gestützt auf stratigraphische Vergleiche ordnete Tobler die Klippen den entsprechenden stratigraphischen Zonen der Préalpes zu und zeigte, dass auch in der Buochserhorn-Stanserhorngruppe die Kreidesedimente nicht fehlen. Ein Teil der von Stutz und Tobler gesammelten Fossilien wurde in Wien von Trauth, Oppenheimer und Schmidt bearbeitet.

Daten der bisherigen Untersuchungen.

Das Buochserhorn-Musenalpgebiet und seine nächste Umgebung wurden untersucht von:

BERNHARD STUDER (geb. 21. 8. 1794 — gest. 2. 5. 1887) im Jahr 1841, während einem Beobachtungstag;

ARNOLD ESCHER VON DER LINTH (geb. 8. 6. 1807 — gest. 12. 7. 1872) in den Jahren 1839 (1 Tag), 1841 (1), 1859 (1) und 1861 (1), im ganzen während ca. 4 Beobachtungstagen;

FRANZ JOSEPH KAUFMANN (geb. 15. 7. 1825 — gest. 19. 11. 1892) in den Jahren 1871 (3) und 1874 (27); im ganzen während ca. 30 Beobachtungstagen;

ULRICH STUTZ (geb. 15. 11. 1826 — gest. 9. 6. 1895) in den Jahren 1878 (6), 1879 (7), 1880 (2), 1881 (11), 1882 (5), 1883 (1), 1886 (2), 1887 (2) und 1888 (6), im ganzen während ca. 42 Beobachtungstagen;

CASIMIR MOESCH (geb. 15. 1. 1827 — gest. 18. 8. 1898) in den Jahren 1873 ? (?), 1874 (6), 1882 ? (?) und 1883 ? (?);

AUGUST TOBLER (geb. 29. 4. 1872 —) in den Jahren 1895 (12), 1897 (9), 1898 (7), 1899 (26), 1905 (8) und 1906 (21), im ganzen während ca. 83 Beobachtungstagen.

In Textfigur 1 und 2, die unsere geschichtlichen Rückblicke in manchem Punkt ergänzen, sind die wichtigsten stratigraphischen und tektonischen Resultate der aufgeführten Autoren zur Darstellung gebracht.

4. Ausführung der vorliegenden Arbeit.

Die Feldaufnahme: Nachdem ich mich an Hand der bestehenden Literatur über die Geologie des zu untersuchenden Gebietes orientiert und die Schichtfolge an einigen Aufschlüssen studiert hatte, begann ich mit der eigentlichen Feldaufnahme.

Es wurde das Ausstreichende jeder Zyklengrenzfläche sorgfältig verfolgt und der Verlauf der Grenzlinien, der Verwerfungen usw., so weit er sich an Ort und Stelle mit Sicherheit erkennen liess, in die Karte eingetragen. Die Schichtlage wurde an möglichst zahlreichen Punkten ermittelt, indem im Umkreis von einigen Metern an mehreren Stellen der Geologenkompass an die Schichtfläche angelegt und die Stellung der Magnetnadel und des Klinometers abgelesen wurde. Die Lage dieser Punkte wurde durch Kompasspeilungen und mit Hilfe des Höhenbarometers

meters bestimmt. Geologische Details, welche sich infolge ihrer geringen Dimensionen nicht in die Karte eintragen liessen, wurden durch Skizzen oder Photos festgehalten. Über Aufschlüsse, welche in ungestörter Folge das Liegende und Hangende eines stratigraphischen Zyklus enthielten, wurde mit dem Messband ein kleiner Polygonzug gelegt und die verschiedenen Gesteinsbänke, Silexlagen, Fossilhorizonte usw. als Zwischenpunkte eingemessen.

Eine erste Verarbeitung des so gewonnenen Tatsachenmaterials bestand darin, dass:

die eingetragenen Punkte kontrolliert (die Barometerhöhen korrigiert und die Visuren ausgeglichen) und dann ihre Lage durch Koordinaten angegeben wurde;

die Mittelwerte der Schichtlagemessungen pro Punkt und der mittlere Fehler dieser Messungen ermittelt, und

die Messbandmasse der stratigraphischen Detailprofile in normale Schichtmächtigkeiten umgerechnet wurden.

Auf diese Weise wurden innerhalb des Untersuchungsgebietes ca. 1000 Punkte bestimmt und ca. 40 Detailprofile aufgenommen. Jedem Punkt entsprechen 1 bis 20 Schichtlagemessungen mit einem mittleren Fehler von 1° bis 5° bis 20° . Die Genauigkeit der Mächtigkeitsangaben der Detailprofile beträgt ca. 2 bis 5%.

Die Tafel XII zeigt als Beispiel einen Ausschnitt aus der Feldkarte. In dieser wird die Schichtlage durch Pfeile angedeutet, deren Richtung die Fallrichtung und deren Länge die Grösse des Fallwinkels angeben (sie ist gleich $a \cdot \text{ctg } Q$, wenn der Fallwinkel Q grösser als 45° (∇), und gleich $a \cdot \text{tg } Q$ wenn er kleiner als 45° ist (∇); a = Aequidistanz der Höhenkurven im Masstab der Karte).

Die Ausarbeitung: Die auf der Feldkarte XII zusammengestellten Beobachtungen erlauben zunächst die Konstruktion einer „tektonischen Karte“, indem man eine Grenzfläche nach der andern für sich allein betrachtet und ihre Form durch Isohypsen darstellt, z. B. die Basisfläche der Giebel-schichten auf Taf. XI. Es ist hier nicht der Ort, um auf die Einzelheiten der Konstruktion näher einzugehen. Zur Erklärung der Tafel sei nur an folgende geometrische Beziehungen erinnert:

Die Richtung der Schichtniveaulinie ist gleich der Streichrichtung der Schichtfläche.

Der Abstand zweier aufeinanderfolgender Schichtniveaulinien ist gleich $a \cdot \text{ctg } Q$ (wo a = Aequidistanz und Q gleich Fallwinkel).

Die Schichtniveaulinie schneidet sich mit der entsprechenden topographischen Isohypse auf der Schichtgrenze (dem Ausstreichenden der Schichtfläche).

Mit Hülfe solcher geometrischer Überlegungen lässt sich aus dem Verlauf der Schichtgrenzen die Lage der Schicht und aus der Angabe der Schichtlage der Grenzverlauf ermitteln und so die Feldkarte ergänzen und vervollständigen.

II. Die Klippen (Das Buochserhorn-Musenalpgebiet).

A. Stratigraphie. Vgl. Textfigur 3 und 6.

Die Sedimente der Buochserhorn-Musenalpklippen lassen sich auf Grund ihrer Schichtverbände in acht Gruppen (Zyklen) einteilen. Ich bezeichne sie in der ganzen vorliegenden Arbeit mit den Buchstaben A bis H. Auf die Diskussion des geologischen Alters einzelner Schichten wird nur dann näher eingegangen, wenn ihre bis heute bekannt gewordene Fauna eine sichere Bestimmung erlaubt. Meine eigenen Funde sind unter den Lokalprofiltypen des Abschnittes C angeführt. Die übrigen Altersangaben stützen sich auf stratigraphische Vergleiche. Die Mächtigkeiten sind in Textfigur 3 und Tab. II angegeben. Über Vorkommen und Verbreitung der Schichten orientiert Tafel XIII.

1. Obere Trias.

Diese Gruppe umfasst vorwiegend helle, dolomitische Gesteine. Die Schichten sind meist tektonisch sehr stark gestört, so dass die Art ihrer Verbände nicht mit Sicherheit beurteilt werden kann. Es lassen sich unterscheiden:

Konglomeratbänke und Schlieren mit gerundeten gelben und grauen Dolomitgeröllen, grauen und bunten Mergelbrocken, eingebettet in dunkelgraue sandige Mergel (im Huetlerentobel bei 1440 m). An anderen Stellen findet sich ein schwammig-zelliges, tuffartiges Gestein, die typische Rauhwacke. In deren Umgebung erscheinen meist auch bunte Mergel, grau, rot oder grünlich; daneben oft ein bankiger Dolomit. Dieses helle, homogene, dichte Gestein, oft mit gelblicher Anwitterung und wie bestäubt aussehend, ist an der Basis feinkbankig (10 bis 20 cm) mit hellgrauen Mergelzwischenlagen. Nach oben nimmt die Mächtigkeit der Dolomitbänke zu (bis 100 cm). Gyps wurde nicht beobachtet.

Fossilien wurden innerhalb des Untersuchungsgebietes in diesen Gesteinen noch nie gefunden. Die Dolomite werden von einzelnen Autoren (Jeannet, Christ) dem Norien zugerechnet.