

Die karstmorphologische Entwicklung und glaziale Überformung einer abflußlosen Hohlform im Waadtländer Jura

von

Bernhard Metz, Freiburg i. Br.

Mit 4 Abbildungen und 8 Bildern

Vorwort

Im Herbst 1966 hatte der Verfasser die Möglichkeit, sich für längere Zeit geomorphologischen Studien zu widmen, die einen Beitrag zur Klärung noch offener Probleme in der Landschaftsgenese des Schweizer Jura leisten und nicht zuletzt eine Ergänzung der eigenen Dissertation darstellen sollten. Daß die Ergebnisse dieser Untersuchungen in vielen Punkten Ähnlichkeit mit den in der Dissertation erarbeiteten Aussagen aufweisen, dürfte auf den fast gleichen geologischen Bau der bearbeiteten Gebiete zurückzuführen sein. Hier, wie auch im Neuenburger Jura, sind der Großfaltenwurf und die an der Oberfläche anstehenden, verhältnismäßig reinen Kalke die Wegbereiter für die Entstehung größerer Karstformen. Die aus diesem Gebiet mitgebrachten Bodenproben wurden in dankenswerter Weise im Geographischen Institut der Universität Frankfurt/M. von Herrn Dr. K.-H. PFEFFER und der landwirtsch.-technischen Assistentin Fräulein H. GEITHNER untersucht. Außerdem dankt der Verfasser ganz herzlich seinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. H. LEHMANN, Frankfurt/M., sowie Herrn Prof. Dr. A. BÖGLI, Hitzkirch, für die zahlreichen Hinweise und Anregungen. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft gewährte dem Verfasser eine großzügige finanzielle Hilfe, durch die der Geländeaufenthalt ermöglicht wurde. Für die Aufnahme dieser Studie in die Reihe der Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br. ist der Verfasser auch Herrn Prof. Dr. M. PFANNENSTIEL zu Dank verpflichtet.

Gliederung

1	Einführung und Übersicht	160
2	Beschreibung der Hohlform von Sèche des Amburnex	163
2,1	Schichttreppenkarst	163
2,2	Dolinen und Ponore	164
3	Geologischer Überblick	167
4	Überlegungen zur Klärung der Genese	167
4,1	Ausbildung relativ langer Täler in den Synklinen und ihre karstkorrosive Eintiefung	168
4,2	Alter der oberirdischen Entwässerung	168
4,3	Genese der Schichttreppen	169
4,4	Ausräumung der Hohlformen	171
4,5	Vergletscherung der Wanne von Sèche des Amburnex	171
4,6	Rekonstruktion des oberirdischen Entwässerungssystems	171
4,7	Unterirdische Ausräumung des Moränenmaterials und Beschreibung der gegenwärtigen Karsterscheinungen	172
4,8	Datierung der Hohlform	176
5	Schlußbetrachtung	177

Zusammenfassung

Die in dieser Studie behandelte Hohlform von Sèche des Amburnex liegt 1,5 km westlich des Col du Marchairuz im hohen Waadtländer Jura. Der Verfasser versucht, die in dieser Wanne beobachteten Geländeformen zu beschreiben und zu deuten. Parallel zu dieser abflußlosen Hohlform verläuft die Talung von Les Amburnex, die nur durch eine flache Schwelle von dieser getrennt ist. Es wird versucht, den Nachweis zu erbringen, daß beide zu einer Zeit des oberirdischen Abflusses miteinander in Verbindung standen. Im oberen Pliozän muß dann eine Phase der Verkarstung vorgeherrscht haben, die die Hohlform von Sèche des Amburnex etwa 25 m tiefer legte. Im Pleistozän wurde die Wanne glazial überformt. Eine Folge dieser Überformung sind die charakteristischen Schichttreppen, die aus dem Alpenraum schon mehrfach beschrieben wurden. Heute ist auf den nackten Kalkflächen die Bildung von kleinen Wannens mit Korrosionshohlkehlen und das Auftreten von Rilllenkarren zu beobachten.

1 Ein Faltengebirge wie der Schweizerisch-Französische Jura wird immer wieder die Aufmerksamkeit der Geowissenschaftler auf sich lenken, da hier geologisch-tektonische Grundlagen und deren Auswirkungen auf die Landschaft sehr klar zu erkennen und gut zu untersuchen sind. Der hohe Jura unmittelbar an der Nahtstelle zum Mittelland ist für den Geographen ein Gebiet, das sich zum Studium der Zusammenhänge zwischen endogenen und exogenen Kräften in den Landschaftsformen förmlich anbietet.

Der Col du Marchairuz bildet die Verbindung zwischen dem Gebiet des Genfer Sees und dem des Lac de Joux, der im größten „Bassin fermée“ des gesamten Schweizer Jura liegt. Die SW-NE Längserstreckung des Vallée de Joux ist die charakteristische Streichrichtung der sich hier stetig abwechselnden Antiklinen und Synklinen im Waadtländer und im Neuenburger Jura. Diese vorherrschende Streichrichtung wird nur durch die große „Transversalverschiebung“ von Vallorbe unterbrochen. Auch die Mt.-Tendre-Kette verläuft in dieser Richtung und wird in ihrer am günstigsten zu passierenden Stelle, am Col du Marchairuz, von der Straße Bière — Le Brassus überquert. Eine im N anschließende Synklone, die in ihrem Innern untere Kreide (Valanginien, Hauterivien und Barrême) enthält, ist die Mulde von Les Amburnex, die in ihrem Aussehen an ein Isoklinaltal erinnert. Eingebettet in die nördlich dazu aufgewölbte, bis auf resistente Schichtrippen wieder abgetragene Antikline liegt die Hohlform von Sèche des Amburnex. Sie hat eine Länge von

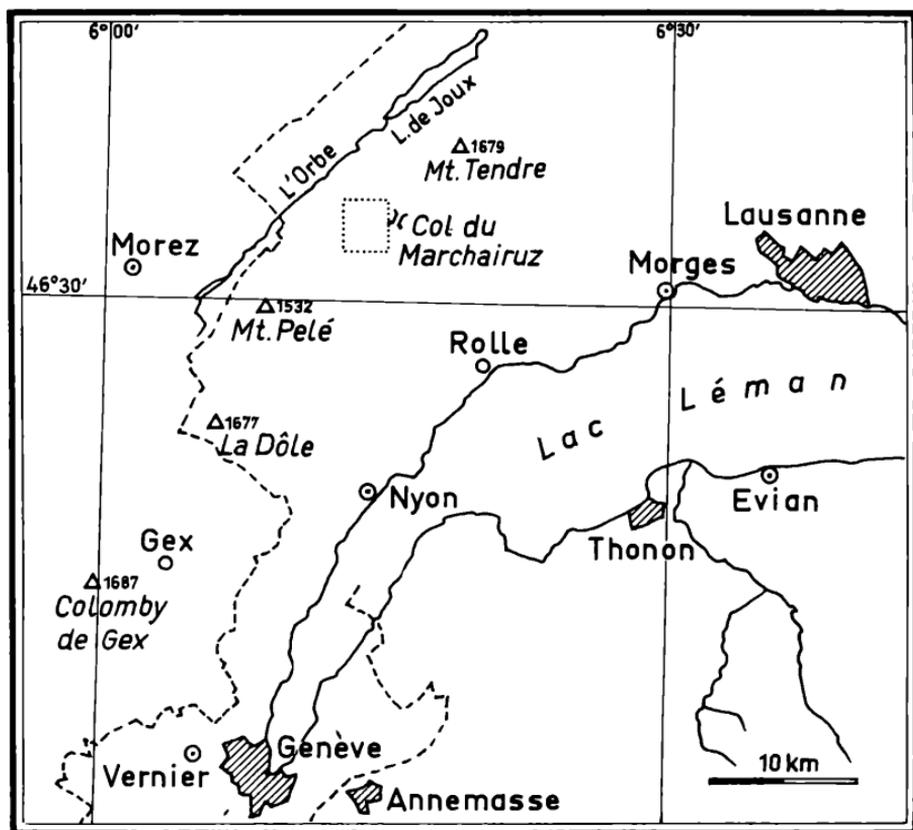


Abb. I. Lageskizze des Arbeitsgebietes

1900 m und mißt an ihrer breitesten Stelle 650 m. Bizarre, sehr stark an den alpinen Hochkarst erinnernde Formen kennzeichnen diese eigenartige Landschaft, die eine vollkommen andere Gestaltung aufweist als die sie umgebenden Landschaftsteile jurassischer Prägung.

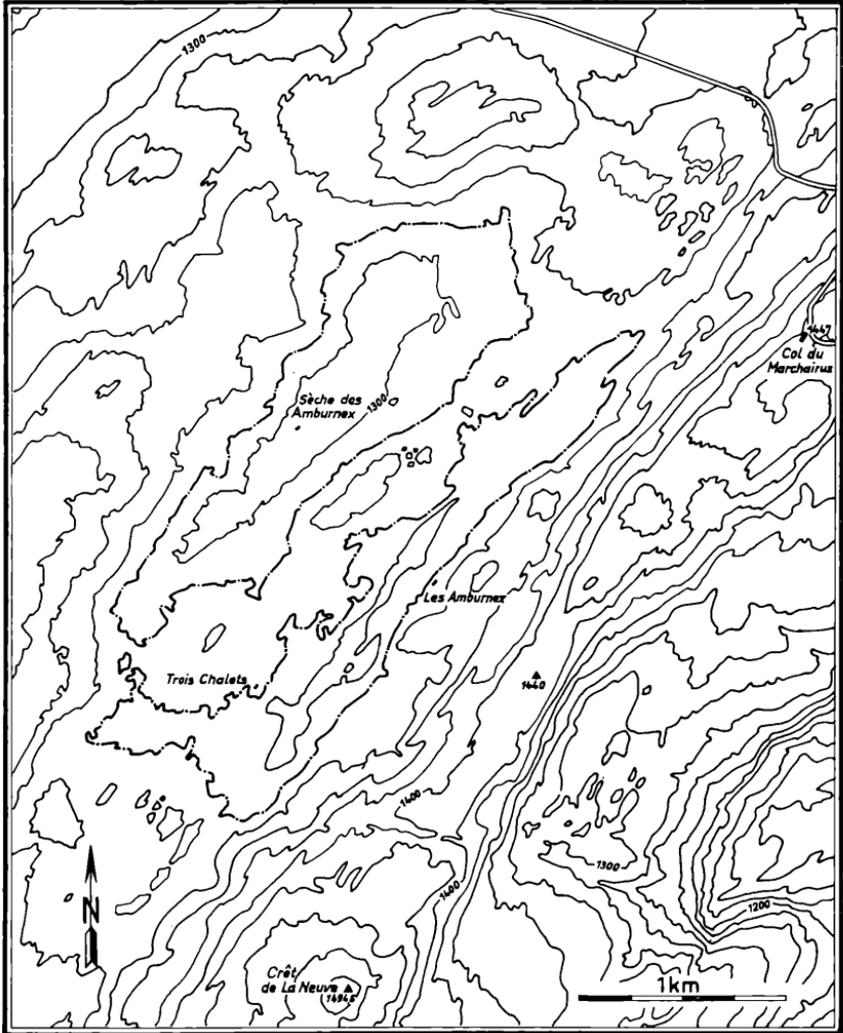


Abb. II. Isohypsenbild der Umgebung des Col du Marchairuz (Vd.). Die Umrisse der Hohlform von Sèche des Amburnex und des Teils der Talung von Les Amburnex in gleicher Höhe (1320 m) sind gerissen gezeichnet.

2 Die Umriss der Hohlform von Sèche des Amburnex sind am besten durch den Verlauf der 1320-m-Isohypse markiert, die allerdings die noch 2 m höher liegende Schwelle im NW von Trois Chalets nach Les Amburnex hin nicht einschließt. In Wirklichkeit liegt demnach der niedrigste Punkt der Umrahmung 1322 m hoch. Diese Schwelle wird durch die nach NW einfallenden, SW-NE streichenden resistenten Schichtrippen der Synklinalflanken von Les Amburnex gebildet. Diese Rippen aus Kimmeridgekalk weisen sehr auffallende Verkarstungserscheinungen auf. Während nach SE hin auf den Schichtflächen, die dem Tal von Les Amburnex zugewandt sind, Karren vom Typ der Rinnenkarren (A. BÖGLI, 1960, 17) vorzuherrschen scheinen, treten diese Schichten nach der Hohlform hin als Schichttreppen in Erscheinung (s. Bild 1).

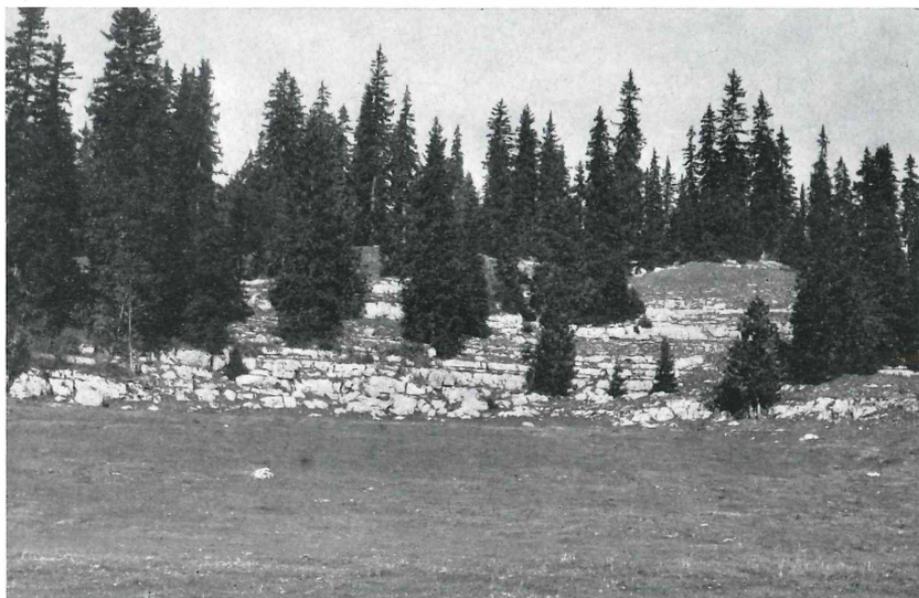


Bild 1. Schichttreppen am Rand der Hohlform von Sèche des Amburnex.

2,1 Vom Mittelpunkt dieser Hohlform ausgehend, müssen wir nach allen Seiten hin diese Stufen überwinden, um die Wanne verlassen zu können. Je nach der Schichtmächtigkeit der Kalkbänke erreichen die Treppen eine Höhe bis zu 1 m. Auf den ersten Blick scheinen sie sehr gut erhalten zu sein, sind aber weitgehend in Zerstörung begriffen. Klüfte, die an der Oberfläche verkarstet sind, lösen sie in einzelne Blöcke auf (s. Bild 2).

Die Korrosion entlang der Schichtfugen vermochte einzelne Blöcke zu lockern, die nach vollkommener Loslösung aus dem Gesteinsverband in die tiefer gelegenen Teile der Hohlform stürzen. Hier werden sie entweder völlig



Bild 2. Aufgelöste Schichttreppen und heruntergestürzte Blöcke.

aufgelöst, oder aber sie werden bei starker Wasserführung der sonst trockenen Rinnen zu den Dolinen hin abtransportiert und verschwinden dann gänzlich im klüftigen Kalk.

2,2 Bei eingehenderem Studium der gesamten Wanne erkennen wir, daß es sich keineswegs um eine einheitliche Großform handelt. Der Boden der eingesenkten Hohlform ist sehr uneben und in vier Vertiefungen bis zu 10 m Höhenunterschied zum eigentlichen Boden gegliedert. Im Zentrum einer jeden solchen Hohlform befindet sich eine Sickerstelle oder ein Schluckloch. Die Schwellen zwischen diesen kleinen Vertiefungen sind breit und keineswegs sehr hoch. Sie überragen die Trichter um maximal 6 bis 8 m. Von hier aus scheint sich bereits ein Hinweis auf die Genese der Gesamthohlform anzubieten. Die Schwellen weisen ganz flache, fast horizontal lagernde Schichtflächen auf, die ebenso wie die oben geschilderten Schichttreppen sehr stark zerstört werden. Unseres Erachtens ist demnach der gesamte Formenkomplex der Hohlform von Sèche des Amburnex — im Gegensatz zum Tal von Les Amburnex — eine heute in Zerstörung begriffene Landschaft. An der Weiterentwicklung ist also neben der Korrosion zu einem beträchtlichen Teil auch die Erosion beteiligt. Die Kraft des fließenden Wassers hat insofern einen großen Anteil an der Umgestaltung der Hohlform, als durch dieses Medium flache kleine Täler zu den Sickerstellen hin geschaffen werden. Ein schönes Beispiel einer solchen Sickerstelle mit einem talähnlichen Zubringer fanden wir 300 m SW des Hofes Sèche des Amburnex (s. Bild 3).

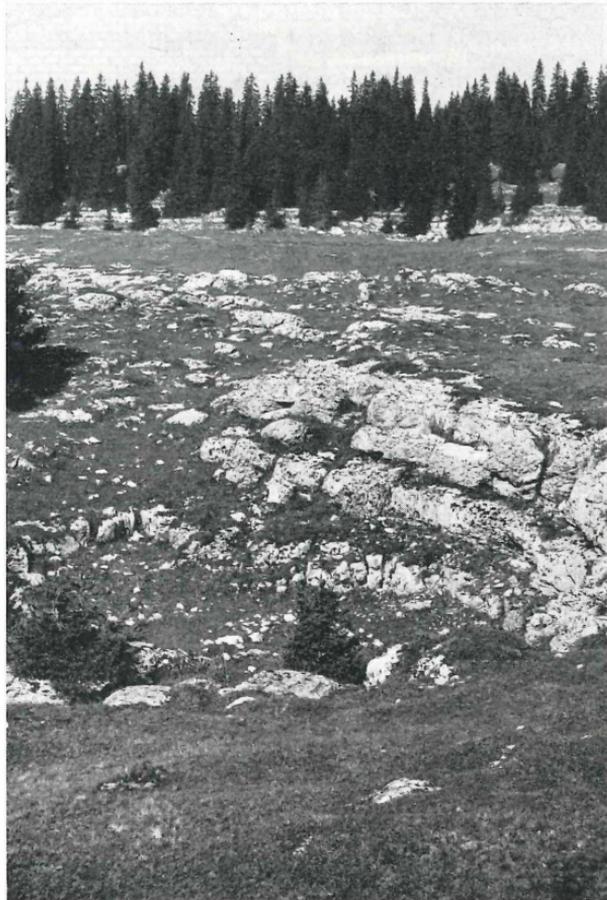


Bild 3.

Doline mit talähnlichem
Zubringer,
300 m SW des Hofes
Sèche des Amburnex.

Hier versieht eine am oberen Rand 10 m, am Boden 5 m breite Doline die Funktion eine Ponors. Am Boden der Doline fanden wir einen sehr tonreichen, schluffigen Boden ($26,8\% < 0,002 \text{ mm}$). Der Gehalt an CaCO_3 ist sehr gering. Er liegt bei $0,08\%$, im Gegensatz zu den sonstigen Werten, die zwischen 40 und 57% schwanken (nach SCHEIBLER). Die Korngrößenanalyse ergab, daß alle Bestandteile der Bodenprobe unter $0,06 \text{ mm } \phi$ lagen. Es scheint sich hierbei also um das nicht lösliche Residuum zu handeln, das sich in der zeitweise wassererfüllten Doline absetzt (s. log. Summenkurven der Korngrößen, Probe A, Abb. IV). Diese Doline ist etwa 5 m tief und wird während der Schneeschmelze und nach stärkeren Niederschlägen von einer kleinen, etwa 300 m langen, talartigen Mulde mit Wasser gespeist. Diese talartigen Mulden können den Charakter einer Karstlandschaft, wie sie uns hier so einprägsam entgegentritt, entscheidend verändern. Bevor wir jedoch

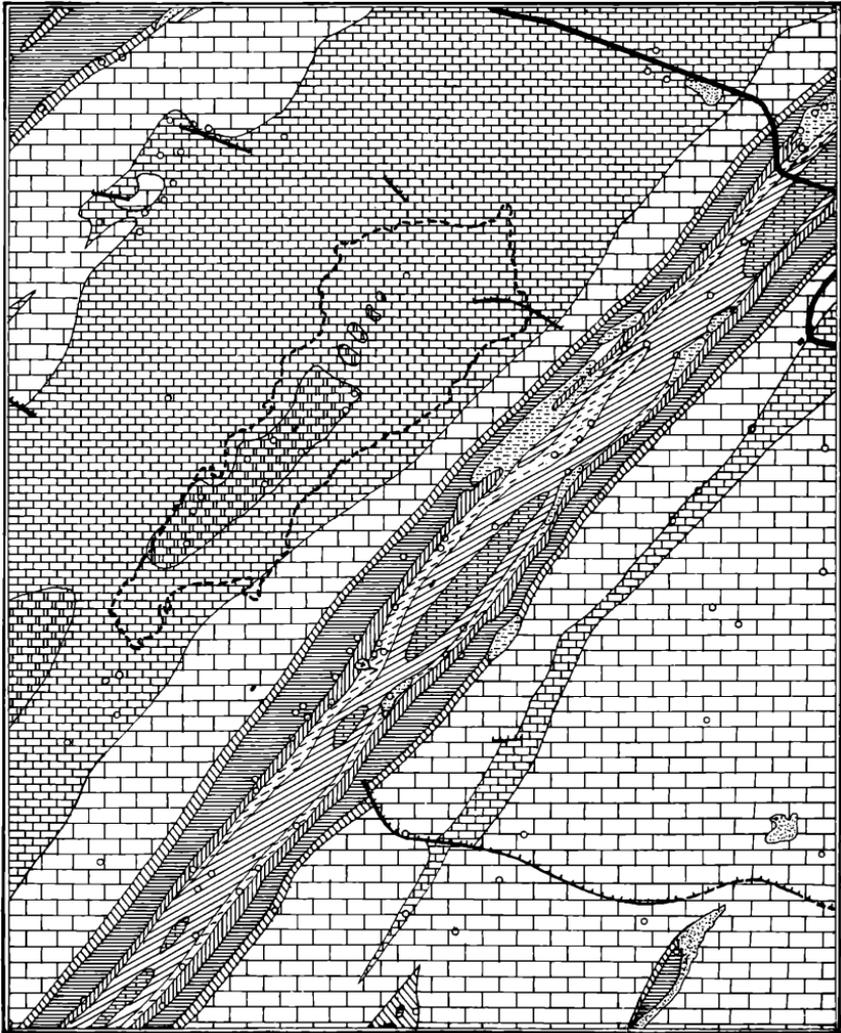


Abb. III. Geologische Karte des Untersuchungsgebietes
(nach: Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25 000, Bl. 25).

die gegenwärtige Fortentwicklung näher betrachten, müssen wir einen Blick auf die Genese der gesamten Landschaft um den Col du Marchairuz werfen.

3 Die einzelnen Schichten, die konkordant lagern, sind Zeugen der jeweiligen Sedimentationsphasen und der dazwischenliegenden Zeiten aktiver Korrosion und Erosion. Das Juragebirge, eines der charakteristischsten Faltengebirge, entstand in der Endphase der alpidischen Faltung. Da in einzelnen Gebieten des Schweizer Jura noch Pakete der miozänen Molasse dadurch erhalten sind, daß sie zwischen älteren Schichtpaketen eingeklemmt wurden, kann die Hauptfaltung dieses Gebietes erst im oberen Miozän erfolgt sein. Im gesamten Jura sind einzelne Faltungsphasen voneinander zu unterscheiden, auf die näher einzugehen hier nicht möglich und nötig ist. Es muß jedoch betont werden, daß eine schwache letzte Faltungsphase im oberen Pliozän (R. BRINKMANN, 1966, 273) stattfand. Eine durch die Faltung aktiv gewordene Erosion ließ niemals das Idealbild eines Faltengebirges mit unzerstörten Synklinen und Antiklinen entstehen. Der Faltenjura trug somit immer das Signum einer erosiv eingeebneten Folge von Mulden und Sätteln. So sind es im Schweizer Jura meist nur die widerständigeren Teile der Schichtkomplexe, die der Abtragung widerstehen konnten und den Faltenwurf in der Landschaft nachzeichnen. Das geht sogar so weit, daß lediglich widerstandsfähige Schichtrippen einen Sattel vortäuschen. Speziell in den Freibergen im Berner Jura ist aus diesem Grund das Vorkommen von Reliefumkehr keine Seltenheit.

Auch hier in der Hohlform von Sèche des Amburnex ist die eigentliche Antikline so weit zerstört, daß ihr Séquanienkern freigelegt wurde und sie uns heute als Mulde entgegentritt. Die Kräfte, die dabei geholfen haben, diese Formen zu schaffen, und in welcher zeitlichen Abfolge sie wirksam waren, sollen Gegenstand der folgenden Überlegungen sein. Ausgehend von der Möglichkeit, alte Wege einer eventuellen fluvialen Erosion zu finden, müssen wir eine Entwässerungsrichtung dieser Epoche rekonstruieren. Im Folgenden wollen wir außerdem den frühesten Beginn der karstkorrosiven Umgestaltung dieser fluvialen Formen festzulegen versuchen. Inwieweit eine glaziale Überformung des Gebietes in der Umgebung des Col du Marchairuz wirksam war und ob eine lokale Vereisung größere Veränderungen in der Landschaft vorzunehmen vermochte, stellt das dritte Problem dieser Untersuchungen dar.

4 In den Synklinen konnten sich Täler ausbilden, die frühestens im Mittel- bis Oberpliozän als flache Muldentäler die Entwässerungsadern aufnahmen (B. METZ, 1967, 20). Charakteristisches Beispiel eines solchen flachen Muldentales ist das Vallée de Joux, das heute, ebenso wie die großen oberirdisch abflußlosen Hohlformen im Neuenburger Jura, als Karstwanne anzusprechen ist. Benutzen wir den terminus technicus „Polje“ rein deskriptiv, so können wir auch hier von „muldenförmigem Talpolje ohne scharfe Grenze zwischen Beckenboden und Hang“ (H. LEHMANN, 1959, 289) spre-

chen. Hierbei ist nunmehr etwas mehr Wert auf die Genese gelegt, drückt doch der Begriff „Talpolje“ schon aus, daß es sich um eine Karsthohlform handelt, die einer fluvial gebildeten Form aufgeprägt wurde.

4,1 Dort, wo die Dimensionen des Faltenbaus die Bildung derartig großer Hohlformen nicht zuließen, bildeten sich langgezogene, sehr schmale Hochtäler, deren Gefälle heute nicht mehr gleichsinnig ist. So ist beispielsweise das Hochtal von Les Amburnex mit 11 km Länge und durchschnittlich 200 bis 300 m Breite heute in mehrere Teilbecken zerlegt, die dadurch entstanden, daß sich auf dem Talboden am Kontakt zweier verschiedenen löslicher Kalke Dolinen ausbildeten, die ein nach SW gerichtetes gleichsinniges Gefälle zerstörten. Bestes Beispiel hierfür ist „La Grotte“, eine Doline SW Rionde Dessous, deren tiefste Stelle bei 1245 m liegt, 30 m unterhalb des niedrigsten Punktes der Umrahmung (Oberkante). Das Tal von Les Amburnex dürfte ursprünglich nach SW entwässert haben, da im NE der niedrigste Punkt bei 1340 m liegt, während im SW für die Wasserläufe die Möglichkeit bestand, über eine heute 1265 m hohe Schwelle durch Les Ormes und das heutige Bett des R. de la Combe zum Genfer See zu fließen. Dieses Synklinaltal von Les Amburnex setzt sich geologisch gesehen bis hin zum Hof „Chalet Derrière“ (1345 m) im SW fort (A. FALCONNIER, 1931, 27). Da die Antikline von Mt. Tendre - Crêt de la Neuve im SW in der Umgebung des Hofes „Mondion“ bis auf 1270 m Meereshöhe abgetragen wurde, war es für die Entwässerung des Hochtales von Les Amburnex keine Schwierigkeit, sich hier einen leicht zu bildenden Weg zu schaffen, zumal heute noch an einigen Stellen der Kalksandstein des oberen Valanginien ansteht, an dessen Kontakt zum unteren Valanginien sich eine regelrechte Dolinenkette ausbilden konnte. Dieser Kalksandstein ist nicht verkarstet und verwittert zu einem sandigen Material, das zu 55 % Korngrößen zwischen 0,06 und 1 mm aufweist. 40,6 % schluffige und 4 % tonige Bestandteile bilden den Rest des Verwitterungsmaterials (s. log. Summenkurven der Korngrößen, Probe B, Abb. IV), das einen CaCO_3 -Gehalt von 40,08 % aufweist (nach SCHEIBLER).

4,2 Es ergibt sich nun die Frage nach der altersmäßigen Obergrenze dieser Entwässerung. Sie ist aber nur dann genau zu beantworten, wenn wir wissen, wie alt die Verkarstungserscheinungen sind. Die Anlage des Entwässerungssystems muß zwangsläufig älter sein als die ihm einmodellierten Hohlformen ohne oberirdischen Abfluß. Hätte man in diesen Dolinen pleistozänes Material nachweisen können (Moräne oder Periglazialschutt), so wäre die Frage bereits eindeutig beantwortet. Da aber das auch hier ursprünglich sicherlich vorhandene Moränenmaterial bis auf kleine unbedeutende Reste an Stellen, die keinerlei Bedeutung für die Morphogenese haben, postglazial ausgeräumt zu sein scheint, stellt diese Frage ein noch offenes Problem dar. Während unserer Geländebegehungen konnten wir an keiner eventuellen Schlüsselstelle einen Hinweis auf Spuren einer pleistozänen Vergletscherung finden. Es ist jedoch unseres Erachtens vollkommen falsch, aus diesem Grund

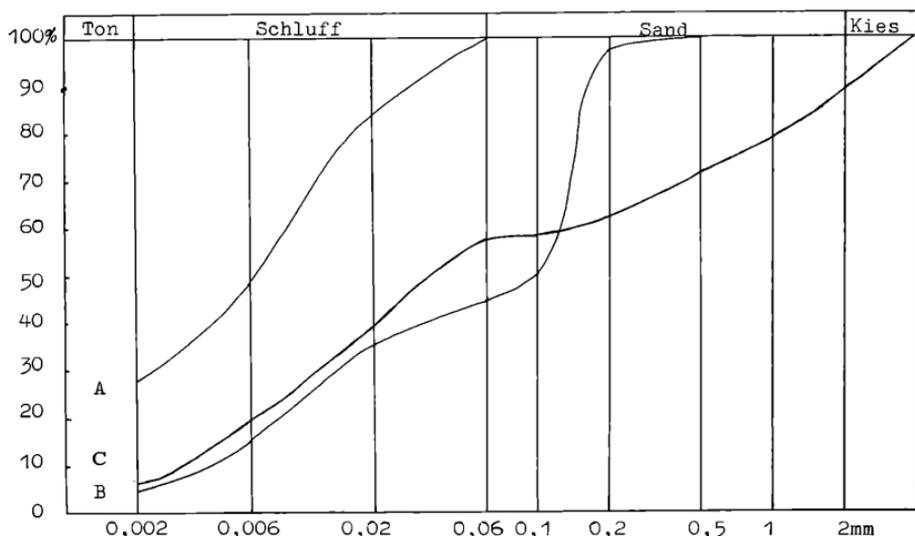


Abb. IV. Logarithmische Summenkurven der Korngrößen der Proben A, B und C.

- Probe A wurde entnommen am Boden einer Doline in der Hohlform von Sèche des Amburnex.
- Probe B wurde entnommen im Tal von Les Amburnex. Sie stellt ein Verwitterungsprodukt des Kalksandsteins dar.
- Probe C ist Verwitterungsmaterial mit kleinen Kalksplintern, entnommen auf den horizontalen Kalkplatten in der Hohlform von Sèche des Amburnex.

anzunehmen, das Gebiet sei nicht vergletschert gewesen. Allein die Höhenlage spricht für das Vorhandensein von Gletschern. Die tiefsten Punkte der Täler und Hohlformen ohne Abfluß liegen immerhin noch in einer Höhe von 1250 m. Das bedeutet, daß während der Würmvereisung bei einer angenommenen Schneegrenzdepression um etwa 1200 m das Gebiet vergletschert gewesen sein muß (heute liegt die Schneegrenze in diesem Bereich bei 2400 m). Wenden wir uns nun aber zunächst einem anderen Problem zu, um durch dessen Lösung der Frage nach der Vergletscherung näherzukommen.

4,3 Wir hatten oben erwähnt, daß das charakteristische Formelement für die Hohlform von Sèche des Amburnex die an den Rändern des Beckens zu beobachtenden Schichttreppen sind. Zum Innern des Beckens hin sind diese Treppen aktiv in Zerstörung begriffen. Betrachten wir aber solche Schichttreppen, die weiter vom Zentrum der Hohlform entfernt sind, so sehen wir, daß sich hier bereits eine verhältnismäßig dichte Vegetationsdecke gebildet hat. Die Pflanzen wachsen hier auf einem Residuum, das durch die chemische Zersetzung des wahrscheinlich durch Frostsprengung zerstörten Kalks ent-

stand. Diese Scherben (s. Bild 4) bleiben auf den horizontalen Kalkplatten liegen und werden durch das Wasser immer mehr zersetzt. Das Feinmaterial setzt sich in die feinen Klüfte und Unebenheiten des Gesteins und bietet so der Vegetation die Möglichkeit, Fuß zu fassen. Dieses Feinmaterial hat, zusammen mit den bis zu 2 mm messenden Kalkbröckchen (alle größeren Partikel wurden abgesiebt), einen CaCO_3 -Gehalt von 57,60%, während der des Feinmaterials unter 0,1 mm (Probe C) als Residuum zwischen 0,5 und 1% schwankt. Es ist also anzunehmen, daß die Ausbildung der Schichttreppen heute zum Stillstand gekommen ist. Wie bereits mehrfach erwähnt, ist sogar zum Beckeninnern hin eine Zerstörung derselben im Gange. Wie konnten nun diese Schichttreppen in ihrer so klassischen Ausprägung entstehen? Um diese Frage beantworten zu können, müssen wir uns vergleichend hierzu andere Landschaften betrachten, von denen das Vorkommen von Schichttreppenkarst und dessen Entstehung bekannt sind.

Wir werden sehr stark an jene Schichttreppen erinnert, die im Schratzenkalk des Gottesackerplateaus am Hohen Ifen im Allgäu ausgebildet sind (G. WAGNER, 1950). Der Unterschied zu den obengenannten Schichttreppen der Hohlform von Sèche des Amburnex besteht jedoch darin, daß es sich am Gottesackerplateau, genau wie beim nächsten Beispiel, um vollkommen vegetationsfreien Kalk in fast horizontaler Lagerung handelt, während die Schichttreppen im Waadtländer Jura eine Vegetationsbedeckung tragen. Auch



Bild 4. Durch Frostsprengung gelockerte Kalkscherben auf horizontalen Kalkplatten. Die Vegetation beginnt, zwischen den Scherben Fuß zu fassen.

der Schichttreppenkarst auf dem Quintnerkalk der Märenberge (A. BÖGLI, 1960, 16, Abb. 18) ist ähnlich ausgebildet wie der am Gottesackerplateau. Die Genese dieser vorwiegend im Alpenraum beobachteten Karsterscheinung scheint geklärt. In beiden Fällen entstanden die Schichttreppen dadurch, daß die fast horizontal lagernden Schichten durch die Verkarstung gelockert wurden. Diese korrosive Aufbereitung des Kalkes muß vor der letzten Eiszeit erfolgt sein, da nämlich die nachfolgenden Vorgänge ohne diese Vergletscherung nicht erklärt werden können. Die Klimaverschlechterung während des Würm-Glazials ließ die Gletscher bis in diese Höhenlage hinunter vorstoßen. Diese Gletscher schoben nun die vorher durch Kalklösung gelockerten Schichtpakete regelrecht vom Untergrund ab und ließen die heute sichtbaren Schichttreppen zurück.

4,4 Analog zu diesen Beobachtungen können wir sagen, daß das durch diese Glazialerosion transportierte und aufbereitete Moränenmaterial durch unterirdische Abflußbahnen aus der Hohlform herausgebracht worden sein muß, da wir heute keine sichtbaren Spuren desselben mehr an der Oberfläche finden. Dies war aber erst dann möglich, als die Wasserwegsamkeit des Gesteins, die während der Kaltzeiten unterbrochen war, wieder hergestellt worden war. Nach der letzten Vereisung muß das Schmelzwasser in unserem Gebiet die oben geschilderte Ausräumung sehr stark begünstigt haben.

4,5 Selbst wenn eine eigenständige Vergletscherung gefehlt hätte, so muß der Karst doch zeitweise blockiert gewesen sein. Da alpine Eismassen im Würm nicht mehr bis in dieses Gebiet vorgedrungen sind, bliebe dann als eine Möglichkeit der Deutung nur noch die Auskleidung der Hohlform durch kaltzeitlichen Hangschutt, was, den oben erwähnten Tatsachen nach zu urteilen, jedoch nicht der Fall sein dürfte. Periglazialerscheinungen sind uns während des Geländeaufenthaltes nicht aufgefallen. Hätte die Hohlform von Sèche des Amburnex im periglazialen Bereich gelegen, wäre der ohne Zweifel vorhandene Schutt und andere Spuren postglazial ebenso verwischt worden wie das im anderen Fall vorhandene Moränenmaterial. Wir könnten also insofern die Frage nach einer Vereisung der Hohlform zumindest für die Zeit der letzten Vergletscherung offenlassen und die zweite Möglichkeit der Umgestaltung durch Periglazialerscheinungen ebenso in Erwägung ziehen. Auch hilft uns in diesem Fall das Vorhandensein kleiner Moränenreste im Tal von Les Amburnex nicht weiter, da von den Stellen aus, wo die Reste erhalten sind, keine Verbindung zur Wanne von Sèche des Amburnex besteht. Ein wertvoller Hinweis auf eine Vergletscherung ist jedoch das Vorkommen des Schichttreppenkarstes. Auch die Höhenlage der Hohlform (1320 m; Schneegrenze im Würm bei etwa 1200 m!) spricht für die Bildung eines Gletschers. Wir nehmen deshalb an, daß die Hohlform im Würm glazial überformt und der Karst dadurch blockiert wurde.

4,6 Ein früheres Entwässerungssystem kann man insoweit rekonstruieren, als alte, heute trockenliegende Talungen bekannt sind, die ursprünglich

die oberirdischen Entwässerungswege der Umgebung von Sèche des Amburnex darstellten. Wir haben also in der Zeit vor dem Pleistozän, genauer gesagt, vor der Zeit, als die später wieder blockierte Verkarstung noch nicht wirksam war, ein Entwässerungsnetz, das zum Schweizer Mittelland hin gerichtet war. Heute nun steht eindeutig fest, daß die unterirdische Entwässerung der Karsthohlform von Sèche des Amburnex zum Vallée de Joux gerichtet ist. Nach D. AUBERT (1943, 123) wird die Quelle von Le Brassus von der unterirdischen Entwässerung der Gebiete um Pré de Bière und Les Amburnex sowie den umliegenden Gebieten gespeist. Wenn wir uns also die heutige Entwässerungsrichtung betrachten und diese mit der vergleichen, die vor Beginn der Verkarstung vorgeherrscht haben muß, so können wir eine gewisse Ähnlichkeit mit den Verhältnissen im Becken von La Brévine im Neuenburger Jura nicht übersehen. Hier konnte nachgewiesen werden (B. METZ, 1967, 39), daß die Antikline von L'Armont die Rolle der Antiklinen von Som Martel als Hauptwasserscheide des Gebietes übernommen hat, nachdem sich die Entwässerungsrichtung umgekehrt hatte. Hier in der Umgebung des Col du Marchairuz ist es die Mt.-Tendre-Kette, die zur Hauptwasserscheide zwischen Rhein und Rhône wurde. Das relativ rasche Absinken des Vorfluters im N (Orbe NW des Lac de Joux) bewirkte im oberen Pliozän das Einsetzen der Verkarstung und die unterirdische Anzapfung.

4,7 Aus all diesen Erwägungen ergibt sich folgende Lösung der Frage nach dem Alter dieser Erscheinungen:

Die Formen innerhalb der Hohlform von Sèche des Amburnex sind, zumindest was die Vorkommen des Schichttreppenkarstes betrifft, in Zerstörung begriffen. Wir müssen also annehmen, daß es sich hierbei um alte Formen handelt, die zu einer Zeit gebildet wurden, als die Bedingungen zu ihrer Entstehung günstiger waren als heute. Da in den Beckenboden einzelne Hohlformen eingelagert sind, die in verhältnismäßig frischen, noch nicht oder kaum von der Vegetation bedeckten Rinnen in den Boden der Hohlform übergreifen, ist anzunehmen, daß zumindest die Ränder dieser Hohlformen, wenn nicht sogar die Vertiefungen selbst, postglazial umgestaltet wurden. Da der gesamte Bereich entweder unter Eisbedeckung oder aber in der Zone des Dauerfrostes eine starke Schuttfuhr erfahren haben muß, deutet ein Fehlen jeglichen Lockermaterials auf dem Boden und an den Hängen der Wanne von Sèche des Amburnex darauf hin, daß eine Entblößung des Kalkes stattgefunden hat. Eine karstkorrosive Veränderung kann vor der Zeit der Ausräumung dieser Lockermassen und nach Beginn der Kaltzeit nicht von-statten gegangen sein. Wir müssen den Zeitpunkt der Verkarstung also entweder für die Zeit nach der Ausräumung oder aber präglazial annehmen. Gegen die erste dieser beiden Möglichkeiten spricht, daß sich bis heute auf den anstehenden Kalkschichten eine relativ mächtige Bodendecke gebildet hat, die für eine aktive, landschaftsgestaltende Verkarstung hemmend wirken muß. Gegen die zweite Möglichkeit spricht nur das Fehlen der notwendigerweise

bei Vergletscherung oder im Bereich des Dauerfrostes anfallenden Lockermassen. Diese sind aber wahrscheinlich, wie am Beispiel des Beckens von La Brévine nachgewiesen werden konnte (B. METZ, 1967, 29f.), unterirdisch ausgeräumt worden. Während der postglazialen Klimaverbesserung haben sich auch wieder die unterirdischen Entwässerungsadern geöffnet und das Wasser konnte abfließen. Dadurch verursachte eine immer stärker werdende rückwärtsschreitende Erosion die Vergrößerung der Klüfte und die Erweiterung der Ponore. Durch diese wurde dann das Material abtransportiert. Auf den so freigelegten Kalkoberflächen bildete sich eine Rendzina aus, die heute eine Mächtigkeit von etwa 10 bis 15 cm aufweist. Sie fehlt allerdings auf den vollkommen horizontal an die Oberfläche tretenden Séquanien-Schichten. Hier versickert das Wasser entweder direkt in den zahlreichen Klüften des Kalkes (s. Bild 5) oder es sammelt sich in kleinen, etwa 0,5 bis 1,5m² großen, 4 bis 5 cm tiefen Wannen (s. Bild 6).

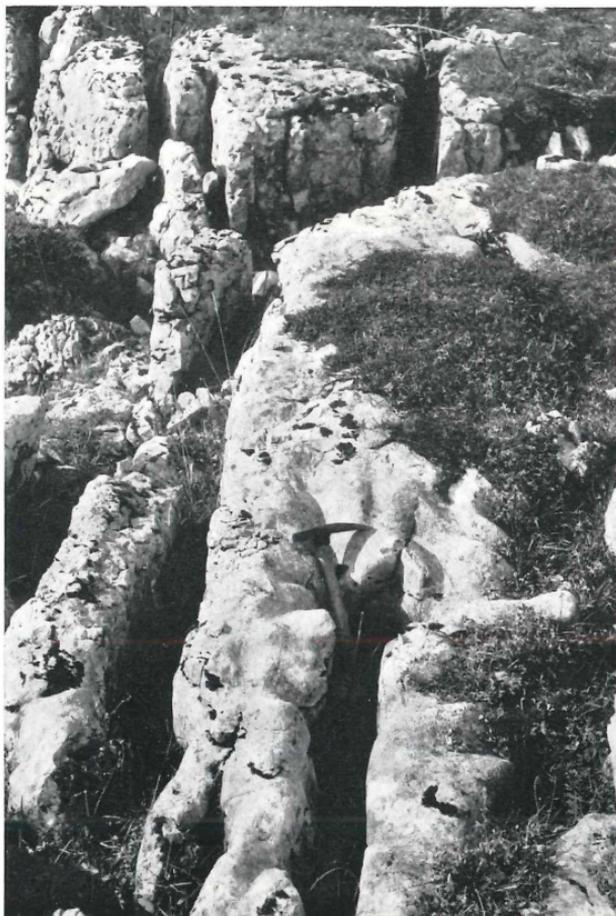


Bild 5.

Klüfte in den
horizontalen
Séquanien-Schichten.
Hier kann das
Regenwasser
direkt versickern.

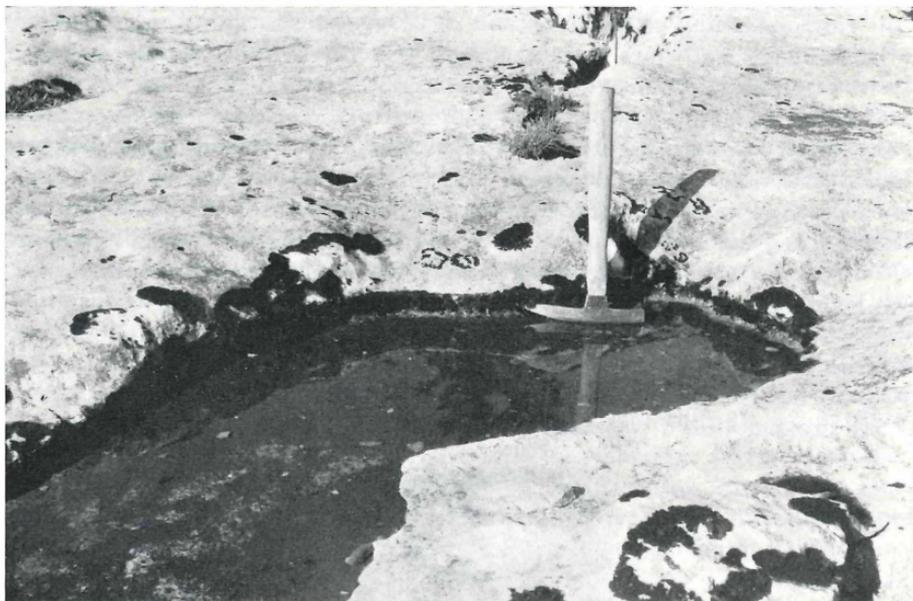


Bild 6. Kleine Wanne mit Korrosionshohlkehle auf den horizontalen Séquanien-Schichten.

Am Rand dieser Wannen schuf das oft tagelang stehende Wasser Korrosionshohlkehlen von mehreren cm Tiefe. An den Stellen, an denen eine solche Wanne mit einer Kluft in Berührung kommt, kann das Wasser abfließen, und wir finden hier gut ausgebildete kleine Abflußrinnen, von denen aus wieder eine erneute Vertiefung innerhalb der kleinen Wanne festzustellen ist. Auf diesen Kalken können auch scharfkantige Rillenkarren auftreten (s. Bild 7).

Diese Karsterscheinung konnten wir an keiner Stelle unter Vegetationsbedeckung nachweisen. Aus diesem Grund müssen wir annehmen, daß die Karrenbildung sehr jungen Alters ist. Unter der Vegetationsdecke finden sich meistens nur sehr glatte, dichte Kalke, die eine abgerundete Kannelierung aufweisen (s. Bild 8).

Das Fehlen scharfkantiger Karren deutet hier darauf hin, daß der Kalk lange Zeit unter einer schützenden Decke gelegen haben muß. Diese Decke könnte entweder eine Vegetationsdecke gewesen sein, oder aber sie bestand aus einem Material, das später ebenfalls wieder abgeräumt wurde. Wir können nicht annehmen, daß während des Pleistozäns hier in über 1400 m Höhe andere Verhältnisse geherrscht haben als in der unmittelbar benachbarten, sogar etwas tiefer liegenden Wanne von Les Amburnex, in der an einigen Stellen Moränenmaterial gefunden wurde. Es dürfte also feststehen, daß eventuell vorhandene alte Karsterscheinungen kleineren Ausmaßes, wie etwa

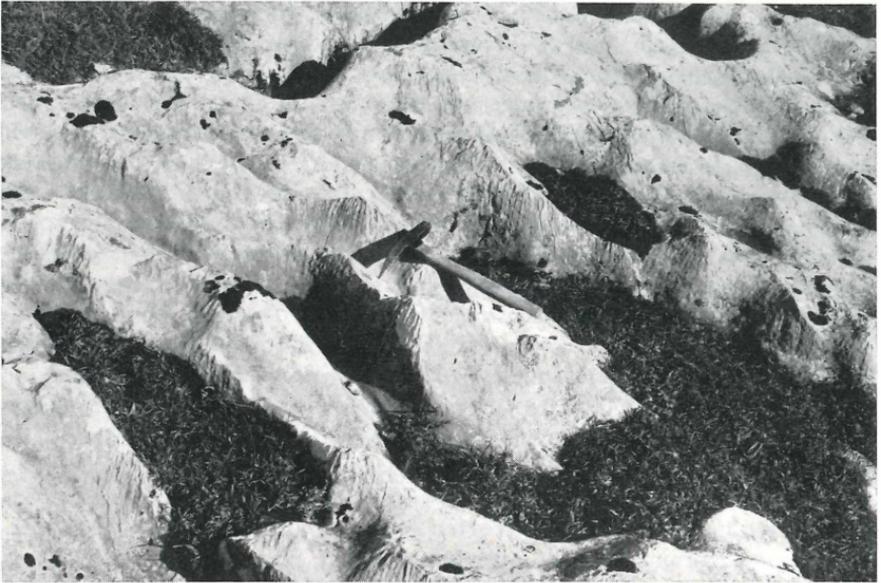


Bild 7. Scharfkantige Rillenkarrn auf den Séquanien-Schichten.



Bild 8. Aus der Vegetation herausragende dichte Kalke mit abgerundeter Kannelierung.

Rillenkarran, unter dem Druck des Eises und des vom Gletscher mitgeführten Feinmaterials zerstört wurden. Herrschten jedoch periglaziale Zustände, so dürfte die Frostsprengung dazu beigetragen haben, die dichten Kalke und somit auch die Karsterscheinungen zu zerstören. In 1330 m Höhe konnten wir auf der Erhebung, die die Wanne von Sèche des Amburnex von der Mulde von Les Amburnex trennt, Rundkarran (A. BÖGLI, 1960, 19) mit einer Tiefe von etwa 8 bis 10 cm und einer Länge von durchschnittlich 150 cm nachweisen, die in ihrem unteren Teil von einer Vegetationsdecke überzogen waren. Diese Karran können also aus einer Zeit stammen, als hier die Vegetation noch nicht Fuß gefaßt hatte, als aber andererseits der Höhepunkt der letzten Vereisung bereits überschritten war. BÖGLI nimmt von den Rundkarran im Bödmerengebiet (Muotatal) folgende Entstehung an: „In humiden Klimaten werden Karranflächen allmählich von Vegetation überwuchert, so wurden die nacheiszeitlichen, nackten Karranflächen des Bödmerengebietes (Muotatal) mit der postglazialen Klimaverbesserung vom Wald erobert. Das Lokalklima wurde hierdurch feuchter, schattiger, und Flechten, Moose und zuletzt Kräuter überzogen die ursprünglichen Karran. Unter der sich bildenden Humusdecke wurden alle scharfen Kanten abgerundet, was dieser Karranform ein charakteristisches Aussehen gibt“ (A. BÖGLI, 1960, 19). Nehmen wir diese Deutung auch für unser Gebiet an, so können wir sagen, daß die Karranbildung hier postglazialen Alters ist. Die zweite Möglichkeit ist die, daß gerade die oben erwähnte Stelle nicht vom Eis erreicht wurde und sich die Karran als Vorzeitform erhalten haben. Es wäre dann aber auch die Möglichkeit der periglazialen Überformung abzulehnen. Daher neigen wir dazu, die Karran in bezug auf ihr Alter in ein postglaziales Klimaoptimum zu stellen. Daß sie heute nicht noch in Weiterbildung begriffen sein können, soll damit keineswegs gesagt sein.

4,8 Wenn wir von diesem ausgehen, daß die Hohlform von Sèche des Amburnex durch einen Abfluß nach SW eine Verbindung zur Mulde von Les Amburnex hatte, müssen wir notwendigerweise die Frage stellen, wann diese Verbindung zustande kam und wann sie wieder verloren ging. Wie bereits oben erwähnt, weist die Schwelle zur benachbarten Talung von Les Amburnex einen Höhenunterschied von 38 m zur tiefsten Stelle der Hohlform auf. Diese tiefste Stelle befindet sich im NW-Teil der Wanne am Boden einer der oben beschriebenen jungen talartigen Mulden, die zu einer Schluckstelle hinführen. Der Hof Sèche des Amburnex selbst liegt auf einem unzerstörten Teil des Beckenbodens in einer Höhe von 1297 m. Somit kann man sagen, daß die Schwelle 25 m über dem eigentlichen Boden liegt. Bei diesen 25 m handelt es sich um jenen Betrag, um den sich der Boden der Hohlform seit Inkrafttreten der Verkarstung eingetieft hat. Diese Verkarstung begann erst nach Beendigung oder auch schon während der Endphase der oberirdischen Entwässerung. Nach der Hebung im mittleren bis oberen Pliozän setzte die unterirdische Entwässerung ein, die nunmehr, im Gegensatz zu der

Richtung der oberirdischen, nach NE zum Vallée de Joux gerichtet war. Die Untergrenze der fluvialen Bearbeitung ist nicht festzustellen, da wir keine Zeugen einer, analog zu den Becken im Neuenburger Jura, eventuell mittelpliozänen Phase der Talbildung finden können. Die Bildung der Täler kann aber erst während oder nach der Faltung des Gebirges begonnen haben. Wie lange die Verkarstung andauerte, ist schwer zu rekonstruieren. Fest steht, daß sie mit Beginn der Klimaverschlechterung im Pleistozän blockiert wurde. Die Karstkorrosion hatte also für die Bildung der Wanne von Sèche des Amburnex und der Übertiefung des Tales von Les Amburnex den Zeitraum zwischen oberem Pliozän und dem Beginn der Vergletscherung beziehungsweise der — was uns allerdings sehr unwahrscheinlich erscheint — periglazialen Umgestaltung im Pleistozän zur Verfügung.

5 Die Umgebung des Col du Marchairuz im Waadtländer Jura, genauer gesagt, das Tal von Les Amburnex und die Hohlform von Sèche des Amburnex, ist demnach nicht durch die Wirkung eines einzelnen landschaftsgestaltenden Phänomens zu erklären, sondern wir müssen vielmehr beachten, daß hier sowohl die endogenen Kräfte während der Bildung des Faltengebirges als auch fluviale Ausgestaltung als deren Folge Wegbereiter für eine nachfolgende Verkarstung und spätere Umgestaltung durch pleistozäne Einwirkungen waren.

Benutzte Literatur

- AUBERT, D.: Monographie géologique de la Vallée de Joux. — Bern, 1943, 134 S., 32 Fig. und 1 Faltkarte. (Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz. Nouvelle Série, 78^e Livraison.)
- BÖGLI, A.: Probleme der Karrenbildung. — *Geographica Helvetica*, Band VI, 1951, S. 191—204, 7 Abb.
- Kalklösung und Karrenbildung. — *Zeitschrift für Geomorphologie*, Suppl. Bd. 2, 1960, S. 4—21, 5 Fig., 18 Photos.
- BRINKMANN, R.: Abriß der Geologie. Bd. 2, 9. Aufl., Stuttgart, 1966, 345 S., 73 Abb., 57 Textfig.
- FALCONNIER, A.: Etude géologique de la région du Col du Marchairuz. — Bern, 1931, 31 S., 3 Fig. und 1 Faltkarte. (Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz. Nouvelle Série, 27^e Livraison.)
- GUTERSOHN, H.: Geographie der Schweiz. Bd. 1, Jura, Bern, 1958, 260 S., 41 Abb., 8 Tafeln, 3 Kartenausschnitte.
- HEIM, A.: Geologie der Schweiz. Bd. 1, Molasseland und Juragebirge, Leipzig, 1916—1919, 704 S., 126 Abb., 31 Tafeln.
- LEHMANN, H.: Studien über Poljen in den venezianischen Voralpen und im Hochapennin. — *Erdkunde*, Bd. XIII, 1959, S. 258—289, 8 Abb., 26 Bilder.
- METZ, B.: Beiträge zur geomorphologischen Entwicklung dreier Becken im Neuenburger Jura. — Frankfurt/M., 1967, 56 S., 7 Abb., 4 Bilder, 1 Faltkarte im Anhang. (Frankfurter Geographische Hefte, H. 43.)

- SCHARDT, H.: Über die Rekurrenzphase der Juragletscher nach dem Rückzug des Rhône-gletschers. — *Eclogae Geologicae Helvetiae*, V, 1897.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: Zur Geologie und Morphologie des Ifengebirgsstockes (Allgäu). — *Erdkunde*, Bd. XIV, 1960, S. 181—195, 8 Abb.
- WAGNER, G.: Rund um Hochifen und Gottesackergebiet. — Öhringen, 1950, 116 S., 41 Karten, 141 Lichtbilder.

Benutzte Karten

- Carte nationale de la Suisse 1:25 000, Feuille 1241, Marchairuz.
- Carte nationale de la Suisse 1:50 000, Feuille 250, Vallée de Joux, Feuille 260, St. Cergue.
- Atlas géologique de la Suisse 1:25 000, Feuille 25.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1968

Band/Volume: [58](#)

Autor(en)/Author(s): Metz Bernhard

Artikel/Article: [Die karstmorphologische Entwicklung und glaziale Überformung einer abflußlosen Hohlform im Waadtländer Jura 159-178](#)