Zeitschrift: Mémoires de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles. Géologie et géographie = Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg. Geologie und Geographie

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 9 (1921-1927)

Heft: 1: Über die subalpine Molasse im Kanton Freiburg

Artikel: Über die subalpine Molasse im Kanton Freiburg

Autor: Buess, Heinrich

Kapitel: I: Die Gesteine der subalpinen Molasse

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-307048

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: 14.09.2025

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

I. DIE GESTEINE DER SUBALPINEN MOLASSE

1. DIE NAGELFLUH

A. Vorkommen

Die subalpine Nagelfluh in unserem Gebiet hat bei weitem nicht die gewaltige Ausdehnung und Mächtigkeit der zentral- und ostschweizerischen Äquivalente. Sie ist auch zusammenhangsloser sowohl in horizontaler als in vertikaler Richtung. Große, kompakte Massen fehlen ganz. Höchstens an den Flanken lehnt sie sich an bedeutendere Conglomeratbildungen an: im Westen an das Delta von Vevey, im Osten an das Guggisbergmassiv. Dort ist der Übergang ein natürlicher, die Gegend von Châtel-St. Denis ist die NE-Spitze des Deltas; hier trennt uns der Sensegraben scharf ab. Wohl tritt am Tütschbach N Plaffeyen zwischen den Häusern »Im Graben« und dem Wasserfall bei »Gradle« (hier besonders schön) eine etwa 6 m mächtige Nagelfluhbank mit einem Fallen von ca. 20° SE auf (Höhe 800—820 m), auch treffen wir an der Straße Plaffeyen-Plasselb und am Südhang des Höhenzuges von Oberschrot (ca. 900 m) zahlreiche Blockmassen von derselben Beschaffenheit an; sie würden aber weit unter den Guggisbergerschichten durchstreichen und sind deshalb kaum direkt diesem Massiv zuzuzählen. Auch haben wir es hier vorwiegend mit Kalknagelfluh zu tun, welche im ganzen Guggisberg nur zuoberst, am Guggershorn (1283 m) ansteht.

Wenn *Musy*,[1] noch von Mettlen in der Gemeinde Überstorf als dem äußersten Punkt spricht, wo in unserem Gebiet Nagelfluh auftritt, so beruht das offenbar auf einer Verwechslung mit dem bekannten Mettlen südlich Wattenwil im Gürbetal. In der Umgebung von Überstorf ist mir wenigstens keine anstehende Nagelfluh bekannt.

Einen weitern zusammenhangslosen Komplex finden wir in der Umgebung von *Montévraz*, am Waldhügel »Derrière Château« (1090 m) und in den E und W an ihm vorbeifließenden Bächen, am Hügel »le Poyet«, dann südlich Zénauva (834—920 m), bei Sonnenwil, bis Praz Mathaux hinunter (760 m), am Ost- und Nordhang der Combert etc.

[1]) Le Canton de Fribourg, p. 12.

Wenig mächtige, über der untern Süßwassermolasse anstehende Bänke und lose Blöcke sehen wir weiter südlich im Bachbett der Ruisseaux des Roches und du Bey (E La Roche, 900 m) und »sur Montsolfo« (980 m).

Schon zum Komplex von *Pont-la-Ville* gehört die ca. 40 m mächtige Bank »Ruines« am rechten Serbache-Ufer W La Roche und einzelne kleinere Ausbisse »vers les Châtaux« und am Sträßchen La Roche-Pont-la-Ville. Einen pittoresken Einblick in gestörte, aber sehr widerstandsfähige Nagelfluh erhalten wir an der Brücke von *Tusy*, wo sich die Saane vor deren Stauung durch wilde Felsmassen fraß, deren noch stehengebliebene Trümmer schon in römischer Zeit und wieder im Mittelalter Anlagen für den Flußübergang mit natürlichen Widerlagern und Pfeilern erleichterten.[1]) Auf diese interessante Stelle komme ich später zurück. Diese Nagelfluhen greifen weit auf das linke Ufer über und bilden N Avry-devant-Pont scharfgeprägte Rippen.

Der *Mont Gibloux*, der, als Ganzes genommen, einen ausgedehnten Nagelfluhkomplex mit vielen Sandstein-Zwischenlagerungen darstellt, eignet sich leider schlecht zum Studium dieser Facies, denn er ist infolge geringerer Festigkeit des Conglomerats der Verwitterung leichter ausgesetzt und deshalb überall stark mit Vegetation, teilweise auch mit Quartär bedeckt. Bei seiner Begehung finden sich immerhin zahlreiche Stellen mit anstehendem Gestein oder Blöcken. Zusammenhänge in der Schichtung sind jedoch nicht leicht zu konstruieren.

Von hier westwärts liegen überall vereinzelte Blöcke als Gletscherschutt, bis wir bei Semsales schon zum Teil, dann bei Châtel-St. Denis in das eigentliche *Vevey-Delta* eintreten. Steigen wir von der Brücke nach Fruence in dem Bett der Veveyse bis zum Elektrizitätswerk bei P. 641 (»au vieux Châtel«) hinunter, so bewegen wir uns ständig in rötlichen Nagelfluhmassen, zwischen welche wiederholt sehr harte Sandstein- und bunte Aquitan-Mergelschichten eingelagert sind. Bei der »Moulin« (Châtel-St. Denis) ist ein mächtiger Block am überhängenden linken Ufer abgeglitten und bildet nun mit diesem ein Dach, unter dem die Veveyse durchfließt. Solche, oft häuschengroße Blöcke liegen überall im Flußbett und bilden in der tief eingeschnittenen Schlucht in ihrem wilden Durcheinander ein Bild urgeschichtlichen Chaos'. Prächtige Nagelflühe sehen wir auch bei P. 825, 824, 841 S Châtel-St. Denis, bei der Moulin de Remaufens und Umgebung, oder in unmittelbarer Nähe von Bossonnens.

[1]) Eine gute Abbildung mit begleitenden historischen Notizen und einer Kartenskizze von *A. Gremaud* findet sich in »Fribourg artistique à travers les âges,« vol. 8, 1897. Eine anschauliche Zeichnung gibt *J. Reichlen* in »Le Chamois« 1869, No. 10. Siehe auch meine Photographie.

Wie bereits erwähnt, ist im Vergleich mit den mittel- und ostschweizerischen Gebieten die Nagelfluh in der Westschweiz nicht stark vertreten.[1] Das schließt nicht aus, daß sie einst mächtiger entwickelt sein konnte, aber abgewittert und von den Voralpen größtenteils überdeckt wurde, so daß heute nur mehr Reste davon bloßliegen. Auch hat in jüngerer Zeit die Erosion noch viel zerstört; wir finden z. B. in unserem Gebiet vielerorts Nagelfluhblöcke in Glazialablagerungen. Und was mag erst in zerkleinertem Zustand weggeschwemmt worden sein! Warum wirkten aber diese Zerstörungsagentien nicht im selben Maß in der Ostschweiz?

Über die auffallende Kümmerlichkeit der westschweizerischen Nagelfluh ist die heutige Forschung noch nicht einig. Auch *Heim* drückt sich vorsichtig aus: »⟨Die Nagelfluh ist⟩ zwischen Lemansee bis an die Aare nicht stark entwickelt oder vielleicht sagen wir richtiger: nicht stark entblößt«[2] oder »Südlich Freiburg ist sie, falls vorhanden, tiefer abgewittert und dann von den Alpen überdeckt.«.[3] *Ludwig* schreibt: »Es wird von den meisten Anhängern der Deckentheorie anerkannt, daß die subalpine Molasse von der Aare bis zum Bregenzerwald nichts anderes ist, als das umgearbeitete Äquivalent der Freiburger-Chablaisalpen«.[4] Auf diese Fragen gehe ich im Abschnitt »Die Entstehung der subalpinen Nagelfluh« näher ein.

B. Material

Unsere Nagelfluh ist ein durch Zement von wechselnder Beschaffenheit zusammengekittetes Conglomerat der verschiedensten Geröllstücke. Diese sind entweder kristallinen oder sedimentären Ursprungs, überall aber in nicht leicht zu bestimmendem und lokal sehr variablem Verhältnis gemischt. *Kurberg*[5] gibt für die verschiedenen Nagelfluhmassen den Prozentgehalt an Molassesandsteinen, Flyschsandsteinen, Kreidegesteinen, Juragesteinen und Kristallinem an, wobei es sich nicht um Volumen- oder Gewichtsprozente, sondern um die Zahl der in einem Hundert zusammenhängender Geschiebe handelt. Nach eigenen Erfahrungen halte ich es für etwas gewagt, solche genauen Durchschnittszahlen auszurechnen; denn deren Richtigkeit setzt eine große Zahl von Proben voraus, und diese wechseln oft von Meter

[1] Auf der die Verbreitung der Nagelfluh illustrierenden Tafel IV, p. 48, 1 : 1250000 in *A. Heim*, Geologie der Schweiz, gelangt sie für unser Gebiet nur im südlichsten Teil zur Darstellung.

[2] Geologie der Schweiz, p. 44.

[3] l. c. gl. p.

[4] Über die Entstehung der Alpentäler und der alpinen Randseen, p. 191.

[5] Neuere Untersuchungen über die tertiäre Nagelfluh im Gebiete zwischen der Aare und dem Genfersee, pp. 11—26.

zu Meter, gar nicht zu reden von vertikalen Variationen. Ein gewisses Interesse böte vielleicht noch die Vergleichung der *Geröllgröße* mit ihrem Material an verschiedenen Stellen desselben Niveaus und in verschiedenen Horizonten, was eventuell Schlüsse auf die Entfernung zuließe, aus der die verschiedenen Gesteinsarten hertransportiert worden waren. Doch wären auch diese Resultate bei der Unsicherheit der tektonischen Verhältnisse im Miocän am Nordrand des damaligen Alpenkontinents bloß problematische. Hierauf komme ich im folgenden Abschnitt noch zu sprechen.

Im allgemeinen ist unsere Nagelfluh die sog. *bunte* oder *polygene*, d. h. sie besteht aus kalkigen und kristallinen Geröllen, bloß am Tütschbach finden wir fast reine *Kalknagelfluh*. An kristallinen Gesteinen sind besonders Quarzite von verschiedener Größe, feinkörnige Diorite und Granite, selten Porphyre, an Sedimenten Molasse, Flysch, Kreide, Jura (Nerineenkalk)-Gesteine vertreten. Im Veveysedelta nimmt der Gehalt an kristallinen Bestandteilen von Châtel-St. Denis gegen den Leman hin ab; die übrigen Nagelfluhgebiete sind von zu geringer horizontaler Ausdehnung, als daß eine ähnliche Beobachtung mit Bestimmtheit gemacht werden könnte. Die Nagelfluhbänke und -Blöcke an der Saane ca. 500 m N Pont de Tusy sind sehr reich an Exotikum: Verrucano, rote Granite, Radiolariten vom Canavese, grüne Juliergranite. Es ist auffallend, daß *Kurberg* einen oft ganz bedeutenden Prozentsatz der Nagelfluhgerölle (bis 27 %, für das allerdings weiter östlich gelegene Mettlen gar 56 %) dem Molassesandstein zuweist, während, soweit mir bekannt, kein anderer Geologe diese Gesteinsart erwähnt. Es könnte sich auch höchstens um oligocäne oder untermiocäne Geschiebe handeln, was trotzdem nicht leicht anzunehmen ist, weil ja die gesamte Molasse noch während der gleichzeitigen Nagelfluhbildung sich senkte und meist unter Wasser war. Viele, wenn nicht beinahe alle der von Kurberg für Molasse angesehenen Gerölle sind nach meiner Ansicht einfach an der Außenseite der Blöcke oder Bänke etwas angewitterte Eocängesteine.

Die kalkreichen Nagelfluhen sind im allgemeinen wohl von kleineren, wenig tief eingeschnittenen Flüssen hergerollt worden, während die kristallinreichen von weiter her direkt aus dem Süden oder indirekt aus von dorther geschobenen Decken stammen.

Die einzelnen Geschiebe sind durchwegs gerundet, selten bloß eckenrund (bei größeren überwiegt oft eine Dimension stark) oder flach und von einer zwischen 1/2 cm und über 50 cm schwankenden Größe. Die mittleren und großen Exemplare bestehen fast ausschließlich aus Flysch, seltener aus Jura- oder Kreidekalk.

Gerölle mit »*Eindrücken*« habe ich verschiedentlich und fast überall angetroffen, besonders häufig S. Châtel-St. Denis am linken Veveyse-Ufer. Diese Stücke bestanden immer aus Kalk oder Kalksandstein. Über die Ursache dieser Eindrücke werfen *Favre* und *Schardt*[1]) verschiedene Fragen auf, die bis in die neueste Zeit noch nicht ganz einwandfrei beantwortet wurden. Als Gründe können, wie schon diese Autoren betonten, neben dem Schub-Druck bei der Alpenfaltung und dem Vertikaldruck der darüberliegenden Massen wohl Volumenvergrößerungen durch chemische Veränderung in Betracht kommen (»hydration, oxydation«), also ähnliche Agentien, wie sie im kleineren Maßstab dann die sandkornartige Zwischenmasse, das Zement-Bindemittel, zum festen Verkitten unter sich und mit den größern Geröllen bewirken. Eine von der heutigen nicht stark abweichende Erklärung der Eindrücke und Streifungen hatte eigentlich schon früher *Deicke*[2]) gegeben, der neben der mechanischen Druckwirkung einem chemischen Lösungsprozeß den wesentlichsten Anteil am ersten dieser Phänomene einräumte und die Streifung einer Reibung zuschrieb. Eine eingehende Studie über »Formveränderungen der Nagelfluhgerölle« von *Früh*[3]) führte zu weitern, wichtigen Erkenntnissen. Aber erst das jüngste Werk *Heims* hat uns über das Wesen dieser Eindrücke erschöpfend aufgeklärt. Es handelt sich nach den Resultaten der neuesten Untersuchungsmethoden um eine »Vermehrung der Löslichkeit durch feine Desaggregation an Punkten der Druckkonzentration«.[4]) Die Beobachtungen an allen von mir gefundenen und untersuchten »eingedrückten« Gerölle stimmen mit den von ihm mitgeteilten Tatsachen vollständig überein.

Der *Zement* ist von sehr mannigfaltiger Zusammensetzung, Feinheit und Farbe, richtet sich indessen bis zu einem gewissen Grad nach dem Material der Gerölle, die er verbindet, derart, daß er bei kalkreicher Nagelfluh kalkhaltiger ist als bei stark bunter, wo Quarz- und Hornsteinkörnchen neben Glimmerblättchen vorherrschen. Das Bindemittel ist eben bloß das feiner zerriebene Gesteinsmaterial. Wohl aus diesem Grund schenkte ihm *Heim* (Geologie der Schweiz) bei Besprechung der Nagelfluh gar keine Beachtung. Es zeigt ähnliche Struktur wie irgend ein Molasse-Sandstein. Wie es bei diesem härtere und leichter zerbröckelnde Arten gibt, so treffen wir auch sehr kompakte, mit mechanischen Mitteln fast nicht zu lockernde Nagelfluh neben

---

1) Description géologique des Préalpes du Canton de Vaud et du Chablais, Mat. 22, pp. 241—242.

2) Über Eindrücke in den Geschieben der Nagelflue etc. pp. 315—325.

3) Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz pp. 137—180.

4) Geologie der Schweiz pp. 58—61.

weniger widerstandsfähigeren Conglomeraten. Sehr koherent sind die Nagelfluhen von Pont-la-Ville-Tusy und Châtel-St. Denis, weniger festgefügt, wohl weil kalkärmer und auch jünger diejenigen von Montévraz und Mont Gibloux.

Inwieweit die Festigkeit des Bindemittels von Gebirgsdruck, Diagenese und ursprünglicher chemischer Beschaffenheit der Substanz abhängt, ist so wenig, wie für die Festigkeit (Härte) der Sandsteine vollständig abgeklärt.

C. Entstehung der subalpinen Nagelfluh und im weitern Sinn der subalpinen Molasse überhaupt

a) Allgemeines

Die fortschreitende Erforschung der Alpentektonik und -Stratigraphie hat ergeben, daß aus petrographischen Gründen der Kontinent, der die Sedimentation der Molasse spies, nicht ein heutiges Zentralmassiv sein kann. Auch die von alpinen Strömen verfrachteten Gerölle, heute zur bunten Nagelfluh zusammengekittet, stammen nicht aus den Gesteinen der nördlichen Alpenketten.

Zunächst hat man sich nach *Studer* und *Gümbel* mit dem versunkenen Alpenrandgebirge (vindelicisches Gebirge) geholfen. Noch *Gilliéron* übernahm von Studer die Hypothese von der Existenz einer Hügelzone am Alpennordrand, welche das Südostufer des Molassebassins bildete und in unserem Gebiet wesentlich aus Quarziten, Kiesel- und Kalkgesteinen bestand, während granitisches und porphyrisches Eruptivgestein nur in untergeordnetem Maße an deren Aufbau beteiligt war.[1] *Schardt* zeigte dann, daß die Stockhorn-Chablaiszone nach der Tiefe wurzellos und wohl vom verschwundenen Randgebirge von Norden (Süden?) her über Molasse und helvetische Gesteine bis vor die hohen Kalkalpen geschoben sei.[2] *Früh* lehnte gleich darauf das vindelicische Gebirge ab und glaubte bestimmt an das Gebiet zwischen Etsch, Inn und Adda als den Herkunftsort selbst der fremdesten Gesteine der Nagelfluh.[3] Zu ähnlichen, wenn auch keineswegs abschließenden Resultaten gelangte *Sarasin*.[4]

---

[1] *V. Gilliéron.* Description géologique des territoires de Vaud, Fribourg et Berne. Mat. 18, p. 407.

[2] *Favre et Schardt.* Description géologique des Préalpes du Canton de Vaud. Mat. 22.

[3] *J. J. Früh.* Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz, pp. 130—131.

[4] *Ch. Sarasin.* Die Conglomerate und Breccien des Flysch in der Schweiz. Siehe für unser Gebiet besonders pp. 195—202 (Niremont—Berra) und pp. 214—215.

Doch diese Erklärungen widerlegte neben *Haug, Schmidt* u. a. *Lugeon*[1] durch seine Theorie der Überschiebungsdecken von Süden her. Hierauf basierten nun eine große Zahl von Schweizer Geologen ihre Arbeiten, so u. a. *Rollier*,[2] der die Alpendecke von Flysch mit ihren exotischen, vindelicischen Einschlüssen als Nährgebiet für Nagelfluh und Molasse bezeichnete, oder *Arnold Heim*[3], der die ungeheuren Nagelfluhmassen nicht aus der Klippendecke herleiten möchte, sondern aus der autochthonen frühern Sedimenthülle der südlichen kristallinen Zentralgebiete und *Beck*[4], der für die Gegend des Thunersees die Hypothese aufstellt und verficht, es hätten eine präeocäne und eine eocäne Habkerndecke (»Wildflysch«) die Tavayannazsandstein-, Ralligschichten-, Nagelfluh- und Molassebildungen gespiesen. Eine ähnliche Spezialarbeit für die Freiburger Voralpen und das Mont Pèlerin-Delta oder Giblouxmassiv wäre eine wertvolle Ergänzung zur Herkunftsforschung der Nagelfluh in der Westschweiz. Für die Juraseite seien die Untersuchungen von *Ed. Gerber, E. Baumberger* und *J. Hug* erwähnt.

Ludwig,[5] der im Gegensatz zu den meisten Geologen die Glazialerosion an der Talbildung unserer Alpen einen unvergleichlich größern Anteil nehmen läßt, als die Erosion durch fließendes Wasser, vertritt mit Früh die Ansicht, es sei im West-Tyrol, Veltlin und Tessin das hohe Gebirge zu suchen, das wenigstens teilweise unsere miocäne Nagelfluh lieferte, hält diese aber nach seiner Gletschertheorie vorwiegend für ursprünglich fluvioglaziale Schotter. Diese letztere Ansicht ändert *Ludwig* schon nach wenigen Jahren.[6] Er wird überzeugter Gegner des Horizontalschubs und somit der Deckentheorie Schardts, und er kommt auf die lokale Bildung der Nagelfluh, auf das vindelicische Gebirge zurück, das er aber als langgestreckten Insel-Archipel

---

[1] *M. Lugeon.* Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse (Bull. Soc. géol. France t. 1, pp. 723—823, 1902).

[2] *L. Rollier.* Die Entstehung der Molasse auf der Nordseite der Alpen, pp. 166, 169.

[3] *Arn. Heim.* Die Brandung der Alpen am Nagelfluhgebirge, p. 458 und — *Arn. Heim.* Zur Frage der exotischen Blöcke im Flysch, mit einigen Bemerkungen über die subalpine Nagelfluh, pp. 418, 419 ff. Der Verfasser denkt bei der Erklärung der exotischen Blöcke im Flysch an deren Herkommen aus dem Süden auf Treibeis in das Flyschmeer und vermutet, daß die Gerölle der supalpinen Nagelfluh, aus ähnlichem Material wie jene bestehend, dieselbe Heimat haben möchten (l. c. p. 418).

[4] *P. Beck.* Über den Bau der Berner Kalkalpen und die Entstehung der subalpinen Nagelfluh, pp. 515—516 und — *P. Beck.* Die Niesen- und Habkerndecke und ihre Verbreitung im helvetischen Faciesgebiet, p. 65.

[5] *A. Ludwig.* Über glaziale Erosion und über die Ursachen der Eiszeit, p. 206.

[6] *A. Ludwig.* Flußgerölle, Molasseproblem und Alpenfaltung, pp. 237, 239.

mit ostalpiner Sedimentfacies auffaßt, dessen miocäne Gebirgskonfiguration heute noch in den Nagelfluhzonen durchschimmert, welche sich am Strand jener Inseln als Resultat der Küstenbearbeitung durch die Brandung dokumentieren. Dieser Ansicht kann ich schon aus dem Grunde nicht beipflichten, weil ich, ganz abgesehen von andern Faktoren, in diesem Fall vielmehr die Breccienform des Conglomerats statt der ausnahmslos gerundeten Gerölle erwarten müßte.

b) Westschweizerische Nagelfluh

Razoumowksy[1] glaubte, die nach Westen sich ergießenden Gewässer der Freiburger Täler hätten, nachdem sie bereits teilweise die Ebenen von Bulle und von Gruyère erfüllt, in den damals viel größeren Genfersee gemündet und dabei jene gewaltige Anhäufung von Conglomeraten mitgerollt, welche heute das Gebiet zwischen der Veveyse und der Broye bedecken. Das Hauptargument für die Annahme, daß die Greyerzerberge und der Kanton Freiburg überhaupt Lieferant dieses Geröllmaterials waren, erblickt Razoumowsky schon in der Form dieser Schuttmasse, welche an ihrer Spitze zwischen Bulle und Châtel-St. Denis viel weniger hoch gelegen (?) sei und hier aus sehr viel größeren Geschieben bestehe als zwischen Chardonne und der Chésaux-Spitze, weil eben dort die jugendliche, noch kraftvolle Strömung nur die gröbsten und schwersten Gerölle liegen ließ, die große Hauptmasse kleinerer Trümmer aber weiter westwärts schwemmte.

Die flachen Geschiebe sind im Verhältnis zu den gerundeten bei uns recht selten. Es ist deshalb schwierig, an mehreren Orten dachziegelartige Lagerung so zu interpretieren, daß hieraus auf eine allgemeine Fließrichtung der sie ablagernden Gewässer geschlossen werden könnte. Diese Richtung muß übrigens in den verschiedenen Bachbetten oder Deltaarmen und bei den häufigen Bodenbewegungen recht oft variiert haben. *Gilliéron*[2] bezeichnet nur eine Stelle am Mont Gibloux, wo er aus der Lagerung flacher Gerölle deren Transportrichtung als Ost—West rekonstruiert.

Favre und *Schardt*[3] erklären die Veveyser Nagelfluh bestimmt als »cônes de déjection«, halten es aber nicht für möglich, miocäne Strandlinien und Flußmündungen festzulegen. Sie sagen immerhin: »il serait pourtant étonnant que les lits de ces fleuves ne coïncident pas plus ou moins avec ceux des cours d'eaux de l'époque actuelle«, worunter sie nicht etwa die Rhone, sondern die Veveyses de Châtel und de Feygire verstehen.

---

1) *G. de Razoumowsky.* Histoire naturelle du Jorat et de ses environs t. II, pp. 211—212.

2) Mat. 18, p. 400.

3) Description géologique des Préalpes du Canton de Vaud et du Chablais, Mat. 22, p. 247.

Auch *de Girard*[1]) erklärt die verschiedenen Nagelfluhmassive als Schuttkegel von Flüssen, die einen dem heutigen ähnlichen Verlauf haben mußten, so hätte die Sense den Guggisberg, die Nesslera den Berri (»Derrière Château«), die Riedera das Massiv von Montévraz, die Saane den Gibloux und seine Fortsetzung gegen Pont-la-Ville gebildet; er schreibt aber den Mont Pèlerin der Rhone zu.

Früh[2]) faßt die Ergebnisse über unsere Nagelfluh etwa folgendermaßen zusammen: Die Ströme kamen von S oder SE. Wahrscheinlich wurde auch das Westende des Finsteraarhorn-massivs noch angeschnitten, von dem die Quarze in Gneissen hergebracht worden wären. Er fand kristalline Dolomiten der Trias von Schwandegg und »Eocän des bains de Weißenburg« in der Stockhornkette. In Handstücken von Rapaz und Montévraz hat er ausgezeichneten Lithothamnienkalk erkannt. Dieser stehe schon im Blatt XIII (Thun) an, und derselbe Kalk sei als Geröll im Napfgebiet gefunden worden.

Den in einer neuern Arbeit von *Kurberg*[3]) enthaltenen Argumentationen über die Herkunft und Bildungsweise der Freiburger Nagelfluh kann ich nur zum Teil folgen. Seine Untersuchungen, wie die Gilliérons und Frühs haben ergeben, daß die Nagelfluh von Guggisberg, Montévraz und Gibloux petrographisch als »bunte Nagelfluh« anzusehen ist, demnach kristalline Gerölle enthält. Diese sind allerdings meist von geringer Größe und repräsentieren auch prozentual einen kleinen Teil der Nagelfluhmassen (6%, 8%, 12%, 16% und am Gibloux immerhin 20%), während Flyschgeschiebe mit 7—53% und »Molasse« im Durchschnitt mit 20% beteiligt sind.[4]) Daraus aber schließen zu wollen, es hätten in unserem Gebiet zur Zeit der Nagelfluhbildung keine größern, das Kristalline anschneidenden Flußläufe existiert, oder es seien die »Molasse«- und Flysch-sandsteine, trotzdem sie wohlabgerundet sind, gar nicht trans-portiert, sondern von der Brandung losgerissen und gerollt worden, da sie ja bloß einige hundert Meter südich, am jetzigen Freiburger Alpenrand angestanden gewesen,[5]) trifft nach den modernen Theorien über Alpenfaltung und Deckenbildung wohl nicht voll-ständig zu. Meine persönlichen Beobachtungen z. B. an den

[1]) *R. de Girard.* Notions de géologie générale fondées sur l'étude du sol fribourgeois pp. 11, 31, ebenso in dessen »Rapport d'expertise etc. du lac projeté de Broc à Rossens p. 16« und in seinem »Tableau des terrains de la région fribourgeoise«.

[2]) Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz, p. 109.

[3]) *H. Kurberg.* Neuere Untersuchungen über die tertiäre Nagelfluh im Gebiete zwischen der Aare und dem Genfersee, pp. 37—39.

[4]) l. c. pp. 17—25.

[5]) l. c. pp. 37—39.

felsigen Küsten Schottlands haben mir immer gezeigt, daß sogar eine starke Brandung selten auch blos kleine Trümmer rund rollt, daß diese vielmehr kantig, höchstens eckenrund bleiben, und dies in um so höherem Maß, als sie bald nach ihrem Abbröckeln vom Anstehenden in Sand und Schlamm eingehüllt und mit diesem noch einige Zeit bewegt werden. Es wäre also, Wirkung von Meeresbrandung vorausgesetzt, ein brecciöses Conglomerat zu erwarten, in welchem auch wegen der oft nicht großen Härte des noch relativ jungen Flysches ev. älterer Molasse der sandige Zement über die Gerölle weit vorherrschen müßte. Aber etwas derartiges traf ich auf den vielen Wanderungen in Nagelfluhgebiet nie an. Auch von Muschelsandstein, der doch als Strandbildung angesehen wird und gegen den Jura hin so mächtig ausgebildet ist, traf ich nie Spuren, weder in der Nagelfluh selbst, noch in den sandsteinigen Zwischenlagerungen, höchstens gelegentlich Austernschalen. Die Petrefaktenlager in der Umgebung von »Derrière Château« ⟨Berri⟩ enthalten wohl sehr zahlreiche, aber meist noch intakte marine Fossilien, können also nicht als eigentliche Strandbildung betrachtet werden.

Weiter dürfte die damalige Strandlinie im allgemeinen, und abgesehen von wohl häufigen Verschiebungen ⟨Zwischenlagerung von marinen Sandstein- oder Mergelbänken!⟩ bedeutend weiter im Südosten gelegen haben, als der heutige Alpenrand. Aus der oft ansehnlichen Größe einzelner Geschiebe schließe ich vielmehr auf starke Flüsse, welche durch das stetige Sinken des heutigen Plateaus, damals Synclinals, sich immer tiefer in den Strand einschneiden und so stets neue Transportnahrung finden konnten.

Ob diese Flüsse effektiv im Kristallinen entsprangen, oder ob sie das in der Nagelfluh mitabgelagerte Kristalline erst auf ihrem Lauf durch die zunächst vornehmlich aus jenem gebildete Sedimenthülle antrafen und transportierten, oder ob es endlich aus Deckenfetzen herstammt, läßt sich schwer entscheiden, ebenso, ob der große Gehalt an Kristallinem ⟨Quarz, Hornstein, Glimmer⟩ des Nagelfluhzements[1]⟩ aus autochthonen oder sekundären Lagerstätten herrührt.

Wo auch immer das Material für unsere subalpine Molasse herkam, die einzige Möglichkeit ist die: es stammt vom Südufer des Molassemeeres oder der Molasseseen. Nur die Frage, wie dieses Südufer und dessen Hinterland ausgesehen haben, beschäftigt schon lange so intensiv die Geologen. Die Strandlinie, oder vielleicht sagen wir besser, die südlichste der Strandlinien ist heute zugedeckt. Aber sehr weit zurück vom jetzigen Südrand der Molasse kann sie nicht gelegen haben. Das beweisen

[1]⟩ l. c. p. 29—33.

die Nagelfluhdeltas, die sicher in ihrer Mächtigkeit nicht mehr weit unter den Nordrand der Alpen hineinreichen können. Das beweist auch schon die Größe ihrer Gerölle, die naturgemäß nach dem Strand hin progressiv wachsen müßten, was uns sehr bald zu Dimensionen führte, die für Wassertransport unmöglich wären. Nach *Heim*[1] mag der eigentliche Südrand der Molasse ungefähr unter Beatenberg-Zweisimmen-Villeneuve liegen, aber wohl nie an die autochthonen Zentralmassive herangereicht haben.

Der Umstand, daß die Deltabildungen in unserem Gebiet auch nicht im entferntesten an jene Massen der Zentral- und Ostschweiz heranreichen, läßt mich darauf schließen, daß zur Zeit dieser Deltabildungen das Niveau zwischen Genfer- und Thunersee bedeutend höher lag, als das östlich davon, daß es vielleicht auch kein so großes Hinterland hatte (Insel), wie jene östlicheren Gegenden und daß infolgedessen die bedeutenderen Flüsse mit stärkerem Gefälle und mächtigerer Geschiebeförderung den Weg dorthin fanden, während bei uns wohl zunächst ein Fluß das Delta Semsales-Montreux-Chexbres aufschüttete, dann aber infolge Hebung und Trockenlegung dieses Deltas sich weiter nach Osten wandte und die Nagelfluh des Gibloux und Pont-la-Ville, in einem späteren Stadium, immer infolge größerer Hebung im Westen (resp. langsamerer Senkung) die von Guggisberg ablagerte. Ich halte eher dafür, daß ein größerer Strom, aber mit öfters wechselnder Mündung unsere Nagelfluh abgesetzt hat, als daß sich Vorläufer der heutigen Bäche in sehr hohem Maß daran beteiligten.

Ich kann mich ebenfalls nicht zu der von *Arnold Heim*[2] geäußerten und dann auch von *Dillenius*[3] übernommenen Ansicht bekennen, daß westlich des Thunersees eine gewaltige Schüssel oder talförmige Vertiefung in der Molasse ausgefressen war, in welche hinein die Decke der Préalpes mit Leichtigkeit vordringen konnte. Welches gewaltige Agens hätte denn diese präalpine Molasseerosion bewirken können? Und warum gerade hier und nicht anderswo? Und dabei waren es keine Mergel, kein weicher Sandstein, es war zementierte Nagelfluh. Und welche Tiefe hätte dieses Material aufgenommen? Hat es etwa mit zur Bildung der ja bei uns fehlenden obern Süßwassermolasse beigetragen? Man mache sich einen Begriff von den Conglomeratmassen der zentral- und ostschweizerischen Deltas! Und der westschweizerische Drittel, den man sich nach Heim (l. c.) im gleichen Verhältnis ausgebildet zu denken hätte, soll wegerodiert worden sein? Warum? Wohin? Wann?

[1] Geologie der Schweiz, p. 188.

[2] *Arnold Heim.* Die Brandung der Alpen am Nagelfluhgebirge, p. 455.

[3] *E. H. Dillenius.* Neuere Untersuchungen im Tertiärgebiet am Nordrand der Freiburger Alpen, pp. 37—38.

Da er nicht vorhanden ist, und man sein Verschwinden nicht leicht erklären kann, und da überhaupt keine zwingende Notwendigkeit zu dessen Voraussetzung gegeben ist, halte ich es für einfacher, ihn zum vorneherein nicht zu supponieren. Dadurch bleibt uns der Aufwand für zwei Hypothesen, das Entstehen und das Verschwinden der westschweizerischen subalpinen Conglomeratdeltas großen Stils erspart.

Das Zutagetreten der untern Süßwassermolasse und des noch ältern Vaulruzsandsteins möchte ich infolgedessen weniger einer so tief schürfenden Erosion, wenn auch durch tektonische Vorgänge begünstigt, zuschreiben, als eben dem Grund, daß jene nie eine so mächtige jüngere Sedimentschicht überdeckte, wie die gleichaltrigen Stufen östlich des Thunersees. Wenn wir die Höhenquoten der heutigen Vaulruzsandstein-Ausbisse kontrollieren, so finden wir, daß sie zwischen 700 und 900 m liegen. Die höchsten Punkte, wo in unserem Gebiet Nagelfluh ansteht, sind Mont Gibloux (1212 m), Montévraz-Berri (1090 m), gegen Osten der Guggisberg (Schwendelberg 1297 m), gegen Westen der Mont Pèlerin (1084 m). Die größte Mächtigkeit der Nagelfluh in der Westschweiz, tektonische Modifikationen mitberücksichtigt, beträgt höchstens 300—400 m.

Man stelle sich die Höhe unserer Nagelfluhgebirge vor, wenn sich wirklich auf unsere bis 900 m hohe älteste Molasse noch Deltas von der Mächtigkeit der Rigi oder des Speer aufgesetzt hätten. Dadurch bekämen wir Strandlinien, die weit höher lägen, als die der Ostschweiz und die für die Bodenbewegungen (Senkung während der Bildung der Molasse und spätere Hebung um einen ähnlichen Betrag) in der Westschweiz weit größere Dimensionen voraussetzten. (Hierüber siehe auch im Abschnitt Tektonik.)

Bis eine eingehende, mit genauen petrographischen Untersuchungen belegte Arbeit über unsere Freiburger und angrenzenden Nagelfluhen mehr Licht über die Herkunft derselben verbreitet, behält der folgende Satz *Heims*[1]) wohl auch für unser Conglomerat recht: »Was eine künftige Forschung uns noch für Aufklärung bringen mag, so viel ist sicher, daß die subalpine tertiäre Nagelfluh der Schweiz aus den ursprünglich südlicheren Zonen der Alpen stammt und von dort zuerst teils durch Deckenschub, dann durch Abspülung hierher gelangt ist, und am Alpennordrand liegt als der tertiäre Schutt der jungen beginnenden Alpen, der schließlich von ihrer Bewegung selbst noch mitergriffen worden ist, und an welchem die letzte alpine Deckenbewegung strandete.«

---

[1]) *Alb. Heim.* Geologie der Schweiz, p. 58.

D. Stratigraphisches

Schon in unseren wenig ausgedehnten Nagelfluhgebieten zeigt es sich, wie wechselreich die Zusammensetzung dieses Conglomerates ist. U. a. erklärte bereits 1877 mein verehrter früherer Lehrer *Gutzwiller*[1] diese Mannigfaltigkeit in horizontaler wie vertikaler Richtung und das Vorkommen in den verschiedensten Horizonten der Molasse als Folge einer allmäligen Hebung des Alpenkörpers während der Nagelfluhbildung. Vor und nach ihm war nach der allgemeinen Faciestheorie die Ansicht verbreitet, alle Stufen der Molasse waren am Alpenrand als Nagelfluhfacies entwickelt und gehörten in ihrer Hauptmasse zum Aquitanien. *Gilléron*[2] spricht sich nirgends direkt über das Alter unserer Nagelfluhen aus, verlegt aber bei der allgemeinen Besprechung derselben einen ganz unwesentlichen Teil ins Alter der untern Süßwassermolasse, die eigentlichen Massive Mont Gibloux, Pont-la-Ville etc. in das der marinen Molasse. *Renevier* in seinen Tableaux des terrains sédimentaires setzt die gesamte Nagelfluhbildung ins Aquitanien, während die in verschiedenen Niveaus gefundenen Fossilien *Favre* und *Schardt*[3] zur Annahme bestimmten, einige Nagelfluhen, z. B. das Veveyse-Conglomerat als Strandfacies der Kohlenmolmasse wohl ins mittlere und obere Aquitanien, die Hauptmasse aber, so diejenigen des Mt. Pèlerins und von Châtel-St. Denis, ins Langhien (unteres Burdigalien) und mit Fragezeichen einen Teil gar ins Helvetien (unteres Vindobonien) zu verlegen. Sie dürften damit ziemlich das Richtige getroffen haben. *Früh* schreibt die Nagelfluhen von Speer-Rigi dem untern Aquitanien, die von Gäbris, Hohe Ronen und einen Teil der waadtländischen dem ober Aquitanien und den Resten dem Miocän zu.

Zu wesentlich verschiedenen Altersbestimmungen gelangte *Rollier*.[4] Er stellt alle schweizerischen Nagelfluhen über die Horwer- und Ralligschichten, ins Miocän, und anerkennt keine oligocäne Nagelfluh. Das Oligocän tritt allerdings, soweit bis heute bekannt, fast ausnahmslos nur in den Antiklinalkernen und als Überschiebungsschuppen auf und zwar als Sandstein oder Mergel. Das schließt nicht aus, daß es in ihrer subalpinen

---

1) *A. Gutzwiller.* Molasse und jüngere Ablagerungen. Beiträge 14, p. 32.

2) Mat. 18, pp. 398—408.

3) Mat. 22, p. 231.

4) Sur la molasse suisse et du Haut-Rhin, p. 96. Siehe auch vom gleichen Verfasser: Sur l'âge du conglomérat subalpin ou Nagelfluh de la Suisse, wo wenigstens für die Ostschweiz und die Gegend von Bregenz gezeigt wird, daß Nagelfluh erst über dem Aquitanien auftritt, und in seiner Révision etc., p. 71.

Fortsetzung unter den Voralpen doch oligocäne Nagelfluh gibt, die jetzt zugedeckt ist. Ein Anzeichen dafür sehe ich in den z. T. sehr grobkörnigen Vaulruzsandsteinen im Steinbruch Montcaillaz W. Bulle, der in Bezug auf Korngröße den »grès d'Attalens« stellenweise übertrifft. Auch für die linksufrige Veveyse-Nagelfluh möchte ich einen Vorbehalt machen. In den roten Mergelzwischenlagerungen z. B. bei Moulin de Châtel-St. Denis fand ich zahlreiche Blattabdrücke und andere Pflanzenreste, weiter flußabwärts außerdem Planorben, was mich bewog, dieses Conglomerat dem Aquitanien zuzuweisen. Im übrigen ist die Altersbegrenzung Rolliers für unser Gebiet zutreffend, denn die einzige noch auf aquitaner Molasse aufliegende Kalknagelfluhbank mit kleinen Geröllen im Ruisseau du Bey spielt eine sehr untergeordnete Rolle und könnte ebensowohl unterstes Miocän sein.

Bei allen von mir besuchten Nagelfluhen wechseln die Conglomeratbänke mit Mergel- und häufiger mit Sandsteinschichten. Diese sind meist fossilfrei. So fand ich am ganzen *Gibloux* keine Petrefakten mit Ausnahme eines Haifischzahnes bei »es Molleyres« P. 750 ‹NE Avry devant Pont›. Glücklicher ist man in dieser Beziehung bei den *Nagelfluhen von Montévraz.* Hier sind eine Reihe von z. T. längst bekannten Fundstellen aufgeschlossen. Die ganze Umgebung des Berri ‹Derrière Château› ist eigentlich ein großer Friedhof gestorbener Lamellibranchiaten und Gastropoden. Sozusagen überall stößt man auf ungemein reiche Lagerstätten, wo die Fossilien dicht gedrängt und bunt gemischt beisammenliegen. Ich erwähne die Lager vom *Burgerwald* ‹etwas unterhalb der pont des pilons E Berri›, vom *Ruisseau du Berri* ‹etwa 250 m S au Piccaud bis P. 962; hier fand ich sehr schöne Pecten, Cardien, Tapes, Solen, Venus, Natica, Helix und eine prächtige 15 cm lange und 7 cm hohe Panopaea›, vom Ruisseau des Mesers ‹in der Nähe von fünf großen erratischen Blöcken, an denen übrigens die ganze Gegend überaus reich ist›, dem ganzen Bach entlang, der vom Schwand de la Riedera herunterkommt, wo E P. 921 Obersmatt am rechten Ufer blauschwarze Mergel in einer Schicht beinahe aus lauter Cardien bestehen, wo aber auch sämtliche übrigen marinen Fossilien dieses Horizontes besonders schön und leicht, Pecten z. B. mit noch hübsch erhaltener Schale, herauszubekommen sind. Im allgemeinen fand ich die bereits im Museum in Freiburg befindlichen ‹zumeist von Rollier bestimmten›, von Gilliéron und Dillenius erwähnten Spezies ‹siehe meine tabellarische Zusammenstellung darüber›.

Diese Petrefakten beschränken sich dabei nicht bloß auf die Sandstein- und Mergelzwischenlagen, sie finden sich beinahe

überall auch zwischen den Geröllen im Nagelfluhzement. Eine für die Beobachtung besonders gut geeignete Stelle im Ruisseau de Vibrenau, dem mittleren der drei im Schwand de la Riedera zusammenfließenden Bäche, beschreibt Dillenius [1]. Ich selbst habe ähnliche Fossilvorkommen im Ruisseau du Berri, R. des Mesers und im östlichen der vorhin erwähnten Bäche beobachtet. Dabei fand ich selten bloß Fragmente und nie gerollte Schalen; meist waren beide Schalenhälften noch beisammen. Einige vereinzelte Exemplare mögen etwas deformiert sein. Ich habe aber entschieden den Eindruck, sie seien alle an Ort und Stelle, wo sie gestorben, in das Massengrab eingebettet worden, wobei die Todesursache wohl z. T. der mechanischen Geröllführung zuzuschreiben ist; die Hauptrolle wird aber das von den Flüssen mitgebrachte Süßwasser gespielt haben.

Wirkung von Meeresbrandung bei der Bildung dieser Nagelfluh scheint mir also ausgeschlossen; denn wie könnte eine Brandung, die scharfkantige Gesteinstrümmer kantenrund rollen soll, leichtbrüchige Muschel- und Schneckenschalen vollständig, mit lebensfrischer Zeichnung intakt lassen? Anderorts mag man der Brandung eine längs der Küste wirkende Geröllverteilung zubilligen. Für die Nagelfluh von Montévraz hat sie nicht einmal diese Rolle übernommen.

In dieser Nagelfluh erscheinen gelegentlich kleine Kohlenschmitzen. Ich fand im östlichen Bach des Schwand de la Riedera an der Basis der obersten Nagelfluhbank einen von Bohrmuscheln vollständig durchwühlten Baumstamm. Die Schalen von einzelnen Tieren sind am Ende der nun mit Sandstein erfüllten Bohrgänge erhalten. Einen ähnlichen, bloß besser erhaltenen Fund dieser Art machte ich sonst nur noch an der Combert (E »Oberbiel« bei einem Stall).

Ueber den Aufbau speziell dieser Nagelfluh von Montévraz gibt das am Ruisseau du Berri aufgenommene Profil ein wenn auch lückenhaftes Bild (in ihrer ganzen Mächtigkeit ist sie nirgends aufgeschlossen). Ca. 250 m südlich au Piccaud

4 m	feste Molasse mit den oben erwähnten zahlreichen Petrefakten
0,2 m	Nagelfluh (Gerölle bis 15 cm)
1 m	Sandstein
0,3 m	weicher Sandstein mit Geröllen
2 m	Nagelfluh (Gerölle bis 25 cm)
2 m	Sandstein mit Geröllen
2 m	Nagelfluh
ca 10 m	Schutt

[1] Neuere Untersuchungen etc., p. 32.

ca 12 m Nagelfluh, teilweise eine überhängende Wand bildend, über die das Wasser des Baches herabfällt. An deren Basis steckt ein roter Granit von 50×50×40 cm; einzelne Flyschgerölle erreichen 70 cm. Schon in der Sandsteinunterlage dieser Nagelfluhwand sitzen merkwürdigerweise ganz vereinzelte Gerölle bis zu 25 cm, mit deren Hilfe das herunterstürzende Wasser nach der Lockerung hübsche kleine Trichter ausmahlt.

4 m dünne, sehr harte Sandsteinbänke mit Nagelfluhgeröllen und vielen Fossilien.

15 m Nagelfluh, einen zweiten, weniger steilen Wasserfall bildend, mit Sandstein und Mergeleinlagen.

P. 962 5 m Sandstein.

Die gesamte Nagelfluh mit Molasse von Montévraz liegt fast horizontal oder fällt allerhöchstens 15° SSE ein. Das tiefste anstehende Niveau fand ich W P. 872 au Piccaud im Bach, ca. 845 m, das höchste auf dem Gipfel des Berri ‹Derrière Château› P. 1090. Die Gesamtmächtigkeit beträgt demnach mindestens 250 m. Ich habe sie aus dem Grund etwas ausführlicher beschrieben, als unsere übrigen Nagelfluhen, weil wir hier anhand der zahlreichen und in allen Horizonten vorkommenden Fossilien, die sich beinahe vollständig mit der Fauna aus der marinen Molasse der Combert decken, ein deutliches Bild von ihrer stratigraphischen Zugehörigkeit als Strand- oder besser Deltafacies zum *Burdigalien-Vindobonien* bekommen.

Die Nagelfluh von Pont-la-Ville ist zweifellos jünger und dürfte nach Rollier ganz ins *Vindobonien* gestellt werden.

E. Tektonisches

In diesem Zusammenhang behandle ich nur einige interne, die Nagelfluh als solche betreffende tektonische Punkte. Auf die großen tektonischen Linien, welche die gesamte subalpine Molasse in Mitleidenschaft ziehen, trete ich in Abschnitt III. *Tektonik* ein.

Ganz allgemein folgt in unseren wenig mächtigen Massiven, wo überhaupt Bankung oder Schichtung zu beobachten ist, die Nagelfluh in Streichen und Fallen den unter-, zwischen- oder übergelagerten gestörten Sandstein- resp. Mergelschichten. Sie wurde vom Horizontalschub aus Süden so gut wie die Molasse betroffen, gefaltet oder überschoben. Unsere kleinen Deltas konnten sich den vorbrandenden alpinen Decken nicht in dem Maß als Wogenbrecher entgegenstellen, wie die großen zentral- und ostschweizerischen Massive, kaum daß sich, wie z. B. bei Montévraz und Pont-la-Ville, der Schubdruck ‹zwar gelegentlich lokal starke Deformationen bewirkend› durch die Nagelfluhmassen hindurch fortpflanzte und erst an ihrem NW-Rand die

große Antiklinale sich aufstaute, während diese im Gegensatz dazu sich *vor* ⟨SE⟩ dem etwas widerstandsfähigeren Gibloux entwickeln mußte. Das Bassin von Bulle ermöglichte dieses Zurückfluten. In der roten, diese Antiklinale markierenden Linie auf Blatt XII. der geologischen Karte der Schweiz 1 : 1000 000 kommen diese Schwankungen deutlich zum Ausdruck. Auf die größern, aber im Grund wohl ebenfalls auf die Anwesenheit der Nagelfluh zurückzuführenden tektonischen Oszillationen und Komplikationen im Guggisberg- und Veveyse-Delta komme ich anderorts zu sprechen.

Im Verlauf der eigentlichen Antiklinale fehlt ein günstiger Nagelfluhaufschluß. Einige instruktive Detailbilder aus der unmittelbar südlich gelegenen Vorzone derselben hat uns aber die Saane von dem Pont de Tusy bis E Pont-en-Ogoz enthüllt.

Schon an den kleinen Wasserfällen des Baches von Avry devant Pont SE des Gehölzes »es Vieilles« scheinen die Nagelfluhschichten nahezu vertikal einzufallen. Diese Steilstellung wird dann gegenüber P. 638 am linken Saaneufer, etwa 200 m südlich Pont de Tusy, wieder sichtbar und bleibt im allgemeinen bis 20 m unterhalb der Brücke, von wo ab, auf etwa 400 m, das Tertiär durch Quartär ersetzt ist. Am linken Ufer, in unmittelbarer Nähe der Brücke, ist die Nagelfluh sehr stark gestört. Hier ist eine treppenförmig wiederholte Verbiegung unter teilweiser Auswalzung oder Verquetschung der zwischengelagerten Sandsteinschichten zu beobachten, die einen kombinierten Eindruck der Ueberschiebung von S nach N und einer Zurückflutung von N nach S oder das Ueberklettern eines nördlich liegenden Hindernisses macht ⟨Siehe Phot.⟩. Der Sandstein ist trotz des enormen Druckes, der hier gewirkt haben muß, wenigstens an der jetzigen Oberfläche, weich. Ich habe darin aber mehrfach geborstene Gerölle gefunden, davon eines doppelt gebrochen und alle drei Stücke stark gegeneinander verschoben. ⟨Ein ähnliches interessantes Exemplar habe ich auch von Châtel-St. Denis mitgebracht.⟩ Die Nagelfluhmassen zeigen starke Brüche, deren einer parallel zum Flußlauf ein deutliches Absinken des flußseitigen Komplexes bewirkte.

In den kleineren Felsmassen am rechten Ufer treten diese Erscheinungen nur ganz unbestimmt auf. Vielleicht waren sie vor der Saanestauung für das Elektrizitätswerk noch besser sichtbar, ebenso weitere Brüche in der Flußrichtung, wie sie ca. 500 m weiter abwärts wieder auftreten, und die mich neben dem Pfeilerblock in der Flußmitte veranlassen, zu glauben, daß die Saane hier eine tektonisch bereits gut vorbereitete Durchbruchstelle vorfand, die sie einfach noch zu vertiefen hatte, was immerhin geraume Zeit erforderte und Anlaß zur Bildung des

»marais« gab, das sich bis in die Gegend von Hauteville hinzog. Ein weiteres Beispiel eines solchen Riegels (Talsperre) für denselben Fluß bietet uns das Vaulruzsandsteinmassiv von Champotey, vor dessen Durchsägung sich die Saane über die heutigen »Auges« von Villarvolard resp. Morlon verbreitete. Aber auch diese Stelle wählte der Fluß nicht willkürlich; sie war ihm ebenfalls tektonisch vorgezeichnet (Näheres darüber im Abschnitt Vaulruzsandstein). Einen dritten ähnlichen Fall in der Nähe kenne ich noch bei Vuippens, wo sich die Sionge zur Überwindung des dortigen Vaulruzsandstein-Riegels in gleicher Weise zweier Bruchlinien oder Querspalten bediente.

Die nächste Stromenge E P. 708 »vieux Châtel« hat ihren Grund wieder in mächtigen Nagelfluhbänken und -Blöcken. Auch hier sind wieder Brüche im Sinn des Flußlaufes zu konstatieren. Am linken Ufer fand ich viele eingedrückte Gerölle, auch einige 2—10 cm mächtige Bänke von sehr feinkörniger Nagelfluh mit viel Kristallinem, etwa ähnlich dem »grès d'Attalens«. Dann folgen sich eine Anzahl 4—8 m mächtige Nagelfluhbänke mit bis 15 m mächtigen Sandsteinschichten dazwischen.

Ein interessanter Punkt ist wieder das Flußknie N P. 708 vieux Châtel. Am rechten Ufer bei P. 636 ist eine prächtige flache Antiklinale sichtbar, gebildet von einer ca. 8 m mächtigen obern Nagelfluhbank und einem unterlagerten 4 m mächtigen Sandsteinschichtkomplex, dessen Liegendes wieder Nagelfluh ist. Der obere Horizont des Sandsteins spannt sich ca. 100 m weit über den Wasserspiegel. Sein Scheitelpunkt ist ca. 8 m über diesem. Der NW Teil ist durch herabgestürzte Nagelfluhblöcke etwas verdeckt, doch fallen weiter flußabwärts die Schichten in gleichem Maß, bloß entgegengesetzt ein. Die zwischengelagerte, dünnbankige, oft quer zum Streichen splitternde Molasse erinnert in Glimmergehalt und unbestimmbar kohligen Pflanzenresten an Vaulruzsandstein, zeigt jedoch geringere Härte (Dynamometamorphose).

Das linke Ufer ist wohl gleich mitgefaltet worden. Hier ist aber bloß eine 10 m mächtige Nagelfluhwand sichtbar, die der rechtsseitigen obern Bank entsprechen dürfte. Die Falte würde demnach westwärts stark eintauchen, wenn nicht Brüche dieses Denivellement bewirkt haben. Eine Reihe von Vertikal- resp. Radialbrüchen fallen hier auf. Die mir zugänglichen erwiesen sich als fast nicht klaffend, mit mehreren in der Bruchfläche liegenden durchspaltenen Geröllen, doch mit kaum denivellierten Rändern.

Eine deutliche accentuierte Fortsetzung dieses flachen Gewölbes kann man in den Nagelfluhwänden der »Ruines« de la

Roche erkennen. [1] In welchem Zusammenhang damit die steil aufgerichteten und stark verbogenen Nagelfluhen an der Tusy-Brücke stehen, läßt sich nicht mit Bestimmtheit sagen, ich möchte diese aber nicht als SE-Schenkel jenes Vorantiklinals, sondern als besondere lokale Störung ansprechen, die vielleicht in Beziehung steht zu Vaulruzüberschiebungen.

Die Kontaktzone zwischen Nagelfluh und Sandstein läßt sich weiter flußabwärts längs des »sentier des poudingues« am linken Saaneufer NE es Molleyres sehr hübsch verfolgen. Am Auf- und Absteigen des Fußweges ist die wellenförmige Molasseoberfläche erkenntlich, auf der die Nagelfluhgerölle zur Ablagerung gelangten. Ob diese Unebenheiten erosiven oder tektonischen Ursprungs sind, läßt sich wegen der undeutlichen Stratifikation der Molasse nicht ganz bestimmt ermitteln.

Ein hübsches kleines Nagelfluhsynklinal von zwar bloß lokaler Bedeutung fand ich W P. 872 au Piccaud ⟨S Zénauva⟩ quer über den Bach, der vom Schwand de la Riedera herunterfließt. Eine etwa 4 m mächtige Nagelfluhbank, über die das Wasser herabstürzt, ist hier von blauen, sandigen Mergeln und dünnen Sandsteinbänken mit marinen Fossilien unterlagert. Auch hier sind drei mehr oder weniger vertikale Brüche sichtbar, deren einer ein 50 cm großes Geröll mitten durchspalten hat, dessen westliche Hälfte eine Senkung von 2 cm zeigt. Überhaupt habe ich, auch bei kleinen Nagelfluhausbissen, häufig solche meist wenig oder gar nicht klaffende Brüche oder Risse mit oder ohne Denivellierung beobachtet. Viele davon mögen in submarinen Abrutschungen in den Deltas, noch vor der Verfestigung oder im Prozeß der Trocknung, begründet sein. Wo aber größere Gerölle durchspalten sind, kann es sich nur um tektonische Vorgänge lokalen oder allgemeinen Charakters nach vollständiger Verhärtung des Conglomerats handeln. Solche Risse sind übrigens im ganzen subalpinen Molassegebiet und auch auf dem flachen Plateau ungemein häufig und erwecken den Eindruck, die Ursache dieses Berstens sei weniger im Horizontalschub als in vertikal auf- oder abwärts wirkenden Kräften zu suchen ⟨Einsacken⟩.

2. SANDSTEINE

A. Allgemeines

Die Sandsteine sind wohl das Ausschwemmungs- und Schlemmprodukt der Nagelfluhen. Sie beginnen im allgemeinen als einzelne Zwischenschichten in der subalpinen Nagelfluhzone,

[1] Vgl. *Gilliéron.* Mat. 18, pp. 401—402.

nehmen mit ihrer Entfernung vom Alpenrand rasch an Mächtigkeit zu, bilden im Plateau die Hauptmasse der Molasse und gehen noch weiter gegen NW. in Mergel über.

Als *Kalksandsteine* haben wir in unserem Gebiet den »*grès de Vaulruz*« und den »*grès d'Attalens*«. Dieser letztere kann zwar ebensowohl als Nagelfluh betrachtet werden; er ist eine grobkörnig-sandsteinartige Zwischenlagerung zwischen Nagelfluhschichten, eigentlich eine Übergangsfacies von Nagelfluh zu Sandstein und besitzt sehr große Härte.

Der ebenfalls sehr harte *Muschelsandstein* (grès coquiller, grès de la Molière, Seelaffe) ist in unserem Gebiet nicht anstehend, wenn man nicht die ungemein reichen Petrefaktenlager am Burgerwald oder einzelnen Punkten an der Combert als solchen bezeichnen will.

Weicherer *Sandstein der marinen Molasse* (Burdigalien) wird an zahlreichen Stellen des Kantons Freiburg abgebaut; in die subalpine Zone fallen aber nur wenige (Bonnefontaine, Pont-la-Ville, Porsel sind die wichtigsten). Bei gelegentlichen Bauten, z. B. von Kirchen wurden in möglichster Nähe des Bauplatzes oft kleine Steinbrüche angelegt und später je nach Bedürfnis weiterbenützt oder brach liegen gelassen. Als Baustein für die gewöhnlichen Häuser auf dem Land kam er selten in Betracht; ihr Mauerwerk ist fast überall aus Erratikum aufgeführt.

Die Farbe ist vorherrschend blaugrau, zeigt aber innerhalb dieses Grundtons je nach der betr. Schichtlage, der petrographischen Verschiedenheiten oder lokalen atmosphärischen Einwirkungen die mannigfachsten Nüancen bis ins dunkelgrüne oder braungelbe. *Rote Sandsteine* (im Gegensatz zu Heim, Geologie der Schweiz p. 72) fand ich in dem erst kürzlich eröffneten Steinbruch bei der Ruine Chaffa allerdings in wenig mächtigen, oft von Mergeln unterbrochenen Bänken, und bei En Part.

Die Ablagerung der subalpinen Molassesandsteine erfolgte nicht so weit vom Ursprungsgebiet, als daß durch Transportselektion alles Material mit geringerer Härte als Quarz völlig zerstört worden wäre. Wir treffen daher neben dem Quarz als wesentliche Gemengteile Feldspäte (Orthoklas, Plagioklase, Mikroklin), Glimmer (Muskovit, Biotit), Chlorit, Granat, Epidot, Turmalin etc., und im Unterschied zu den übrigen Molassesandsteinen häufig auch kleine Gesteinstrümmer (Hornsteine, Quarzite, Kalkgesteine). [1])

[1]) *A. Erni.* Die mikroskopische Untersuchung der Sandsteine (Beiträge, Geotechn. Serie, V. Lief., II. petrograph.-technolog. Teil) pp. 20 ff.

Oft finden wir Pyrit in unserer Molasse, sei es als Bestandteil des Gesteinsgefüges, in ausgelaugten Mergellinsen (häufig in gewissen Zonen des Vaulruzsandsteins) oder in der Molassekohle, welche gelegentlich vollständig pyritisiert sein kann. Es handelt sich hier jedoch nicht um detritisches Material, sondern um Um- und Neubildungen.

Korngröße und Korngestalt sind höchst wechselreich. Erstere schwankt zwischen der Grenze des Conglomerats und dem feinstkörnigen Sandstein. Die überwiegende Menge der Körner ist noch eckig oder bloß wenig kantengerundet.

Die Beschaffenheit des Bindemittels ist eine ausgezeichnete. A. Erni schreibt darüber: »Dieses wird gebildet von einem Basalzement, bestehend aus scharf mikro- bis mesokristallinem, klarem, reinem Kalzit, der durchaus kompakt zusammenschließt und alle Zwischenräume zwischen den Körnern vollkommen erfüllt. Der Bindemittelkalzit ist durch seine Farblosigkeit und grobe Kristallinität von dem immer fein mikro- bis kryptokristallinen und verunreinigten, detritischen Kalk leicht zu unterscheiden. Neben dem Kalzitzement kommt auch noch eine sekundäre Verkieselung vor, die die Güte des Bindemittels natürlich erhöht. Doch sind die Stellen, wo eine Ausscheidung von Kieselsäure stattgefunden hat, nicht leicht zu unterscheiden von Quarzitkörnchen, Kieselschieferfragmenten u. a. Immerhin darf man kleine Anhäufungen von faserigem SiO_2 (wohl Chalcedon) als Neubildung im Gesteine, d. h. als Verkieselung auffassen.« [1]

Das dank dieses Bindemittels sehr kompakte Gesteinsgefüge ist fast porenfrei.

Die chemische Zusammensetzung z. B. des »grès d'Attalens« zeigt folgendes Analysenresultat: [2]

Unlösliche Sandsubstanz	36,0 %
Eisenoxyd und Tonerde	2,7 %
Kohlensaurer Kalk	59,1 %
Feuchtigkeit	0,4 %

Bei der Strukturbewertung reiht A. Erni unsere subalpinen Sandsteine unter die Qualitätsklasse I ein.

Über Gewicht, Porosität, Härte, Druckfestigkeit etc. unserer wichtigsten Sandsteine orientiert der Abschnitt »Technisches und Volkswirtschaftliches« im Anhang.

Wegen seiner Wichtigkeit und Einzigartigkeit in stratigraphischer und tektonischer Beziehung widmete ich dem Vaulruzsandstein bei meinen Untersuchungen in der freiburgischen

[1] *A. Erni.* l. c. p. 40, wo sich auch das mikroskopische Bild eines Dünnschliffes von diesem hier »Appenzellertypus« genannten Sandstein findet, zu dem außer dem »grès d'Attalens« auch die Vaulruzsandsteine gezählt werden.

[2] *A. Erni.* l. c. p. 41.

subalpinen Molasse meine besondere Aufmerksamkeit. Die Ergebnisse sind im hier folgenden Abschnitt niedergelegt.

B. Der Vaulruzsandstein

a) Allgemeines

Der Vaulruzsandstein oder »*grès de Vaulruz*« nimmt in der Stufenreihe der Molasseablagerungen eine spezielle Stelle ein. Wegen seiner Strukturähnlichkeit mit einem Sediment in der Nähe des Schlosses Ralligen am rechten Thunerseeufer wurde er in der älteren Literatur allgemein als *Ralligsandstein* bezeichnet. Die neuere Forschung neigt nun z. T. dazu, den Sandstein von Ralligen selbst dem Flysch (Eocän) zuzusprechen,[1] während unser »grès de Vaulruz» trotz seiner in Bezug auf Härte, Farbe, Bankung und petrographischer Beschaffenheit großen Ähnlichkeit mit Flysch zweifellos der Molasse, aber, wie wir später sehen werden, deren ältestem schweizerischen Niveau, dem untern Stampien (Unteroligocän) angehört. Petrographisch ließen sich ihm vielleicht der ostschweizerische »Appenzellergranit« und die Ebnater- u. Horwerschichten,[2] stratigraphisch die kleinen Ausbisse im Flühli (Entlebuch), Hellschwand (Bumbach, Schangnau, Emmenthal), Horw und Bilten mit ihm vergleichen. Ein größerer Komplex dieses eigenartigen Sandsteins ist aber bis jetzt nur im Kanton Freiburg aufgeschlossen und trägt mit vollem Recht den Namen der Ortschaft, wo er schon Jahrhunderte lang in ausgedehnten Brüchen abgebaut wurde.

Die aufgeschlossene Zone dieses Vaulruzsandsteins erstreckt sich längs des Voralpenrandes, da, wo dieser in der sogenannten Ebene von Bulle in so eigenartiger Weise modifiziert ist, auf eine Länge von etwa 16 km von Rapaz (la Savoyardaz, SW Vaulruz) bis nördlich En Part (Impart, Hauteville) und erreicht eine maximale Breite von 3 km. Die Längsachse fällt mit der durchschnittlichen Streichrichtung zusammen. Das Ganze bildet aber keineswegs eine ununterbrochene Schichtfolge, im Gegenteil, auf nichts paßt das Bild besser, das *L. von Buch* 1851 von der subalpinen Molasse entworfen, als auf den Vaulruzsandstein: »Die Zentralalpen der Schweiz haben selbst die neuesten Tertiärschichten zu Gebirgsketten erhoben, sie haben die bedeckenden und vorliegenden Gebirgsmassen, wie eine Eisdecke auf Flüssen, zerbrochen, zerborsten und wie Eisschollen übereinandergeschoben«. *Damm* vergleicht die abgebrochenen Schichten mit übereinandergelegten Kartenblättern, die schräg in eine Sandschicht gesteckt sind.

---

[1]) *Alb. Heim.* Geologie der Schweiz, p. 74 (siehe hingegen weiter unten die Ansicht von Baumberger).

[2]) *Alb. Heim.* l. c., p. 73.

In der Tat ist es auf den ersten Blick oder auch nach einer Reihe von Exkursionen schwierig, die Zusammenhänge zwischen den einzelnen, durch mächtige Gletscherschuttmassen, Alluvionen oder Mergelkomplexe getrennten Aufschlüssen richtig zu erkennen. Die ersten Vorarbeiten zum Studium dieser Molassestufe haben besonders *Gilliéron*[1] und *Damm*[2] geliefert. Auf die übrigen Geologen, die sich in irgend einer Weise mit diesem Stoff befaßten, komme ich im Verlauf dieses Abschnittes gegebenen Orts zu sprechen.

Grundlegend möchte ich jedoch vorausschicken, daß ich unter Vaulruzsandstein nur die eigentlichen dickbankigen Sandsteine mit dünnen Mergelschichteneinlagerungen, nicht aber die hauptsächlich aus Mergel mit eingelagerten, untergeordneten Sandsteinplatten bestehenden Komplexe im Hangenden und Liegenden verstehe. Ich werde diese in meinen Profilen nur soweit berücksichtigen, als es die Vollständigkeit bei der Besprechung eines Aufschlusses und die Altersbestimmung wünschenswert erscheinen lassen und als Hülfsmittel bei der Festlegung der Überschiebungsflächen; denn ich halte sie meist für jüngern, also aquitanen Alters und glaube sie von der einst zusammenhängenden, mehr oder weniger kompakten, bei der Alpenfaltung aber geborstenen Vaulruzsandsteinplatte wiederholt überschoben. (Näheres hierüber unter *Tektonisches*).

b) Stratigraphisches

1. Revision der Beschreibung der Aufschlüsse

Ich setze hier die Kenntnis der Arbeit von *Damm* als bekannt voraus und beschränke mich, um Wiederholungen zu vermeiden, bloß auf die auf eigenen Beobachtungen beruhenden Ergänzungen.

a) *Rapaz* (La Savoyardaz). Etwa 500 m westlich in der Streichrichtung der Schichten des eigentlichen Steinbruchs besteht auch der kleine bewaldete Hügel P. 878 aus Vaulruzsandstein. Dies ist wirklich der westlichste Punkt, wo ich dieses Gestein anstehend fand.

Etwa 50 m vom Steinbruch »la Savoyardaz« bachaufwärts stehen rötliche, meist dünnbankige Sandsteine und Mergel an, welche N 60° E streichen, 40—45° SSE fallen und, obwohl stellenweise durch Schutt verdeckt, bis zur Höhenkurve 900, etwa 50 m weit zu verfolgen sind. Sie sind von häufigen,

[1] *V. Gilliéron.* Matériaux pour la carte géol. de la Suisse, 12e livr. 1873 p. 147 und 18e 1885 pp. 362—365, 418.

[2] *F. Damm.* Die Vaulruzmolasse, I. Teil seiner Inaugural-Diss. 1909, pp. 1—26.

kalkspaterfüllten Brüchen durchzogen. Von hier ist das Bachbett eine Strecke weit mit grobkörnigen Molasse- und Flyschblöcken und Gletscherschutt ansgefüllt. Etwas unterhalb der Bachgabelung nördlich »les Trous« erscheint am rechten Ufer wieder ein ca. 5 m mächtiger Aufschluß von blaugrauen, an Bruchstellen auch rötlichen Mergeln in Schichtchen von 1/2—3 cm auch zwischen den Schichtfugen mit Kalkspat inkrustiert. Streichen N 47° E, Fallen 27° SE.

Weitere, total ca. 50 m mächtige Mergelaufschlüsse lassen sich nach der Gabelung am rechten ⟨östlichen⟩ Bachgraben verfolgen mit Kalkspatzwischenlagen bis zu 5 cm Dicke. Bänke festeren Gesteins fehlen hier vollständig. Streichen N 30 — 37° E, Fallen 55° SE.

Gilliéron gibt diesen Mergeln auf der geol. Karte, Blatt XII die Farbe des Flysches. Ich betrachte sie als aquitane »molasse grise«. Wir hätten also hier eine normale Reihenfolge von Vaulruzsandstein, rötlicher und grauer Molasse. Darüber erscheinen Kreidefetzen des Voralpenrandes.

Ich hoffte im Bach, der im Ostrand des Waldes »le Devin« gegen les Ponts d'Avaux hinunterfließt, diese Molasseschichten wiederzufinden. Das Bachbett ist aber bloß mit glazialen Flysch- und Kreideblöcken besät, bis an einem Wasserfall die Stirne eines ca. 20 m mächtigen Kreidekomplexes mit stark gefältelten und geborstenen Bänken von hartem Kalk und schwarzen Schiefermergeleinlagen ansteht. Streichen N 0—65° E, Fallen 20—100° ESE.

b⟩ *Vaulruz.* Hier wurde in früheren Jahren der ganze Hügel südwestlich P. 829 bis zur Säge am Sträßchen zwischen P. 825 und P. 831 abgebaut. Heute sind nur mehr wenige Arbeiter temporär in den Brüchen N Kirche und NE Schloß beschäftigt.

Im August 1919 wurde der Weg, der von »les Moilles« nach der Kirche führt, an der Nordwestwand der Kirchhofmauer erweitert. Der dadurch geschaffene, ca. 20 m lange Aufschluß war bei meinem Besuch am 9. September 1919 noch ganz frisch und zeigte eine bunte Reihenfolge von blauen, sehr harten Sandsteinbänken, gelbbraunen bis rötlichen, meist bloß einige cm dick gebankten und von zahlreichen vegetabilischen Resten durchsetzten Molasseschichten und Mergeln. Viele Schichtchen bestehen nur aus Glimmerblättchen, etwas Sand und verkohlten Pflanzen, bloß einmal zeigt sich eine kompakte 1 cm mächtige Kohlenschicht. Kreuzschichtung und Auskeilen habe ich wiederholt beobachtet. Streichen N 60° E, Fallen 44° SE. Das Ganze macht den Eindruck einer litoralen Facies als Übergang

vom Vaulruzsandstein in darüber liegende reine Südwasser-molasse. Das liegende dieses Aufschlusses bildet der Sandstein-bruch unmittelbar nördlich der Kirche, der sich aber in seinem heutigen Abbauzustand zu stratigraphischen Beobachtungen wenig eignet.

In dem etwa 500 m NE gelegenen Bruch habe ich auf Bänken verschiedener Niveaus schöne Rippelmarken konstatiert. Sie streichen N 45° W (Wellenschlag von NE), sind meist nach NW konvex und auf der Konvexseite und in den Tälchen fast durchwegs mit Pyritkriställchen besetzt. Ich zählte hier 10—14 Rippeln, bei Champotey bloß 3—5 pro m in der Richtung des Wellenschlags.

Die Crête P. 851—P. 854 (Leytevan) besteht nicht, wie man etwa vermuten könnte, aus einer zweiten Schichtkopfserie von Vaulruzsandstein, sondern ist Moräne mit großen Molasse-, Nagelfluh- und Gneißblöcken.

Im Ruisseau de Leytevan, westlich des Fußwegsteges, da wo ihn die Höhenkurve 900 kreuzt, findet sich ein etwa 20 m mächtiger Aufschluß von blauen und roten Aquitanmergeln, wechselnd mit bis zu 30 cm dicken Bänken von sehr hartem Sandstein. Streichen und Fallen gleich wie bei Vaulruz. Die Mergelschichten sind voller Blattabdrücke, ähnlich wie ich sie an der Veveyse bei Châtel-St. Denis beobachtete. Tierische Reste fand ich hier keine.

Beim Austritt des Ruisseau du Sapalex (E Maules) aus dem Wald, auf 935 m Höhe, stehen an seinem linken Ufer auf einige Meter dieselben Steinmergel an, wie am Ruisseau du Leytevan. Gilliéron gab all diesen Mergeln auf der geolog. Karte, Blatt XII irrtümlicherweise die Farbe des Vaulruzsandsteins.

c) *Hang von »chez les Morets« – Marsens.* An zahlreichen Punkten dieses teilweise bewaldeten Hanges finden sich kleinere oder größere Ausbisse des Vaulruzsandsteins. Das sogenannte Antiklinal von »chez les Morets« — »en Buchille« halte ich für eine ganz untergeordnete Faltung, die bei der Überschiebung in diesen meist dünnbankigen Sandsteinschichten leicht entstehen konnte, während die mächtigen Bänke eine Biegung nicht aushielten, brachen und sich überschoben. Solche sekundäre Störungen fand ich wiederholt, so E Ruine Chaffa, wo ein angefangener Steinbruch eine solche Biegung erschloß, oder unter dem rechten Brückenkopf von Corbières, wie wir später sehen werden. Ich messe ihnen keine Bedeutung bei. Es sind bloß Begleiterscheinungen jeder Überschiebung. Kleine Kohlenschmitzen finden wir bei »chez les Morets«; ich habe sie im Abschnitt »Kohle« erwähnt, ebenso das Flözchen im großen Steinbruch »sous les Moleyres« (Marsens).

Eine interessante Stelle ist kürzlich am Waldrand südlich der Ruine Chaffa aufgeschlossen worden. Zur Ausmauerung des Bettes vom Bach, der von »en Plaisance« herunter gegen P. 758 südlich »en-Joulin« fließt, wurde dort ein Steinbruch in der *roten Molasse* eröffnet. Tief rot gefärbte Sandsteinschichten wechseln mit ebensolchen Mergeln in einer Gesamtmächtigkeit von über 50 m. Ein ähnliches Vorkommen dieser altaquitanen Molasse kenne ich noch südlich En Part. Es ist also anzunehmen, daß sich, allerdings bloß in diesem schmalen Band aufgeschlossen, von Lutry her, wie es auch Ritter in seiner Flözkarte angegeben, diese »molasse rouge« durchzieht bis unter die Berra. Voraussichtlich begleitet sie in ähnlicher Weise, bloß nirgends deutlich ausbeißend (außer etwa südlich des Steinbruches bei Rapaz), auch die übrigen Vaulruzsandstein-Schuppen. Fossilien fand ich darin absolut keine.

Der bedeutendste Steinbruch in der ganzen Hangzone ist der von »*Sous les Moleyres*« (Marsens). Ein N 20° W verlaufender und nach E etwas einfallender Bruch trennt den ganzen Aufschluß in zwei sehr verschiedene Teile. Dieser Bruch ist an seinem Nordende kaum 10 cm, gegen Süden über 1 m klaffend und mit Molasseschutt erfüllt. Er scheint relativ recent zu sein. An ihm ist der östliche Teil des Aufschlusses wenigstens 5 m gesunken. Die dadurch bewirkte Schleppung am westlichen, stehen gebliebenen Teil ist sehr hübsch. Vergleichsweise seien hier die Profile beider Teile gegeben:

Westlicher Teil. Streichen N 64° E, Fallen 32° SSE.

. . . . . Humus

ca. 5,0 m stark verwitterte Molasse, nach den Schichtköpfen hin ausgehend (»bon grès« des östlichen Teils?)

0,15	m	Mergel
0,10	m	Sandstein
0,07	m	Mergel, stellenweise ausgequetscht.
0,5	m	Sandstein
0,5	m	schiefriger Mergel
0,5	m	Sandstein
0,1	m	Mergel
0,3	m	Sandstein
0,3	m	Mergel
0,25	m	Sandstein
0,10	m	Mergel
0,15	m	Sandstein
0,10	m	Mergel
0,10	m	Sandstein
0,03	m	Mergel
8,25	m	

8,25 m
0,35 m Sandstein
0,07 m Mergel
0,08 m Sandstein
0,20 m Mergel
0,65 m Sandstein
0,25 m Mergel
0,25 m Sandstein
0,15 m Mergel
0,08 m Sandstein
0,10 m Mergel
. . . . . Schutt

ca. 10,5 m totale Mächtigkeit.

Östlicher Teil. Streichen N 82—85° E, Fallen 40—42° SSE.

. . . . . Humus
⟨0,10 m Kohle⟩
1,0 m verwitterter Sandstein
5,5 m harter Sandstein in Bänken von 5—20 cm Mächtigkeit, stellenweise 1/2—3 cm dicke Mergeleinlagen ⟨»banc mat«⟩.
0,1 m sehr dünnschiefriger Mergel
5,0 m fester Sandstein, Bankung nur im verwitterten Teil der Schichtköpfe sichtbar ⟨»bon grès«⟩.
0,1 m schiefrige Mergel, fast ausschließlich aus kleinen Pflanzenresten und Glimmerblättchen bestehend.
3,0 m fester Sandstein ohne deutliche Bankung ⟨»bon grès«⟩
. . . . . blaue schiefrige Mergel

14,7 m totale Mächtigkeit.

Außer dem großen Bruch durchziehen das Gestein noch eine ganze Reihe weniger klaffende Spalten, deren Wände meist mit Kalkspatkristallen ⟨Skalenoëdern⟩ besetzt sind.

d⟩ *Alter Steinbruch im Hügel P. 737 (S Marsens).* Nach der Abraumhalde zu schließen muß hier früher ein ausgedehnter Steinbruch in Betrieb gewesen sein. Jetzt stehen aber nur noch an zwei Stellen Schichtkomplexe von 8—10 m an, welche etwa dem »banc mat« und »bon grès« der andern Vaulruzsandsteinbrüche entsprechen. Streichen und Fallen wechselt mannigfach, weil diese Reste teilweise durch Sprengungen oder Rutschungen aus der üblichen Lage verschoben wurden. Ich maß immerhin Streichen von N 60°, 70°, 90° E, Fallen von 42—45° SSE. Aus beiden Teilen, die bestimmt miteinander in Verbindung standen, läßt sich noch folgendes Profil konstruieren:

. . . . .
0,30 m harter Sandstein
0,07 m weiche, blättrige Molasse
0,28 m harter Sandstein
0,06 m Mergel
0,30 m harter Sandstein
0,10 m weiche Molasse
0,25 m Sandstein
0,10 m weiche Molasse
0,12 m härtere Molasse
0,25 m harter Sandstein
hierauf folgen, nicht kontinuierlich verfolgbar:
ca. 10,0 m weichere Sandsteinbänke mit mergelschiefrigen Zwischenlagerungen, an den Schichtköpfen z. T. stark verbogen, bis 65° aufgerichtet.
ca. 10,0 m fester harter Sandstein, Bankung nur im Ausgehenden markiert.
. . . . . Mergel

Die blättrig weiche Molasse ist unregelmäßig geschichtet (Kreuzschichtung) und oft leicht gefältelt. Ein Horizont enthält zahlreiche Pflanzenreste und Mergellinsen von Erbsen- bis Hühnereigröße.

Als ich im untersten Sandsteinniveau nach denselben Mollusken suchte, die in Champotey (siehe dort) vorkommen, fand ich Platten mit typischer Flyschstruktur, auf der Unterseite mit den bekannten, hier 1 cm dicken und bis zu 40 cm langen Dactyloporen (Phymatoderma?). Handstücke aus diesen Platten sind von Flysch kaum zu unterscheiden.

e) *Vuippens* (carrière du pont de bois). Die von der Sionge durchbrochene und gegen Norden in einem künstlichen Steinbruch aufgeschlossenen Vaulruz- und Mergelschichten zeigen hier folgendes Profil:

. . . . . Humus
12,0 m Mergel, durchzogen von einzelnen z. T. bis 50 cm dicken Sandsteinbänken.
4,0 m sehr harter Sandstein, Bänke bis 80 cm (»banc pavé«)
0,02—0,1 m Kohle
0,15—0,6 m Sandstein
0,02—0,06 m Kohle
1,2 m fester Sandstein
0,06—0,15 m weicher Sandstein
1,2 m fester Sandstein
3,0 m Sandstein mit weichen Einlagen
} »banc mat«
0,05—0,12 m Mergel

8,0 m harter Sandstein, ohne ausgeprägte Bankung, vielfach geborsten, besonders normal zum Fallen (»bon grès«).

ca 20,0 m Mergel mit Sandsteineinlagen, ähnlich wie im Hangenden der Vaulruzsandsteine.

Der ganze Komplex ist von zwei stark markierten Brüchen (Streichen N 60° W, Fallen 65° NE) durchzogen, die eine doppelte Verschiebung bewirkten, einmal ein Absinken des östlichen Teils am westlichen (Schloß-) Teil, was an einer prächtigen Schleppung in den rückwärtigen (höhern) Mergelschichten sichtbar wird, und zweitens verschob sich der östliche Teil um etwa 8 m nach Norden, d. h. hinauf. Diese Stelle war deshalb für den Sionge-Durchbruch prädestiniert. Am linken Ufer sind in hartem Sandstein einige sehr hübsche Erosionstrichter zu sehen.

An der Unterfläche des Hangenden vom obern Kohlenflözchen finden sich große, bis 9 cm breite und 3 cm hohe Dactyloporen. Sie bestehen aus Sand und lassen sich leicht vom Sandstein ablösen, von dem sie durch eine dünne Pflanzenschicht getrennt sind. Sie gehören daher zur Kohlenschicht. (Näheres über diese Kohlen siehe im Abschnitt *Kohlen.*) Das größere Kohlenflözchen ist übrigens nicht nur seit dem Einsturz des »banc mat« aufgeschlossen, es ist am linken Siongeufer, südlich des großen Blocks längst schön sichtbar.

Die Mergel im Hangenden und Liegenden sind eigentlich bunt, rötlich, bloß an der Oberfläche graublau angewittert. Sie lassen sich im Liegenden bis in die Nähe der pont de bois, also in einer Mächtigkeit von ca. 80 m verfolgen. Sie erscheinen auch weiter unten wieder am rechten Ufer der Sionge westlich der Häusergruppe »le Signal« auf eine Strecke von 30 m.

An Fossilien fand ich bloß in einer obern Schicht des »banc mat« zahlreiche, sehr schlecht erhaltene Muschelabdrücke (Cyrenen?). Die Kohlen sind voller kleiner Planorben (Planorbis cornu Brongn., wie in St. Martin).

An der Schutthalde zeigt eine Platte schöne Rippelmarken.

f) *Steinbrüche »Sur le Mont« — »Prévondavaux«.* Von Vuippens aus treten an mehreren Stellen des bewaldeten Steilhanges »sur le Mont« Schichtköpfe von Vaulruzsandsteinen zu Tage. In den beiden Steinbrüchen nun von »sur le Mont« und »Prévondavaux« (eigentlich »Praz Jolivet«), nördlich und südlich von P. 751 ist wohl im ganzen Gebiet des Vaulruzsandsteins die vollständigste Schichtfolge aufgeschlossen. Trotzdem sich die beiden Aufschlüsse nicht ganz treffen, läßt sich doch das folgende, annähernd kontinuierliche Gesamtprofil aufstellen:

(Prévondavaux)

. . . . . Humus
. . . . . lose Blöcke von Sandstein
1,0 m fester Sandstein
0,05 — 0,15 m Sandstein ‹nach oben auskeilend›
1,2 m fester Sandstein
1,0 m Sandstein, etwas weniger fest, grobkörniger, mit zahlreichen fossilen Pflanzenresten, Säugetier- und Fischknochen ‹Zähne, Flossenstacheln›, leider nur wenige m² aufgeschlossen.
1,7 m sehr harter kompakter Sandstein
0,04 — 0,06 m harter Blättermergel } »banc pavé«
1,1 m sehr harter kompakter Sandstein
0,1 — 0,3 m schiefriger Mergel
8,0 m fester Sandstein, Bankung nur stellenweise angedeutet
. . . . . Grund des Steinbruches Prévondavaux ‹noch im Sandstein›.

(Sur le Mont)

10,0 — 15,0 m durch Waldboden verdeckt
12,0 m fester Sandstein
0,35 m Mergel
8,0 m fester Sandstein
0,15 — 0,2 m Mergel
2,5 m fester Sandstein
4,0 m Mergel mit dünnen Sandsteinbänken
ca. 25,0 m Mergel mit Sandsteinbänken wechselnd
. . . . . Arbeitsplatz der Steinmetzen.

Es läßt sich nicht mit Bestimmtheit feststellen, ob alle diese Schichten in ihrer ursprünglichen Reihenfolge liegen oder ob nicht auch innerhalb dieses gewaltigen Sandsteinkomplexes, wie ich vermute, Überschiebungen anzunehmen sind.

Im Steinbruch »Sur le Mont« treten mehrere Brüche parallel zu den Schichtköpfen auf; davon sind besonders zwei stark und durchgehend markiert ‹Streichen N 70° E, Fallen 55° NW›. Die Brüche normal zum Streichen sind hier weniger scharf accentuiert, als in den anderen Aufschlüssen. Die Schichten selber streichen N 70—80° E und fallen 40° SSE, gleich wie in Prévondavaux.

Im Steinbruch Prévondavaux sind die Brüche im wesentlichen nach zwei Richtungen hin orientiert: Streichen N 45° W, Fallen 80° NE. Das andere System bricht, ähnlich wie »sur le Mont« die Schichten annähernd rechtwinklig ab: Streichen N 65° E, Fallen 52° NW. Von dieser letzteren Art zählte ich fünf größere und eine große Anzahl kleinere. Eine schicht-

normale oder schichtläufige Verschiebung ist hingegen in beiden Aufschlüssen nicht zu konstatieren. Alle diese Brüche sind nur wenig klaffend und zeichnen sich meist bloß als feine Kalkspatlinien. Oft sind sie überhaupt nicht erfüllt und deshalb wohl jugendlichen Alters.

So kompakt die Schichten in bergfrischem Zustand aussehen, so gibt es doch einige Horizonte, besonders in den tieferen Regionen, wo der Sandstein beim Verwittern in Schiefertäfelchen aufblättert, die nur Bruchteile von mm dick sind. Dies ist jedenfalls ein Zeichen von langsamer, periodischer Sedimentation in tiefem Wasser und von großer Dynamometamorphose.

g.) *Schichtköpfe nördlich »au Praz Jean«.* Der nächst südliche Aufschluß ist bis jetzt wenig oder gar nicht beachtet worden. Es ist dies eine Wand von Schichtköpfen zwischen den Hütten »au Praz Jean« und Prévondavaux östlich P. 735. Obwohl zum größten Teil von der Vegetation überwuchert, sind hier Felsmassen sichtbar, die an einer Stelle immerhin eine messbare Mächtigkeit von 15 m aufweisen. Ich glaube aber bestimmt, daß der ganze bewaldete, sehr steile Hang in einer Höhe von 30—40 m die Schichtkopfreihe eines neuen Pakets Vaulruzsandstein repräsentiert. Streichen N 80—90° E, Fallen 35° SSE. Einzelne Schichten zeigen eine verbogene oder kreuzgeschichtete Struktur ähnlich den Schichtköpfen P. 737 südlich Marsens. Härtere Sandsteinbänke wechseln mit weicheren. Darüber und darunter folgen Mergel, welche größtenteils erodiert und nachher durch Gletscherschutt ersetzt wurden, der jetzt die Wiesen um die Hütten »au Praz Jean« und »Prévondavaux« nährt.

h) *Champotey (Everdes), Brücke von Corbières.* Hier sind westlich der Saanebrücke und nördlich der Straße nach Echarlens ursprünglich drei von einander unabhängige Steinbrüche aufgeschlossen worden. Heute sind die beiden direkt an der Straße nur durch einen Sicherheitspfeiler von einander getrennt, ihr Zusammenhang mit dem obern östlich der »Ruine du Château« (d'Everdes, Grüningen) ist bloß durch ein schmales Humusband unterbrochen, unter dem sich aber, was besonders an der Halde unmittelbar nördlich der Brücke deutlich hervortritt, die Kontinuität der Schichten verfolgen läßt. Ich bin dadurch zu folgendem Gesamtprofil gekommen.

. . . . : Humus
1—3 m lose Molasseblöcke, z. T. verwittert.
3,0 m sehr harter Sandstein (banc pavé) in dessen unterem, grobkörnigerem Teil *Säugetierreste* und *Fischknochen.*

3,0 m Sandstein von geringerer Koherenz (»banc mat«)

8—10,0 m harter Sandstein (»bon grès«), Bankung gelegentlich schwach angedeutet, im untersten Teil fossile *Mollusken* (Cyrenen, Cardien, Melanopsis).

ca. 5,0 m Schutt, Mergelschichten verdeckend.

ca. 11,0 m graublaue Mergel mit rötlichgelben harten Sandsteinbänken von 5—40 cm Mächtigkeit.

ca. 100,0 m Abraumblockhalde vom obern Bruch.

ca. 40,0 m große Blöcke, wohl von höher gelegenen, festen Schichtkomplexen heruntergerollt.

ca. 50,0 m Mergel mit dünnen, harten Sandsteinbänken.

. . . . . Schutthalde und Erratikum.

Streichen der Schichten N 75—90° E, das Fallen nimmt von der Straße bis zum Ausgehenden im obern Bruch stetig zu und zwar von 22—40° SSE. Der ganze Schichtkomplex ist also nicht nur aufgerichtet, sondern konkav aufgebogen, ein deutlicher Hinweis auf Überschiebung. Dieses Aufbäumen der Schichten in ihrer Streich-Fortsetzung am rechten Ufer der Saane unter der Brücke ist vom linken (westlichen) Brückenkopf aus sehr schön zu beobachten.

Auch hier ist das Gestein durch zahlreiche Brüche geborsten. Ich zählte allein im obern Bruch 14 bedeutendere, abgesehen von viel mehr kleineren. Streichen derselben N 45—60° W, Fallen 50—65° NE. Viele sind wenig klaffend und meist mit Kalkspatkristallen erfüllt. Der ausgeprägteste Bruch dieser Art mit glatten Bruchwänden ist am Grunde des obern Aufschlusses zu beobachten. Diese Brüche haben sich in den Mergeln im Liegenden in kleinen Faltungen accentuiert.

Eine interessante Störung am rechten Saaneufer sehen wir etwa 20 m oberhalb der Brücke. Hier fallen die Schichten, Mergel mit Sandsteinbänken unvermittelt widersinnig 55—80° NW ein. Etwa 5 m darüber am Hang sieht man eine Bruchstelle, die aber wegen Gehängeschutt und dem von einem Rinnsal abgesetzten Tuff an Deutlichkeit zu wünschen übrig läßt. Man könnte hier an eine Einbruchslinie denken, an der ein nördlicher und südlicher Schichtkomplex gegeneinander einsanken; denn das Ganze macht gar keinen eigentlich synklinalen Eindruck. Der Übergang der beiden Schenkel wäre gar zu abrupt. Das Synklinal müßte denn zerdrückt und im Muldenscheitel in einen Bruch übergegangen sein.

Ich erkläre mir diese Stelle, besonders auch wegen ihrem lokal engbegrenzten Charakter und vom Gesichtspunkt der Überschiebungen aus vielmehr so:

Die Schichtköpfe eines zweiten Sandsteinpakets, nachdem die zwischen I und II liegenden überschobenen weichen Mergelmassen (vielleicht von einer alten Saane) erodiert waren, stürzten, der Unterlage beraubt, möglicherweise noch von einem Gletscher belastet, herab und legten sich nun so auf das erste Paket (Champotey), wie wir es heute beobachten. Dafür, daß ein alter Saanelauf an dieser Stelle rechtwinklig zum heutigen gerichtet war, zeugen die fluviatilen Schotter, welche in einer Kiesgrube südlich des östlichen Brückenkopfes, also gerade über diesem gestörten Punkt aufgeschlossen sind und die deutlich gleichfallende Schichtung zeigen wie ihr Substratum, die Vaulruzsandsteine der Brüche von Champotey.

Dieser Einsturz, vielleicht auch noch andere Ursachen haben der Saane ihren alten Weg versperrt und sie gezwungen, einen neuen quer durch die harten Sandsteinbänke und weiter talabwärts durch die Nagelfluhen bei dem Pont de Tusy zu fressen.

i) *Aufschlüsse östlich der Saane.* Das dünnbankige mit Mergelschichten untermischte Auftreten des Vaulruzsandsteins bei »aux Farvages«, »au Plan« (En Part) und am Ruisseau du Ruz betrachte ich als ein Übergangsstadium des eigentlichen Vaulruzsandsteins ins Hangende, oder als das Auskeilen in der Streichrichtung.

k) *Montcaillaz* (P. 802 Westlich Bulle). Hier ist der Vaulruzsandstein in einer Mächtigkeit von etwa 15 m aufgeschlossen. Streichen N 65° E, Fallen 50° SSE, also etwas steiler, als in den meisten bisher beschriebenen Steinbrüchen. Die Farbe des Gesteins ist wie üblich vorwiegend blaugrau, eine ca. 40 cm mächtige Bank ist hingegen auffallend grünlich. Zwei je 7 resp. 5 m mächtige, kaum gebankte Schichtkomplexe von sehr hartem Sandstein sind durch eine etwa 30 cm dicke Mergelzwischenlage voneinander getrennt.

Am südöstlichen Ende des Steinbruchs ist eine Gesteinsmasse stark aufgewölbt und außerdem verdreht. Das Kernstück einer solchen kleinen »Torsionsfalte« liegt im Abraummaterial. Normal zur Fallrichtung verläuft ein klaffender Bruch, der sehr deutlich erkennen läßt, daß die untere Sandsteinschicht um etwa 2,5 m an der obern, hangenden emporgeglitten oder umgekehrt die obere ca. 7 m mächtige Bank um diesen Betrag am Liegenden zurückgesunken ist. Das Korn dieser Sandsteine variiert vom feinsten Sand bis zu Erbsengröße und läßt sich in gewissen Horizonten mit dem des »grès d'Attalens«, einer feinkörnigen Nagelfluh, vergleichen.

l) *Plancheyri* (SE Villarvolard). In der Streichrichtung des Aufschlusses von Montcaillaz liegt NW Morlon der bewaldete Hügel »Vaucen«, an dem zwar oberflächlich nirgends Gestein ansteht, der aber in seinem nördlichen Abhang höchst wahrscheinlich Schichtköpfe desselben Vaulruzsandstein-Pakets birgt. Verfolgen wir diese Richtung weiter, so treffen wir am Ruisseau de Chaux, der von »la Cierne des Vernes« herunter, an Plancheyri vorbeifließt, etwa südlich der Hütte »le Perrex« wieder eine längere, zwar oft durch Gehängeschutt unterbrochene Schichtserie von Sandsteinen und Mergeln, die ich nicht dem Flysch, sondern der Molasse grise und dem Vaulruzsandstein zuschreibe. Schon am Sträßchen von Villarvolard nach Plancheyri und dann besonders rings um die Hütte »le Perrex« liegen zahlreiche große Blöcke von Vaulruzsandstein, die zwar an der Oberfläche braun und stark angewittert, im Innern aber blau und hart sind. Daneben finden sich häufig kleinere Stücke mit Pflanzenresten. Am Bach habe ich folgendes Profil aufgenommen:

	30,0 m	graue Mergel, mit dünnen Sandsteinplatten wechselnd
ca.	100,0 m	Schutthalde
	0,45 m	Sandstein
	0,05 m	Mergel
	0,45 m	Sandstein
	0,20 m	Sandstein
ca.	2,0 m	dünnschiefrige Mergel
ca.	8,0 m	Schutthalde
	0,6 m	Sandstein
	0,15 m	Mergel
	0,5 m	Sandstein
	0,09 m	Mergel
	0,28 m	Sandstein
	0,35 m	Mergel
	5,0 m	Sandstein, vom untersten Wehr der Bachverbauung als Widerlager benützt.
	.....	Mergel mit schönen Fältelungen.

Mr. Pugin, der die Bachverbauung leitet, ist ebenfalls fest überzeugt, daß diese letzten 5 m absolut derselbe Vaulruzsandstein sind, den er seit 15 Jahren im westlichen Steinbruch an der Brücke von Corbières abbaut und verarbeitet. [1] Ich habe Handstücke mitgebracht, die viel eher molassische, als Flyschstruktur

[1] Unmittelbar vor der Drucklegung dieser Dissertation fand ich in *Arn. Heim*: Zur Geologie des Mont Bifé am Freiburger Alpenrand (Vierteljahrsschr. naturf. Ges. Zürich, Jahrgang 65. 1920, p. 451) dieselbe Ansicht, wenigstens als Vermutung, ausgesprochen.

besitzen, während ich z. B. wie bereits erwähnt, im alten Steinbruch von P. 737 ⟨S. Marsens⟩ Handstücke schlug, die jedermann, der den Herkunftsort nicht kennt, als Flysch bezeichnen würde.

Pyritkriställchen kommen sehr häufig und in allen Horizonten des Vaulruzsandsteins vor. Meist besetzen sie die Vertiefungen der Rippelmarken und die Höhlungen von ausgewitterten kleinen, oft aber bis enteneigroßen, jedoch flachen Mergellinsen, die auch im härtesten Sandstein, mit Ausnahme des »banc pavé« auftreten.

Was die *petrographische Beschaffenheit, Verbandsfestigkeit* etc. betrifft, so verweise ich auf den Abschnitt »Technisches« und auf den betreffenden Unterabschnitt im allgemeinen Teil der Stratigraphie.

2. Palaeontologisches

Über die stratigraphische Stellung unseres Vaulruzsandsteins gingen die Ansichten der kompetenten Geologen und Palaeontologen bis in die neueste Zeit hinein stark auseinander. Diese Unsicherheit beruht neben tektonischen Schwierigkeiten hauptsächlich auf der Armut an Fossilien oder besser ausgedrückt, auf der lückenhaften Sammlung und Bestimmung derselben.

Gilliéron spricht sich 1873 [1]⟩ gar nicht über das Alter dieses Sedimentes aus; er bezeichnet es bloß als marin oder brackisch. Auch 1885 [2]⟩ ist er sich wegen der Spärlichkeit der Fossilien über dessen stratigraphische Lage nicht klar und beruft sich auf andere Forscher, welche die diesem Sandstein vergleichbaren Sedimente als älteste Molassestufe der Schweiz betrachteten.

de Girard [3]⟩ sagt: »On pourrait distinguer, en dessous de la molasse lausannienne, un étage initial qui comprendrait le grès de Vaulruz et la »molasse rouge« de Vevey et de Bouveret. Mais il est possible que ce soit un simple facies lagunaire de la molasse inférieure.«

In Vaulruz wurde beim Ausheben des Eisenbahneinschnitts der Rumpf eines Sireniden gefunden. Nach einer davon angefertigten Zeichnung [4]⟩ schloß *Lepsius* [5]⟩ auf ein oligocänes Halitherium. Dieses große Fossil ist im Museum Freiburg unter der Bezeichnung Halitherium Schinzi Kaup. aufgestellt.

---

[1]⟩ Matériaux livr. 12, p. 147.

[2]⟩ Matériaux livr. 18, pp. 365. 418.

[3]⟩ *R. de Girard.* Notions de géologie générale fondées sur l'étude du sol fribourgeois, pp. 56—57.

[4]⟩ *J. Reichlen* in »Le Chamois« ⟨Monatsschrift, Freiburg⟩ 1872, No. 9, betitelt »Petrification trouvée à Vaulruz en 1866 ⟨long 5 pds, larg. 3 pds environ⟩.« In einer Begleitnotiz bedauert der Herausgeber, daß seine Bitte ⟨gleiche Zeitschrift 1870, No. 11⟩ um eine wissenschaftliche Beschreibung unbeantwortet blieb.

[5]⟩ *Gilliéron.* Matériaux 18, p. 365.

H. G. Stehlin legte an der 28. Hauptversammlung der Schweiz. Geolog. Gesellschaft am 8. September 1909 in Lausanne eine sehr schön erhaltene Mandibel und ein Seitenmetapod eines Anthracotheriums aus dem marinen Sandstein von Vaulruz vor, die dem Museum von Freiburg gehören und ihm von Hr. Prof. Musy zur Untersuchung mitgeteilt worden sind. Sie rühren von einer mittelgroßen Anthracotheriumform her, die der ältern, mit stark entwickelten Seitenmetapodien versehenen und für das Stampien charakteristischen Gruppe der echten Anthracotherien angehört. Der interessante Fund bestätigt die ‹oben erwähnte› Ansicht Gilliérons, daß die marine Molasse von Vaulruz älter als die aquitanische Süßwassermolasse sei.[1]› Eine photographische Reproduktion dieses Unterkiefers gibt *Damm* als Fig. 6 in seiner »Vaulruzmolasse«.

Im Gegensatz dazu vertritt *Rollier*[2]› den Standpunkt, es sei trotz dieses Fundes, der ja umgelagert, auf sekundärer Lagerstätte sein könne, auch der Vaulruzsandstein aquitanisch, umsomehr, als dieser an der Basis, ähnlich wie die Sandsteinschichten von Ralligen und Gurnigel in rote Mergel übergehe, die nur dem Aquitanien angehören können, und Vaulruz sonst der einzige Punkt am Nordfuß der Alpen wäre, wo wir Stampien aufgeschlossen hätten. Er betrachtet demnach hier die Rallig-, Gurnigel- und Vaulruzsandsteine wegen der darin gefundenen Foraminiferen bloß als litorale, subalpine Facies der Molasse de Lausanne, weil alle diese Sedimente direkt auf demselben Substratum, eben der roten Molasse liegen.

Derselbe Autor hat diese Ansicht schon in der am 1. Juni 1910 abgeschlossenen Schläfli-Stiftungs-Preisarbeit[3]› geäußert, wo er ebenfalls den Vaulruzsandstein als unteres Miocän anzusehen geneigt ist. Er sagt: »Il y a de fortes présomptions pour admettre que les Grès de Ralligen, du Gurnigel et de Vaulruz, tout comme ceux de Horw, sont du Miocène ‹Helvetien› tout à fait inférieur«. Und nachdem er nur der roten Molasse ‹m r›, die sich im Kern aller subalpinen Antiklinalen findet, aquitanisches Alter zubilligt, resumiert er: » En somme il n'y a rien dans la Molasse subalpine, de positivement plus ancien aux couches saumâtres, à Helix Dollfusi ou à l'Aquitanien supérieur.«

---

[1]› Eclogae geol. Helv. vol. X, No. 6, 1909, pp. 754—755; siehe auch Bull. de la Soc. frib. des Sc. nat., Compte-Rendu 1909—1910, Vol. XVIII, pp. 18—20.

[2]› *L. Rollier.* Sur la molasse Suisse et du Haut-Rhin, Verhandl. Schweiz. naturf. Ges., 93. Jahresvers. Basel, 1910, p. 95.

[3]› *L. Rollier.* Revision de la Stratigraphie et de la Tectonique de la Molasse au Nord des Alpes etc., 1911, p. 70; siehe auch p. 67 ff und p. 74.

Dieser Ansicht scheint neuerdings auch *Ritter* zu folgen, wenigstens läßt dies das Kolorit seiner »Flözkarte«[1] erkennen.

Diese Auffassung widerlegt *Stehlin*[2] mit plausiblen Argumenten, und indem er, wie schon in einer frühern Publikation[3] nachdrücklich auf die einer noch ältern, dem untern Stampien, eventuell der Grenze des Sannoisien angehörenden Säugetierfunde in der subalpinen Molasse von Bumbach (Emmenthal) hinweist, für die zum vorneherein eine mögliche sekundäre Lagerstätte ausgeschlossen sei.[4]

Heim[5] schließt sich eher Stehlin an und weist den Vaulruzsandstein dem Stampien zu.

Rollier in seiner Antwort[6] auf die Einwürfe von Stehlin möchte einen Unterschied machen zwischen »eingeschwemmten« (flottés) und »umgelagerten« (remaniés) Fossilien, und schließt nur mit Vorbehalt von der Lagerstätte auf das wirkliche Alter, besonders wenn es sich nicht um ganze Skelette, sondern bloß um einzelne Knochenreste handelt.

Die Fossilien, die neben den tektonischen Verhältnissen für die Altersbestimmung irgend einer Stufe in gestörtem Gebiet ausschlaggebend sind, waren bis jetzt in unserem Vaulruzsanstein wenig zahlreich und mannigfach. Auch bietet das Herauspräparieren z. B. von Knochenresten aus dem sehr harten Sandstein große Schwierigkeiten. Und beim Sammeln von solchen fossilen Säugetier- und Fischfragmenten ist man fast ausschließlich auf die Steinbrucharbeiter angewiesen, welche sie beim Bearbeiten des Sandsteins zufällig anschlagen und mit ihren groben Instrumenten oft stark beschädigen. Ferner kommen diese Fossilien fast nur in einem gewissen Horizont vor (siehe Profile von Champotey und Prévondavaux), der oft monate- und jahrelang brach liegt oder in den verlassenen und bloß gelegentlich benützten Steinbrüchen überhaupt kaum angebrochen ist. Ich habe mir über zwei Jahre lang von Herrn Pugin und seinen Arbeitern in dem während dieser Zeit einzigen dauernd betriebenen westlichen

---

1) *E. Ritter.* Flözkarte der Kohlenführenden Molasse etc., Tafel XV in »Der schweizerische Bergbau im Weltkrieg«, 1919.

2) *H. G. Stehlin.* Säugetierpalaeontologische Bemerkungen zu einigen neueren Publikationen von Herrn Dr. Louis Rollier, Eclogae geol. Helv. vol. XI, No. 4, 1911, pp. 480—482.

3) *H. G. Stehlin.* Über die Grenze zwischen Oligocän und Miocän in der Schweizer Molasse, Eclog. geol. Helv. vol. VII, No. 4, 1903, p. 364.

4) Vergleiche auch *G. H. Stehlin.* Übersicht über die Säugetiere der schweizerischen Molasseformation, ihre Fundorte und ihre stratigraphische Verbreitung, Verhandl. naturf. Ges. Basel, Bd. XXV, 1914, p. 183.

5) *Alb. Heim.* Geologie der Schweiz, Tabelle p. 130.

6) *L. Rollier.* Réponse à M. le Dr. Stehlin, Eclogae geol. Helv. vol. XI., No. 6, 1912. pp. 800—803.

Steinbruch an der Brücke von Corbières jedes noch so unscheinbare Knochenstückchen aufheben lassen. Das Bestimmen dieser so entstandenen bescheidenen Sammlung, soweit es die Säugetierreste betrifft, übernahm in sehr freundlicher Weise Hr. Dr. H. G. Stehlin in Basel. Die vorläufigen Resultate sind in dem hier unten folgenden Verzeichnis aufgeführt. Die Fischfragmente harren noch der fachmännischen Bestimmung.

Die meisten früheren Funde sind im Museum Freiburg aufbewahrt. Ihre relativ kleine Zahl ist, wie bereits angedeutet, weniger in der Seltenheit des Vorkommens zu suchen — ich habe im Verlauf meiner Untersuchungen im Gegenteil die Überzeugung erhalten, daß wenigstens bestimmte Niveaus geradezu fossilreich sind — als eben vielmehr in der beschränkten Abbautätigkeit in den Vaulruzsandsteinbrüchen. Wird diese Tätigkeit wieder eine lebhaftere und werden die betreffenden Unternehmer richtig instruiert, so läßt sich bestimmt eine reiche Sammlung, besonders von Fisch- und Säugetierfossilien zusammenbringen. Der Geologe selber kann mit seinem Hammer unmöglich in die überaus harten Gesteinsbänke eindringen, und die Funde an den aufgeschlossenen Schichtflächen sind sehr spärlich.

Bei meinen über 50 Exkursionen in das Gebiet des Vaulruzsandsteins hatte ich erst auf den letzten so erfolgreiche Funde gemacht, daß sie die Ansicht von Stehlin über das Alter dieses Sediments bestätigen. An der Basis des »bon grès«, des tiefern der großen Schichtkomplexe, direkt über den bunten Mergeln fand ich im östlichen Steinbruch an der Brücke von Corbières und im obern ‹d'Everdes› in mergelsandiger Facies ein reiches Petrefaktenlager. In frischem Zustand sind diese sehr glimmerreichen Mergel schwarzgrau, werden aber an der Luft bald blaugrau und ziemlich hart. Sie sind voll von *Cyrenen* und kleinen *Cardien*. Weniger häufig finden sich auch kleine, bis etwa 12 mm lange Schnecken, die Hr. Dr. E. Baumberger zu bestimmen die Freundlichkeit hatte und die er als Melanopsis acuminata bezeichnet. Im naturfrischen Zustand sind alle diese Fossilien dunkelbraun bis schwärzlich gefärbt und heben sich sehr hübsch vom einbettenden, immerhin helleren Sandmergel ab. Leider verwischt dieser lebhafte Teint an der Luft bald.

Hr. Dr. *Baumberger* ist gegenwärtig mit einer ausgedehnten vergleichenden Arbeit der Fauna aus der ältern bayrischen Molasse und den Rallig-, Horwer- und Vaulruzsandsteinen beschäftigt. Er glaubt nach meinen neuesten Molluskenfunden bereits jetzt schon, daß unser Vaulruzsandstein das Alter des bayrischen Cyrenenmergels haben dürfte, also *Stampien in subalpiner Facies*. Seine endgültigen Resultate, falls sie diese höchst interessante vorläufige Feststellung bestätigen, würden endlich

eine Jahrzehnte lang hängige Streitfrage in der schweizerischen Molasseforschung lösen.

Bis die neuen Fossilfunde alle genau bestimmt sind, lasse ich einstweilen hier ein Verzeichnis der mir bis jetzt bekannt gewordenen Tier- und Pflanzenreste folgen.

Wirbeltiere:

Halitherium Schinzi Kaup. (Thorax, Moule int. et côtes).
Anthracotherium sp.? (Max. inf. et 2e métacarp. droit).
Rhynchosuchus od. Gavialosuchus sp.? (? fragm. de max. sup.)
Croco-dilus od. Diplocynodon sp.? (fragm. de max. inf.)
Trionyx Lorioli Portis? (fragm.) (Alle von Vaulruz und im Museum Freiburg.)
Emys Laharpi (von Damm p. 24 erwähnt).
Kleiner Rhinoceroide (distale Hälfte einer Scapula, proximales Ende eines Radius).
Sirenide (Beckenhälfte, 2 Rippenfragmente, passen zu obigem Thorax von Halitherium Schinzi).
Anthracotherium sp? (Meta carpale III, hat denselben Habitus wie das obige Metacarpale II und gehört wohl mit diesem und der Mandibel zusammen.)

Diese drei letztern von mir im Steinbruch Pugin (westlicher an der Brücke von Corbières) gefunden und von H. G. Stehlin bestimmt. (Museum Basel.) — Im Museum Freiburg befinden sich weiter noch Fragmente von Knochenfischen und Schildkröten.

Mollusken:

Cardium Heeri? (Gilliéron Mat. 18, p. 364.)
Cyrena Vapincana d'Orb. (od. Var. von Cyr. Brongn. Bast.)
Cyrena Brongniarti Bast.,
beide von Vaulruz und im Museum Freiburg.
Melanopsis acuminata Sandb. (Nach Gilliéron, Mat. 18, p. 365 war diese Schnecke häufig in der Mergelschicht, in der bei Vaulruz das Halitherium Schinzi gefunden wurde.
Helix? (hierüber las ich im Bull. soc. frib. Sc. nat., vol. XV, p. 59 folgende Notiz: »Deux fossiles du genre Helix ont été trouvées dans la carrière supérieure de Champotey près de Corbières (Gruyère) soit dans le grès de Ralligen.« Über ihren derzeitigen Aufbewahrungsort konnte ich nichts erfahren.)
Planorbis cornu Brongn.? (in der Kohle von Vuippens).

Pflanzen:

Sabal major Ung? Vaulruz (Gil. Mat. 18, p. 364).
Podecarpus eocenica Ung. (Gil. l. c. gl. p.) (Erstere würde für

Stampien sprechen, denn Rollier in seiner »Revision etc.« verweist sie in der Molasse der Umgebung von Basel in diese Stufe.)

Chamaerops helvetica Heer, Marsens, Museum Freiburg.
Salix macrophylla Heer, Marsens, Museum Freiburg.
Cinnamomum lanceolatum Ung. Sp., Vaulruz, Mus. Freiburg
Abeibopsis Gaudini Heer, Vaulruz, Museum Freiburg.

Zur *Vaulruz-Fauna* schrieb mir dann Dr. E. Baumberger am 4. Juli 1920, nach der Einreichung dieser Dissertation folgendes:[1])

»Die Fauna der Vaulruz-Sandsteine stimmt überein mit derjenigen der Ralligschichten, der Horwerschichten und der Biltenerschichten. Auf die Gleichaltrigkeit der Sandsteine und Mergel von Ralligen, Horw und Bilten hat schon *Kaufmann* in seinen Arbeiten nachdrücklich hingewiesen. Gestützt auf die durch *Heer* und *Mayer-Eymar* durchgeführten Untersuchuugen von pflanzlichen und tierischen Überresten, insbesondere von Ralligen, wurden die allgemein als *Ralligschichten* bezeichneten Sedimente in das *Oberoligocän* (Aquitan) eingereiht. In jüngster Zeit hat sodann *Rollier* die in Frage stehenden Schichten zum Teil in das unterste Burdigalien gestellt, und ich habe in der stratigraphischen Gliederung der subalpinen Molasse im Gebiet von Luzern (Vierwaldstätterseekarte, Spezialkarte Nr. 66 a) dieselbe Auffassung bezüglich der Horwerschichten vertreten. Im Gegensatz zu dieser Anschauung hat *H. G. Stehlin*, gestützt auf die Untersuchung der Säugetierreste, mit Nachdruck auf das voraquitane Alter dieses Schichtencomplexes hingewiesen. Die im Basler Museum liegenden, von *Gilliéron*, *Stehlin* und *Ritter* gesammelten Materialien aus der Vaulruz-Molasse sind nun durch die Aufsammlungen des Herrn *H. Buess* wesentlich ergänzt worden. Zudem hat mir die Direktion des Berner Museums in zuvorkommender Weise die Aufsammlungen von Ralligen zur Verfügung gestellt. Auch das Basler Museum besitzt von Ralligen eine kleine Sammlung. Weiter sei erwähnt, daß mir eine Fossilsammlung aus der ältesten subalpinen Molasse Bayerns bei der Vergleichung unserer Formen vorzügliche Dienste geleistet hat.

Die Fossilien der Vaulruz-Molasse, wie mit kleinen Ausnahmen auch die der übrigen subalpinen schweizerischen Fundpunkte, sind Steinkerne. Immerhin war bei einer eingehenden Bearbeitung einige Aussicht auf Erfolg zu erhoffen, namentlich im Hinblick auf das relativ reichhaltige Vergleichsmaterial. Am häufigsten treten im Vaulruz-Sandstein verschiedene *Cyrenen* auf; mit Recht kann man von *Cyrenenschichten* sprechen. Seltener sind *Cardien* oder andere *Acephalen* und dann *Gastropoden*.

[1]) Dr. Baumberger wünschte die wörtliche Wiedergabe seiner mir in so dankenswerter Weise überlassenen Ausführungen.

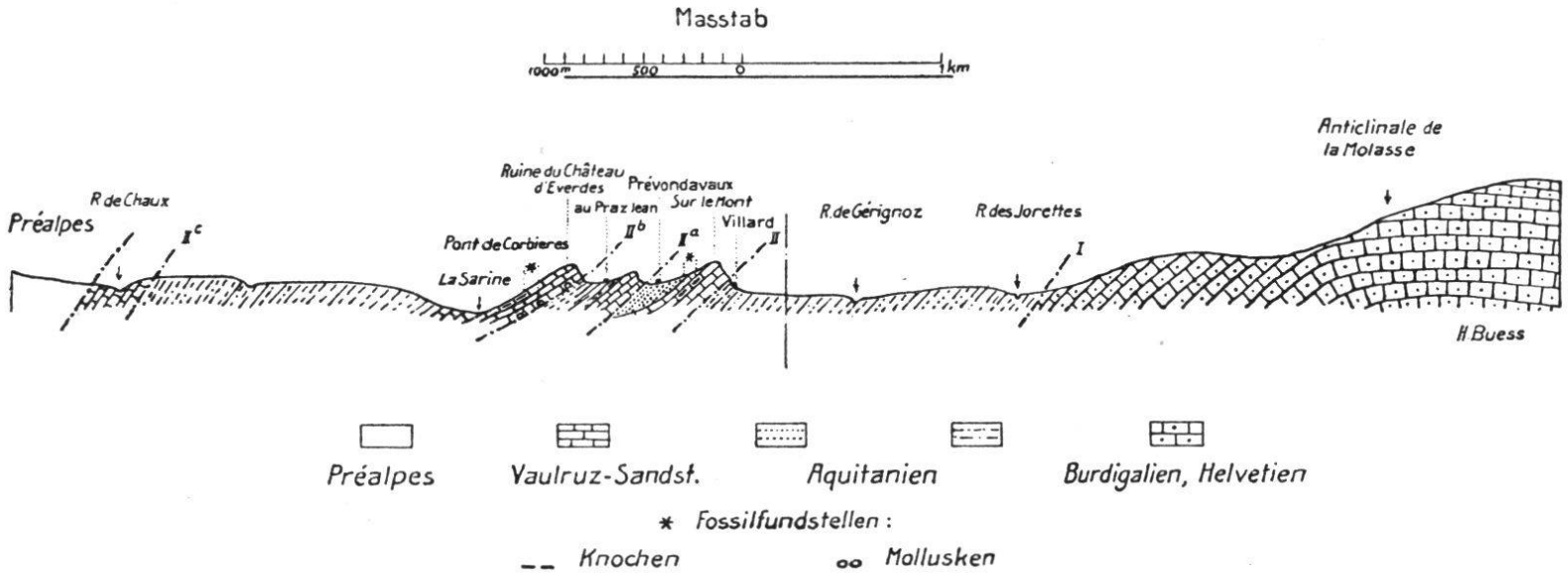
Trotzdem die Untersuchung der Fossilien noch nicht zum Abschluß gebracht werden konnte, so erlauben die bis jetzt gewonnenen Resultate ein Urteil sowohl über die faziellen Verhältnisse der Vaulruz-Sandsteine als auch über deren geologisches Alter. Die später noch zu ergänzende Bestimmungsliste enthält folgende Formen:

Cyrena Mayeri (Locard), Baslersammlung: Pont de Corbières.
Cyrena Maillardi (Locard), Champotey.
Cyrena semistriata (Desh.), häufig, Champotey.
Cyrena Brongniarti (Bast) häufig, Champotey, einschließlich der kleinen, schwer abzugrenzenden Cyrena Sawerbyi (Bast).
Cardium Studeri (Mayer-Eymar), Champotey.
Cardium Thunense (Mayer-Eymar), Champotey.
Cardium Heeri (Mayer-Eymar), Champotey.
Melanopsis acuminata (Sandbg.), Champotey.
Planorbis spec. (unbestimmbar), Champotey.

Es handelt sich um eine typische Brackwasserfauna. Die Vaulruzsandsteine sind in brackischem Wasser zur Ablagerung gelangt. Verfolgen wir anhand der neuern Literatur die horizontale und vertikale Verbreitung der Vaulruz-Fauna nach Osten längs des heutigen Alpenrandes und weiter bis ins Banat und nach Siebenbürgen, und berücksichtigen wir die infolge fazieller Unterschiede der Sedimente auftretenden Veränderungen der Fossilien-Assoziationen, so müssen wir die Vaulruz-Sandsteine und ebenso die faunistisch gleichwertigen Sandsteine von Ralligen, Horw und Bilten dem Stampien zuweisen. Es ist sogar nicht ausgeschlossen, daß sie zeitlich dem ältesten Glied dieser Abteilung, dem Meeressand (Klein-Blauen im Bernerjura) entsprechen. Die Säugetierfunde und gewisse Mollusken-Assoziationen in Lokalitäten anderer Gebiete, in denen auch Faunenbestandteile der Vaulruzsandsteine auftreten, sprechen sehr zu Gunsten dieser Anschauung, welch letztere ich nach Abschluß der Untersuchungen ausführlich zu begründen mir vorbehalten möchte.

Aus dem die Vaulruzsandsteine unterteufenden Molassecomplex besitzt das Basler Museum (Coll. Gilliéron), *Plebecula Ramondi* (Brong.) (große Form = P. Dollfusi Roll.) vom Gérignoz nördlich Vuippens, wie sie in Rochette bei Lausanne gefunden wird. Die Molasse zwischen den hangenden Vaulruzsandsteinen und der liegenden untermiocänen Molasse, deren Alter durch eine charakteristische marine Fauna (Coll. Gilliéron im Basler Museum) absolut sicher gestellt ist, hat somit *oberoligocänes Alter* [Helix Ramondi (Brong.) große Form, charakteristisch für Unteraquitan]. Die tektonischen Anomalien des Gebietes werden somit durch die palaeontologische Untersuchung bestätigt.«

Profil Alpenrand (S Villarvolard) - Mt. Gibloux.



c. Tektonisches

Solange die Stratigraphie des Vaulruzsandsteines auf so unzuverlässigen Füßen stand, war es natürlich auch in Anbetracht der zusammenhangslosen Aufschlüsse schwierig, eine befriedigende Lösung des tektonischen Problems zu finden. Hatte man es mit Brüchen, aufgebrochenen Antiklinalen oder Überschiebungen zu tun? Auffallend war jedenfalls von jeher die Tatsache, daß alle Vaulruzschichten (mit Ausnahme von unbedeutenden lokalen Störungen) annähernd gleich, ca. N 60° E streichen und unter wechselnden Winkeln nach SE einfallen.

Brüche (failles) von *Gilliéron*[1]) oder Treppenbrüche, wie sie *Damm*[2]) wenigstens für möglich hält, werden von *Heim*[3]) verneint. Er kennt keine alten Verwerfungen in unserer Molasse.

Bei der Voraussetzung von Antiklinalen — und es hätten deren schon wenigstens drei angenommen werden müssen — war es doch zum mindesten auffällig, daß überall gerade bloß die Südostschenkel erhalten blieben, während die Nordwestdächer vollständig verschwunden sind.

An Brüche zu denken war bei den abgebrochenen Schichtköpfen in fast allen Aufschlüssen leicht möglich, ja geradezu gegeben. Was wäre aber die Ursache dieser auf weite Strecken fast geradlinigen Brüche gewesen? Und warum verliefen sie der längst festgestellten großen Molasse antiklinale parallel? Gerade dieser Parallelismus ließ doch auf eine gemeinsame Ursache schließen. Diese Ursache war die Alpenfaltung und als solche im wesentlichen ein Schub von Südosten, der gewiß eher ein Aufstauen als ein Einsinken irgendwelcher Art bewirkte. Und wozu führen Brüche infolge Aufstauens? Zu Überschiebungen! Und warum entstanden in der Westschweiz keine großzügigen Antiklinalen, wie in der Zentral- und Ostschweiz? Mit dieser Frage hängt das ganze tektonische Problem unserer freiburgischen subalpinen Molasse zusammen. Ich muß in diesem Zusammenhang einige Gedanken vorwegnehmen, die im allgemeinen Abschnitt »Tektonik« weiter ausgeführt sind.

In der Mittel- und Ostschweiz war die mächtige marine Molasse (Helvetien und Burdigalien, z. T. in Form von Nagelfluh) und die darüberliegende obere Süßwassermolasse (Vindobonien, z. T. noch Oeningien) bis an den damaligen Alpenrand ausgebildet. In der Westschweiz fehlte in dieser Zone letztere ganz, und auch die marine Molasse (inclusive Nagelfluh) war weit weniger mächtig entwickelt, sei es infolge Mangel an weitem Hinterland, infolge Höherstellung das Substratums oder

[1]) *V. Gilliéron.* Mat. 18, p. 364 und besonders p. 418.
[2]) *F. Damm.* Die Vaulruzmolasse, p. 14.
[3]) *Alb. Heim.* Geologie der Schweiz, p. 181.

wirkungsvollerer Erosion. Jedenfalls traf dort der Alpenschub kräftige Widerlager und mühte sich an deren Aufbiegung ab. Überschiebungen im großen Maßstab waren, wegen Mangel an geeigneten Gleitflächen in den Nagelfluhdeltas nicht leicht möglich. Bei uns fehlte dieses Widerlager, oder es war wenigstens weit schwächer. Damit hängen wohl auch die eigentümlichen tektonischen Verhältnisse der sogenannten Ebene von Bulle zusammen. Erst die träge, stark entwickelte marine Molasse jenseits der heutigen Antiklinale wirkte als Bremsklotz. An ihr stauten sich die von Südosten her zusammengepreßten oligocänen Mergel und Sandsteinbänke. Hätte diese eine starke miocäne Überlagerung gedeckt, so wären sie mit dieser zu Antiklinalen aufgebogen worden. Da aber diese Belastung fehlte, oder verhältnismäßig gering war, so wurden speziell die eher zum Brechen als zum Biegen geeigneten großen Vaulruzplatten geborsten und zwar naturgemäß vorwiegend rechtwinklig zur Schubrichtung. Daß sie in weicheren Mergellagen steckten, erleichterte dieses Aufbrechen noch. Der Druck setzte sich auch nach der Berstung noch fort, und so wurden die einzelnen Schollen übereinander geschoben, eben wie die Eisschollen im Oberlauf eines Flusses, bei dem die mächtigere Eisdecke in seinem ruhigeren Unterlauf noch standhält. Bloß wirkten in unserem Fall die sehr mächtigen begleitenden Mergelkomplexe regulierend auf den Vorgang der Überschiebung, sodaß wir kein wirres Durcheinander, sondern eine beinahe auffallende Regelmäßigkeit beobachten können.

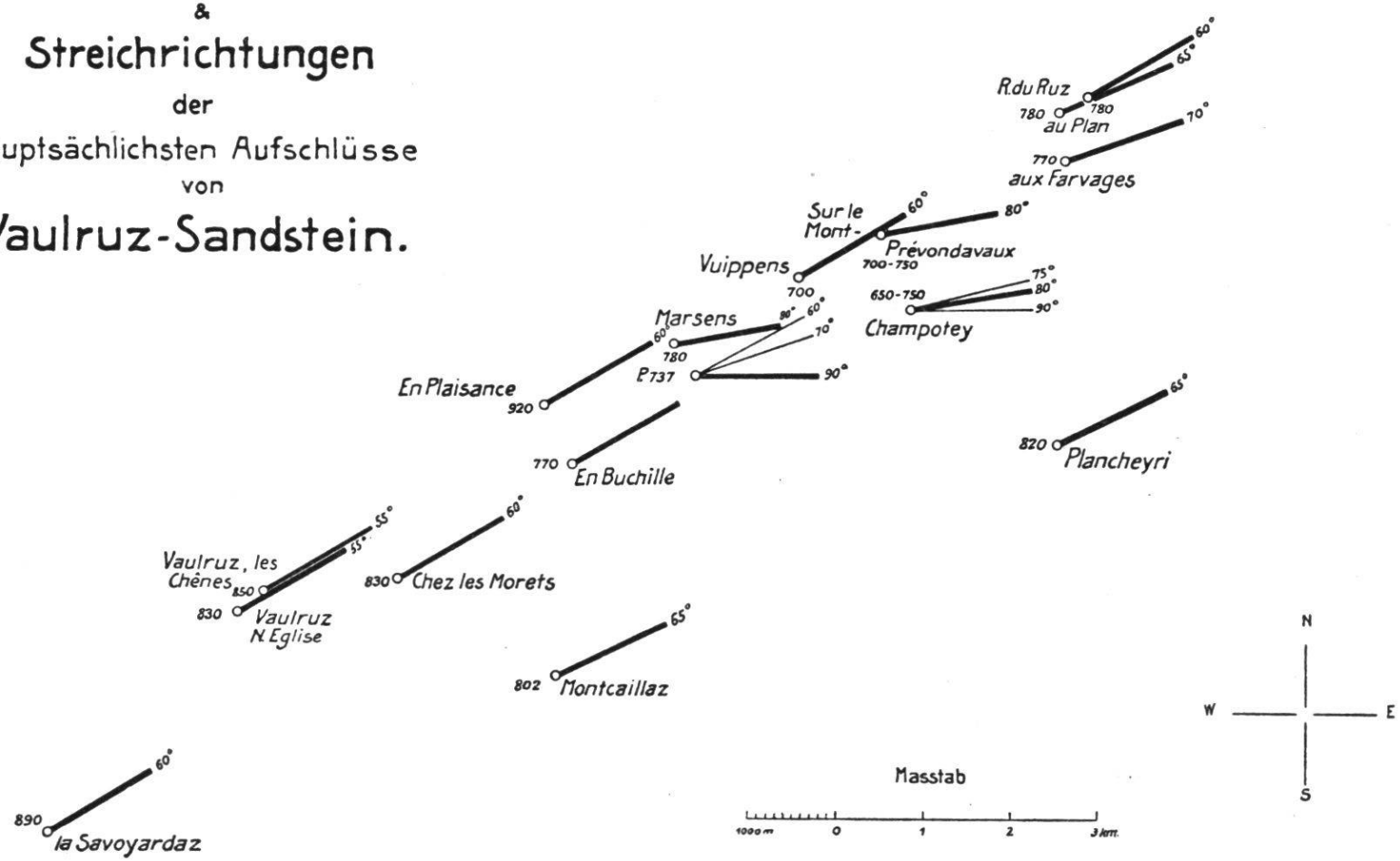
Nur auf diese Weise kann ich mir die wenigstens vierfache, sehr wahrscheinlich aber noch häufigere Überschiebung des Vaulruzsandsteins erklären.

Daß irgendwo in unserem Gebiet noch ältere Molassesedimente auftreten, halte ich nicht für wahrscheinlich. Darunter liegende Mergel z. B. wären wohl bei den Überschiebungen abgestreift worden oder in der Tiefe liegen geblieben. Alle heute über oder unter diesem Sandstein aufgeschlossenen Mergel und dünnbankigen Sandsteinzwischenlagen betrachte ich als jünger. Sie mögen z. T. der roten, grauen oder Kohlenmolasse angehören, jedenfalls sind sie alle aquitan.

Von diesem Gesichtspunkt aus ist auch die bisher angenommene oder errechnete *Mächtigkeit der Vaulruzstufe* viel zu groß. Von verschiedenen Autoren wurde sie auf 400 bis 600 m angegeben. Hätten sie die Aufschlüsse von Montcaillaz und Plancheyri gekannt und berücksichtigt, so wären diese Zahlen wohl noch bedeutend höhere geworden. Die Methode, die z. B. Damm[1]) für die Berechnung der Mächtigkeit anwandte,

[1]) *F. Damm.* Die Vaulruz-Molasse, pp. 8—9, 13—14, 21—23,

Plan, Höhenangaben & Streichrichtungen der hauptsächlichsten Aufschlüsse von Vaulruz-Sandstein.



H. Buess.

halte ich nicht für zweckmäßig. Nachdem er die verschiedenen tektonischen Möglichkeiten erwogen, an Treppenbrüche gedacht, dann aber Überschiebung als wahrscheinlich angenommen, die Streichrichtungen aller Ausbisse auf 65° und das Fallen auf 40° durchschnittlich ermittelt, hat er die lokale Antiklinale von »en Buchille« beigezogen und so in Rechnung gestellt, als ob sie die gesamte Vaulruzmolasse umfasse, daß diese also in ihrem Normalabstand zwischen den nördlichsten und südlichsten Schichtflächen (aufsteigender, absteigender und wieder aufsteigender Schenkel) die 3fache Mächtigkeit der Vaulruzmolasse repräsentiere.

Nach meinen im vorhergehenden Abschnitt gegebenen Profilen nehme ich für die Gesamtmächtigkeit der Vaulruzsandsteinstufe höchstens 40—50 m an.

Streichen und Fallen habe ich bei der Revision der Beschreibungen der einzelnen Aufschlüsse angegeben. Die Übersicht erleichtert der hier beigegebene Plan, in den ich alle wichtigeren Aufschlüsse mit den Streichrichtungen und Höhenquoten einzeichnete.

Über die stratigraphischen und tektonischen Verhältnisse in Bezug auf die übrigen Sedimente orientiert meine »Karte der freiburgischen subalpinen Molasse« und die Profile. Es ist aber sehr wohl möglich, daß zwischen den Überschiebungen IIb und IIc z. B. noch eine weitere, nicht aufgeschlossene existiert, ebenso mögen südlich der letztern noch weitere folgen, die aber in der Tiefe der Ebene von Bulle oder unter dem Voralpenrand liegen. Die Mächtigkeit des ganzen Komplexes am Hang Vaulruz-Marsens, besonders zwischen »en Buchille« und »en Plaisance« scheint mir auch, abgesehen von der kleinen Faltung, wenigtens das doppelte einer normalen Schichtfolge darzustellen.

3. MERGEL

Mergel in steiniger, sandiger, toniger, blättriger, schiefriger Ausbildung treffen wir in allen Stufen und in jeder Facies der subalpinen Molasse. Sie können schichtlägig sehr weite oder sehr begrenzte Ausdehnung einnehmen; ihre Mächtigkeit variiert von einigen mm bis zu 50 m und mehr. Als erbsen- bis eigroße Linsen durchsetzen sie sogar die härtesten Schichten des Vaulruzsandsteins.

Sie wurden entweder im Meer, in Lagunen, Deltas oder Süßwasserseen abgesetzt und bergen oft eine ihrem Ablagerungsort entsprechende Fauna und Flora. Auf weite Horizonte hin aber können sie steril sein und bieten dann für ihre stratigraphische Zuweisung erhebliche Schwierigkeiten.

Die mächtigste Entwicklung erreichen sie bei uns im Aquitanien (größtenteils Süßwasserablagerung) und zeigen dort nicht

selten recht lebhafte Farben: schwarz, rot, blau, violett, grün (»marnes bigarrées).

Über die *rote Farbe* der aquitanen Mergel, Sandsteine und Konglomerate schreibt Schardt: »le fait est en relation avec le remaniment des argiles sidérolithiques; il est aussi une conséquence de l'érosion continentale superficielle et souterraine qui agissait à cette époque sur les terrains calcaires. La couleur rouge est due à la Terra rossa (résidu de la décomposition des roches calcaires et marneuses des Alpes et du Jura qui était charrieé par les eaux dans les bassinées lacustres ou marins.«[1])

Rote Mergel gibt es auch in der obersten Nagelfluh, z. B. des Pfänder und gehören hier dem untern Oeningien resp. obern Vindobonien an.[2]) Hier dürfte die Erklärung für die Ursache der Färbung weniger einfach sein. Auch halte ich die Rotfärbung z. B. der Nagelfluh von Châtel-St. Denis und ihrer Mergeleinlagerungen nicht für das Resultat der Aufarbeitung von Bohnerztonen.

Im Burdigalien und Vindobonien sind die Mergel meist monotoner, graublau, gelblich. In der Nagelfluh finden sich Mergelzwischenlagerungen viel öfter als Sandsteinbänke. Jene sind in der subalpinen Zone gelegentlich durch starken Druck erhärtet. Umgekehrt trifft man in Mergelkomplexen häufig Sandstein- aber nie Nagelfluhbänke.

4. KALKSTEINE

In unserem Gebiet kommen Kalksteine in größerer Ausdehnung nur in Form von *Süßwasserkalk* in der kohlenführenden Molasse von Semsales-St. Martin vor. Seine äußern Merkmale und seine stratigraphische Bedeutung werden im Abschnitt »Kohle« beschrieben. Über seine chemische Zusammensetzung orientieren nachstehende Analysenresultate.

Untersuchungsergebnisse

über bituminöse Süßwasserkalksteine von Semsales.

Rohzusammensetzung.

Gehalt an Wasser	0,9%
» » Asche	55,1%
» » Karbonatkohlensäure . .	36,8%

[1]) *H. Schardt.* Géologie de la Suisse, pp. 6—7.

[2]) *L. Rollier.* Sur l'âge du Conglomérat subalpin ou Nagelfluh de la Suisse, p. 685 und vom selben Verfasser: Sur la molasse suisse et du Haut-Rhin, p. 96 oder: Revision de la Stratigraphie et de la Tectonique de la molasse etc., pp. 63—64 und *Arn. Heim.* Ref. über »Die Brandung der Alpen am Nagelfluhgebirge (Verhandl. Schweiz. naturf. Ges., 89. Vers., St. Gallen 1906, pp. 56—57 und Arch. Sc. phys. nat. Genève, t. 22, 1906, pp. 341—342).

Bestimmung des Gehalts an organischen Bestandteilen.
(Diese sind im salzsäureunlöslichen Teil des Stinkkalkes = 13,2% enthalten.)

Gehalt an Kohlenstoff	44,4%
» » Wasserstoff	4,4%
» » Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel	15,6%
» » Asche	35,6%
	100,0%

Zusammensetzung des Stinkkalkes.

Gehalt an Kohlenstoff	5,8%
» » Wasserstoff	0,6%
» » Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel	1,7%
» » Kohlensäure	36,8%
» » Asche	55,1%
	100,0%

Verhalten beim Erhitzen.

Beim Erhitzen des Stinkkalkes im Rohr entweichen geringe Mengen teerartiger empyreumatischer Dämpfe.

(Aus dem Untersuchungsbericht der Prüfungsanstalt für Brennstoffe an der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich, 20. Febr. 1919, von der Direktion der Mines de Charbon de Semsales S. A. zur Verfügung gestellt.)

5. KOHLE

A. Die Kohlen in der untern Süßwassermolasse

In unserer subalpinen Molasse gibt es eine Anzahl z. T. seit langer Zeit bekannte Braunkohlenvorkommen. Es sind aber nur an einigen Stellen rationell durchgeführte Versuche zur Ausbeutung angestellt worden; der Ertrag diente den in der Nähe etablierten Industrien als Heizmaterial. Das Bedürfnis einer weitergehenden und planmäßigen Hebung dieser Bodenschätze mit modernen Hilfsmitteln stellte sich erst durch die vom Krieg geschaffene Kalamität in der Beschaffung von ausländischer Kohle ein. Und als Grundlage für die nötigen Begutachtungen setzte eigentlich erst jetzt (von 1917 ab) die richtige geologische Erforschung der gesamten kohlenführenden Gesteine der Schweiz ein, insbesondere der Carbonformation und des Tertiärs.

Für die subalpine Molassezone des Kantons Freiburg besorgten diese Arbeit hauptsächlich Prof. C. Schmidt in Basel mit einigen seiner Schüler. Ich hatte zuerst die Absicht, dieses Gebiet im Hinblick auf das große Interesse, das man ihm heute gezwungenermaßen entgegenbringt, besonders eingehend zu behandeln. Da kam mir anläßlich meines mehrwöchentlichen

Aufenthaltes im September und Oktober 1919 in der Verrerie Semsales und St. Martin zum Zweck des Studiums dieser Frage an Ort und Stelle, zur Kenntnis, daß Hr. Dr. Ritter aus Basel sich bereits in einer einschlägigen Dissertation damit beschäftigt hatte. Nach persönlicher Rücksprache und im Einverständnis mit ihm habe ich mich dann entschlossen, die subalpinen Molassekohlen nur soweit in vorliegender Arbeit zu berücksichtigen, als sie in den Rahmen einer Darstellung des gesamten freiburgischen subalpinen Molassegebiets unbedingt gehören und wie sie meine bisher hiefür bereits gemachten Studien rechtfertigten. Da die Arbeit Dr. Ritters bis zum Abschluß meiner Untersuchungen noch nicht gedruckt vorlag, basiere ich diese außer der einschlägigen Literatur hauptsächlich auf eigene Beobachtungen, auf die mir von der Direktion der »Société anonyme des mines de charbon de Semsales« in sehr verdankenswerter Weise zur Verfügung gestellten geologischen Gutachten der H. H. Prof. Schmidt vom 20. XII. 1917, J. Krebs vom 4. V. 1918, E. Ritter vom 20. VII. 1918 und von Prof. Schardt vom 10. VII.1919, sowie auf die freundschaftlichen Mitteilungen des technischen Personals anläßlich meiner vielen Einfahrten in die Schächte und Stollen von Mionnaz und la Verrerie, soweit sie sich zu vorliegender Publikation eignen, und wozu ich die gütige Erlaubnis von der Direktion erhielt. Das jederzeit sehr freundliche Entgegenkommen dieser Herren sei an dieser Stelle auf das verbindlichste verdankt.

Schon 1789 gibt Razoumowsky[1]) eine kurze Beschreibung der kohlenflözführenden Molassehügel von Semsales-Progens und erklärt die Qualität der ähnlich wie heute mittels Querschlägen und Seitenstollen ausgebeuteten »charbon minéral« derjenigen von Paudex und Oron überlegen. Er nennt auch, »raisons de croire que toutes ces mines de houille appartiennent aux mêmes filons qui ont plusieurs platteurs« (p. 72) und hält dafür, daß die Flöze nach der Oberfläche hin eher ergiebiger seien, als in der Tiefe. Eine von ihm aufgenommene Schichtenfolge des damaligen Hauptquerstollens hat Kissling[2]) wiedergegeben.

Die den Kohlenflöz stets begleitenden Kalksteine wurden zum Kalkbrennen verwendet. Die Palaeontologie dieser Kohlenmolasse betreffend schreibt er: »non seulement entre les couches de cette pierre (le marbre marneux, couches marneuses calcaires propres à faire de la chaux) mais aussi entre celles du bitume on trouve souvent de grands amras de coquilles fluviatiles,

---

[1]) *G. de Razoumowsky.* Histoire Naturelle du Jorat et de ses environs, tome II. 1789, pp. 67—73.

[2]) *E. Kissling.* Die schweiz. Molassekohlen westlich der Reuß, 1903, p. 32

telles que des Moules et des Planorbis, surtout des univalves; ce sont encore les mêmes espèces calcinées qui habitent encore aujourd'hui le Lac de Genève et qui ont subies les mêmes altérations que les coquilles fossiles que nous avons observé ci-dessus à Paudex«. (p. 71)

Diese Kohlen von Semsales wurden dann auch von Chanoine Fontaine in seinem Brief an den Grafen Montlosier 1808 erwähnt und bereits deren unangenehme Eigenschaften charakterisiert: »Sous cette couche de poudingue se trouvent quelquefois des veines de houilles houille comme par exemple à Semsales, où elle est exploitée par les entrepreneurs de la verrerie, mais elle est sulfureuse, toujours mêlée de pyrites.«[1]

Weitere Angaben über diese kohlenführende Molasse oder »molasse à lignite« finden wir bei Studer,[2] Necker,[3] Gilliéron[4] und Favre et Schardt.[5] Am meisten Aufschluß über die historische Seite (Konzessionen etc.), Stollenprofile, chemische Zusammensetzung und Fossilien gibt uns Kissling,[6] während in einem erst kürzlich vom Schweiz. Volkswirtschaftsdepartement, Abteilung für industrielle Kriegswirtschaft, Bergbaubureau herausgegebenen Werk[7] bereits die neuesten Untersuchungen und Profilzeichnungen von Prof. Schmidt und seinen Schülern verwertet sind.

Die kohlenführende Molasse (untere Süßwassermolasse, Aquitanien) der Westschweiz tritt in zwei getrennten Zonen auf, einer nordwestlichen, äußern, fast an die Antiklinale heranreichenden und dieser parallel streichenden von *Oron* bis *Belmont-Paudex* und einer südöstlichen, innern, von *La Verrerie de Semsales-Progens-Jordil-Palézieux* bis (Cully) *Chexbres-Rivaz*.[8] Ich beschäftige mich bloß mit dem nordöstlichen, großenteils freiburgischen Flügel dieser letzteren Zone. Er bildet einen kaum 100 m hohen und etwas über 1 km breiten Hügelzug und reicht in ca. 7 km Länge von der Straße Semsales-Grattavache bis etwa an die Broye. Wenig südöstlich, schon

---

1) L'Emulation 1852, p. 136.

2) *B. Studer.* Beiträge zu einer Monographie der Molasse, 1825, pp. 270—274.

3) *Necker.* Etudes géologiques dans les alpes, I, pp. 443—447.

4) *V. Gilliéron.* Matériaux 18, pp. 366—371.

5) *Favre et Schardt.* Matériaux 22, pp. 234—239.

6) *E. Kissling.* l. c., pp. 29—37, dazu Tafel III, Fig. 1 (Karte 1:25000) Fig. 2 (Profil Ginsberg vom Stollen Praz—Montésy), Fig. 4 (Plan et Profil de la mine d'houille de Semsales, Aug. 1817).

7) *H. Fehlmann.* Der schweizerische Bergbau während des Weltkrieges, 1919, pp. 107—120.

8) Über diese Verhältnisse, wie überhaupt über das westschweizerische Kohlenvorkommen und die bergmännische Ausbeutung orientiert anschaulich die »Flözkarte« von *E. Ritter* (Tafel XV in »Der schweizerische Bergbau während des Weltkrieges«).

beim Dorf Semsales, taucht die Molasse unter den sie überschiebenden eocänen Flysch und die Kreide der Préalpes unter. Gegen Nordwesten hin, noch vor der Scheitellinie der Antiklinale überschiebt diese Kohlenmolasse (Aquitanien) ihrerseits die jüngere marine Molasse (Burdigalien). Außerdem ist es, wie schon Gilliéron [1]) vermutete, und wie es auch Schmidt in seinem Gutachten wiederholte, höchst wahrscheinlich, daß die beiden aquitanen Zonen unter sich, die südliche auf die nördliche überschoben sind. In der letzteren haben wir also bloß eine Wiederholung der Schichten und damit der Kohlenflöze der ersteren zu erblicken, mit größerer Variabilität besonders der Flöze natürlich, als diese schon in jedem Schichtkomplex für sich charakterisiert ist. Die relative Übereinstimmung in Streichen und Fallen und in der Gesteinsbeschaffenheit scheinen mir diese Annahme hier ebensowohl wie beim Vaulruz-Sandstein zweifellos zu rechtfertigen.

Die Mächtigkeit des ganzen, einfachen Schichtkomplexes, der unsern Höhenrücken bildet, beträgt ca. 1000 m. Zahlreiche Messungen haben ein Streichen von N 53—62° E und ein Fallen von 50—58° SSE ergeben. Lokal erscheinen wohl gelegentlich noch größere Abweichungen, natürliche Folgeerscheinungen der Überschiebung.

Die Schichten bestehen aus weichen, harten, schieferigen Mergeln, mergeligen, weichen, geschichteten, harten Sandsteinen und den typischen, die Kohlenflözchen begleitenden bituminösen und fossilführenden braunen Kalken (Stinkstein) oder schwarzen Schiefern. Ein gutes Bild von der wechselreichen Schichtenfolge der Kohlenmolasse des Mionnazzuges gibt der von Favre und Schardt reproduzierte »Plan géologique de la Galerie de Prazmontaise, levé en Juin 1854 par MM. Ginsberg, Piccard et Morlot, à l'échelle de 1:100«.[2]); der 1050 Fuß (315 m) lange Stollen durchfuhr nicht weniger als 150 gut unterscheidbare Schichten mit 17 Kohlenflözchen von 1—10 cm, einem von 26,5 cm (petit filon) und einem von 13—60 cm (grand filon) Mächtigkeit. [3]) Wohl identisch mit diesem ist das von Kissling wiedergegebene, zwar nur als von Ginsberg stammende und 1857 datierte Profil.[4])

Im ganzen Schichtkomplex treten *Kohlenflözchen* auf, deren Mächtigkeit von Bruchteilen von cm bis zu 60 cm schwankt, und die, meist in der Zahl von 2—10 und mehr zu Gruppen

[1]) Matériaux 18, pp. 368—369.
[2]) Matériaux 22, pp. 235—238.
[3]) Siehe auch *C. Schmidt.* Erläuterungen zur Karte der Fundorte von mineralischen Rohstoffen in der Schweiz, 1917, p. 24, und betr. Karte selbst.
[4]) *E. Kissling.* l. c. pp. 34—35 und Taf. III, Fig. 2.

vereinigt, oft auf große Strecken zu verfolgen sind, ebenso oft aber schon auf wenige m sowohl im Streichen wie im Fallen in taubes Gestein, Kohlenschiefer etc. übergehen, auskeilen, sich bedeutend verstärken oder mit Nachbarflözchen vereinigen können.[1] Das gleiche gilt für alle der bis jetzt angeschürften und z. T. abgebauten 9 Flözgruppen.[2] Dieses den Bergbau sehr unsicher gestaltende Verhalten hat schon zu großen Hoffnungen und großen Enttäuschungen geführt. So traf der große, 553 m lange, vom Schacht No. 1 (La Mionnaz) vorgetriebene Querschlag die stärkste Gruppe VI, deren Kohlenmächtigkeit in Praz Montésy mit dem »grand filon« und dem »petit filon« im Profil Ginsberg auf 24 + 13 bis 60 cm angegeben ist, bei deren Anfahrung nicht einmal abbauwürdig, weil der weitaus größte Teil der Kohle in Kohlenschiefer übergegangen oder ausgekeilt war.

Eine oder mehrere dieser Flözgruppen sind, je nach der relativen Höhenanlage, in den verschiedenen Bauen zwischen Essert d'Avaux und Grattavache (Essert d'Avaux, Praz Petou, Bois de Villard, les Mollies, Froumi, Praz Montésy und La

---

[1]) Als Beispiel für die Zusammensetzung und die rasche Veränderlichkeit einer solchen Flözgruppe sei hier das am 6. Nov. 1917 von E. Ritter in der Descenderie Froumi (Flözgruppe II) am rechten Stoß vom Liegenden zum Hangenden aufgenommene und von C. Schmidt in seinem Gutachten vom 20. Dez. 1917 wiedergegebene Profil mitgeteilt:

. . . . .	grauer, sandiger, weicher Mergel
0,10 m	*Kohle*
0,40 m	Süßwasserkalk
0,16 m	*Kohle*
0,08—0,10 m	graue Mergel, wechselnd mächtig
0,08 m	*Kohle*
0,24 m	Mergel mit Kohlenschmitzen.
0,04 m	*Kohle*
0,03 m	graue Mergel, wechselnd mächtig
0,06 m	*Kohle*
0,08 m	Kohlenschiefer
0,13 m	graue, schiefrige Mergel mit Kohlenschmitzen
0,08 m	*Kohle*
0,20 m	Kohlenschiefer
0,19 m	*Kohle*
0,09 m	Kohlenschiefer
0,06 m	*Kohle*
1,25 m	graue sandige Mergel
total 3,29 m	8 Flözen (Mächtigkeit der Kohle total 0,77 m).

Am linken Stoß hingegen kamen auf total 3,31 bloß 3 Kohlenflöze mit einer Mächtigkeit der Kohle total 0,40 m.

[2]) Diese Flözgruppen oder -Züge sind mit Namen benannt worden, so (vom Hangenden zum Liegenden, d. h. von SE nach NW): VII = Bois de Villard, VI = Jordil (gros filon et petit filon), V = Gillot oder Tuilerie oder Chicago, IV = Hartweck, III = La Crétaz, II = Descenderie Froumi, I = Mionnaz (nach C. Schmidt, Gutachten vom 20. Dezember 1917).

Verrerie) und zwar meist von NW in Stollen angefahren und in streichenden Strecken abgebaut worden.[1]) Dieser Bergbau wurde zum größten Teil durch den Betrieb der Glashütte Semsales veranlaßt, zu deren Errichtung sowie zur Ausbeutung der nötigen Kohlen im Gebiet mehrerer Vogteien im Jahre 1776 die Konzession erteilt wurde,[2]) und welche nahezu das ganze 19. Jahrhundert hindurch arbeitete. Dann lag der Kohlenbau lange Zeit still, bis im Sommer 1917 sich ein Konsortium bildete, das später in die »Société anonyme des mines de charbons de Semsales« übergang, und die sich seither mit dem Abbau auf neuer Basis befaßt.

Nach einigen z. T. mißglückten Versuchen, z. B. der Ausräumung des alten Stollens Froumi, kam man zur Überzeugung, daß sich das Aufwältigen solcher alten Baue nicht lohne, und daß jedenfalls ein bedeutender Teil der reicheren Flöze in der ganzen Hügelzone bereits aufgearbeitet sei, und man tiefer steigen müsse, um unverritzte Kohle zu treffen. (Das Aktenmaterial über die früheren Ausbeutungen, aus dem ersichtlich gewesen wäre, was bereits abgebaut worden, war leider sehr mangelhaft oder durch eine Feuersbrunst im Dorfe Maracon vernichtet worden.) Unter diesen Erwägungen wurde 620 m westlich Froumi ein neuer, seigerer Schacht No. 1 auf vorderhand 34 m abgeteuft. Dieser durchfuhr außer der bereits bekannten Flözgruppe II eine neue (I). In der Folge und noch bei meinen Besuchen im Sept.-Okt. 1919 wurden neben Flöz V bloß diese beiden Flöze I und II in streichenden Strecken ausgebeutet; Flöz I wurde östlich und westlich des Schachtes von Flöz II aus durch sog. Rückschläge erreicht. Der östliche Rückschlag wurde noch bis etwa 25 m jenseits (NW) dieses Flözes I vorgetrieben und traf dort die erwartete, früher als I bezeichnete aber hier nicht abbauwürdige Flözgruppe.

Vom Schacht No. 1 aus, etwa 3 m über dessen erster Sohle, wurde nun unter großem Aufwand von Geld und Arbeit der bereits oben erwähnte Hauptquerschlag rechtwinklig zum Schichtstreichen bis Progressive 553 m vorgetrieben. Von diesem Stollen hat die Direktion erwartet, daß er wenigstens die bis jetzt mächtigste Flözgruppe VI durchfahren, vielleicht aber noch andere abbauwürdige Flöze aufschließen werde. Das traf nun leider nicht zu. Bloß Flöz V, 325 m ab Schacht genügte den Anforderungen und wurde ost- und westwärts abgebaut.

Im SW flözstreichenden Stollen (»galerie«) II, ca. 70 m ab Hauptquerschlag wurde ein tonnlägiger Schacht (Descenderie)

[1]) Eine gute Übersicht hierüber bietet die p. 65 bereits erwähnte »Flözkarte« von *E. Ritter*.

[2]) *E. Kissling*. l. c. p. 31 ff.

im Flöz auf 36 m niedergebracht, von dessen Sohle aus der Abbau auf einer um diesen Betrag tiefergelegenen zweiten Etage eingeleitet werden sollte. Zunächst wurde ein Streichstollen bis zurück unter den Hauptquerschlag eröffnet. Gleichzeitig begann das Weiterabteufen des seigeren Schachtes No. 1 auf dieselbe Tiefe, die bei meinem Besuch Ende Dezember bereits erreicht war. Von hier aus wurde ein neuer Querschlag angefangen und an diesem nun der Abbau in Flöz I und II ähnlich betrieben, wie vorher auf der höhern Etage. Dieses Tieferlegen des Abbaufeldes wurde u. a. auch dadurch veranlaßt, daß besonders im NE Streichstollen des Flözes II Gas eindrang, wodurch ohne ausgedehnte Vorsichtsmaßregeln dort nicht mehr gearbeitet werden konnte.

Etwa 600 m SW *La Verrerie* wurde auf 830 m Höhe im April 1918 ein durchgehender Querschlag begonnen und im September beendet. Auch dieser sollte die Flözgruppe VI erschließen, nachdem er sie ca. 300 m ab südöstlichem Mundloch wirklich angefahren, erwies sie sich aber bloß als ein Flözpaar mit je 14—18 cm Mächtigkeit. Da nach NE eine bedeutende Abnahme dieser Mächtigkeit konstatiert wurde, gelangte nur das I. Flöz in SW-Streichrichtung zum Abbau und zwar auf eine Länge von etwas über 200 m. Die stratigraphischen Verhältnisse sind hier ähnlich wie bei La Mionnaz, bloß fehlt der Kohlenschiefer.

Außer den durch die Bergbauarbeiten im Hügelzug Grattavache-Palézieux aufgeschlossenen Kohlen fand ich noch ein kleines Flöz 3 km NE La Verrerie an der Brücke der Bahnlinie Semsales—Vaulruz über den Ruisseau des Mosses bei P. 851 »la Gisettaz«.[1] Streichen N 45—50° E, Fallen 47° SSE. Der Bach hat dieses Flözchen auf eine Länge von ca. 5 m angeschürft. Am rechten (E) Ufer fast ausgehend, zeigt es am linken noch eine Mächtigkeit von 3 cm. In der Bachmitte, jetzt wegen Geröll nicht kontrollierbar, soll es bis zu 10 cm mächtig gewesen sein und etwa 100 kg Kohlen geliefert haben. Im Verhältnis zum Flöz ist der begleitende Süßwasserkalk sehr stark, im Liegenden 35 cm, im Hangenden 40 cm entwickelt, darüber liegen 80 cm blaue Mergel, gefolgt von härteren Molassebänken, wie sie auch im Liegenden der untern Stinksteinbank auftreten. Die etwa 100 m weiter südlich im Bach auf kurze Strecke ausbeißenden harten Steinmergelschichten streichen N 65—70° E und fallen 50° SSE.

---

[1]) Ich untersuchte die Stelle am 3. Oktober 1919. Wie mir *E. H. Dillenius* bei seinem Besuch am 1. Mai 1920 mitteilte, hat er sie bereits 1911 konstatiert.

Über die *technischen Installationen* (Transformatoren-, Bewetterungs-, Pump-, Kompressoren- und Förderungsanlagen), Arten des Abbaus, Grubenpläne, Stollen- und Flözprofile, Produktion der Bergwerke »La Mionnaz« und »La Verrerie« finden wir alles wünschenswerte auf pp. 109—120 in »Der schweizerische Bergbau während des Weltkrieges«.

Die Natur und Inkonstanz der Gesteinsbeschaffenheit des ganzen »Feldes« von La Verrerie-Mionnaz macht den zu starkem *Gebirgsdruck* neigenden Charakter besonders der mergeligen Regionen leicht erklärlich. Dieser ständig wirkende Druck äußert sich nicht nur in den vielen geknickten 15—30 cm dicken Grubenhölzern, sondern auch in sehr häufig zu beobachtenden kleinen Schleppungen, bröckeligen Ruscheln und glänzenden, gelegentlich calzitischen Rutschharnischen.

Stärkere *Quellen* treten bei der wenig tiefen Lage der Baue nicht auf. Trotzdem verursacht die Entwässerung der Stollen, besonders bei längeren Regenperioden, große Schwierigkeiten und erfordert wenigstens für »La Mionnaz« ausgedehnte Pumpanlagen, während in »La Verrerie« die Wasser auf natürlichem Weg abfließen. Sandsteine und Mergel sind dabei meist trocken, der Wasserführung dienen hauptsächlich die hangende Fläche der Mergelschichten, die oft klüftigen Kalksandsteine und die Kohlenschiefer.

Was die *Kohle* selbst betrifft, so ist sie eine schwarze, leichtbrüchige, aber sonst harte Glanzkohle mit — wie alle schweizerischen Tertiärkohlen — relativ hohem Schwefelgehalt. Folgende Tabelle zeigt uns anhand von Flözprobenanalysen ihre chemische Zusammensetzung. Die Kohle findet außer als Hausbrand größtenteils in den westschweizerischen Gaswerken Verwendung. Angaben über die Eignung zu letzterer Verwendungsart finden sich auf nebenstehender Tabelle.

Alles, was bis jetzt über die *Palaeontologie* dieser Kohlenmolasse bekannt wurde, habe ich in den »Tabellarischen Zusammenstellungen« der Lamellibranchiaten, Gastropoden und Pflanzenresten angeführt. Die Fossilien sind selten gut und ohne Deformationen erhalten und für eine genaue Bestimmung geeignet. Der die Kohlen begleitende Stinkstein oder auch Kohlenhorizonte selbst wimmeln von kleinen Planorben. Einen schönen Helix Ramondi (Dollfusi) habe ich in einer harten Mergelschicht im Querschlag »La Mionnaz« gefunden. Ich besitze ferner ein großes Handstück mit zahlreichen, zwar meist zerbrochenen, weiß kalzinierten Schalen von Unio und zwei Helices, ebenfalls von »La Mionnaz« stammend. Säugetierreste sind meines Wissens bis jetzt in der freiburgischen Kohlenmolasse nicht gefunden werden.

Flözproben-Analysen der Braunkohle von Semsales

Vorkommen	Anzahl d. Analysen	Zusammensetzung der eingesandten Kohlen				Heizwert pro 1 kg				Elementaranalysen der wasser- und aschenfreien Kohle								Disponibler Wasserstoff auf 1000 Teile C berechnet		Flüchtige Bestandteile der wasser- und aschenfreien Kohle (excl. CO_2)	
		Wasser %		Asche %		Eingesandt WE		Wasserfrei WE		C %		H %		O+N %		S %		H			
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min. %	Max. %
Sem-sales	3	5,7	6,6	16,1	21,7	5376	5722	5795	7683	73,5	76,7	5,4	6,4	11,0	14,9	5,2	9,3	54	62	46,8	49,9

nach H. Fehlmann. Der schweizerische Bergbau während des Weltkrieges. 1919, p. 84

Verwendung der Braunkohle von Semsales zur Herstellung von Leuchtgas

Untersuchungen im Zweier-Ofen

Herkunft	Bezeichnung	Kohle		Gas-Ausbeute bei 15° u. 760 mm feucht	Heizwert des Gases		Koks		Bemerkungen
		Wasser %	Asche %		Oberer	Unterer	Ausbeute %	Asche %	
Mines de Semsales	gesiebt	4,8	34,0	20,7	4980	4510	67,3	50,5	Kohle sehr aschen- und schwefelreich; Koks nicht gebacken.
Mines de Semsales	Förderkohle	5,9	48,4	16,6	4600	4145	72,6	66,5	Kohle sehr aschen- und schwefelreich; Koks nicht gebacken.
Mionnaz s. St. Martin	Stück I. Qual.	6,2	31,7	22,8	5005	4540	64,0	49,5	Kohle sehr aschenreich, schwefelreiches Gas liefernd, Koks sehr feinkörnig.
Mionnaz s. St. Martin	Stück II. Qual.	5,7	35,2	19,8	4995	4520	67,2	52,4	Kohle sehr aschenreich, schwefelreiches Gas liefernd, Koks sehr feinkörnig.

nach H. Fehlmann. Der schweizerische Bergbau während des Weltkrieges. 1919. p. 86

Fossile Vegetabilien sind nur in besonders günstigen Fällen bestimmbar, denn die Kohle hat unter dem Gebirgsdruck jegliche pflanzliche Struktur eingebüßt.

Die bisher gemachten, vom technischen und kommerziellen Standpunkt aus meist unerfreulichen Erfahrungen an der Inkonstanz der Kohlenflöze gestatten heute wissenschaftlich immerhin, ein annähernd zutreffendes Bild von der *Entstehung dieses Kohlenfeldes* zu entwerfen, das die anfänglich etwas optimistisch gefärbten geologischen Prognosen wesentlich modifiziert. Bei seiner Begutachtung ist Prof. Schardt besonders von der Bildungsweise dieser Kohle ausgegangen, wobei ihm allerdings bedeutend mehr Material und Beobachtung zur Verfügung stand, als den ersten zu Rat gezogenen Geologen, die sich eben bloß auf die damals vorliegenden spärlichen Tatsachen stützen mußten, weil über den früheren Abbau sozusagen keine Akten mehr existierten, die bei der Beurteilung besonders der Kontinuität der Flöze hätten wegleitend sein können.

Die heutigen Kohlenflöze sind die umgearbeiteten und komprimierten pflanzlichen Stoffe von ehemaligen Torfmooren in äußeren, ausgesüßten Deltalagunen. Die 9 oder 10 verschiedenen Flözgruppen repräsentieren ebensoviele, zeitlich und z. T. auch lokal getrennte Torfentwicklungsstadien. Die dazwischenliegenden, je 50—200 m mächtigen sterilen Mergel- und Sandsteinschichten sind Niederschläge in überschwemmtem Gebiet. Eine solche öftere Wiederholung von Trockenland- oder wenigstens Sumpf- und Moor-Vegetation, wodurch heute die autochthone Molassekohle in um hunderte von Metern verschiedenen Niveaus angetroffen wird, ist natürlich nur möglich, wenn sich der Boden, ähnlich wie es die bei der Nagelfluhbildung gemachten Beobachtungen beweisen, während dieser ganzen Zeit der Sedimentation senkte. Dabei ist leicht einzusehen, daß die nach Auffüllung der Tiefen, wenn diese sich in schnellerem Tempo vollzog als die Gesamtsenkung, jeweils wieder einsetzende organogene Bildung des Torfes nicht immer wieder das gleiche Ausdehnungsgebiet eingenommen haben muß. Dieses konnte sich vielmehr horizontal verschieben, sich gar in verschiedene kleinere Tümpel teilen, die nicht einmal notwendigerweise miteinander kommunizierten. Je nachdem wird also ein ‹am Rande eines Torfbassins› auskeilender Flöz im gleichen Niveau etwas weiter ‹am Rand eines benachbarten Torfmoors› wieder auftreten, sich überhaupt verlieren, sich teilen etc. Die ‹in horizontalem Sinn› dazwischen liegenden sterilen Mergel waren zur selben Zeit unter Wasser gesetzte Gegenden.

Die Mächtigkeit eines Flözes ist eine Funktion der Torfbildungsdauer, und diese wiederum eine Funktion der Ober-

flächenausdehnung des betreffenden Moores. Je ausgedehnter ein Torfmoor ist, desto größer ist seine Dauer, und entsprechend größer die Mächtigkeit der darin abgelagerten Kohle.

In der Mitte des Moores ist die Torf- (Kohlen)bildung kontinuierlich, an den Ufern konkurrieren mit wechselndem Erfolg organogene und terrigene, resp. lagunäre (Ton- und Sand-) Ablagerungen. Resultat: Die in der Mitte geschlossene und dichte Kohlenschicht löst sich gegen die Ufer hin in eine Anzahl dünnere, durch terrigene Bänke getrennte Kohlenschichten auf, deren Gesamtmächtigkeit immer geringer ist als die der Mitte, weil dort nur zwischen den Überflutungen, also kürzere Zeit, Torfbildung möglich war. Die Aufteilung eines festgefügten Flözes in mehrere Teilflözchen ist also in den meisten Fällen ein Symptom für sein baldiges Auskeilen, außerdem nimmt sein Kohlengehalt quantitativ und meist auch qualitativ ab. Das sprechendste Beispiel hierfür ist die bereits mehrfach erwähnte Flözgruppe VI.

Die so öftere Wiederholung der Torfbildung in der Gegend von Semsales-Oron mag teilweise wohl besonders günstigen Umständen zu ihrer Erhaltung und der leichten Aufschlußmöglichkeit infolge starker Schiefstellung der Schichten zu danken sein; es ist aber doch auffallend, daß uns bloß und gerade hier dieses Phänomen in diesem Ausmaß entgegentritt. Hätte sich hier schon während der Sedimentation der aquitanen Süßwassermolasse eine Art Wasserscheide zu accentuieren begonnen?

B. Die Kohlen im Vaulruzsandstein

In allen Horizonten dieses Sandsteins kommen zahlreiche, wenngleich selten mit Sicherheit bestimmbare, mehr oder weniger karbonisierte Pflanzenreste vor. Diese Erscheinung deutet darauf hin, daß dieses Sediment trotz seiner oft sehr mächtigen, harten und homogenen, auf marine Ablagerung schließenden Sandsteinbänke nicht echt marin sein kann, sondern in der Nähe des Festlandes wohl als lagunäre Facies einer oligocänen Zeit gebildet wurde. Außer einer Anzahl eingeschwemmter Säugetierfossilien wird diese Erklärung bestärkt durch das Auftreten von mehreren eigentlichen Kohlenflözchen, die zwar nie an die Mächtigkeit derjenigen der »Molasse à lignite« von Semsales heranreichen. Ihr Vorhandensein an sich aber beweist, daß die vorherrschende tieflagunäre Sedimentation gelegentlich durch kurze Festlandsperioden unterbrochen wurde, die ihren Ursprung weniger der langsamen Auffüllung des oder der Bassins mit Molassedetritus verdanken, als vielmehr relativ brüsken Bodenbewegungen. Denn der Übergang vom festen Sandstein in Süßwasserfacies (Mergel oder Torf resp. Kohle) vollzieht sich gar nicht allmählich

und so oft wiederholt wie in der oben beschriebenen untern Süßwasserzone von Semsales-Oron. Auf den ersten Blick scheint es sich z. B. im Fall von Vuippens um allochthone, angeschwemmte Pflanzenreste zu handeln.[1] Sie liegen hier ohne jeden genetischen Zusammenhang zwischen den Gesteinsbänken, stellenweise mit rostigem Sand untermischt oder gar von diesem vollständig ersetzt. Hangendes und Liegendes zeigen eine bucklige Schichtfläche, und die Kohle erscheint an diese Erhebungen gleichsam angeklebt und die Vertiefungen erfüllend. Bei näherem Zusehen erweist sich dann die Kohle in gewisser Richtung als gestreift, gekritzt, prismatisch geborsten: Sie ist zweifellos an einer Dislokationsgrenze gelegen; sie hat bei der Überschiebung der Sandsteinbänke als Gleitfläche gedient und ist nun aus ihrem ursprünglichen Schichtzusammenhang verschoben und verdrückt. Immerhin sind die Beziehungen zum liegenden »banc mat« bedeutend nähere als zum hangenden »banc pavé«; es ist sogar wahrscheinlich, daß im allgemeinen bloß dieser hangende Sandstein über die Kohle weggeglitten, diese aber zum Liegenden nur wenig verschoben ist. Für die stratigraphische Lage dieser Kohlenflözchen verweise ich auf das Profil des Steinbruches von Vuippens.

Den Beweis dafür, daß es sich wirklich um autochthone Kohle handelt, erblicke ich in den zahlreichen Planorben und im begleitenden Süßwasserkalk. Dieser letztere ist allerdings im Vergleich zu seinem Vorkommen an der Mionnaz dürftig entwickelt, selten 1—2 cm mächtig, und die Flözchen nicht unter- oder überlagernd, sondern durchsetzend. Stellenweise wechseln Kalk, glimmerreicher Sand oder Kohlenschiefer und Kohle in sehr feinen, fast unmeßbar dünnen Schichten. Plattgedrückte Planorben, teilweise mit weißlicher, kalzinierter Schale, oder bloße Abdrücke davon kommen in allen Schichtchen, gelegentlich sehr zahlreich, vor.

Es ist dies die einzige mir bekannte Stelle im Vaulruzsandstein, wo eine derartige Entwicklung der Kohle aufgeschossen ist.

Ein diesem wenigstens stratigraphisch analoges Vorkommen wurde 1892 im Steinbruch zu Marsens entdeckt. Leider liegt der Ausbiß dieses Flözes heute unter der Abraum-Schutthalde. Nach Aussage von Pascal Lewa, der damals den Steinbruch ausbeutete, lag es ebenfalls über dem »banc mat«; ein hangender »banc pavé« fehlt hier. Kissling[2] fand noch folgendes Profil:

---

[1] Diese Flöze erwähnt *C. Schmidt* in seiner »Karte der Fundorte von mineralischen Rohstoffen in der Schweiz, 1917« nicht.

[2] *E. Kissling.* l. c. p. 37. Siehe auch C. Schmidt. Erläuterungen zur Karte der Fundorte etc. p. 23. Beide Autoren stellen dieses Vorkommen und damit den Vaulruzsandstein in die untere Süßwassermolasse.

. . . . . Humus
0,08 m Kohle
0,20 m Mergel
0,05 m Kohle
. . . . . Molasse.

Anlaß zu einem geologischen Gutachten von Prof. R. de Girard[1] gaben drei kleine Kohlenflözchen in einem alten Steinbruch bei »chez les Morets«, 2 km E Vaulruz in stark disloziertem Vaulruzsandstein. Sie sind 7—15 cm mächtig und nur auf wenige Meter aufgeschlossen. Bei meinen Besuchen waren sie, weil verschüttet, kaum noch zu entdecken und glichen eher größern Schmitzen, als eigentlichen Flözen.

Unbedeutendere Kohlennester, offenbar eingeschwemmtes Holz, wurden auch in andern Aufschlüssen des Vaulruzsandsteins und in den Mergelschichten seines Hangenden und Liegenden angetroffen, so bei Champotey oder an der Kirchhofmauer von Vaulruz.

An technisch irgendwie lohnenden Abbau dieser Kohlen ist in keinem Fall im entferntesten zu denken, bloß die geringen Mengen aus dem Flözchen von Marsens wurden an das dortige Hospice d'Aliénés verkauft. Auch der durch den Absturz des überhängenden »banc mat« im Bruch Vuippens entblößte Teil des dortigen obern Flözchens wurde teilweise gesammelt und zu Brennzwecken verwendet.

C. Die Kohlen in der marinen Molasse

Hier handelt es sich naturgemäß nicht um zusammenhängende, größere Kohlenlager. Wir finden jedoch überall, fast in jedem noch so begrenzten Aufschluss kleine Kohlennester, in den meisten Fällen von eingeschwemmten Baumstämmen herrührend. Die sie umgebende Molasse ist fast immer rostrot imprägniert (Eisenoxydation), als Folge der stark pyritisierten Kohle, die an der Luft leicht zerbröckelt.

Die Nagelfluh unseres Gebietes ist beinahe steril; recht selten findet man darin inkohlte Vegetabilien.

PETROLEUM

An verschidenen Punkten des schweizerischen Plateaus, so besonders im Kanton Genf, dann auch bei Yverdon, Orbe und Chavornay wurden kleinere oder größere Mengen Erdöl in bituminösen Molassesanden beobachtet und z. T. gewonnen.[2]

[1] *R. de Girard.* Rapport sur la visite, effectuée le 4 oct. 1917 etc.

[2] Siehe *R. de Girard.* Les gîtes d'hydrocarbures de la Suisse occidentale, 1913, pp. 1—20, 27—36 und 85—88, und in der zusammenfassenden und reich illustrierten Studie, das Petrolvorkommen im gesamten schweizerischen Plateau behandelnd: *Arn. Heim und Ad. Hartmann.* Untersuchungen über die petrolführende Molasse der Schweiz (Beitr. z. Geol. d. Schweiz, geotechn. Serie 1919, Lief. 6).

Für unsere freiburgische subalpine Molasse ist meines Wissens bloß die Petrolbohrung von Abbé Mermet im Jahr 1918 zu erwähnen. Diese wurde 2½ km östlich »La Verrerie« in der SE der Bahnlinie in den Wald »le grand sauvage« einspringenden Wiese angesetzt und etwa 100 m tief gebracht. Sie verlief resultatlos; der Initiant vermutet aber an dieser Stelle, nur in größerer Tiefe, doch Petrol. Ein Bohrjournal ist meines Wissens nicht vorhanden.[1]

Erfolglos blieben auch die Versuche zur Gewinnung von teerartigen Produkten aus dem bituminösen Stinkstein und Kohlenschiefer, welche die Kohlenflöze von »La Verrerie« und »La Mionnaz« begleiten.[2]

Fast überall entwickelt der Vaulruzsandstein beim Aufschlagen mit dem Hammer einen starken, an brennende Hornsubstanz erinnernden Geruch.

ERDGAS

Heim[3] schreibt, daß außer dem Fall beim Bau des Rickentunnels (1907) Grubengas in den Molassekohlen-Bergwerken noch niemals beobachtet worden sei. Diese Bemerkung ist heute soweit zu korrigieren, daß wenigstens im Bergwerk »La Mionnaz« tatsächlich Grubengas vorkommt.

Erdgase treten in der schweizerischen Molasse nach C. Schmidt[4], Arn. Heim[5] und de Girard[6] außerdem z. B noch bei Cuarny (E Yverdon) und Grandcour (N Payerne) auf, doch bringt C. Schmidt diese beiden Vorkommen in genetische Beziehung zu Erdöl und Asphalt, während er den gewaltigen Gaserguß im Rickentunnel als im Zusammenhang mit Molassekohlen erklärt. Auch für den Fall von »Mionnaz« steht dieser Zusammenhang außer allem Zweifel. Dadurch wird auch die

---

[1] Über folgende Angabe in »Untersuchungen über die petrolführende Molasse der Schweiz. Beitr., geotechn. Serie, 6. Lief., 1919, p. 3 konnte ich während meines Aufenthaltes in der Umgebung von Semsales keine nähere Auskunft bekommen: »Ein Zeitungsbericht vom Sommer 1918 meldet eine neue Petrolfundstelle am Alpenrand bei Semsales. Ob sie der Molasse oder dem Flysch angehört, noch überhaupt sich bestätigt, ist von geologischer Seite noch nicht geprüft«. Es handelt sich aber wahrscheinlich um die oben erwähnte Bohrung des Abbé Mermet.

[2] *H. Fehlmann.* Der schweizerische Bergbau etc. p. 85; siehe auch »Untersuchungsbericht über bituminöse Süßwasserkalksteine von Semsales«.

[3] *Alb. Heim.* Geologie der Schweiz, pp. 92—93.

[4] *C. Schmidt.* Erläuterungen zur Karte der Fundorte von mineralischen Rohstoffen etc. pp. 42—43.

[5] *Arn. Heim.* Untersuchungen über die petrolführende Molasse der Schweiz, pp. 38—42, Fig. 21 und Tafel VI.

[6] *R. de Girard.* Les gîtes d'hydrocarbures de la Suisse occidentale, pp. 33—34 und 83.

Behauptung von Schindler[1]) widerlegt, »daß in den Braunkohlenbergwerken niemals explosionsfähige Gase ausströmen, sodaß die Ventilation nicht der Wetterführung, sondern nur der Lufterneuerung allein zu dienen hat«, einer der Punkte, worauf er die Verwerfung der Inkohlungsreihe stützt.

Das bekannte und vielbesprochene Vorkommen von brennbarem Erdgas in einem ehemaligen Gipsbruch am Burgerwald (Berra)[2]) in der Nähe des Kontakts von Flysch und Molasse gehört nicht einwandfrei der letztern an. Obwohl der dortige Gips eocän oder vielleicht noch älter ist, bleibt für mich die Möglichkeit offen, daß das seinerzeit dort ausströmende Gas aus der überschobenen untern Süßwassermolasse stammt.

Über das *Auftreten von Grubengas in der Mine »La Mionnaz«* hat mich Herr Ingenieur W. Knobel schon bei meinen Besuchen im Sept. — Okt. 1919, wo ich mich mittels der Sicherheitslampe persönlich von dessen Anwesenheit überzeugen konnte, dann aber in einer brieflichen Mitteilung vom 28. Mai 1920 ausführlich orientiert. Ich gebe im folgenden das wesentliche dieser Mitteilungen in etwas gekürzter Form wieder.

Das Grubengas, Methan CH_4 entsteht durch Vermoderung von pflanzlichen oder andern organischen Stoffen unter Luftabschluß. Das Entweichen desselben wird durch verschiedene Umstände ermöglicht. Einmal durch ein brüchig oder spaltig gewordenes Dach des gasführenden Flözes, oder bei brüchiger Struktur der Kohle (Flöz II La Mionnaz) durch den auf größere Strecken bloßgelegten oder mit nur schwacher Humusdecke überlagerten Ausbiß des Flözes, oder endlich durch alte Baue in seinem obern Teil.

In der Grube »La Mionnaz« ist nun besonders in der Flözgruppe I Grubengas in solcher Menge, weil ohne kontinuierlichen, natürlichen Abzug, aufgetreten, daß dadurch der Abbau gestört wurde. Das Hangende dieses Flözes ist sehr weich und deshalb auch bei großem Gebirgsdruck nicht imstande, weder die Kohlenschichten, noch die dazwischenliegende, 12 cm mächtige, undurchlässige Bank von bituminösem Kalk zu bersten. Diese beiden letzten Elemente sind also unversehrt geblieben und haben die Entweichung des Gases solange verhindert, bis eben der Abbau begann. Das Gas tritt übrigens in dieser Flözgruppe nicht überall in gleich hohem Maße auf. Westlich vom Hauptquerschlag, wo das Flöz regelmäßiger und die Abbauhöhe geringer wird, strömt das Gas durch den obern Ausbiß aus. In östlicher Richtung dagegen hat man eine starke Verdrückung

[1]) *R. Schindler.* Zur Frage der fossilen Brennstoffe und der diesbezüglichen Dogmen der Geologie, p. 6.

[2]) *R. de Girard.* l. c., pp. 40—79.

des Flözes konstatiert, derzufolge dieses auf eine Länge von etwa 100 m um durchschnittlich 5 m verschoben ist. Gerade in dieser Strecke wurde am meisten Gas angetroffen, dem offenbar durch diese Verdrückung der natürliche Abzug abgeschnitten wurde. Und zwar strömte es hier besonders reichlich aus den Bohrlöchern, welche in der Kohle selbst, unmittelbar unter der Kalkschicht vorgetrieben waren, aber auch aus solchen im Liegenden des Flözes, während im Hangenden kaum Spuren davon angebohrt wurden.

Trotzdem auch die Flözgruppe V eine ähnliche Schichtserie aufweist, waren dort nie merkliche Gasausströmungen zu beobachten. Hier ist eben das Dach sowohl wie vielerorts die übrigens nicht durchgehende Kalkbank brüchig. Die Wasserdurchlässigkeit bei Regenwetter beweist umgekehrt die Möglichkeit des Gasentweichens, besonders in Trockenperioden. Außerdem ist dort in 40 m Höhe über der Stollensohle ein »alter Mann« angetroffen worden, der den Gasabzug erleichtert.

Alte Baue lieferten bis jetzt nie Gas, denn sie wurden meist von der Oberfläche aus mittels sog. Descenderien angefangen.

Das »Laboratoire de Chimie du département de l'Intérieur du Canton de Vaud« hat im Oktober 1918 eine Analyse dieses Grubengases aus Flöz I La Mionnaz gemacht, aber bloß die Anwesenheit von Methan CH_4 konstatiert, und sonst das Gasgemisch nicht auf seine übrigen Komponenten untersucht.