

BEITRÄGE
ZUR
GEOLOGIE DER SCHWEIZ

HERAUSGEGEBEN VON DER GEOTECHNISCHEN KOMMISSION DER SCHWEIZ. NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT

GEOTECHNISCHE SERIE, VI. LIEFERUNG

**Untersuchungen über die petrolführende
Molasse der Schweiz**

mit 13 Tafeln und 36 Textfiguren

von

Arnold Heim und Adolf Hartmann

Druck ausgeführt auf Kosten der
Schweizerischen Kohlenkommission

BERN
IN KOMMISSION BEI A. FRANCKE
1919

Buchdruckerei Aschmann & Scheller, Zürich.

Geologische Kommission
der Schweiz. Naturf. Gesellschaft

Einleitung und Vorwort.

Bei den seit dem Kriege ausserordentlich hohen Preisen des Erdöls und seiner Destillationsprodukte (Leuchtgas, Gasolin, Benzin, Leuchtöl, Schmieröl, Paraffin, Asphalt) und unserer Abhängigkeit vom Ausland ist die Frage brennender als je geworden, ob in der Schweiz eine Möglichkeit zur Gewinnung von Erdöl bestehe.

Seit Jahrzehnten kennt man an verschiedenen Stellen Vorkommnisse von mit Erdöl imprägnierten Sandsteinen, ja solche wurden während kurzer Zeit in den 70er Jahren im Kt. Genf bei *Dardagny* mittelst Stollen und Schächten abgebaut (näheres in *Girard*, vergl. Literatur Kt. Genf). Den Antrieb zu diesen Arbeiten hatte die verkehrte Meinung jener Zeit gegeben, dass Bitumina und insbesondere Erdölrückstände auf das Vorhandensein von Kohlen in der Tiefe schliessen lassen. Seit dem Jahr 1879 sind die Arbeiten wieder eingestellt; die Ursachen hiefür sind nach *De Girard* unklar und scheinen verschiedener Art zu sein. Damals waren die Destillationsprodukte des Erdöls, insbesondere die Schmieröle, noch nicht so gesucht wie heute; die Abbaumethoden waren primitiv und nicht von grosszügigen Gesichtspunkten geleitet.

In neuerer Zeit, im Jahre 1912, wurde in der Schweiz zum ersten Mal mit modernen Methoden nach Erdöl gebohrt und zwar am *Talent*-Fluss bei *Charornay*, Kt. Waadt. Dass das Resultat ohne Erfolg war, kann nach den geologischen Verhältnissen nicht verwundern. Die Bohrungen wurden statt auf einer Antiklinale (Schichtgewölbe) in der breiten Synklinale (Schichtmulde) des Tales der *Thièle* angesetzt, und der Ölsand, den man wegen unrichtiger Fallbestimmung in grösserer Tiefe erwartete, schon bei 35 - 41 m durchstossen, ohne darin flüssiges Erdöl anzutreffen (Fig. 17, pag. 29).

Durch solche unrichtig plazierte Bohrungen ist keineswegs erwiesen, dass die Ölgewinnung in der Schweiz aussichtslos sei. Zur Aufklärung müssen weitere Sondierbohrungen gemacht werden an Stellen, die auf Grund der neuesten petrolgeologischen Erfahrungen aus andern Ländern sorgfältig ermittelt werden. Manches der heute ertragreichsten Petrolfelder hat Zeiten der Enttäuschungen hinter sich; die Bohrungen wurden an ungünstigen Stellen angesetzt und die Bohrarbeit selbst unsorgfältig, ohne Wasserabsperren oder zu wenig tief ausgeführt.

Im Allgemeinen ist noch kaum bekannt, dass in der Schweiz reiche Ölsande vorkommen, und speziell im Kt. Genf neben Benzin und Leuchtpetroleum Schmieröle bester Qualität in Hunderttausenden von Tonnen in der Erde verborgen liegen. Wenn wir das Problem lösen könnten, diese Vorräte in **rationeller** Weise abzubauen, so wäre unser Land mit den Rohprodukten der Petroleumindustrie versorgt.

Weiter ist die Tatsache wenig bekannt, dass mit Ausnahme der Vereinigten Staaten wohl kein Land der Erde so viele tüchtige Petrolgeologen ausgebildet hat, wie unsere kleine Schweiz. Es sind

ihrer bis heute etwa 50; ihr Arbeitsfeld reicht über die ganze Erde¹⁾. Alle haben ausschliesslich im Dienste ausländischer Gesellschaften gearbeitet, denn mit Ausnahme einzelner Privatleute war bis jetzt im Gegensatz zu unsern Nachbarländern kein schweizerisches Kapital an der Petrolgewinnung interessiert.

Herr Dr. *H. Hirschi* hatte im Oktober 1915 beim Schweizerischen Volkswirtschaftsdepartement die Anregung gemacht, Rohöl statt der fertigen teuren Raffinationsprodukte einzuführen, und Tank- und Raffinationsanlagen zu errichten. Auf diese Weise würden u. a., wenigstens in normalen Zeiten, die Frachtansätze niedriger stehen und die hohen Raffinationsgewinne dem eigenen Lande zufallen, das mit seiner blühenden chemischen Industrie ohnehin alle Nebenprodukte verwenden und verarbeiten könnte.

Zunächst bot die Abgeschlossenheit durch die kriegführenden Mächte die Veranlassung zu einer systematischen Untersuchung der Petrolvorkommnisse in unserem eigenen, an Rohmaterialien armen Lande.

Im Herbst 1916 erhielt der Unterzeichnete von den grossen Firmen „*A.-G. der Eisen- und Stahlwerke vorm. G. Fischer*“ in Schaffhausen und „*Gebrüder Sulzer A.-G.*“ in Winterthur den Auftrag, ein umfassendes Gutachten über die Aussichten der Erdölgewinnung in der Schweiz auszuarbeiten. Die Genannten haben keine Kosten und Mühen für geologisch-chemische Arbeiten, Schürfungen, Handbohrungen, Vorstudien für Abbau und Destillation, Rechtsangelegenheiten etc. gescheut, um zu einem Resultate zu gelangen; denn es handelte sich auf alle Fälle um einen Dienst fürs Vaterland, die Petrolfrage nach der einen oder andern Seite aufzuklären. Dass auf Grund dieser Arbeiten noch keine Tiefbohrung nach modernem Verfahren begonnen wurde, liegt in der Schwierigkeit der Material- und Personalbeschaffung während der Kriegszeit; denn das Sondierbohren auf Petroleum hat nur dann einen Sinn, wenn die Arbeit nach jeder Richtung mit der grössten Sachkenntnis ausgeführt wird.

In Würdigung dessen, dass die Untersuchung auch im Falle ungünstiger technischer Resultate zum mindesten von wissenschaftlichem Werte sein werde, wurde die hier folgende Veröffentlichung von den Auftraggebern, ihrer hohen Auffassung entsprechend, gestattet und willkommen geheissen.

Zu besonderem Danke bin ich den Herren Generaldirektor *E. Homberger*, Minister Dr. *Hans Sulzer*, Dr. *Oscar Sulzer* und Oberingenieur *Schenker* verpflichtet, welche der Untersuchung ihr persönliches Interesse zuwandten.

¹⁾ Auf Wunsch des Präsidenten der Schweiz. Kohlenkommission soll bei dieser Gelegenheit soweit mir möglich ein Verzeichnis der Schweizergeologen gegeben werden, die sich in ausländischen Petrolfeldern betätigt haben. Die ersten waren Prof. Dr. *C. Schmidt* (Nied. Indien, Karpathen etc.), Dr. *A. Tobler* (Nied. Indien, Trinidad, Karpathen etc.), Dr. *W. Volz* † (Sumatra), Dr. *M. Mühlberg* (Nied. Indien, Brit. Indien, Palästina, Mexiko, Karpathen etc.), Dr. *J. Erb*, jetziger Chefgeolog der Royal-Dutch-Shell (Nied. Indien, Amerika, Ägypten, Galizien etc.), Prof. Dr. *A. Buxtorf* (Nied. Indien, Birma, Ägypten), Dr. *Hans Hirschi*, früherer Chefgeolog der Royal-Dutch (Nied. Indien, Oklahoma, Texas, Kalifornien, Columbien, Panama, Galizien etc.), *J. Saluz* (Niederl. Indien, Rumänien), Dr. *E. Kissling*, z. Z. Chefgeolog der Steaua Romana (Nied. Indien, Mesopotamien, Rumänien); dann folgten Dr. *Streun* † (Sumatra), Prof. Dr. *M. Lugeon* (Rumänien), Dr. *M. Reinhard* (Rumänien, Südamerika), Dr. *E. Baumberger* (Bukowina), Dr. *E. Blumer* (Niederl. Indien, Oklahoma, Trinidad), Dr. *E. Ganz* (Sumatra, Russland, Türkei), Dr. *Arn. Heim* (Sumatra, Oklahoma, Kalifornien, Galizien), Dr. *E. Gogarten* (Niederl. Indien), Dr. *Fr. Weber* (Niederl. Indien, besonders Timor), Dr. *Alfred Hirschi* (Siebenbürgen, Kalifornien), Dr. *A. Erni* (Kaukasus), Dr. *E. Blösch* (U. S. A.), *E. Kluth* (Oklahoma, Kansas), Dr. *W. Bernoulli* (Niederl. Indien, Galizien, Ungarn), Prof. Dr. *H. Preiswerk* (Brit. Vord.-Indien), Dr. *O. Fischer* (Oklahoma, Kansas, Mexiko), Dr. *W. Staub* (Borneo, Russland, Mexiko), Dr. *Roman Frei* † (Borneo), Dr. *E. Gutzwiller* (Rumänien, Türkei), Dr. *G. Niethammer* † (Niederl. Indien, Galizien), Dr. *M. Blumenthal* (Borneo), Dr. *W. Hauswirth* † (Baku), Dr. *Ad. Keller* † (Russland), Dr. *F. P. Müller*, Chefgeolog der Deutschen Erdöl-A.-G. (Niederl. Indien, Galizien, Rumänien), Dr. *F. Zyndel* † (Trinidad), *Ernst Weber* (Niederl. Indien), Dr. *Stauffacher* (Niederl. Indien), Dr. *H. Jetzler* (Borneo), Dr. *W. Hotz* (Borneo, Java), Dr. *E. Brändli* (Niederl. Indien, Rumänien), Dr. *R. Beder* (Argentinien), Dr. *A. Frauenfelder* (Venezuela), Dr. *H. Adrian* (Mexiko), *F. de Loys* (Venezuela), Dr. *D. Trümper* (Galizien, Niederl. Indien), Dr. *J. Lüthi* (Venezuela), *Max Frey* (Galizien) u. A.

Mein Freund Prof. Dr. *Adolf Hartmann* in Aarau hat in seinem neuen Laboratorium der Kantonsschule in Aarau die chemisch-physikalischen Arbeiten ausgeführt, über die er hier selbst berichten wird. Ihm sind auch Probeentnahmen in Genf und Cuarny, und vor allem die Detailarbeiten über das von ihm entdeckte Ölsandgebiet von Fülenbach an der Aare zu verdanken. Was im geologischen Teil über Aargau und Solothurn berichtet wird, ist unsere gemeinsame Arbeit.

Weiteren Dank schulde ich den Herren Dr. *Hans Morgenthaler* (Bern), Dr. *A. Frauenfelder* (Zürich) und cand. geol. *H. Stauffer* (Bern), die mir bei der Terrainarbeit in den Kantonen Genf, Waadt und besonders Bern behilflich waren, ferner meinen Freunden Dr. *H. Hirschi* und Dr. *J. Erb*, die mich auf Exkursionen in Waadt und Genf begleiteten, und aus deren umfassenden Kenntnissen in Petrolgeologie mir manche Anregung zuteil wurde. Auch mein Vater Prof. *Alb. Heim* und die Herren Dr. *A. Amster*, Dr. *E. Baumberger*, Dr. *H. Gams*, Dr. *E. Gogarten*, Dr. *A. Jeannet*, Prof. Dr. *M. Lugeon*, Prof. Dr. *L. Rollier*, Prof. Dr. *C. Schmidt* haben diese Arbeit durch mündliche oder schriftliche Hinweise gefördert.

Dass die schweizerische Kohlenkommission diese Arbeit in die klassische Serie der „Beiträge“ aufgenommen hat, bedeutet für die Verfasser eine besondere Anerkennung und Befriedigung.

Arnold Heim.

Vorwort der Kohlenkommission.

Die Schweizerische Kohlenkommission, Subkommission der Geologischen Kommission der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft, hatte ausser der Untersuchung der schweizerischen Kohlenvorkommnisse von Anfang an auch diejenige der natürlichen Kohlenwasserstoffe auf ihr Programm gesetzt. Indessen fügten sich die Verhältnisse trotz vieler Anstrengungen einer umfassenden Durchführung nicht, und selbst viele Jahre langes Warten auf den Abschluss von in die Wege geleiteten Arbeiten führte zu keinem Ziele. Die Kohlenkommission benutzte deshalb in ihrer Sitzung vom 26. November 1918 freudig und dankbar die ihr dargebotene Gelegenheit, die nachfolgenden „Untersuchungen über die petrolführende Molasse der Schweiz“ von Dr. *Arnold Heim* und Dr. *Adolf Hartmann* in ihre Publikationen aufzunehmen. Darin sind die Ergebnisse der Untersuchungen verwertet, welche die Firmen: „A.-G. der Eisen- und Stahlwerke, vormals Georg Fischer“ in Schaffhausen und „Gebrüder Sulzer“ in Winterthur durch die beiden Autoren haben ausführen lassen. Diese Firmen haben sich mit der Veröffentlichung an diesem Orte ohne weiteres einverstanden erklärt, wofür wir und die vaterländische Wissenschaft und Technik ihnen zu grossem Danke verpflichtet sind.

Die vorliegende Arbeit erscheint als Band VI der „Geotechnischen Serie“ der „Beiträge zur Geologie der Schweiz“, welche Serie mit den beiden ersten Bänden der Kohlenkommission begonnen hat. Die Kohlenkommission macht es sich zur Freude, der Geotechnischen Kommission der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft diese Veröffentlichung schenkungsweise zu überlassen.

Für die Richtigkeit von Text und Beilagen sind die Verfasser allein verantwortlich.

Zürich, Februar 1919.

Für die Kohlenkommission :

Der Präsident:

Dr. Alb. Heim a. Prof.

Der Aktuar:

Dr. E. Letsch.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung und Vorwort von <i>Arnold Heim</i>
I. Geologische Untersuchung (von <i>Arnold Heim</i>).	
Verschiedene Arten bituminöser Gesteine	1
Verbreitung der schweizerischen Petrolvorkommnisse	2
1. Alpen	2
2. Juragebirge	2
3. Molasseland	2
Kanton Genf	4
Literatur	4
Die Ölsande	4
Die Ölsande von La Plaine	4
Alte Bohrungen und Schächte bei La Plaine	6
Ölsande am Charmille beim Dorf Dardagny	7
Die Ölsande am Roulavaz	7
Alte Schächte in der Umgebung von Dardagny-Roulavaz	11
Die Ölsande am Allondon bei Granges	11
Alte Stollen und Schächte in der Umgebung von Granges	12
Allgemeine Eigenschaften der Genfer Ölsande	13
Frühere Ausbeutung	14
Stratigraphie	15
Übersicht	15
Beschreibung der Aufschlüsse	15
Resultate	17
Tektonik	17
Allgemeine Übersicht	17
Lokale Beobachtungen	18
Folgerungen	19
Aussichten der Erdölgewinnung	20
Allgemeines	20
Abbau der offenen Ölsande	21
Bohrungen auf geschlossene Ölsande	22
Vergleich mit ausländischen Ölfeldern	23
Vorschläge	25
Kanton Waadt	26
Literatur	26
Eclépens	27
Talent	28
Die Petrolbohrungen von Chavornay	29
Weitere Ölsande von Chavornay; geschichtliche Notizen	30
Orbe	31
Method	33
Onnens	33
Das Gebiet östlich Yverdon	33
Stratigraphie	33
Tektonik	36
Die Gasquelle von Cuarny	38
Aussichten	39
Allgemeines über Waadt	40
Vorschläge	41
Kanton Neuenburg und Südostufer des Neuenburgersees	41
Das Berner Seeland	43
Literatur	43
Jolimont	44
Brüttelenberg-Grossholz-Budlei	45
Der Rücken Mörigen — St. Niklaus und die Petersinsel	45
Jens und Jensberg	46
Brüggwald und Büttenberg	49
Bürenberg	50
Lyss und Umgebung	50
Buehggberg	51
Tektonische Zusammenhänge	52
Die Petrolfrage	53

	Seite
Aarwangen-Murgental (Kte. Bern-Solothurn-Aargau)	53
Literatur	53
Stratigraphie	54
Die Ölsande	55
Schürfb Bohrungen bei Aaretränke	58
Tektonische Beschreibung	58
Tektonische Resultate	62
Die Petrolfrage	62
Aargau	63
Literatur	63
Aarau	63
Stratigraphie	63
Die Ölsande	64
Tektonik	65
Östlicher Aargau	66
Zur Petrolfrage	67
Stratigraphischer Rückblick über die subjurassische Molasse	68
Stratigraphische Tabelle	70
Die Molasse-Ölsande und die Entstehung ihres Erdöls	71
Die Frage schweizerischer Erdölgewinnung	72

II. Chemisch-physikalische Untersuchung (von *Adolf Hartmann*).

Bestimmungsmethoden	74
Erkennung von Erdölprägnationen	74
Quantitative Bestimmung des Gesamtbitumens in einem ölhaltenden Gestein	74
Umrechnung der Gewichtsprocente in Volumprocente	75
Tabelle über den Gesamtbitumengehalt	76
Untersuchung des Bitumens	76
Das Erdöl von La Plaine	77
Bestimmung des Wassergehaltes, des durch Destillation zu gewinnenden Bitumens	77
Elementaranalyse, fraktionierte Destillation, Prüfung auf Paraffin	78
Untersuchung des extrahierten Sandes, Zusammensetzung des Ölsandes von La Plaine	79
Das Erdöl von Dardagny	80
Wasserbestimmung, Bestimmung des durch Destillation zu gewinnenden Rohöles, Elementar- analyse, fraktionierte Destillation	80
Bemerkungen zu den einzelnen Fraktionen, Prüfung auf Paraffin	81
Untersuchung des extrahierten Sandes, Zusammensetzung der Ölsande von Dardagny	82
Das Erdöl von Fuluibach und Murgental	82
Das Erdöl aus dem Einzelblock	83
Das Erdöl aus dem anstehenden Sandstein im alten Steinbruch Aaretränke, Waldrand	84
Das Erdöl am Aareufer beim Haus Jäggi, Aaretränke	84
Zusammenstellung der Analysen schweizerischer Erdöle und Vergleiche mit ausländischen	85
Elementaranalysen	85
Zusammenstellung nach Fraktionen	86
Bestimmung von Porenvolumen und Sättigung	86
Vergleichende Untersuchung von ölfreiem und ölhaltigem Sandstein der gleichen Lokalität	89
Untersuchung des Travers-Asphaltes auf Erdölbestandteile	90
Chemische Untersuchung der Gasquelle von Cuarny	90
Bestimmung des Ergusses	91
Bestimmung des Schwefelwasserstoffes	91
Fassung von Gasproben und Untersuchung im Laboratorium	92
Über Ausbeutung der Ölsande und Rentabilität	93



I. Geologische Untersuchung

von

Arnold Heim.

Verschiedene Arten bituminöser Gesteine.

In erster Linie sind zu unterscheiden:

1. Gesteine, welche fertige Erdölsubstanz (Kohlenwasserstoffe der Reihen $C_n H_{2n+2}$, $C_n H_{2n}$ bis $C_n H_{2n-6}$) und event. deren Oxydationsprodukte enthalten. Zu diesen gehören die Ölsande der Molasse, die Asphaltvorkommnisse des Jura und die Petrolfundstellen der Alpen.

2. Gesteine, aus denen die genannten Ölsubstanzen erst durch destruktive Destillation gewonnen werden können. Hierzu gehören die bituminösen Gesteine wie Kohle, bituminöse Mergel, Schiefer und Kalke. Beim Zerschlagen ergeben sie bituminösen Geruch (Stinkkalke), aber nicht Petrolgeruch.

Die bituminösen Gesteine der zweiten Gruppe sollen in dieser Arbeit nicht weiter berührt werden. Bis jetzt ist von solchen in der Schweiz von technischer Bedeutung einzig der bituminöse Schiefer des *Mte. San Giorgio* am Luganersee¹⁾, der auch etwas primäres Erdöl enthält (Chloroformfärbung).

Petroleum oder Erdöl, Erdteer und Asphalt sind verschiedene Stadien der Oxydation. Sie können lagerförmig als Füllmasse poröser Gesteine oder als Kluffüllungen auftreten. Fast immer werden die Petrollagerstätten von Gasen, Methan und schwereren, begleitet. Wo solche auftreten, kann in der Tiefe eine Öllagerstätte vorhanden sein, der das Gas entstammt. Die wichtigsten Ölvorkommnisse sind die lagerförmigen: die Asphaltlager des Juragebirges²⁾, die in dieser Arbeit nicht behandelt werden, und die Ölsande der Molasse.

Durch Oxydation färben sich die Ölsande bräunlich, schokoladebraun bis schwarzbraun, je nach ihrem Asphaltgehalt, während die flüchtigen, riechenden Bestandteile (Benzine) verdunsten. Auf Exkursionen lassen sich ölhaltige Sandsteine von gleich aussehenden, nur humushaltigen Sandsteinen sofort mittelst der Chloroform-Reaktion unterscheiden: Einige Tropfen auf Ölsand in einer Porzellanschale ergeben Braunfärbung. Ebenso wirken durch Lösung des Asphaltes Benzol und Schwefelkohlenstoff.

Die trockene Anwitterungsfarbe der Ölsande zeigt einen Stich ins Violette, an dem der geübte Petrolgeologe Ölsande oft schon aus einiger Entfernung erkennen oder vermuten kann. Nach innen werden sie zunächst dunkler, während die bloss humushaltigen Sandsteine heller werden. Erst in grosser Tiefe (Bohrungen), wo infolge des Luftabschlusses die Oxydation noch nicht eingetreten ist, sind die Ölsande grau oder grünlich, d. h. annähernd in ihrer ursprünglichen Farbe erhalten geblieben. Bei *La Plaine* in der *Rhone*, deren Wasser die Oxydation erschwert, gibt es auch grünlichen Sandstein an der Oberfläche, der mit Chloroform keine Braunfärbung ergibt, aber sofort durch den Benzingeruch als Ölsand erkennbar ist.

Da gerade in der ölhaltigen subjurassischen Molassezone die Aufschlüsse spärlich sind und das Anstehende auf Dutzende von Kilometern durch Glazialschutt verdeckt ist, werden Beobachtungen bei künstlichen Aufschlüssen und Mitteilungen über allfällige Ölsandfunde mit Probesendungen an die Schweizerische Geologische Kommission, Eidgen. Technische Hochschule *Zürich*, dankbar begrüsst.

¹⁾ Vergl. *C. Schmidt*, Erläuterungen zur Karte der Fundorte von mineralischen Rohstoffen in der Schweiz, „Beiträge z. Geol. d. Schweiz“, 1917, pag. 41.

²⁾ Vergl. *C. Schmidt*, l. c. pag. 38, ferner *Arnold Heim*, Abschnitt „Asphaltvorkommnisse“ in *Albert Heim*, Geologie der Schweiz, 1918, pag. 522–529.

Verbreitung der schweizerischen Petrolvorkommnisse.

Die eigentlichen Petrol- und Erdgasvorkommnisse verteilen sich auf Alpen, Juragebirge und Molasseland.

1. Alpen.

a) Im Flysch der „Préalpes externes“ des Kt. Freiburg am *Burgerwald* ist seit etwa 100 Jahren eine Quelle von brennbarem Gas bekannt, die vielleicht mit dem dortigen Triasgipsvorkommen (ähnlich dem Gas der Saline von *Bev*) in Zusammenhang steht (näheres in *Girard et Buman*, vergl. Literatur pag. 4). In entsprechender tektonischer Lage befindet sich das kleine alte Petrol-Bohrfeld im subalpinen Flysch des *Tegernsees* am bayrischen Alpenrand¹⁾.

b) Der klingend harte, unporöse Kieselkalk-Pflasterstein des Hauterivien der helvetischen Schubdecken enthält hie und da plattgedrückte Blasen und ringsum geschlossene kleine Spalten mit Kalzitbelag, gefüllt mit fast farblosem, flüssigem Petroleum, das rasch ohne Rückstand verdunstet; so bei den Steinbrüchen von *Seewen-Schwyz* und besonders *Stans-Staad (Lopperberg)*.

c) Lias des *Mont Cubly* bei *Chamby* nach *E. Favre* und *H. Schardt*: intensiver Petrolgeruch im körnigen Kalk. Auch an andern Stellen im präalpinen Lias nach *Girard et Buman*, pag. 80.

d) Neue Fundstelle von Erdöl SSE *Charmey*, wo bei 1570 m auf der W-Seite des *Rio du Gros Mont* Verbauungen gemacht wurden. Lias oder Dogger der *Préalpes médianes* (?). Mitgeteilt durch Prof. *A. Hartmann* nach Förster *Erich Rennhart* in *Aarau*.

e) Am *Luganersee* fand ich am Fusse des *Mte. Caprino* in einem großen Steinbruch im zerknitterten, dichten Kalkstein der oberen Trias auf Klüften und Schichtfugen reichlich flüchtiges, fast farbloses Petroleum mit starkem Geruch. Vielleicht steht damit das „asphaltartige Bitumen“ auf Schichtfugen und Klüften in den ladinischen Kalken zwischen *Caprino* und *Arogno* (*C. Schmidt*, Erläuterungen, l. c. pag. 42) zusammen.

f) Karbonschiefer auf der Ostseite des *Tödi*, „Öplanggen“. Erdölausschwitzungen, nach Prof. *Alb. Heim*.

Ein aus dem Bündnerschiefer von *Seewis* bei *Ilanz* beschriebenes Asphaltvorkommnis hat sich nach Mitteilung von Prof. *Alb. Heim* und Dr. *M. Mühlberg* als durch Spalten gesickerter Schafmist erwiesen.

2. Juragebirge.

Dieses besteht aus den denkbar schönsten Faltungen mit herrlichen Antiklinalen und birgt die grössten Asphaltlagerstätten (*Travers, St-Aubin, etc.*). Nach der Ansicht von *H. Schardt* befindet sich aller Asphalt, wie auch das Erdöl der Molasseölsande auf sekundärer Lagerstätte, und ist flüssig auf Spalten aus der Trias oder dem Gault in die porösen Schichten eingewandert. Die vorliegenden, wie auch frühere Untersuchungen (*Geologie der Schweiz, 1918, pag. 522*) widerlegen aber die Spalten-theorie: die Erdölvorkommnisse der Molasse sind vorwiegend auf primärer Lagerstätte; sie sind an Ort und Stelle oder nicht weit davon entfernt aus Organismen hervorgegangen, und der Urgon-asphalt steht mit den Molasseölsanden in keiner genetischen Beziehung. Bohren nach Erdöl wäre im Juragebirge aussichtslos.

Das einzige bis jetzt bekannte Vorkommnis von Ölsand der Molasse im Innern der Jura-ketten, *Val de Travers*, wird im Abschnitt Kt. Neuenburg beschrieben.

3. Molasseland.

Das Molasseland bietet alle Erscheinungen, die zur Erdölansammlung notwendig sind. Es sind dies: 1. Vorhandensein von porösen Ölsanden und Abdichtung derselben durch undurchlässige tonige Schichten; 2. Vorhandensein von Schichtfaltungen mit Antiklinalen. Es fragt sich vor allem, ob geschlossene, d. h. nicht an der Oberfläche austretende Ölsande in den Antiklinalen durch Bohrungen zu finden seien, und andererseits, ob die offenen, an der Oberfläche austretenden Ölsande (*La Plaine*) in gewisser Tiefe angebohrt freies Öl abgeben. Diese und andere Fragen sollen in jedem einzelnen Falle besprochen werden.

¹⁾ *Fink*, Der Flysch des *Tegernseer* Gebietes mit bes. Berücksichtigung des Erdölvorkommens, *Geogn. Jahresh.*, München 1903, und *Reindl*, Das Erdölvorkommen am *Tegernsee*, *Petroleum*, 1911.

Im schweizerischen Molasseland sind Erdöl- und Erdgasfundstellen in den ganz flach liegenden Schichten im mittleren Teile der breiten Mulde (Geosynklinale) zwischen Jura und Alpen unbekannt. Sie fehlen aber nicht den gefalteten und aufgepressten Molassezonen: der subalpinen und der subjurassischen. Der neue Nachweis von Ölsand der aquitanen Molasse im *Traverstal* lehrt, dass die Ölsandfazies auch noch in die Jurasynklinalen hineinreicht.

Subalpine Molasse.

In der intensiv gestauten, durch ihre kolossale Entwicklung von Konglomeraten ausgezeichneten subalpinen Molasse sind folgende Fundstellen von Öl und Gas bekannt, von Osten:

a) Petrolriechender Sandstein am N-Fuss des *Säntis* bei *Potersalp*, nach *H. Hirschi* und *Alb. Heim*.

b) Rickentunnel. Schon 460 m ab Südportal entströmten der aquitanen Molasse brennbare Gase¹⁾. Weitere zahlreiche Grubengasquellen wurden zwischen 3100 und 4700 m ab Südportal angetroffen, sowohl in dem steileren und unregelmässig fallenden SE-Schenkel, als auch in dem regelmässig fallenden NE-Schenkel. Der grösste Gasausbruch erfolgte bei 3799 ab S im völlig zerknieteten, aus roten Aquitanmergeln bestehenden, von Rutschflächen durchsetzten „Kern der Antiklinale“²⁾. Bei einem Besuch des Tunnels kurz nach dem Durchschlag konnte ich feststellen, dass diese „Kernmasse“, überhaupt der ganze SE-Schenkel, diskordant auf den NE-Schenkel überschoben ist (Fig. 1). Dass keine echte Antiklinale vorliegt, geht auch aus den stratigraphischen Unterschieden hervor: Mergel mit harten Sandsteinbänken im SE-, weiche Sandsteine („Bildhauser Sandstein“, „granitische Molasse“) im NW-Schenkel. Nach *Mühlberg* und *Schmidt*³⁾ handelt es sich um die gewöhnliche Erscheinung der „schlagenden Wetter“, d. h. um Grubengas aus Kohlenflözen, von denen auch tatsächlich Spuren angetroffen wurden. Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Dr. *E. Gogarten*, der während des Baues den Tunnel regelmässig besuchte, war etwa 5 m vom grossen Gasausbruch entfernt ein schokoladebrauner Sandstein mit Bitumengeruch von etwa 1 m Mächtigkeit zu sehen, der äusserlich genau dem Ölsand von *Dardagny* geglichen haben soll. Leider wurde damals eine Prüfung auf Erdöl unterlassen und die gesammelten Proben weggeworfen. Es fragt sich also, ob auch im subalpinen Aquitan Ölhorizonte vorhanden sind und die Gase mehr mit diesen, als mit den Kohlenschmitzen in Zusammenhang stehen.

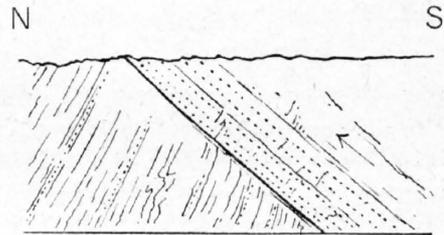


Fig. 1. Überschiebung im Rickentunnel bei 3799 m vom Südportal (feinkörniger mergeliger Sandstein 40° S fallend auf 65–75° NNW fallendem mergeligem Sandstein. Rutschstreifen nach N 15 W).

c) Ein Zeitungsbericht vom Sommer 1918 meldet eine neue Petrofundstelle am Alpenrand bei *Semsaies* (Kt. Freiburg). Ob sie der Molasse oder dem Flysch angehört, noch überhaupt sich bestätigt, ist von geologischer Seite noch nicht geprüft.

Subjurassische Molasse.

Aus dieser Zone stammen weitaus die zahlreichsten Fundstellen, die sich auf eine Länge von 200 km von *Aarau* bis zur westlichen Landesgrenze in *Genf* und von dort noch weit nach Frankreich hinein (*Bellegarde*, *Pyrimont*, *Seyssel*) erstrecken. Die Hauptfundstellen von Ölsand und Gas sind folgende, von E nach W:

- Kt. Genf: *La Plaine* an der *Rhone*
Charmille-Bach bei *Dardagny*
Roulavaz-Bach bei *Dardagny*
Allondon-Bach bei *Granges*.
- Kt. Waadt: Ölsand ob Station *Eclépens*
Chavornay, *Talent-Bach*
Orbe

¹⁾ *F. Mühlberg*, Mitt. d. naturf. Ges. Aarau, 1909, pag. XIX.

²⁾ Näheres in *Alb. Heim*, Geologie der Schweiz, pag. 92 und 180.

³⁾ Erläuterungen, l. c. 1917, pag. 43.

Method

Gasquelle von *Cuarny*

Onnens am Neuenburgersee.

Kt. Neuenburg: *Couret* im Val de Travers.

Kt. Bern und Solothurn: *Wolfwil*, *Murgenthal* und *Fulenbach* an der Aare.

Kt. Aargau: *Aarau-Gönhard*.

Diese Fundstellen werden in Zukunft noch um viele Nummern erweitert werden können, wenn man der Petroleumimprägation bei künstlichen Aufschlüssen in der unteren aquitanen Molasse weiter nachforscht. Vielleicht folgt das Ölsandniveau dem ganzen Jura entlang bis zur *Lägern*, nicht als eine einzige konstante Schicht, sondern in Form einer Imprägnationszone mit wechselnden Ölsanden, die aber doch innerhalb das gleiche stratigraphische Niveau fallen. Von *Solothurn* bis *Boudry* ist die kritische Schichtabteilung denudiert und mit diluvialen und alluvialen Schutt bedeckt. In *Boudry* scheint das Ölsandniveau des untersten Aquitan primär ausgekeilt zu sein und mittleres Aquitan auf Urgon zu liegen. Von *Cossonay* bis *Genf* ist jeder Zusammenhang durch Diluvialschutt unterbrochen.

Kanton Genf.

Literatur.

- 1827 *de Férussac, A. Et.*, Huile de pétrole du Canton de Genève, Bull. d. sc. nat. et géol., t. 11, pag. 221, Paris, und „Journal de Genève“ du 16 nov. 1826.
- 1841 *Necker, M. L. A.*, Etudes géologiques dans les Alpes, seconde partie, Paris.
- 1877 *Rochat, Burtin, Grüner, de Marignac, etc.*, Les gisements bitumineux du Canton de Genève, Paris, Genève, Neuchâtel. (Im geol. Institut der Universität Basel.)
- 1880 *Favre, Alphonse*, Description géologique du Canton de Genève, pour servir à l'explication de la carte géologique du même auteur, suivie d'analyses et de considérations agricoles par Eugène Risler, 2 volumes. Extrait du „Bull. de la classe d'agriculture de la Soc. des Arts de Genève“, 1879, et chez Cherbuliez, Genève 1880.
- 1891 *Schardt, H.*, Etude géologique sur l'extrémité mérid. de la première chaîne du Jura, Lausanne.
- 1895 *Jaccard, A.*, Le Pétrole, l'Asphalte et le Bitume au point de vue géologique, avec 30 figures. F. Alcan, Paris.
- 1896 *Douxami, Henri*, Etudes sur les terrains tertiaires du Dauphiné, de la Savoie et de la Suisse occidentale, Thèse, Masson, Paris. (Betr. Schweiz pag. 179—222.)
- 1911 *Schardt, H.*, Notes sur les gisements asphaltifères du Jura, avec 1 planche et 1 cliché, Bull. Soc. neuchâtel. d. sc. nat., t. XXXVII, et chez Wolfrath, Neuchâtel.
- 1912 *Schaay, J. H.*, Bemerkungen über bitumenführende Molasse in der Westschweiz, Zeitschr. f. prakt. Geol., Heft 11/12, Jahrg. XX, pag. 488.
- 1913 *Girard, Raymond et Buman, René*, Les Gîtes d'Hydrocarbures de la Suisse Occidentale, Mitt. d. naturf. Ges. Freiburg (Schweiz), vol. VIII, fasc. 1, et chez Fragnière, Fribourg.
- 1913 *Joukowsky, Etienne et Favre, Jules*, Monographie géologique et paléontologique du Salève, avec 1 carte géol. en couleurs, 29 planches et 56 figures dans le texte. Chez Georg & Cie, Genève.
- Karten: *Favre, Alphonse*, Carte géol. du Canton de Genève, 1 : 25000 in 4 Blättern, Genève 1878.
Blatt XVI des Geol. Atlas der Schweiz, 1 : 100000, 2. Auflage 1899, Abschnitt Genf bearbeitet von *H. Schardt*.
Topographische Karten 1 : 25000, Blätter 449, 449 bis, 450 und 450 bis.

Die Ölsande.

Ausser an den vier Stellen: *La Plaine*, *Charmille*, *Roulavaz* und *Granges*, die der Reihe nach zu besprechen sind, schreiben *Rochat, Burtin, etc.* l. c. pag. 5: „Les molasses imprégnées sont également constatées à *Boissy* et à *Berneux*“, worüber keine weiteren Anhaltspunkte zu finden waren.

Die Ölsande von La Plaine.

(Hierzu Karte Taf. I.)

300 m südlich vom Bahnhof *La Plaine*, nahe der schweizerisch-französischen Grenze, führt eine Eisenbrücke über die Rhone. Den ersten Ölsand trifft man am nördlichen Brückenkopf, unter der „Usine du Rhône“ (pharmazeutische Fabrik), (Fig. 2).

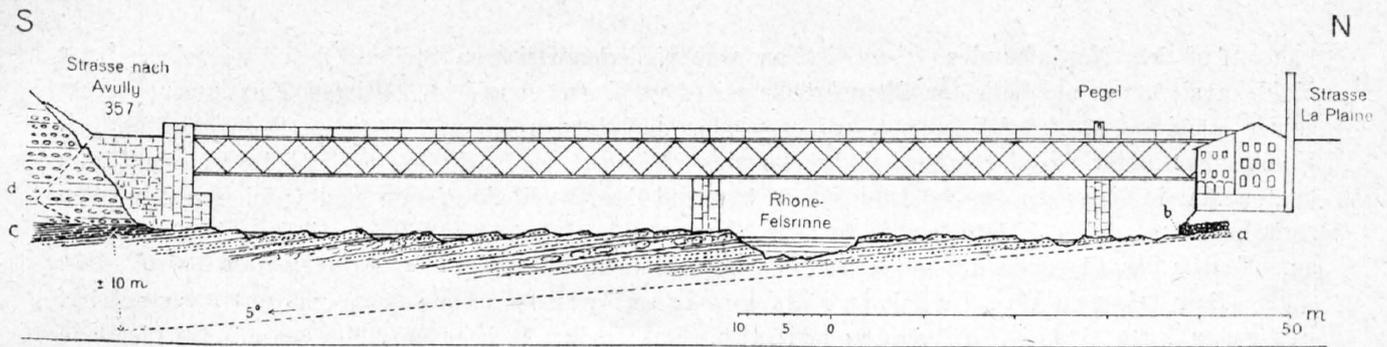


Fig. 2. Der Ölsand bei der Rhonebrücke von La Plaine, 1:750 (bei Niederwasser, Februar 1917).

- b = 2 m grünlicher bis brauner, mergeliger, weicher Sandstein; in der Mitte zwei unregelmässige Lagen von Mergelkonglomerat, aus hellgrünen Molassemergel-Geröllchen bis zu über 1 cm.
- a = Liegendes, davon ein grünlicher, rau geschichteter Mergelsand.

Beide Horizonte sind reich an leicht flüssigem Erdöl und Wasser, das die Spalten in bunt irisierenden Farben erfüllt und intensiv nach Benzin riecht. Schon auf eine Entfernung von 10 m oder mehr gewahrt man den Geruch. Beim Ausstreuen ins Wasser entstehen irisierende Ölhäutchen. Nach der Analyse von Prof. Hartmann enthält eine Probe Ölsand von dieser Stelle 2,42, eine zweite 4,0 Gew. % oder rund 6—11 Volumprozent Erdöl vom spez. Gewicht 0,9063. Hiervon fallen rund 30 % auf wertvolle Schmieröle, 20 % auf Leuchtöl und Benzin.

Als zusammenhängende Felsmasse quert der Ölsandstein die Rhone mit einem Streichen von WNW und einem Fallen von im Mittel etwa 4—5° SSW (Fig. 2)¹⁾. Daraus ergibt sich eine direkt sichtbare Mächtigkeit von rund 10 m. Während bei Hochwasser (August) fast die gesamte Felschwelle überflutet ist, bleibt bei Niederwasser (Februar) nur noch eine tiefe Stromrinne im mittleren Teil bestehen. Die auffallenden, klippenartig vorragenden, grauen Felshöcker zwischen den Wassertümpeln bestehen aus ölräumerem und kalkreicherem Sandstein. Der mittlere Brückenpfeiler ist auf besonders ölrreichem Sandstein fundiert. Stellenweise schwimmen von selbst Ölhäutchen davon. Im grossen und ganzen ist der Sandstein fein geschichtet, weich und ursprünglich grünlich. Auf der Südseite der Rhone ist er fein geschichtet oder gar schiefrig, wobei bräunliche Ölsandschichtchen mit grünlichen ölrärmeren bis ölfreien wechseln. Das Hangende bildet grünlicher, ölfreier Mergelsandstein, wovon etwa 2 m aufgeschlossen sind (c in Fig. 2).

Ausdehnung. Etwa 120 m unterhalb der Brücke verschwindet der Ölsandstein unter Flussschotter. Folgen wir beim tiefsten Niederwasser dem Südufer der Rhone entlang aufwärts, so konstatieren wir folgendes: Der liegende Teil des Ölsandes scheint bei der verlassenen *Moulin Vuarin* in grünblaue, vorwiegend sterile Sandmergel (mit einer violetten Lage im oberen Teil) ca. 3 m aufgeschlossen, überzugehen. Etwa 450 m von der Brücke entfernt wird die Rhone von einer deutlichen kleinen Verwerfung schief überschritten, auf deren NE-Seite wieder eine in den Strom hinausreichende Ölsandschwelle genau vom Aussehen derjenigen bei der Brücke folgt. Sichtbare Mächtigkeit 6—8 m. Das Liegende des Ölsandes ist grüner Mergelsand, der bei N 30° W Streichen lokal bis 20° WSW einfällt (Fig. 3).

ENE

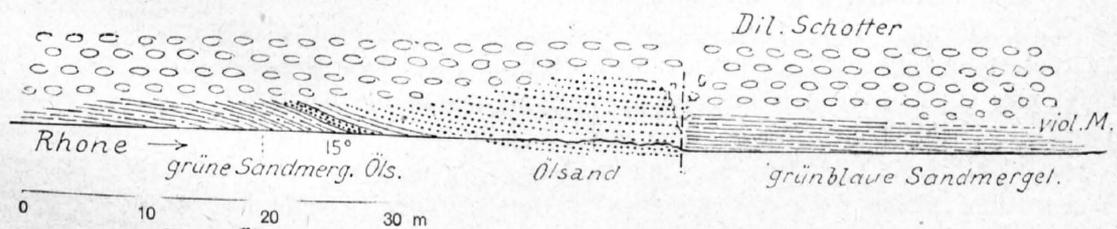


Fig. 3. Ölsand am linken Rhoneufer ca. 450 m oberhalb der Brücke von La Plaine.

Weiter stromaufwärts reicht diluvialer Schotter bis unter Wasser. Erst am konkaven Ufer beim *Moulin de Vert* kommt wieder Molasse zum Vorschein: grüner, ölfreier Sandstein, 5—7° SSE fallend.

¹⁾ Den bisherigen geol. Beobachtern scheint merkwürdigerweise diese Klippenfelsmasse entgangen zu sein, vermutlich weil sie bei Hochwasser überflutet ist. Weder A. Favre's geolog. Karte, noch Bl. XVI (1:100 000) verzeichnet dort anstehende Molasse.

Auf dem Nordufer der *Rhone* ist an verschiedenen weiteren Stellen Ölsand zu sehen; beim Mühlekanal 550 m oberhalb der Rhonebrücke mit 4° SW Fallen und am *Allondon*-Fluss kurz oberhalb seiner Mündung, 0—2° SW fallend, wo er wieder auffallend reich mit flüssigem Erdöl getränkt ist. Unmittelbar unterhalb der Eisenbahnbrücke des *Allondon* fand ich den Ölsand im Flussbett zum letzten Mal in Form grauen Sandsteins mit klingend harten Konkretionen und weicheren ölhaltigen Zwischenlagen. Auf der östlichen Seite des *Allondon* stehen 2—5° SW fallende rötliche Aquitanmergel an, offenbar das Liegende des genannten Ölsandes bildend.

Der Ölsand von La Plaine ist somit auf eine Erstreckung von 900 m schief bis quer zum Streichen nachgewiesen. Das Hangende ist grüner Mergelsand, das Liegende roter Mergel. Das Öl scheint überall von gleicher Zusammensetzung zu sein. Bei der Rhonebrücke von *La Plaine* sind etwa $\frac{3}{4}$ der Gesamtmasse normal imprägniert, d. h. von einem mittleren Rohölgehalt von vielleicht 2 Gew. %. Das flüssige Öl reicht auch unter Wasser bis an die Oberfläche.

Alte Bohrungen und Schächte bei La Plaine.

Durch die freundliche Vermittlung des Herrn Prof. Dr. *Eugène Borel* in *Genf* erhielt ich aus dem Archiv in *Genf* einen tabellarischen Bohrbericht betr. die „Sondage pour la recherche du charbon à *La Plaine* dans l'Usine Gardy“. Diese Fabrik liegt am nördlichen Rhoneufer 200 m östlich der Brücke.

Nach dem Bohrjournal wurde die Bohrarbeit am 8. Januar 1889 begonnen und am 2. März 1889 bei 124,25 m Tiefe beendet. Näheres ergibt die nebenstehende graphische Zusammenstellung Fig. 4.

Auf diese Angaben ist insofern nicht viel abzustellen, als das Wasser nicht abgesperrt, noch vermutlich sorgfältig verrohrt wurde. Die aus der Tiefe gemeldeten Gase und Erdteere können also teilweise von höheren Horizonten dem Bohrloch zugeströmt sein. Sind sie aber auch nur einigermaßen richtig, so ergibt sich, dass noch wenigstens bis 113 m Tiefe Öl und Gas führende Molassesandsteine angetroffen wurden. In einem Schacht am gleichen Orte soll sich nach *De Girard et Buman* bei 6 m Tiefe an gewissen Tagen eine 5–6 cm dicke Ölschicht auf dem Wasser angesammelt haben, der Ölgehalt aber sehr unregelmässig in der Molasse verteilt gewesen sein.

Einem Gutachten von Dr. *Albert Brun* in *Genf* zufolge wurde im gleichen Jahr im Rhonebett, ca. 200 m unterhalb der Mündung des *Allondon*, noch ein Schacht gegraben, der folgendes ergab:

- 0 — 6 m „complexe de petites couches molassiques marneuses“;
- 6 — 8,5 m „argile irisé“, 12–18 % Ca CO₃,
- 8,5 — 9,5 m „molasse dure“ 9,2 % Ca CO₃,
- 9,5 — 11,5 m „sable bitumineux noir brun“.

Über diesen Ölsand berichtet *Brun*: „Ce bitume est un liquide épais, assez foncé, transparent et brun en couches minces. Il est soluble dans le pétrole et dans l'éther et donne alors un liquide doué d'une forte fluorescence verte. Au contact de l'air chaud à 100° il noircit, perd de l'ammoniaque et les portions les plus volatiles et devient insoluble dans les dissolvants indiqués.“

Der Ölsand enthält Bitumen 7,3 %, Kalk 17,0 %, Sand 75,0 % und hat das spez. Gewicht 2,5 inkl. Bitumen; Mächtigkeit 2 + x m.

Weitere fünf kleine Schächte von 2–6 m Tiefe auf der Ostseite des *Allondon* unterhalb der Eisenbahnbrücke erreichten nach Durchstossen des Bachschuttes nur bitumenfreie Molasse.

De Girard et Buman berichten noch von einer „Sondage sur la rive gauche du *Rhône*, à 150 m environ, en amont du pont de *La Plaine*“, ferner von einem „puits près de la *London*, sur la rive droite, presque au pied du viaduc P. L. M. à *La Plaine*“, bei dem die Gasausströmung so stark war, dass ein Ventilator eingebaut werden musste.

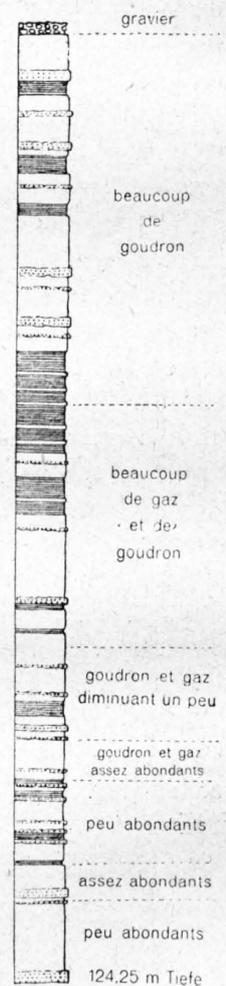


Fig. 4. Bohrprofil „Sondage à La Plaine 1889“
1 : 1000

„molasse“ = weicher Sandstein mit Ölsand, leer.
„grès“ = harter Sandstein, punktiert
„glaise“ = Mergel, gestrichelt

Nach Plan Nr. 1247 des Genfer Archivs ist der von *Brun* beschriebene Schacht unmittelbar unter dem Ölsand angesetzt, der dort den oberen Rand des Rhonebordes bildet. Wurde schon durch die Beobachtungen an der Oberfläche wahrscheinlich, dass bei La Plaine wenigstens zwei Hauptölsandhorizonte vorhanden sind, so ist dies durch den erwähnten Schacht bewiesen. Die „argiles irisés“ bei 6—8,5 m sind offenbar die gleichen, die am östlichen Allondonufer anstehen. Wir hätten dort somit etwa folgendes Schichtprofil, von oben:

1. Ölsand der Oberfläche bei der Allondonmündung.
2. Bunte Mergel mit Sandsteinlagen 8—10 m.
3. Reicher Ölsand, mit hartem Sandstein an der oberen Grenze.

Ölsande am Charmille beim Dorf Dardagny.

Folgt man dem durch fast undurchdringlichen Dornenbusch fließenden Charmille-Bach der Schweizergrenze entlang aufwärts, so trifft man zunächst Moräne bis zum Dorf *Dardagny*, dann nördlich des Brückleins 404 m einen kleinen Aufschluss von grünlichem Sandstein. W Punkt 428 folgen grünliche Mergel von 3—5° S Fallen. Den ersten Ölsand trifft man bei der Bachverzweigung, dem Buchstaben *r* des Wortes *Dardagny*, von Blatt 449, 1 : 25000. Der beste Aufschluss befindet sich un-

mittelbar westlich des Bienenstandes, ca. 50 m oberhalb der Bachverzweigung (Fig. 5). Der Ölsand wird von abdichtenden grünen feinsandigen Mergeln (1) unterlagert, ist 5 + x m mächtig und fällt ca. 5° S. Der untere Teil (2) ist ausgesprochen geschichtet. Im nordwestlichen Teil wechseln 1—2 dm dicke schokoladebraune Ölsandbänke mit grünlich-grauen, gewöhnlichen weichen Sandsteinlagen. Die Ölsandbänke spitzen sich gabelförmig innerhalb 1—2 m gegen SE aus, sodass nun deren ungezählte, von wenigen cm bis zu 1 mm herab, im ölfreien Sand übrig bleiben. Der obere Teil (3) ist ein kompakter, schokoladebrauner Ölsand mit asphaltigem Ölgeruch, von 3,39 Gew. % = rund 8,5 Volum % Bitumengehalt.

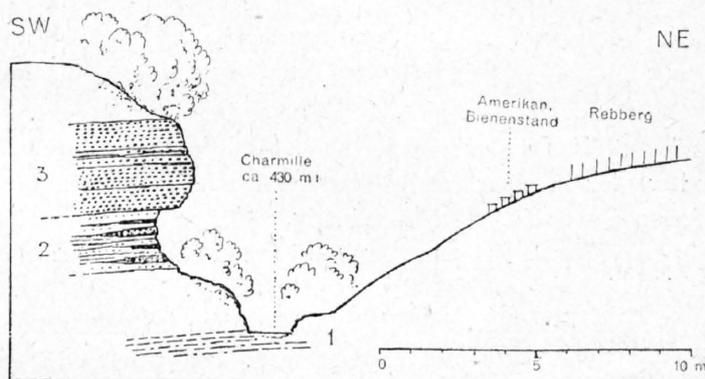


Fig. 5. Der Ölsand am Charmille-Bach bei Dardagny.

Dieser Ölsand lässt sich mit kurzer Unterbrechung bei fast flacher Schichtlage dem Bach entlang aufwärts bis 100 m östlich Punkt 455 verfolgen.

Auch im westlichen Seitenbach, bei *D* des Wortes *Dardagny*, kommt unter Moräne und über bläulichen und grünlichen Mergeln Ölsand zum Vorschein, jedoch nicht von der schönsten Art. An einer Stelle ist ein 5 m mächtiger mergeliger Sandstein in der Mitte in Form zweier brauner Bänder imprägniert; an einer andern Stelle enthält eine 2 m dicke, ca. dreiprozentige Ölsandbank grosse harte Sandsteinknauer.

Auch in dieser Gegend soll am *Charmille* an nicht mehr näher eruierbarer Stelle ein Schacht abgetäuft worden sein.

Nach *Rochat*, *Burtin* etc. wurde auch „molasse bitumineuse au Chemin de *Challer*“ angetroffen.

Die Ölsande am Roulavaz.

Roulavaz oder *Roulave* wird der etwa 50 m tief in das Plateau eingeschnittene Bach 1 km nördlich *Dardagny* genannt. Wir folgen dem Bach entlang aufwärts von E nach W¹⁾.

Unweit oberhalb *Pont d'Essertines* trifft man grünlichen Sandstein, anscheinend etwa 5° S oder SE fallend. Dann folgen Moränen bis zum Vorsprung gegenüber *Essertines*, wo wir auf ganze Felswände von Ölsand mit alten Galerien stossen. Es ist die Stelle, die von *Schardt* in *A. Jaccard*, l. c. p. 167 beschrieben ist. Von unten treffen wir folgende Schichten (Fig. 1, Taf. II):

¹⁾ In Blatt XVI, Geol. Atlas 1 : 100 000, II. Aufl., sind diese Vorkommnisse von „Asphalte, Naphte“ nahezu 1 km zu weit westlich angegeben.

- 2 a. Grünlicher Mergelsand und halbplastische Mergel, abdichtend.
- 3 a. 0,8—1 m dicke Bank von grünlichem Glimmersandstein mit Kohleschmitzen an der unteren Grenze, darüber Gehängeschutt.
6. 16 m Ölsand, steile Felsabstürze bildend. Darin lassen sich unterscheiden: a) 2,8 m vorwiegend knorriger grüner Sandstein, z. T. mit Diagonalschichtung und regelmässig fleckiger Imprägnation. b) 2 m ebenflächiger, dünnschichtiger, grüner Sandstein, der mit braunem Ölsand gebändert ist; Ölsand ca. 20%. c) 3 m schöner, dunkel schokoladebrauner bis schwarzbrauner, reicher Ölsand, von 3—5 % Bitumen. d) 2 m wie c, jedoch dünnschichtiger und mit grossen, harten, grauen Sandsteinkonkretionen (Phot. Fig. 2, Taf. III). e) 6 m Ölsand, im oberen Teil kompakt, im unteren mit grünlichen ölfreien Streifen und ausgesprochener Diagonalschichtung.
7. ca. 5 m grünlicher, sandiger Mergel.
8. 1 m grünlicher, mergeliger Sandstein.
9. 1,5 m rote und grüne Mergel, darüber Schutt und Moräne.

Aus dieser Schichtfolge geht mit aller Klarheit hervor, dass der mächtige Ölsand normal in abdichtenden Aquitanmergeln eingelagert ist.

Im unteren Teil von 6e befindet sich Galerie 1 (Eingang bei + in Phot. Fig. 1, Taf. III), ein Stollen von 14—15 m Länge. Im Ganzen sind von den 16 m Ölsand rund etwa 10 m reich imprägniert, mit schätzungsweise 3—4 % entsprechend einer Schicht von etwa 80 cm Bitumen.

Die Sandsteinbank 2 a am Bach streicht N50E und fällt 10—12 SE, der Ölsand im Mittel vielleicht 5° SE. Unmittelbar SW Galerie 1 ist der Ölsand von einem Bruch durchschnitten, der E 30 S streicht und 75° SW fällt. Der SW-Flügel ist um etwa 5 m tiefer gesunken (Taf. II, Fig. 1 bei V).

Dann stossen wir auf Galerie 2 inmitten einer 15—16 m hohen senkrechten Ölsand-Felswand. Es ist zweifellos der gleiche Komplex wie der unter 6 beschriebene. Galerie 2 ist etwa 25 m tief und wieder in einer relativ ölarmer Partie angesetzt. Am Eingang links sieht man grauweissen, völlig ölfreien Sandstein, ca. 1 m mächtig. Weiter hinten verblüfft den Geologen die denkbar schönste Diagonalschichtung: braune Ölsandstreifen wechseln in sich kreuzenden Schichten mit weissen Streifen in ungezählten Repetitionen (Phot. Taf. IV, Fig. 1—3). Auf der NE-Seite der Galerie, etwa 10 m vom Eingang, sind die Ölsandstreifen im weissgrauen Sandstein stellenweise auf 1 mm reduziert. Mit der Lupe betrachtet erkennt man, dass vielfach die Grenzen so scharf sind, als es die Korngrösse des Sandsteines ermöglicht, 1 bis $\frac{1}{10}$ mm, ohne dass eine trennende Tonhaut dazwischen läge. Ebenso gibt es Stellen mit feinsten ölfreien Schichten zwischen Ölsand. Dass es sich um primäre Diagonalschichtung handelt, steht für jeden Beobachter ausser Zweifel. Das Erdöl ist also hier nicht gewandert, sondern befindet sich auf primärer Lagerstätte. Sapropelhaltige Sande, die im Laufe der Zeit sich zu Ölsanden umwandelten, wurden mit sterilen Sanden, vermutlich in einer Meerbucht, in mannigfachem Wechsel übereinander geschichtet.

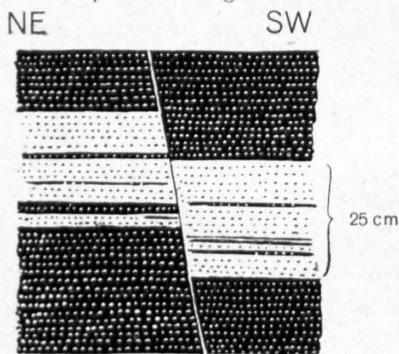
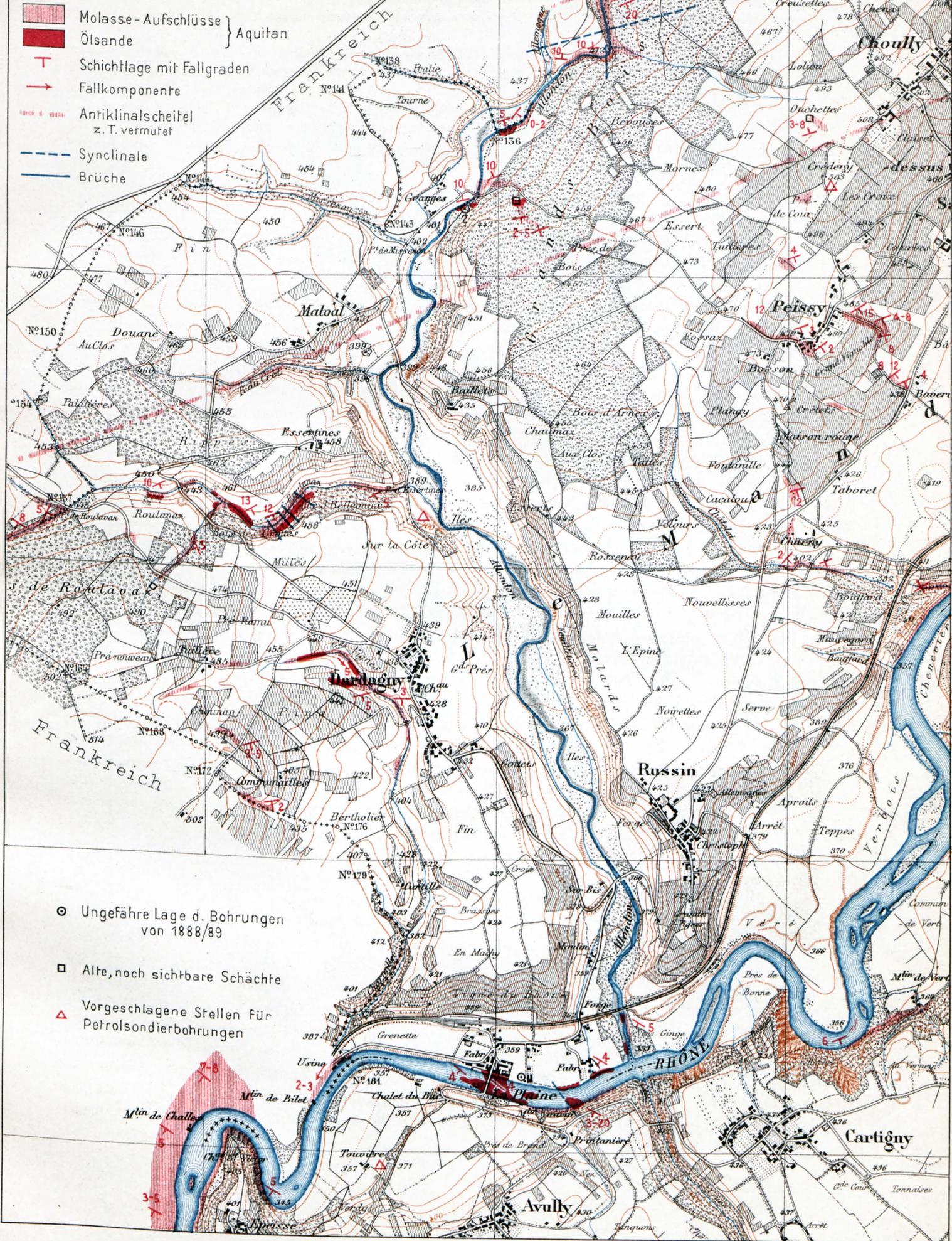


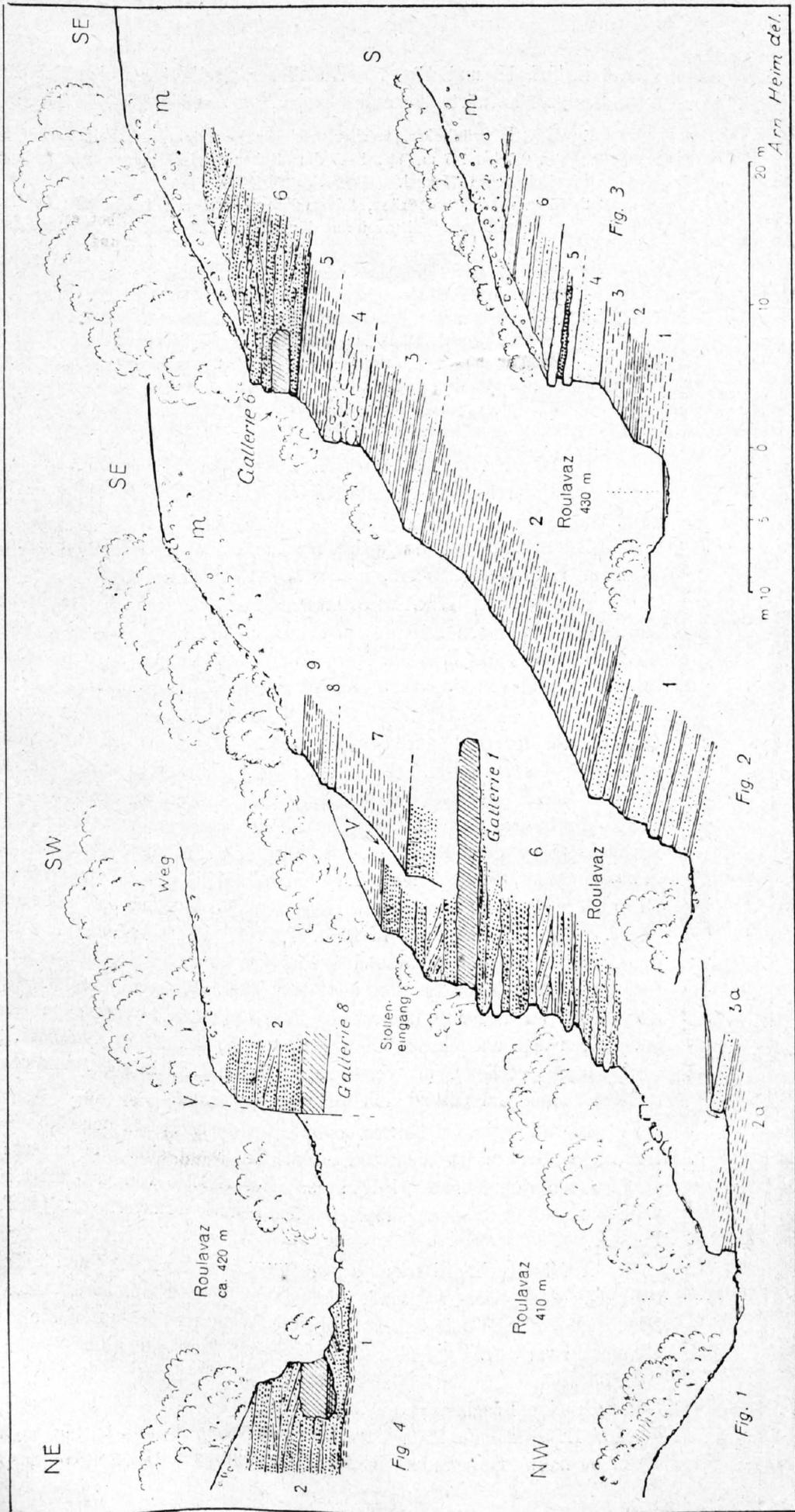
Fig. 6. Kleine Verwerfung im Ölsand bei Galerie 7 am Roulavaz (schwarz mit weissen Punkten = Ölsand, weiss mit schwarzen Punkten = ölfreier, grauer Sandstein).

Dass in den relativ ölarmer Zonen das Öl seit seiner Bildung aus organischen Weichteilen nicht mehr gewandert ist, kann man auch an den Klüften erkennen. An einigen Stellen werden gebänderte Sande mit Ölsandstreifen verworfen, ohne dass das Öl vom einen Bruchflügel horizontal in den porösen weissen Sand daneben hineingewandert wäre (Fig. 6). In ölfreien Schichten hingegen kann eine gewisse Wanderung auf Klüften verfolgt werden; aber auch das Gegenteil kommt vor, indem der Ölgehalt auf Klüftchen im Ölsand ausgewaschen wurde.

In den Stollen ist der Ölgeruch intensiv; zu einem Aus-sintern von zähflüssigem Erdteer ist aber hier der Ölsand doch nicht genügend gesättigt. In der Felswand SW neben Galerie 2 sind noch zwei weitere untiefe Galerien zu finden, wovon die eine 5,5 m tief ist. Etwa 100 bis 150 m SW von Galerie 1 trifft man den Ölsand auf einmal etwa 20 m höher am Abhang. Aus Analogie mit der Beobachtung bei Galerie 1 ist anzunehmen, dass dieses Höhersetzen wieder durch einen Bruch erfolgt. Dieser Annahme entsprechend hat auch der höher am Gehänge liegende Ölsand genau das gleiche Aussehen wie bei Galerie 1. Auch finden wir etwa 30 m über dem Roulavaz abermals eine Galerie im Ölsand

Überdruck aus dem topogr. Atlas d. Schweiz, Blätter 449, 450, 449 bis, 450 bis, mit Bewilligung d. schweiz. Landstopographie v. 30. XII 1918.
1:25000





Taf. II. Profile durch die Öskande am Roulavaz bei Dardagny.
 m = Moräne des Rhonegletschers (Würm); V = Verwerfungen.

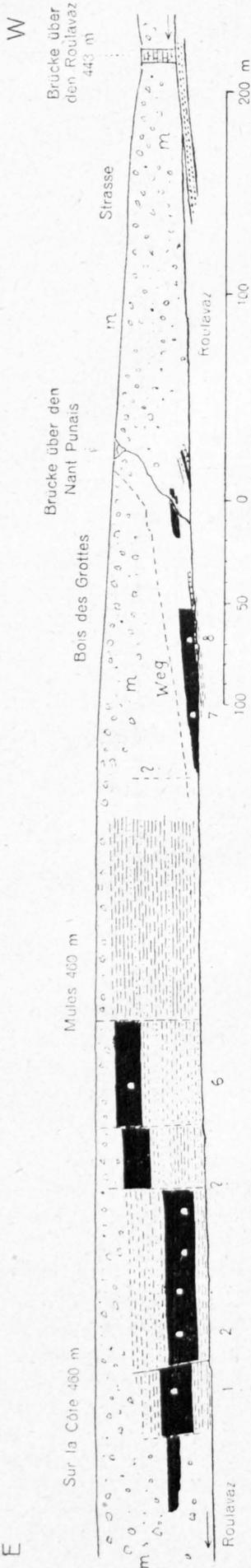


Fig. 7. Schematische Darstellung der Ölsande (schwarz) am Roulavaz bei Dardagny
 Weisse Punkte in schwarz Nrn. 1-8 = alte Galerien; gestrichelt = Tone; punktiert = sterile Sandsteinbänke; m = Grundmoräne des Rhonegletschers, letzte Eiszeit.

(Nr. 6 in Taf. II und Fig. 7). An dieser Stelle kann das Schichtprofil vom Bach an aufwärts lückenlos beobachtet werden (Taf. II, Fig. 2):

1. Ca. 8 m grünlicher, steriler, weicher Sandstein in regelmässigen Bänken von 0,5 bis 1,5 m, mit 1-5 dm dicken Zwischenlagen von grünem und violetter Mergel.
2. 15 m vorwiegend grüne, feinsandige Mergel mit Lagen von fettem, plastischem Tonmergel, auch mit dünnen roten Mergellagen, stellenweise feinsandig.
3. 4-5 m weiche, grünliche Sandsteinbänke und Mergellagen wie Nr. 1.
4. 2,5 m härtere Sandsteinbank mit groben, harten Konkretionen.
5. 2-3 m grünlicher, feinsandiger Mergel, abdichtend.
6. 6 ± ? m Ölsand, schokoladebraun, weich, feinkörnig, Aussehen und Geruch genau wie bei den Galerien 1-2. Untere 2,5 m kompakter Ölsand von ca. 3-4 % Bitumen, darüber 0,5 m grünlicher, bankiger, schwach imprägnierter Sandstein, darüber die Hauptmasse von Ölsand, dessen oberer Teil von Schutt überdeckt wird.

Galerie Nr. 6 ist 4 m tief. 15-20 m NE davon verläuft eine steile Terrainfurche, die vermutlich einer kleinen Verwerfung entspricht (Fig. 7).

Die Schichtlage lässt sich unzweideutig an den Bänken beim Bach bestimmen: Streichen WSW, Fallen 10-15° SSE.

Nun scheint der Ölsand abermals abgeschnitten zu sein; denn der Anriss beim südlichen Knie des *Roulavaz*, beim *G* von *Bois des Grottes* der Siegfriedkarte, sieht man nur Mergel und Mergelsande, auch in der Höhe, wo der Ölsand von Galerie 6 sich fortsetzen sollte (Fig. 7).

Weiter bachaufwärts stossen wir abermals unvermittelt auf einen Ölsand, den der Bach durchschnitten hat. Es ist der am reichsten imprägnierte des *Roulavaz*. Er fällt deutlich südöstlich und zwar stärker als der Bach, sodass er bachabwärts unterzutauchen scheint. Auf der linken Bachseite sind zwei untiefe Höhlen ausgehoben: die obere, unmittelbar über dem Bach, ist mit Wasser gefüllt, auf dem zähflüssiger braunschwarzer, asphaltreicher Erdteer in Häuten und Fetzen schwimmt. Die andere befindet sich unmittelbar östlich daneben und einige Meter höher. Beide Höhlen sind in Phot. Taf. III, Fig. 3 zu sehen. Auch auf der Aussenfläche sintert, besonders bei warmem Wetter, schwarzer Erdteer an verschiedenen Stellen aus dem dunkelbraunen Ölsand. Obwohl der Ölsand an dieser Stelle besonders reich mit Erdölrückständen getränkt ist, zeigen sich auch hier stellenweise ölfreie, schieferige Sandsteinlagen, sowie ausgesprochene, oft verworrene Diagonalschichtungen mit abwechselnden Lagen von Ölsand und fast ölfreiem Sand.

Die Mächtigkeit beträgt beim nordwestlichen Loch 6,5 ± x m. Die obere Grenze ist nicht aufgeschlossen, wohl aber die untere: der ölfreiche tiefbraune Sand wird mit scharfer Grenze von grünlichweissem, vollkommen abdichtendem, halbplastischem Tonmergel unterlagert (1 in Taf. II, Fig. 4).

Auf der rechten Bachseite gegenüber dem Loch der Phot. 3, Taf. III trifft man den gleichen Ölsand, anscheinend etwa 10 m hoch ansteigend. Darüber folgt eine mit Schutt bedeckte Waldterrasse, auf der ein alter Minenweg verläuft. Offenbar befindet sich hier ein alter Stollen mit verschüttetem Eingang (Galerie 8 in Taf. II). Das Ölsandwändchen ist durch eine Bruchfläche gebildet, die E 30 S streicht und horizontale bis 25° ESE fallende Rutschstreifen aufweist (V in Taf. II, Fig. 4). Etwa 40 m bachabwärts befindet sich auf der südlichen Bachseite unmittelbar

über dem Bach die offene Galerie Nr. 7 von etwa 21 m Tiefe in Richtung S 40 W, bei einer mittleren Breite von 3 und einer Höhe von 2,2 m (ausgehobenes Volumen also ca. 125 m³).

Im Durchschnitt mag der Bitumengehalt dieses Ölsandkomplexes auf etwa 3 Gewichtsprozent geschätzt werden. Dies ergibt bei einer angenommenen Mächtigkeit von 10 m eine Bitumenschicht von 75 cm und eine Schmierölschicht von rund 36 cm.

Die chemische Untersuchung einer ersten Ölsandprobe von der Oberfläche beim Loch links in Phot. Taf. III, Fig. 3 durch Prof. Dr. A. Hartmann, hat ergeben: Bitumengehalt 3,84 Gew. % = rund 10,2 Vol. %. Hiervon destillieren 75 % ab. Darin sind rund 70 % Rohschmieröle enthalten; d. h. der reiche Ölsand der Oberfläche enthält rund 5 Vol. % wertvolle Schmieröle! Eine zweite Probe vom reichsten dunkelbraunen Ölsand ergab 6,64 Gew. % = 16,92 Vol. % Bitumen.

Etwa 50 m NW bachaufwärts kommt im Bachbett grünlich grauer ölfreier Sandstein in weicheren und härteren Bänken, 5—10° SE fallend, zum Vorschein. Ob es sich hier um ein Verschwinden des Ölgehaltes oder um einen tiefern Sandstein handelt, der unter der grünlichweissen Mergelbank hervortritt, ist fraglich. Weitere Ölsande, vermutlich als Fortsetzung desjenigen von Galerie 7—8, kommen in der steilen Furche des *Nant Punais*, nahe seiner Mündung in den *Roulavaz*, zum Vorschein. Oberhalb dieser Mündung im *Roulavaz*, S W Punkt 461, erscheint ein konkretiöser, unregelmässig bankiger grünlicher Sandstein, der eine 20 cm dicke Ölsandbank und auch dünnere Ölsandlagen einschliesst. Die Schichten fallen lokal 15° ENE.

Bei der Brücke 443 steht wieder grünlicher Sandstein mit Erhärtungen an, der 5° E fällt. Die Aufschlüsse sind durch ausgedehnte Moränen unterbrochen, die bis in den *Roulavaz* hinabreichen. Daher lässt sich nur vermuten, nicht sicher feststellen, dass der Ölsand von Galerie 7—8 über dem Sandstein der Brücke 443 m zu suchen wäre, wo er aber abgetragen oder mit Moräne bedeckt ist (Fig. 7).

Die letzten bituminösen Sande fand ich etwa 150 m westlich oberhalb der Brücke 443, auf der rechten Bachseite, im Dornengestrüpp versteckt. Das Profil ist in Taf. II, Fig. 3 abgebildet:

1. 2 m grünlicher, toniger Sandstein, feinkörnig. Übergang in
2. 1,1 m unten grünlicher, feinsandiger Mergel, oben violettbrauner bis rötlicher Tonmergel, abdichtend.
3. 1,7 m grünlicher, zäher Mergelsand mit Glimmer.
4. 2 m weicher, grünlicher Sandstein, zu oberst mit einigen fingerdicken und meterlangen Imprägnationsstreifen.
5. 1,3 m harte konkretionäre Sandsteinbänke mit eingelagerter Schicht von 0,4 m braunem Ölsand.
6. Ca. 4 m grünlicher, weicher Sandstein mit mergeligen Lagen, von Grundmoräne bedeckt.

Alte Schächte in der Umgebung von Dardagny-Roulavaz.

Etwa 125 m südlich Punkt 477 der Strasse bei z von *Bois du Roulavaz* in der Karte 1 : 25 000, am *Nant Punais*, 60 m SW der Strasse, befindet sich ein im Jahr 1827 gebauter Schacht, der nach *Rochat, Burlin* etc. 30 m (oder 36?) tief ist und stets bituminöse Molasse angetroffen haben soll (Karte Taf. I). Er ist eingestürzt und mit Wasser gefüllt. Tiefbraune Erdölfetzen und irisierende Häutchen schwimmen im Bächlein 2 m neben dem Schachtloch, als ob sie nicht aus dem Schacht herauf, sondern daneben austreten würden. Wo die „*Mine de Goudron*“ der Karte 1 : 100 000, Bl. XVI gelegen hat, konnte nicht mehr genau festgestellt werden.

Rochat, Burlin etc. sprechen weiter von einem „*puits Tessier au point culminant de Dardagny*“, in dem etwa um 1870 bituminöse Molasse mit 8¹/₄ % Bitumen abgebaut worden sein soll.

Nach *De Girard et Baman* befindet sich ein weiterer Schacht in der Nähe von Punkt 458 der Karte 1 : 25 000 am Wald- und Terrassenrand *Sur la Côte*, S oder SE oberhalb der Galerien 1—2 des *Roulavaz*, ferner ein oder zwei Schächte unmittelbar westlich der Dorfstrasse von *Dardagny*, wahrscheinlich W Punkt 428 am *Charmille*-Bach. Genauere Angaben über die Befunde sind nicht bekannt. In beiliegender Karte Taf. I sind nur die wieder aufgefundenen Schächte und Bohrstellen angegeben.

Die Ölsande am Allondon bei Granges.

Die jetzigen Aufschlüsse sind sehr spärlich und vereinzelt. Den ersten Ölsand trifft man ca. 50 m unterhalb des *Pont des Granges* am linken Ufer des *Allondon*: harte Sandsteinbänke von 10—12° NW Fallen mit einer weichen Ölsandeinlage; ¹/₂ m sichtbar. Dieser Ölsand erinnert sogleich an

denjenigen von *La Plaine* (besonders an das Vorkommen bei der Eisenbahnbrücke über den *Allondon*), indem er leichtflüssiges Erdöl enthält, das sich beim Scharren rasch in irisierenden Häutchen auf dem Wasser ausbreitet.

Etwa 50–100 m nördlich der Brücke mündet auf dem linken Ufer ein von E herkommendes Bächlein. Zwischen Kurve 410 und 420 befindet sich ein Aufschluss von grünen Mergelsanden mit einer kompakteren Bank von 0,5 m, die sich mit Chloroform als schwach ölhaltig erweist. Oberhalb der Kreuzung mit der Strasse stösst man im Graben auf einen zusammengestürzten alten Schacht (Taf. I) und unmittelbar daneben auf annähernd horizontal liegenden dunkelbraunen Ölsand von 5 m sichtbarer Mächtigkeit. Er gehört zum Typus *Roulavaz*, enthält schätzungsweise 3 Gew. % Bitumen, kein flüssiges Öl. Etwas weiter oben im Bächlein folgen ölfreie, fein geschichtete Sande, dann eine knollige Kalkmergelbank und darüber grünliche, plastische Mergel von horizontaler Schichtlage.

Der weitaus interessanteste, von Prof. A. Hartmann aufgefundene Aufschluss von Ölsand befindet sich etwa 50 m nördlich des Schweiz-Frankreich-Grenzsteins Nr. 136, am linken Steilufer des *Allondon* (Fig. 8)¹⁾. Im W treffen wir zunächst 3 m braunen, schieferigen, reich imprägnierten Ölsand, vom

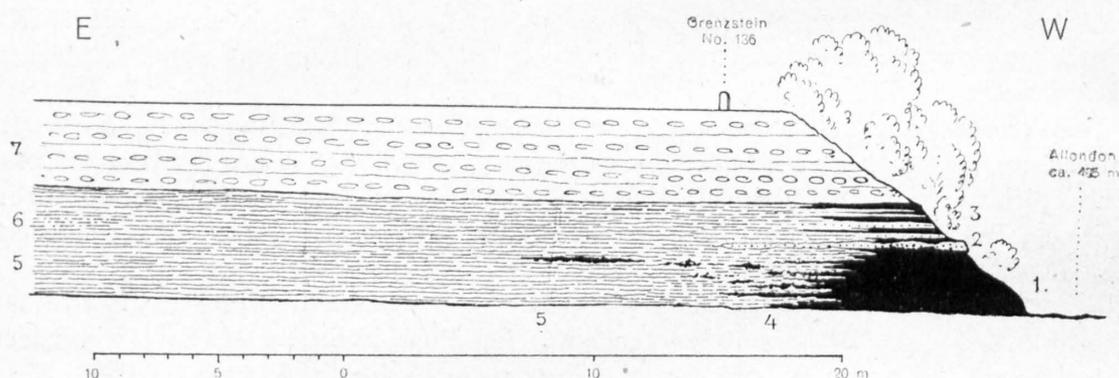


Fig. 8. Übergang von Ölsand (schwarz) in Mergel am Allondon NE Granges, Grenze gegen Frankreich (etwas schematisiert).

Allondon linksuferig angeschnitten (1). Darüber folgen 10 cm Mergel, die von einer 10 cm dicken harten Sandsteinbank (2) bedeckt werden. Unweit daneben kommt darüber abermals Ölsand in braunen Bänken zum Vorschein (3), die gegen Osten rasch auskeilen. Der gesamte Ölsand geht in östlicher Richtung innerhalb 5–10 m über in bläulichen Mergel (5). Auf den gleichmässigen Mergelschichtchen zeigen sich feinste Glimmerschüppchen. Unter dem Mikroskop erkennt man feine kieselige einfache Schwammnadeln. Foraminiferen hingegen konnten nicht beobachtet werden. In diesem blauen Mergel stellt sich 40 m östlich der genannten Übergangsstelle auch eine rote Mergellage ein (6). In der Übergangszone bildet der Ölsand stellenweise unregelmässige Nester und Schmitzen im blauen Mergel, die mit flüssigem Erdöl imprägniert sind (4).

Der beschriebene Ölsand an der Schweizergrenze riecht angenehm aromatisch, ist violettbraun, glimmerreich, gibt im Wasser wenig irisierendes Leichtöl ab und steht in dieser Hinsicht etwa in der Mitte zwischen dem *La Plaine*- und dem *Roulavaz*-Typus. Eine Probe, entnommen von Prof. Hartmann, ergab 2,3 Gew. % Bitumen. Dies ist das nördlichste uns bekannt gewordene Ölsandvorkommen dieses Gebietes.

Alte Stollen, Schächte und Bohrungen in der Umgebung von Granges.

Auf den alten eingestürzten Schacht am Bächlein neben der Strasse östlich *Pont des Granges* wurde bereits hingewiesen. Nach *De Girard* bestand ferner ein Schacht nahe Punkt 442, in Verbindung mit einem Stollen, dessen Eingang sich unmittelbar südlich der seither erbauten Brücke von *Granges* befand. Ein dritter „puits“ soll etwas NW Punkt 442, ebenfalls auf dem östlichen *Allondon*-ufer gelegen haben. Dazu kommt noch ein alter, 30 m langer Stollen im Flussniveau östlich *Malval*,

¹⁾ Dieser Grenzstein scheint wegen der Bettverschiebung des *Allondon* auf die schweizerische Terrasse südlich dieses Flüsschens verlegt worden zu sein, das die eigentliche Grenze bilden sollte.

im Hintergrund der nach E ausbiegenden Flusskurve, von dem aber nichts mehr zu finden ist. Die diluvialen Schotter reichen bis zum Flussbett herab, und der Stollen ist leider mit Flussskies zuge- schüttet.

Der an der Oberfläche nur 3 %ige Ölsand soll in dieser „Galerie de Russin“ oder „Galerie des Debaillets“ bis zu 18 % Bitumen enthalten haben (De Girard, l. c. pag. 13).

Einen alten eingestürzten Schacht von unbekannter Tiefe fand ich noch bei Chouilly-Ouchettes, 495 m (Taf. I).

Von besonderer Wichtigkeit ist eine Bohrung (vielleicht identisch mit dem dritten „puits“ De Girards): „Sondage pour la recherche du charbon aux Granges, près du petit pont sur la rivière La London“, veranlasst durch ein Kohleschichtchen, das im Brückenfundament zum Vorschein kam, und vom 20. November 1888 bis 6. Januar 1889 bis zu 137,65 m Tiefe ausgeführt wurde. Nach dem detaillierten Bohrjournal ist nebenstehendes Profil zusammengestellt (Fig. 9).

Daraus ergibt sich, dass auch bei Granges bis zu 113 m Tiefe Öl und Gas in der Molasse angetroffen wurden.

Allgemeine Eigenschaften der Genfer Ölsande.

Wir können zwei Typen herausgreifen und diese etwa wie folgt charakterisieren:

1. Typus La Plaine.

Ölsand mit flüssigem, nach Benzin riechendem Öl, das beim Ausstreuen des zerdrückten Sandes auf dem Wasser in irisierenden Häutchen davon schwimmt. In dünnen Lagen ist es fast farblos und erfüllt mit Wasser zusammen allfällig vorhandene Klüfte. Die Farbe wechselt je nach dem Grad der Oxydation oder Verwässerung und bleibt grünlich oder bräunlichgrau wo sich keine Oxydations- produkte oberflächlich anreichern können. Solche Ölsande nennt der Amerikaner „Live-oilsand“, lebende Ölsande.

Bei der Usine du Rhône kommen auch braune und schwarze Ölsande vor, die aber vermutlich von den Fabrikabfällen gefärbt sind.

Der Bitumengehalt an der Oberfläche ist nach Prof. Hartmann geringer, als derjenige des braunen, trockenen Sandes vom Roulavaz, 1,6—4,0 Gew. % = 4—11 Vol. %. Der mittlere Gehalt bei La Plaine ist nahe der Oberfläche auf 1—2 Gew. % zu schätzen. Dagegen ist nach allen Erfahrungen aus andern Ölsanden zu erwarten, dass der Ölgehalt nach der Tiefe im gleichen Horizont zunimmt, was auch die alten Schächte in La Plaine gezeigt haben. Schon bei 10 m ergab der von Brun beschriebene Schacht den dop- pelten Gehalt der besten Sandpartien von der Oberfläche.

Besonders bemerkenswert ist die Tatsache, dass das Öl auch dort nicht ausgewaschen ist, wo der Ölsand den grössten Teil des Jahres von fliessendem Wasser bedeckt ist. Offenbar sind es vor allem die Schmierölbestandteile, die am Sand adhe- rieren — daher der relativ hohe Schmierölgehalt. Wir können daraus den Schluss ziehen, dass das Rohöl von La Plaine in grösserer Tiefe relativ reicher an Leicht- petroleum, Benzin, Gasolin und Gasen, dafür relativ ärmer an Asphalt und Schmierölen sein wird.

Die Ähnlichkeit mit Ölsanden aus dem Miozän von Süd-Sumatra ist so auffallend, dass man auch auf ein ähnliches leichteres Paraffinöl schliessen möchte.

2. Typus Dardagny.

Schokoladebrauner Ölsand, dessen angewitterte trockene Oberfläche wie auch in anderen Erd- teilen (z. B. Kalifornien) oft einen Stich ins Violette verrät. Dieser Ölsand ist meistens trocken,

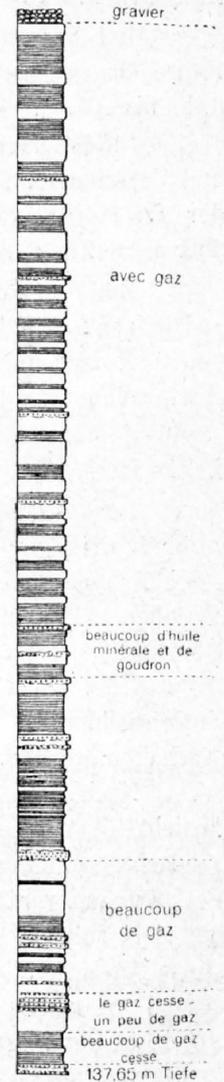


Fig. 9. Bohrprofil „Sondage des Granges 1888“

1 : 1000
 „molasse“ = weicher Sandstein mit Ölsand, leer
 „grès“ = harter Sandstein, punktiert
 „marne“ = Mergel, gestrichelt.

enthält an der Oberfläche kein leichtflüssiges Erdöl, beschmutzt aber die Hände mit brauner Ölsubstanz. Nur an den am reichsten imprägnierten Stellen der tiefsten Anschnitte (*Roulavaz*, westlichste Galerie) sintert Erdöl aus in Form eines zähflüssigen, asphaltigen, braunschwarzen Erdteeres. Beim Ausstreuen auf Wasser entstehen auch irisierende Schweife, aber bei gleichem Bitumengehalt viel schwächere als beim *La Plaine*-Ölsand. Der Bitumengehalt erreicht in den dunkelsten Teilen an der Oberfläche bis zu 6,5 Gew. %. Der Geruch entspricht demjenigen eines Schweröles mit Asphaltbasis (z. B. von Kalifornien). Der Ölsand vom Typus *Dardagny* kann als „Dead-oilsand“, toter Ölsand, bezeichnet werden.

Bei der Destillation bleiben reichlich verkokende, asphaltartige Rückstände übrig. Etwa die Hälfte des gesamten Bitumengehaltes besteht nach *Hartmann* aus grün fluoreszierenden Schmierölen, d. h. bis 8 Vol. % der reichsten Ölsande!

Infolge seines Gehaltes an viskosen Bestandteilen zeigt der *Dardagny*-Ölsand beim Abbauen und Zerschlagen eine gewisse Zähigkeit, sodass sich kompakte festere Stücke sammeln lassen, während der *La Plaine*-Typus zerbröckelt und leicht in Sand zerfällt. Mit HCl braust der *Dardagny*-Sand überall deutlich, ist also durchweg kalkhaltig (näheres im II. Hauptteil).

Ein besonderes Merkmal des *Dardagny*-Typus ist die gelegentlich ausgesprochene Diagonalschichtung und die Einschaltung weisser bis grünlichgrauer ölfreier Sandschichten, ohne trennende tonige Zwischenlagen. Dadurch erweist sich der *Dardagny*-Sand neben manchen andern, später zu erörternden Gründen, als ein primärer Ölhorizont.

Zum *Dardagny*-Typus gehören die Ölsande am *Charmille* beim Dorf *Dardagny*, diejenigen des *Roulavaz* und der Ölsand beim alten Schacht östlich *Pont des Granges*.

Der Ölsand am *Allondon* beim Grenzstein Nr. 136 scheint die Merkmale beider Typen zu verbinden, ist braun, riecht aromatisch, enthält etwas flüssiges Öl, besonders in den vom Mergel eingeschlossenen Nestern, und deutet darauf hin, wie der Ölsand vom *Dardagny*-Typus in grösserer Tiefe aussehen mag: auf alle Fälle reicher an leichten Bestandteilen, relativ ärmer an Asphalt als an der Oberfläche.

Über den Zusammenhang der verschiedenen Genfer Ölsande kann leider wegen der weiten Unterbrechungen durch Glazialschutt ohne ausgedehnte Sondierungen keine genügende Klarheit geschaffen werden.

Nach *Jaccard* und *De Girard* handelt es sich um linsenförmige Vorkommnisse. Zu dieser Ansicht führten besonders die voneinander getrennten Ölsande des *Roulavaz*, weil dessen Verwerfungen unbeachtet blieben. Wie sich Sandsteinbänke und Mergel seitlich unter allmählichen Übergängen und Verkeilungen verändern, so sind auch die Ölsande in horizontaler Richtung unbeständig. Die schönsten Beispiele solcher Verkeilungen oder Verzahnungen bilden *Granges* (Fig. 8) und *Charmille*. Das Wort „linsenförmig“ gibt eine unrichtige Vorstellung. Wir fanden mannigfach ölfreie Einschaltungen im Ölsand (*Roulavaz*), wie auch ölhaltige in sonst ölfreien Sandsteinen (Eisenbahnbrücke am untern *Allondon*, *Pont des Granges*, *Roulavaz* oberhalb *Nant Punaïs* und südlich Punkt 450).

Vor allem muss man sich fragen, ob der Ölsand von *La Plaine* sich am *Roulavaz* fortsetzt oder einen etwas höheren Horizont darstellt. Das erstere ist zwar tektonisch-stratigraphisch unwahrscheinlich, aber wegen der Verschiedenheit der beiden Ölsandtypen an sich keineswegs ausgeschlossen. Die braunen „toten“ Ölsande vom *Dardagny*-Typus haben wir stets an orographisch höher gelegenen Stellen, die „lebendigen“ vom *La Plaine*-Typus nur in den tiefsten Flusseinschnitten angetroffen. Ihre Unterschiede sind also vorwiegend sekundärer Natur. Man möchte sagen, der *Dardagny*-Typus sei das trockene Verwitterungsprodukt vom *La Plaine*-Typus.

Frühere Ausbeutung.

Nach den Mitteilungen von *Rochat*, *Burtin* etc. und von *De Girard* et *Buman* wurden die Ölsande von *Bois de Roulavaz*, *Roulavaz* und *Granges* um 1826, dann zwischen 1872 und 1880 abgebaut und einerseits als „mastic“ zur Beflosterung in *Genf* verwendet, andererseits zur Ölgewinnung abdestilliert. Ein bestimmtes Öldestillat soll von der jurassischen Uhrenindustrie besonders geschätzt worden sein.

Die beiden Kohle-Sondierbohrungen von *La Plaine* und *Granges* (Fig. 4, 9) wurden nach *De Girard* mit dem „dispositif Fauvel le plus simple“ und „trépan découpeur et curage continu“ mit fünf Arbeitern ohne Maschinen ausgeführt und damit bis zu 8 m im Tag vorgedrungen.

Über Geschichtliches, Konzessionen, Rechtsfragen, Expertenberichte und damalige Gewinnberechnungen ist auf *De Girard et Buman*, l. c. pag. 1—20 verwiesen.

Stratigraphie.

Übersicht.

Weitaus die grössten Flächen des südwestlichen Kantons Genf werden von diluvialen Schutt, besonders Hoch- und Niederterrassenschotter mit Moränen des Rhonegletschers eingenommen. Darüber orientiert in vorzüglicher Weise die klassische Karte 1 : 25 000 von *A. Favre* in 4 Blättern.

Demgegenüber sind die Molasse-Aufschlüsse äusserst spärlich, und kein einziges grösseres, zusammenhängendes Schichtprofil zu finden. Blatt XVI, 1 : 100 000, geol., II. Aufl. 1899 bietet eine gute Übersicht der Molasse-Aufschlüsse, jedoch im Einzelnen mit einigen Auslassungen. Die Aufschlüsse gruppieren sich etwa folgenderweise von NW nach SE:

1. Molasse-Aufschlüsse am oberen *Allondon*.
2. Molasse von *Dardagny* ca. 520 m, und *Chouilly* 508 m, bildet sanfte Rücken, die etwa 100 m über das Diluvialplateau von 410—430 m hervorragen. NE-Fortsetzung bei *Ornex*.
3. Molasse an der Rhone bei *Epeisse*, *La Plaine* und westlich *Peney*.
4. Molasse am grossen Rhonebogen *Chèvres-Vernier* und am *Nant d'Avanchet* östlich *Vernier*.
5. Hügelrücken von *Berneux*, 504,2 m, der sich sanft über das weite Diluvialplateau erhebt. Westende bei *Ple. Grace*. Morphologisch analog den Rücken von *Dardagny-Chouilly*.
6. Aufschluss an der *Laire* bei *Soral*, an der äussersten Südspitze der Landesgrenze, nach *A. Favre*.

Diese Aufschlüsse sollen nun der Reihe nach kurz besprochen werden.

Beschreibung der Aufschlüsse.

Am oberen *Allondon* findet man vom *Allemagne*-Bach bis zur *Moulin Fabri* gute Aufschlüsse: grüne, rote und violette Mergel, Mergelsande und vorwiegend grünliche Sandsteine, ohne Imprägnation. Mergel und Sandsteine sind nicht zu trennen und gehen ineinander über. Bei Punkt 412 stösst man auf zerschnittene und verrutschte Felsen aus einer 5,5 m mächtigen, weichen, massigen, grünen Sandsteinbank, die von mergeligen Sanden unterlagert wird. Diese Schichten überlagern vermutlich die Abteilung mit Ölsanden, die bei *Granges* zum Vorschein kommt. In Fig. 8 ist dargestellt, wie auch die Ölsande mit grünen und roten Aquitanmergeln verknüpft sind.

Bei *Pont des Granges* wechseln Ölsande mit dünn-schichtigen, teilweise koncretionären Sandsteinen. Im oberen Teil des Bächleins östlich *Granges* wurde über dem Ölsand beim alten Schacht eine dünne, knollige Mergelkalkbank in grünlichem Mergel getroffen — die einzige bis jetzt notierte Kalkbank in der unteren Aquitanabteilung des Gebietes.

Die schönen, aber nicht weit zusammenhängenden Profile des unteren *Roulavaz* wurden bereits eingehend behandelt. Der Hauptölsand wird von bunten, vorwiegend grünlichen Mergeln und Sandsteinen über- und unterlagert. Die gleichen Beziehungen trifft man im *Charmille*, wo westlich Punkt 428 grünliche Mergel anstehen.

Am oberen *Roulavaz*, oberhalb *Pont de Roulavaz* (Grenzstein Nr. 157), findet man an der Landesgrenze wieder grünliche und graue Sandsteine und bei Kurve 450 auch rote Mergel — offenbar etwa das gleiche stratigraphische Niveau wie am oberen *Allondon*, über den Ölsanden. Diesem Niveau gehören wohl auch die ölfreien grünlichen, z. T. dünn-schichtigen Sandsteinbänke am *Nant Punais* westlich Punkt 477 an. Grobe brecciöse Sandsteine (z. B. 3a in Fig. 1, Taf. II) und Konglomeratlagen (lose Blöcke im oberen *Roulavaz*) sind von untergeordneter Bedeutung. Fast alle Sandsteine sind fein bis feinstkörnig und glimmerhaltig, grau bis grün, nirgends rot.

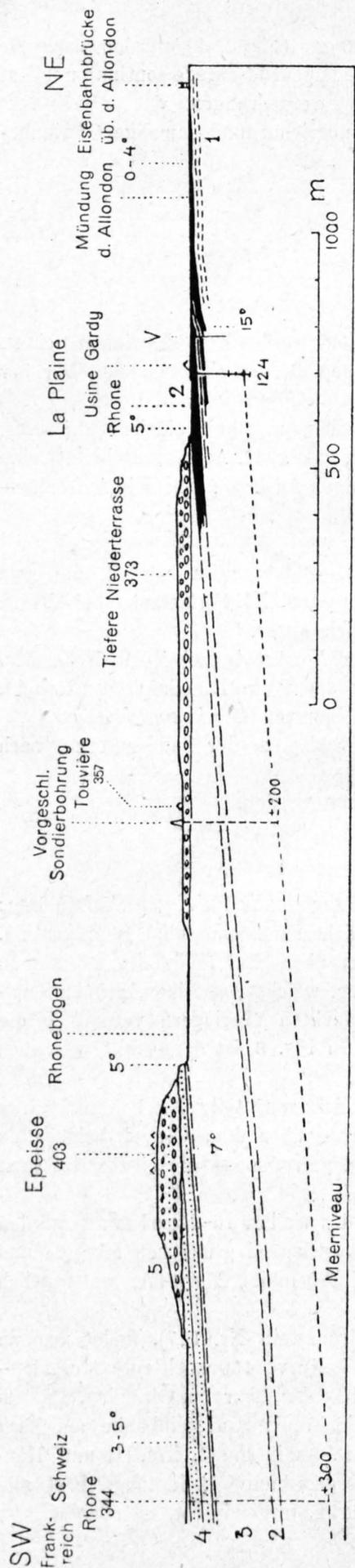


Fig. 10. Profilskizze La Plaine-Epeisse, Kt. Genf
 Nrn. 1-4 siehe Text; 5 = diluviale Schotter; V = kleine Verwerfung.

Über die Schichten am Charmille ragt der Molassehügel 499,4 an der Landesgrenze hinaus: grünlichgrauer Sandstein mit schokoladebraunen Bändern, die aber überraschenderweise nicht auf Chloroform reagieren (Pseudo-Ölsand).

Am Rücken von Choully treten besonders weiche graue bis grünliche dickbankige Molassesandsteine, z. T. mit verworrenen Schichten, zu Tage, am auffallendsten im Dorf Peissy. Vom Rebberg bei Choully (und ebenso vom Moulin Fabri am Allondon) soll nach Necker früher auf Gips gegraben worden sein. An der Strassenkehre NE Grand Vignoble kommt roter Mergel unter dem Sandstein hervor, ebenso blaue und rote Mergel im Châtelet-Bach bei Charny in der Mitte zwischen beiden Strassenbrücken.

Das Molasseprofil von La Plaine bis Epeisse ist in Fig. 10 dargestellt:

1. Rötliche Aquitanmergel am Allondon; vergl. auch Bohrprofil Fig. 4.
2. Ölsande von La Plaine, schwarz.
3. Nicht aufgeschlossene Molasse, ca. 100 m.
4. Am Rhonebogen NE Epeisse 10 m grüne Mergel mit Sandsteinlagen, darüber 8 + x m grüner Sandstein, bedeckt von mächtigem diluvialen Schotter. Auf der französischen Seite scheinen grünliche Molassebänke bis auf etwa 400 m Höhe zu reichen. Daraus ergibt sich für Nr. 4 eine sichtbare Mächtigkeit von etwa 100 m.

Es ergibt sich somit für die Molasse La Plaine-Epeisse eine Mächtigkeit von wenigstens 350 m.

Am rechten Rhoneufer unterhalb des Elektrizitätswerkes Chèvres reicht die Molasse etwa 4 m über das Wasser und ist von Niederterrassenschotter bedeckt. Sie besteht aus bräunlichem Sandstein mit dünnenschichtigen roten Sandsteinlagen und Konglomeratstreifen, die bis fast faustgrosse violette Tongerölle enthalten. Diese können nur dem älteren Tertiär, Bolus oder tieferen Molassehorizonten entstammen. Bunte, vorwiegend grünliche Sandsteine findet man auch am Nordknie der Rhone östlich Vernier und östlich Lignon, während bei Punkt 390 am linken Ufer rote Mergel zum Vorschein kommen.

Während bei Pte. Grave der oberste Teil der bunten Molasse sichtbar ist, besteht der Rücken von Bernex bereits aus einem höheren Horizont. Am Hohlweg SW der Kirche Bernex stehen bräunliche Mergel mit Kalkschichtchen von je einigen cm und Sandstein voller verkohlter Blattdrucke an. Nach Necker und Favre wurde „au-dessus du hameau de Lully“, bei Punkt 504,2, ein Gipslager von 1,6 m Mächtigkeit in zwei Schächten von 13 m Tiefe abgebaut.

Das Molasseprofil am Nant d'Avanchet bei Vernier wurde schon von L. A. Necker, 1841, dann von A. Favre, 1867 und 1879, eingehend beschrieben und illustriert. Wegen dichten Dornengestrüppes war es mir nicht möglich, alle, von den genannten Forschern teilweise unklar dargestellten Einzelheiten nachzuprüfen. In grossen Zügen notierte ich, bachaufwärts gehend, folgendes:

NW

SE

SE

NW



Fig. 1. Ölsand-Felswand am Roulavaz, Dardagny
+ östlichste Galerie, × harte, ölfreie Konkretion.

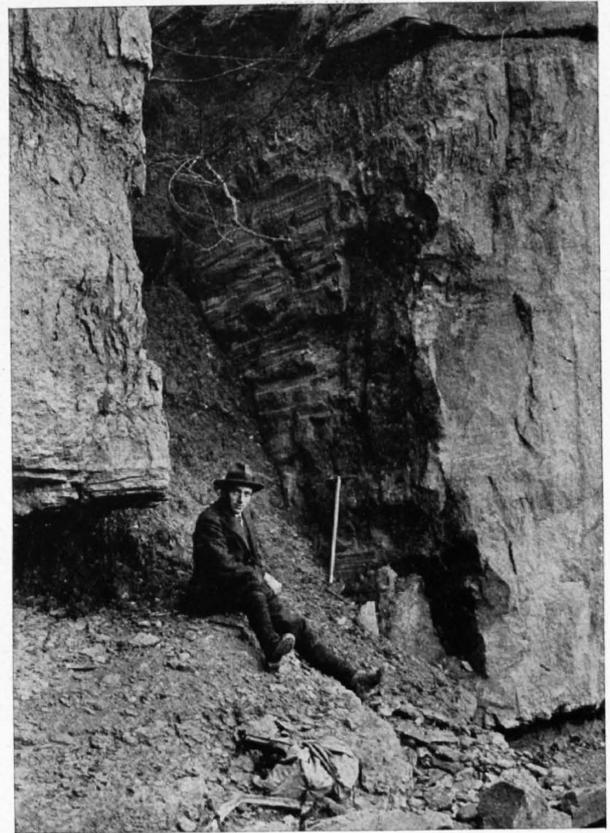


Fig. 2. Transversalverschiebung im Sandstein des Aquitan
am Allondon bei Punkt 412, mit Rutschstreifen.

NW

SE

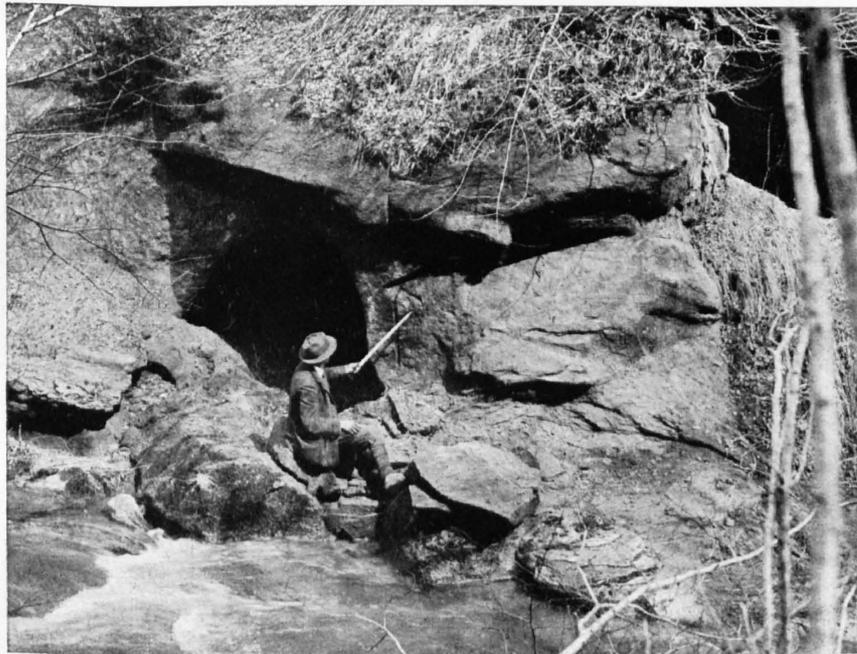


Fig. 3. Ölsand am Roulavaz-Bach, oberste Galerien.
(Der Stock zeigt auf Ölausschwitzungen.)

1. 10 + x m bunte Sandsteine und Mergel.
2. 30—40 m blaugraue, ebenflächig dünn-schichtige Mergel, hier und da mit Gipsplättchen und Kalklagen, die erfüllt sind mit Stengeln und Oosporen von *Chara*. Im mittleren Teil fand *Necker* eine dünne Bank von schwarzem Mergel mit *Planorbis* und Bivalven und ein Kohleschichtchen, zu oberst zwei Bänke von je ca. 30 cm von bräunlichem Stinkkalk mit zwischenliegenden gipsführenden, sandigen Mergellagen, an der Basis dicke Gipslagen.
3. Etwa 250 m unterhalb der Strassenbahnbrücke folgt eine 5 m dicke Bank von grobkörnigem Glimmersandstein mit Diagonalschichtung, grau mit roten Partien, darüber und darunter rote Mergel, alles mit plötzlich veränderter Schichtlage, anscheinend 20° nördlich unter den Süßwasserbildungen 2 hervorstehend

Aus diesen Tatsachen hat *Necker* den Schluss gezogen, dass die „molasse d'eau douce“ (Nr. 2) diskordant auf der „molasse rouge“ (Nr. 1 und 3) transgrediere. Vielleicht erklärt sich aber die diskordante Schichtstellung der beiden Abteilungen einfacher durch tektonische Störungen.

Bei Prégny nördlich *Genf* wurde nach *A. Faure* im Jahr 1832 auf der Höhe des Hügels eine Bohrung von 11 cm Durchmesser auf 221 m Tiefe ausgeführt, wovon die unteren 206,5 m Tone, Mergel und Sandsteine verschiedener Farben, d. h. also unsere untere Aquitangruppe angetroffen haben. Von bituminösen Schichten ist nichts erwähnt.

Resultate.

Auf Blatt XVI, 1 : 100 000, geol., II. Aufl. sind die oben besprochenen Molassevorkommnisse mit mix = Aquitanien supérieur (über der „molasse rouge“) bezeichnet und im dazugehörigen Erläuterungsheft nicht näher besprochen. Aus den hier gegebenen Beobachtungen ergibt sich folgende Einteilung, von oben:

Aquitan-	{	II	Blaugraue Mergel mit Gips- und Kalkbänken mit <i>Chara</i> , Süß- und Brackwasserbildungen, 30 + x m (<i>Nant d'Acanchet</i> , <i>Berner</i>).							
Stufe	{	I	Bunte Mergel und Sandsteine entsprechend allen übrigen Aufschlüssen, 350 + x m	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="font-size: 3em; padding-right: 5px;">}</td> <td style="padding-right: 5px;">b)</td> <td>ölfreie obere Unterabteilung 200 m?</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 3em; padding-right: 5px;">}</td> <td style="padding-right: 5px;">a)</td> <td>ölführende untere Unterabteilung 150 + x m.</td> </tr> </table>	}	b)	ölfreie obere Unterabteilung 200 m?	}	a)	ölführende untere Unterabteilung 150 + x m.
}	b)	ölfreie obere Unterabteilung 200 m?								
}	a)	ölführende untere Unterabteilung 150 + x m.								

In neueren Arbeiten¹⁾ wird die petrolführende Molasse von *Genf* und *Waadt* zum Stampien gerechnet. Nach unseren Befunden sind jedoch die Ölsande in der unteren bunten Molasse eingelagert, wie im Gebiet von *Waadt* bis *Aarwangen*, wo das Stampien erst tief darunter folgt. Die *Genfer* Ölsande sind daher zum unteren Aquitan zu stellen.

Die untere Grenze der Molasse kann ausser durch Tiefbohrungen nur auf französischem, zur Zeit unzugänglichem Gebiet, in der Umgebung von *Bellegarde*, *Fragny* und *Seysel* aufgeklärt werden.

Über die Fazies der unteren Aquitanabteilung sind wir noch ungenügend aufgeklärt. Die wirren Diagonalschichtungen und lokalen Konglomeratlagen mit Mergelgeröllen (*La Plaine*, *Chères*) deuten auf untiefe Gewässer von unebenem Untergrund. Ob es sich aber um Brack- oder Süßwasserbildungen handelt, ist nicht sicher. Dass die bunte Molasse teilweise brackisch ist, machen die gelegentlichen Gipsplättchen wahrscheinlich. Auffallend ist die Fossilarmut, wie in fast allen primären Ölformationen anderer Erdteile (*Apscheron*, *Rumänien-Galizien*, *Oklahoma*, *Kalifornien*, *Sumatra* etc.).

Tektonik.

Allgemeine Übersicht.

Die breite Molassesynklinale zwischen Alpen und Jura ist südlich *Genf* durch die autochthone Kreide-Jurafalte des *Mont Salève* in zwei Teile geteilt. Ihre westliche Hälfte, die Molassesynklinale von *Genf*, hat eine Breite von 17—18 km und wird gegen SW durch die südöstlich abbiegende *Vuachekette* (*Jura-Ausläufer*) eingeengt²⁾. Die Ölvorkommnisse von *La Plaine-Dardagny*

¹⁾ *L. Rollier*, Révision de la stratigraphie et de la tectonique de la Molasse etc., Neue Denkschriften d. Schweiz. naturf. Ges. 1911, und weniger bestimmt in *Albert Heim*, Geologie der Schweiz, 1916, Lfg. 1.

²⁾ Vergl. geol. Karte der Schweiz, 1 : 500 000, II. Auflage.

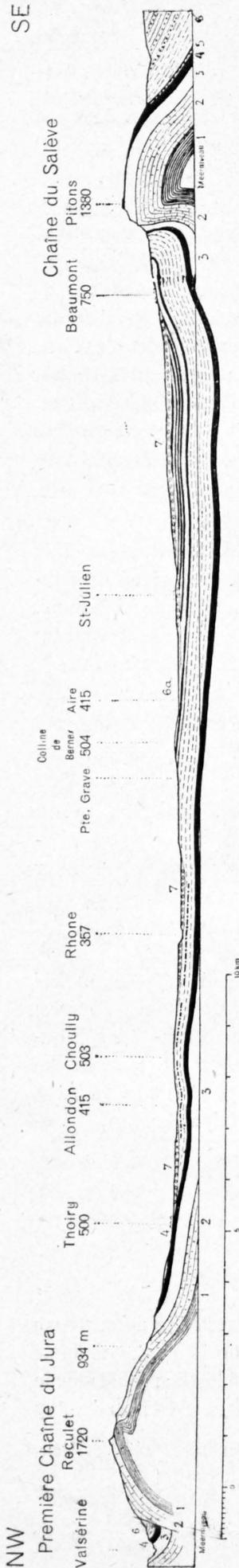


Fig. 11. Querprofil der Molasse-Synklinale zwischen Reculet und Salève, 1 : 120 000 (Reculet nach Schardt, Salève nach Joukowski et Favre)
 1 = Argovien, 2 = mittl. u. ob. Malm, 3 = untere Kreide, 4 = Urgonkalk (schwarz), 5 = Aptien am Salève, 6 = Molasse (mit Bohnerz an der Basis), 6a = oberaquitane Molasse mit Gips, 7 = Moränen und Schotter, Niveau der Ölsande.

liegen auf der Westseite dieser breiten Synklinale, wo die Molasse gegen den Jura anzusteigen beginnt.

Durch Eintragung aller bekannten Beobachtungen in ein Querprofil vom *Salève* bis zur ersten Jurakette, ergibt sich, dass die tiefste Stelle der breiten Molassemulde unsymmetrisch auf der SE-Seite zwischen *St-Julien* und *Beaumont* in Savoyen anzunehmen ist, und dass dort die Molasse etwa 500 m tief unter das Meerniveau sinkt (Fig. 11). Das Erdöl konnte also offenbar von dort her dem sanften Schenkel entlang nach NW heraufwandern, bis es bei *La Plaine* an der Rhone die Oberfläche erreichte.

Während auf Blatt XVI, 1 : 100 000, horizontale Schichtlage der Molasse von *Dardagny-Bernex* angegeben ist, erweisen sich bei näherem Studium die Molassebildungen sanft gefaltet und von Brüchen durchschnitten.

Lokale Beobachtungen.

Am oberen Allondon, bei *Bois de Pins*, fallen die grünen Sande und roten Mergel am konkaven Flussbord etwa 20° SSE, während sie nördlich davon 0–7° NNW einfallen. Wir konstatieren somit hier eine kleine Aufwölbung, die wir Antiklinale von *Moulin Fabri* nennen (Fig. 12).

Weiter flussabwärts, längs des südlich verlaufenden Flusstückes, ist in den gleichen Schichten eine schöne kleine Synklinale mit 10° N fallendem Südschenkel bei Punkt 412, und 5–20° SSE fallendem Nordschenkel zu sehen. An dieser Stelle geht eine kleine N–S verlaufende Transversalverschiebung durch, auf der prächtige, fast horizontale Rutschstreifen abgezeichnet sind (Phot. Taf. III, Fig. 2).

Nördlich des Grenzsteines 136 schwankt die Schichtlage, teilweise infolge unebener Ablagerung, um die Horizontale, während bei der Brücke von *Granges* das Fallen deutlich 10–12° NNW gerichtet ist (Streichen E 20–30° N). Beim Ölsand und alten Schacht im Wald östlich der Brücke schwankt die Schichtlage wieder um die Horizontale.

Auf der SE-Seite des Rückens von *Chouilly* fallen die Schichten, wo an den Rebhängen sichtbar, deutlich mit dem Gehänge nach SE, im Mittel 5–10°. Die klarsten Aufschlüsse bietet der Hohlweg östlich *Peissy*, wo die Schichtlage etwas steiler ist als die Gehängeböschung. Sie schwankt zwischen 4 und 15°, bei *Boverie* zwischen 4 und 12° SSE. Weiter südlich, bei *Charny*, ist an zwei Stellen das SE-Fallen deutlich, aber sehr gering, 0–4°. Nach alledem ist zu schliessen, dass wir es mit dem SE-Schenkel einer Antiklinale zu tun haben. In der Tat finden wir das zugehörige NW-Gefälle auf der N-Seite des Rückens, in einem unscheinbaren Ackergraben bei *Ouchettes*: weicher mergeliger Sandstein, auf etwa 30 m Länge entblößt, im SE-Teil fast horizontal, im NW-Teil bis 8° NW fallend. Die Molasse reicht bis an die Oberfläche, und der prächtige sanfte Rücken von *Chouilly* scheint annähernd der tektonischen Lagerung zu entsprechen: Antiklinale von *Chouilly* (Fig. 12 und Taf. I).

Am unteren Roulavaz fanden wir deutliches SE-Fallen, nördlich *Mules* sogar von 10–15° (Taf. II, Fig. 2). Von hier an aufwärts ist die Lagerung wechselnd und verworren, offenbar im Zusammenhang mit den Brüchen, über die schon Seite 8–11 die Rede war (Fig. 7).

Dazu kommt noch bei kleinen Aufschlüssen die Unsicherheit, ob es sich um primär schiefe Schichtung handelt. Der Ölsand bei der obersten Höhle (Phot. Taf. III, Fig. 3) fällt $12-15^\circ$ SE, der Sandstein mit Ölsandbänken oberhalb der Mündung des *Nant Punaïs* $15-20^\circ$ NE, die Molasse südlich Punkt 450 deutlich etwa 10° SE, die Aufschlüsse oberhalb *Pont de Roulavaz* $5-8^\circ$ SE bis SW. Im Grossen und Ganzen haben die Schichten eine südfallende Komponente, was daraufhin deutet, dass wir uns auf dem Südschenkel einer Antiklinale befinden.

Das Gleiche gilt für *Dardagny*, nur erreicht das Fallen nicht über 8° und mag im Mittel auf $3-5^\circ$ geschätzt werden. Sehr deutlich und auf etwa 50 m weit sichtbar ist die SE-Komponente bei Punkt 499,4 SW *Dardagny* schwankend zwischen etwa 2 und 8° .

Den klarsten Einblick in die Schichtlage bieten die wichtigen Aufschlüsse an der *Rhone*. Bei Niederwasser kann man auf etwa 200 m weit das Streichen der Felsklippen bei der *La Plaine-Brücke* überblicken. Es verläuft SE und das Fallen durchschnittlich 4° SW. Damit scheint auch die Lage der Ölsandaufschlüsse weiter östlich übereinzustimmen, wengleich dort das Gefälle lokal fast verschwindet (vergl. Taf. I).

Am Sporn von *Epeisse* ist die Schichtlage noch unverändert. Wunderschön regelmässig, mit bis zu 8° SW fallender Komponente, lassen sich die Sandsteinbänke und Schichtterrassen auf der französischen Seite beim *Moulin de Challex* von der Schweizerseite aus überschauen, bis die Molasse bei *Grands-Champs* mit $3-5^\circ$ endgültig unter den diluvialen Schottern verschwindet.

Hier handelt es sich nicht um lokale Schichtlagen, sondern um ein regionales SW-Fallen der ganzen Molasseabteilung.

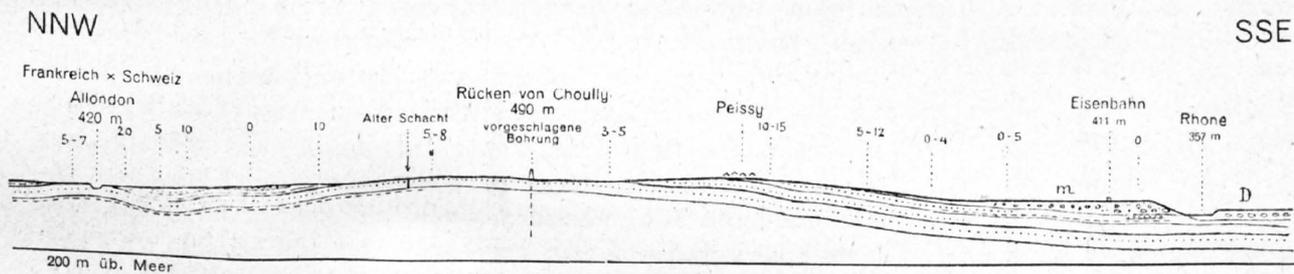


Fig. 12. Profil durch den Antiklinallücken von Chouilly, Kt. Genf
1 : 25 000

(m = Moräne; D = Niederterrassenschotter; die Molasse besteht aus Sandstein und bunten Mergeln des unteren Aquitan; 0-20 = Fallen der Schichten in Graden).

Bei *Pte. Grace*, Punkt 425 an der Strasse, fallen Mergel und Sandstein deutlich $5-10^\circ$ ENE, im Bächlein südlich davon aber lokal wechselnd N und S. Beim Wort *Challoux* von Siegfriedblatt 450 bis scheint das Fallen gleichmässig 3° nach SSE gerichtet zu sein.

Bei der Kirche von *Bernex* fällt die oberoquitane Blättermolasse 5° E, auf der SE-Seite des Rückens aber anscheinend dem Gehänge parallel SSE. *Necker's* Angabe von 45° NW-Fallen in einer damaligen Gipsgrube bei *Lully* konnte nicht verifiziert werden.

Am Rhonebogen von *Chères* bis *Le Lignon* scheinen die Molasseschichten meist $2-4^\circ$ NW bis N zu fallen, im unteren Teil des *Nant d'Aranchet* ebenfalls $2-6^\circ$ N. Im mittleren Teil, bei „an“ des Wortes *Aranchet* der Karte 1 : 25 000, fallen die regelmässigen blaugrauen Mergelschichten auf ziemlich Entfernung regelmässig 6° W bis WSW. Plötzlich taucht dann bachaufwärts wieder die bunte Molasse auf, mit $20-22^\circ$, nahe der Strassenbahnbrücke $10-15^\circ$ Fallen nach SSE, auf eine Entfernung von $150-200$ m. Das Streichen verläuft dort regelmässig W $10-20^\circ$ S; es kann sich also nicht nur um eine ganz lokale Schichtverbiegung am Rande einer Verwerfung handeln.

Folgerungen.

Aus den oben mitgeteilten Beobachtungen darf man nun etwa folgende synthetische Schlüsse ziehen:

1. Die gegen den Jura ansteigende Molasse von *Dardagny* und *Peissy* wird von einer schmalen, dem Jura parallel verlaufenden Falte (Synklinale *Bois des Pins* und Antiklinale *Moulin Fabri*) am oberen *Allondon* unterbrochen. Erdöl und

Erdgas konnten also nicht gegen den Jura hinauf ausweichen, sondern wurden durch die vorgelagerten Falten abgedämmt, bevor sie von den Flüssen durchschnitten waren.

2. Der Rücken von *Chouilly* entspricht einer sanften Antiklinale mit etwa 2 km langem, im Mittel 5—10° fallendem SE-Schenkel. Dem gleichen Schenkel scheinen der Molassehügel W *Dardagny* und der *Roulavaz* anzugehören. Die Antiklinale von *Chouilly* verläuft vermutlich etwa über *Malval*, streicht also ENE. Die Ölsande von *Roulavaz* und *Dardagny* liegen auf der Südseite, diejenigen von *Granges* auf der Nordseite dieser Antiklinale, während der verschüttete Stollen östlich *Malval*, der im Innern 18 % haltigen Ölsand angetroffen haben soll, etwa dem vermuteten Scheitel entspricht.

3. Das regionale SW-Fallen an der *Rhone* bei *La Plaine* und *Epeisse* von durchschnittlich etwa 5° auf eine Breite von 2,5—3 km ist die direkte oder indirekte Fortsetzung des südlichen Antiklinalschenkels von *Dardagny-Peissy*. Vermutlich dreht unter der Diluvialdecke das Schichtstreichen von SE über E nach NE und bildet einen halbkreisförmigen Bogen, so dass die tektonische Lage *La Plaine-Dardagny* einem halbdomeförmigen Antiklinalschenkel entspricht.

4. Der Rücken von *Bernex—Pte. Grave*, scheint die weitere, vielleicht aber indirekte, sanft E bis SE fallende Fortsetzung des Schenkels *Peissy-La Plaine* zu sein.

5. Das 2—4° sanfte NNW- bis N-Fallen am Rhonebogen bei *Vernier* entspricht vermutlich dem N-Schenkel einer flachen Antiklinale, die sich gegen E aus dem Schenkel von *La Plaine* entwickelt und deren Scheitel zwischen *Chèvres* und *Bernex* zu suchen wäre. Mit Prof. Dr. *E. Argand*¹⁾ betrachte ich diese Stromschlinge als ein epigenetisches Talstück, durchschnitten während einer jungquartären sanften Hebung der Molasse. Nehmen wir an, dass der von *Necker* beschriebene Gips des Hügels von *Bernex* demjenigen des *Nant d'Avanchet* entspricht, so ergibt sich zwischen diesen Orten ein durchschnittliches NNE-Gefälle der Schichtung von 2 %.

6. Entspricht die nach *Joukowsky* und *Favre* konstruierte Muldentiefe der Molasse SE *St-Julien* von etwa 500 m unter Meer den Tatsachen, so ergibt sich, dass die Antiklinalen der Umgebung von *Chouilly* und *Allondon* nur sanfte Sekundärwellen innerhalb eines bis *Thoiry* gemessen 16 km langen und um 1 km ansteigenden, also durchschnittlich 6 % = 3—4° geneigten, Synklinalschenkels bilden (Fig. 11). Unter diesen Umständen kann die Gefahr der Verwässerung in der Gegend von *Avully* südlich der *Rhone* noch nicht groß sein.

Aussichten der Erdölgewinnung.

Allgemeines.

Das Gebiet *La Plaine-Dardagny-Chouilly* bietet verschiedenartige Abbaumöglichkeiten, derart, dass ein allfälliges Misslingen des einen Versuches ein gutes Resultat eines andern nicht ausschliesst.

Jedem Petrolgeologen ist bekannt, dass im Idealfall bei einem Ölsand in der Tiefe, der nirgends direkt aufwärts steigend an die Oberfläche gelangt, sich zu oberst Gas, darunter Öl, zu unterst Wasser ansammelt. Öl und Gase stehen dann unter hydrostatischem Druck. Es kann aber auch noch Gasdruck hinzukommen, der höher als der Gesteinsdruck werden kann, sodass das Erdöl wie die Lava bei einer vulkanischen Eruption durch die explosionsartig ausströmenden Gase in grosse Höhe geschleudert werden kann. Das Erdöl und Erdgas sammelt sich also vorzugsweise auf Antiklinalen, während man bei Bohrungen in den Synklinalen Wasser an Stelle von Erdöl findet. Der Abschluss eines in undurchlässigen Gesteinen eingelagerten Ölsandes kann aber auch durch Verwerfungen, durch primäres Auskeilen oder Verstopfen des Ausganges durch die Verdunstungsrückstände des Erdöles selbst erfolgen. Man unterscheidet daher geschlossene und offene Ölsande. Unter offenen versteht man solche, die aufwärts steigend die Erdoberfläche erreichen, ohne abgedämmt zu sein, sodass die flüchtigen Bestandteile längs der Ölsandschichten entweichen konnten.

¹⁾ Persönliche Mitteilung, die ich bestens danke.

Abbau der offenen Ölsande.

Alle einzelnen Ölsande, die wir kennen lernten, sind anscheinend bis weit unter die Oberfläche offen. Es besteht freilich eine Möglichkeit, dass der *La Plaine*-Sand durch eine unsichtbare Verwerfung oder Knickung südlich der Rhonebrücke abgedämmt sein könnte, doch wäre dann der Reichtum an „lebendem“ Öl bei Tage weniger leicht verständlich. Auch für die Sande vom *Roulavaz* und *Allondon* wäre eine lokale Abdämmung denkbar, darf aber keinesfalls in Rechnung gezogen werden.

La Plaine.

Es fragt sich in erster Linie, wie sich die Ölsande weiter S und SW in der Tiefe verhalten.

Wir müssen an folgende Möglichkeiten denken:

a) Verwässerung. Das Erdöl von *La Plaine* wird von Wasser im Sande getragen, das sich nach der Tiefe, d. h. nach SW an Stelle des Erdöls einstellt.

b) Das Wasser bleibt in den weiter SW entfernten synklinealen Teilen des Ölsandes zurück; das Öl ist also bei mässiger Tiefe angereichert.

c) Der Ölsand ist nicht von unten, sondern von der *Rhone* her verwässert, die den Ölsand jahraus jahrein überflutet, sodass das eindringende Wasser schrittweise das Öl verdrängt.

d) Die Ölsande keilen nach SW aus oder gehen faziell in Mergel über.

Die Möglichkeiten a und d machen es ratsam, die erste Sonde nicht allzufern vom Ausgehenden anzusetzen. Fall c ist wohl nicht allzusehr zu befürchten, da die *Rhone* infolge des trüben Wassers der Arve den Sand auszudichten vermag und die Schmieröle ihr übriges dazutun, um das Wasser nicht herein zu lassen.

Ist das Erdöl in der Tiefe angereichert, so kann an folgende Abbaumöglichkeiten gedacht werden:

1. Das Erdöl fliesst nach dem Bohrloch oder dem Schacht und kann gepumpt werden.
2. Das Erdöl fliesst nicht oder ungenügend, doch genügt die Imprägnation, um den Sand bergmännisch mit Schächten und Stollen abzubauen und abzudestillieren.

Ist die Angabe von fließendem Erdöl in 6 m Tiefe bei der Usine *Gardy* richtig, so würde Fall 1 zutreffen.

Ist das Resultat einer ersten Sondierbohrung günstig, so kann die zweite weiter südlich plaziert werden, um den Ölsand in grösserer Tiefe zu erbohren. Unter der Voraussetzung, dass der Ölsand eine kontinuierliche Schichtabteilung von etwa 5° durchschnittlichem Fallen darstelle, was sicher streng genommen nicht zutrifft, würde man den Rhone-Ölsand beim Hofe *Touvière* bei etwa 75—115 m und bei *Grands-Champs* bei 175—215 m durchfahren (Fig. 10), und wenn dort das SW- oder S-Fallen noch weithin unter den Schottern fortsetzt, so ist es wahrscheinlich, dass die Wasserführung weiter südlich in der grossen Synklinale zurückbleibt. In diesem Falle könnte das ganze Gebiet *Epeisse-Acully* produktiv werden.

Sollte sich später durch Schürfarbeiten ein regionales SE-Fallen am SE-Abhang des Rückens von *Bernerx* feststellen lassen, so könnte später auch der Hügel *Bernerx-Pte. Grave* zum Bohren in Frage kommen.

Gibt der Ölsand in Tiefen von 100—200 m kein flüssiges Öl in lohnender Menge ab, so ist die Frage zu prüfen, ob sich ein bergmännischer Abbau des Ölsandes zur Destillation oder Auslaugung rentieren würde. Dies hängt von vielen Faktoren ab: einerseits von Bitumengehalt, Mächtigkeit, Ausdehnung, Tiefe, Druckfestigkeit, Wasserführung etc., andererseits von den äusserst variablen Preisen von Kohle oder Elektrizität, Maschinen, Arbeitskräften, Benzin und Schmierölen.

Entspricht die Bestimmung von 7,3 Gew. % = ca. 20 Vol. % Bitumen des Ölsandes in dem von *Brun* begutachteten Schacht annähernd einem Mittelwert, und ist jener Ölsand 5 m mächtig oder mehr, so sollte sich auch heute ein bergmännischer Abbau als lohnend erweisen können.

Ölsande Dardagny-Charville.

Bei der geringen Mächtigkeit und ungünstigen Lage an der Oberfläche wird man vorläufig von einem Abbau dieser Ölsandvorkommnisse absehen.

Ölsande am Roulavaz.

Hier kann der in den 70er Jahren betriebene Abbau wieder mit neuen Mitteln und unter neuen Aussichten aufgenommen werden. Die Ölsande sind „tot“ und auf Anbohren von flüssigem Öl, das gepumpt werden könnte, darf nicht gerechnet werden. Wohl aber kann der tote, in der Tiefe reicher imprägnierte Ölsand bergmännisch abgebaut und abdestilliert werden. Eventuell wäre auch noch der Versuch zu machen, den Sand mit Benzin oder Schwefelkohlenstoff, die dann regeneriert werden könnten, auszulaugen (*Hartmann*), besonders wenn man Benzin von *La Plaine* gewinnen könnte. Die Mächtigkeit ist so bedeutend, dass ein rasches Auskeilen nach dem Berginnern nicht zu befürchten ist. Dagegen muss stets an die Unregelmässigkeit der Imprägnation gedacht werden. Die ölarmen Lagen können ohne Schwierigkeit von Hand ausgeschieden werden.

Am rationellsten wäre wohl die Anlage eines Schachtes von 40—60 m Tiefe an der Strasse bei *Bois des Grottes*, um den westlichen, am reichsten imprägnierten Ölsandkomplex zu erreichen und diesen in Stollen abzubauen. Von dort führt eine schöne moderne Strasse nach der Eisenbahnstation *La Plaine*.

Leider kann die Frage durch blosses Studium an der Oberfläche nicht beantwortet werden, ob der reiche westliche Ölsand mit den Galerien 7—8 der gleiche oder ein tieferer ist als der östliche (Fig. 7). Wäre das letztere der Fall, so könnte dieser in einem Schacht auf der Hochfläche, etwa bei Punkt 458, unter dem mächtigen Ölsand der Galerien 1—6 in der Tiefe erreicht werden, ja dieser könnte sogar, durch Verwerfungen geschlossen, direkt flüssiges Erdöl liefern. Auf alle Fälle würde durch die Anlage eines solchen zweiten Schachtes mit elektrischem Betrieb die Produktion aus dem sichtbaren, mächtigen Ölsand erhöht.

Über Rentabilitätsberechnung vgl. II. Teil von Prof. Dr. *A. Hartmann*.

Ob für die Destillation die Kohle mit Vorteil durch Elektrizität ersetzt werden kann (Elektrizitätswerk *Chèvres* an der Rhône) ist ebenso eine Frage der Technik und der wechselnden Handelsbeziehungen mit dem Ausland.

Ölsande von Granges.

Für Tagebau könnte allenfalls der Ölsand beim alten Schacht östlich *Pont des Granges* in Betracht gezogen werden, falls er sich durch leichte Schürfarbeiten genügend mächtig und genügend imprägniert erweisen sollte. Sind die Angaben des Bitumengehaltes von bis 18 % im verschütteten Stollen östlich *Malval* richtig, so stünde vor allem dort ein rentabler Abbau in Aussicht. Zur Nachprüfung ist die Anlage eines kleinen Sondierschachtes notwendig.

Bohrungen auf geschlossene Ölsande.

Die Bohrungen auf Kohle von *La Plaine* und *Granges* haben erwiesen, dass die ölführende Molasse noch über 100 m tief hinabreicht. Trotz Nichtabsperrens des Wassers werden aus allen Sondierungen Gase, z. T. starke Gase, gemeldet. Gelingt das Absperren des Wassers, was bei dem äusserst günstigen Terrain keine besondere Schwierigkeit bieten sollte, so ist ein Zufluss von Öl und Gas aus Ölsanden in Tiefen von 100 m und mehr zu erwarten.

Die erbohrten Ölhorizonte von *Granges* und die tiefsten von *La Plaine* dürfen vermöge der synklinalen Abdämmung am oberen *Allondon* als geschlossen betrachtet werden.

Wie bei allen Ölsanden ist auch für *La Plaine* anzunehmen, dass in der Muldentiefe sich Wasser angesammelt hat, während Öl und Gas schenkelaufwärts wanderten. Das Öl von *La Plaine* ist also, sofern es überhaupt gewandert ist, von S oder SW gekommen. Da der halbdomeförmige Südschenkel der breiten Antiklinale von *Chouilly* ungleich ausgedehnter ist, als der etwas problematische N-Schenkel, ist es angezeigt, die Sondierbohrungen etwas südlich des Antiklinalscheitels anzusetzen.

Wir empfehlen folgende Bohrstellen (Karte Taf. I):

Nr. 1. Beim Hofe *Touvière, Acully*, 700 m SW der Rhonebrücke von *La Plaine*, 340 m ü. M., 5—10 m über der Rhone. Hier wird man vermutlich nach Abteufen eines kleinen Schachtes in Kies die Bohrung in anstehender Molasse ansetzen können. Noch unmittelbarer in der Fallrichtung

von der Rhonebrücke aus würde eine Bohrung 200—400 m weiter östlich liegen, jedoch dort zuerst etwa 30 m Glazialschutt durchfahren müssen, sodass gleich beim Eintritt in die Molasse mit Wasserabsperrern eine Rohrdimension geopfert werden müßte. Ausserdem ist die Möglichkeit nicht ganz ausser Acht zu lassen, dass unter *Cartigny* und *Avully* eine sehr tiefe wasserreiche Schotterrinne eines interglazialen Rhonelaufes hindurchziehen könnte.

Nr. 2 auf der kleinen Flussterrasse am *Allondon*, 100—200 m SE *Pont d'Essertines*. Tektonisch ebenso günstig wäre eine Bohrung auf der Hochfläche nördlich des Dorfes *Dardagny* gelegen, doch würde man dort erst nach 60 m Tiefe das Niveau des *Allondon* erreichen; die Bohrung würde also um so viel teurer werden. Andererseits ist die Möglichkeit nicht ganz ausser Acht zu lassen, dass das Quertal des *Allondon*, von *Malval* bis *Russin*, in seiner Anlage tektonisch durch eine Quersynklinale oder einen Bruch bedingt sein könnte. Bei der ausgedehnten diluvialen Schuttdecke fehlen hierüber alle positiven wie negativen Anhaltspunkte. Vorteilhaft ist bei diesem Platze die Lage an der Strasse und am Wasser.

Nr. 3 auf dem Rücken von *Chouilly*, z. B. bei *Crédery*, Punkt 503 oder wenig südlich davon an der Strasse nach *Peissy*. Bei *Chouilly* ist die Antiklinale klarer erkennbar; insbesondere unzweideutig deren SE-Schenkel bei *Peissy* (Fig. 12). Dagegen ist hier die Wasserfrage weniger günstig, und der Ort liegt etwa 2 km abseits von der oberflächlich sichtbaren „Ölzone“ *La Plaine-Dardagny-Roulavaz-Granges*.

Über die Mächtigkeit der Molasse sind wir äusserst dürftig unterrichtet. Wir wissen noch nicht, ob 150 oder 500 m Molasse zu durchbohren wären, würden aber die höhere Zahl begrüssen, weil dann um so eher die Möglichkeit besteht, noch tiefere geschlossene Ölhorizonte unter höherem Druck zu erbohren, die bei der antiklinalen Lage ein schönes Resultat ergeben könnten.

Vergleich mit ausländischen Ölfeldern.

Die Ölsande am *Roulavaz* mit ihren Diagonalschichtungen erinnern an solche, die ich in Kalifornien im Eozän, Oligozän (*Sespe*) und unter Miozän (*Vaqueros*) beobachtete, während der *La Plaine*-Sand verblüffend ähnlich gewissen Ölsanden der mittleren Palembang-schichten (d. i. der miozänen marinen Molasse) von Süd-Sumatra ist. Da wie dort folgen über der Ölformation Brack- und Süsswasserbildungen mit Stinkmergellagen. Die gesamte ölführende Genfer Molasse erinnert nach Mitteilung von Herrn Dr. *J. Erb* faziell am allermeisten an die gipsführende mittelmiozäne sog. Salzionformation von Rumänien, die anerkannterweise durch Ölsande in verschiedenen Horizonten auf primärer Lagerstätte und durch gleichartige bunte Mergel charakterisiert ist.

Auf die Analogie der Waadtländer Ölformation mit dem alten Erdölfeld von *Pechelbronn* und Umgebung im Elsass hat schon *A. Jaccard* hingewiesen. Eine direkte Verbindung über den Jura kann aber schon deshalb nie bestanden haben, weil nach unseren Befunden die westschweizerischen Ölsande dem Ober-Oligozän, diejenigen von *Pechelbronn* dem Unter-Oligozän angehören. Faziell besteht aber in der Tat nach den schönen Arbeiten von *Andreae* und *v. Werveke*¹⁾ eine weitgehende Übereinstimmung: blaugrüne, auch rote tonige und sandige Mergel, hie und da mit Gipsspuren, und mürbe, glimmerhaltige Sandsteine, seltener Mergelkalkbänke, zusammen von wenigstens 300 m Mächtigkeit. Marine, brackische und limnische Ablagerungen stehen im Elsass in vielfachem Wechsel, horizontal wie vertikal, was auf Lagunen und Deltas hinweist. Das Erdöl findet sich in sandigen Mergeln und sandigen Schichten auf primärer Lagerstätte. Daneben gibt es, wie in der Schweiz, poröse Sande, die nicht imprägniert sind. Die Haupt-Ölträger sind lose Sande in Form von geneigten verzweigten Bändern oder Schläuchen, die als alte Flussrinnen gedeutet werden. Der Abschluss durch Mergel findet nicht in Form von Antiklinalen, sondern durch primäre Abgrenzung der „Sandschläuche“, teilweise auch durch Verwerfungen statt. Nur dadurch sind die dortigen Springölquellen schon aus relativ geringen Tiefen verständlich. Die guten Bohrungen haben das Öl bei 100—500 m Tiefe erreicht. Schon im 18., besonders aber im 19. Jahrhundert wurden die Ölsande des Elsass bis zu etwa 100 m Tiefe in grossem

¹⁾ *A. Andreae*. Beitrag z. Kenntnis des Elsässer Tertiärs, II. Teil: Die Oligozänschichten im Elsass. Strassburg 1884.

L. v. Werveke in *H. Höfer*. Das Erdöl, I. Teil, pag. 209. 1919.

Masstab bergmännisch, in Schächten und Stollen abgebaut und abdestilliert, bis von 1888 an die Tiefbohrungen grössere Erfolge brachten. So wurden z. B. nach *r. Werveke* im Jahr 1871 in der Grube *Pechelbronn* 4591 Tonnen Ölsand zu 4% Rohöl ausgebeutet. Die Ölsande sind nach *Andreae* meist 1—2, seltener 4 m mächtig, 30—50 m breit und höchstens 800 m lang, stehen also in ihren Dimensionen gegenüber unseren Sanden von *La Plaine* und *Roulavaz* eher zurück.

Ganz allgemein darf man sagen, dass die Genfer Ölsande, insbesondere der *La Plaine-Sand*, zu den schönsten gehören, die man in den grossen Ölfeldern überhaupt an der Erdoberfläche findet.

In tektonischer Hinsicht lässt hingegen das Genfer Ölgebiet viel zu wünschen übrig. Die Schichten sind allzu sanft aufgerichtet; die Faltung ist zu flau. Gern sieht man in tertiären Ölfeldern Antiklinalschenkel von 30° und darüber, während die unserigen nur lokal 5—10° übersteigen und auf weite Strecken zwischen 0 und 5° schwanken. Infolgedessen wird sich das Öl weniger in scharf begrenzten Zonen angereichert haben und sich unter geringeren Drucken befinden, als es bei den grossen tertiären Ölfeldern mit springenden Brunnen der Fall ist. Gerade dieser Mangel an Konzentration wird die Methoden eines für unsere Verhältnisse geeigneten Abbaues bestimmen, wenn solche gefunden werden. An Ölspringbrunnen ist bei uns kaum zu denken.

Es gibt unter den grossen tertiären Ölfeldern in tektonischer Hinsicht aber auch ermutigende Beispiele.

Bei *Bibi-Eybat* am Kaspischen Meer gibt es sogar springende Ölbrunnen auf allerdings antiklinalen, aber offenen Ölsanden.

In Süd-Sumatra anderseits besitzt die „*Sumpal*“ Petroleum-Gesellschaft eine grosse Produktion aus einer zwar geschlossenen kuppelförmigen Antiklinale von höchstens 10° fallenden Schenkeln.

In Galizien sind zwar die weitaus meisten und bedeutendsten der zahlreichen Ölfelder an geschlossene Antiklinalen gebunden, allein es gibt auch produktive Felder auf offenen Sandsteinen, so z. B. das altberühmte Ölfeld von *Sloboda rungurska*, wo 30—40° SW fallende Ölsandsteine des unteren Eozän (deren bedeutendster an der Oberfläche erhärtet ist¹⁾ und sich nur mit Chloroform als ölhaltig erweist) schon bei weniger als 100 m bis zu 12 Tonnen täglich ergaben. In den 80er Jahren war das kleine Ölfeld das produktivste von ganz Galizien. Hier muss allerdings gesagt werden, dass *Sloboda* dem offenen Kern der grössten bekannten autochthonen Antiklinalen angehört, die einem gewaltigen Sammelgebiet entspricht.

Einen noch klareren Fall eines nahoffenen Ölsandes bietet das kleinere Ölfeld *Strzelbice* 4 km SW *Starasól* bei *Sambor* (Fig. 13). Der produktive Ölsand ist über 100 m weit im *Smolankabach* klar aufgeschlossen, fällt 25—40° SSW und ist wenigstens 50 m mächtig, dabei auffallend massig, weich, braun, vom Typus *Dardagny*, mit Ausschwitzungen, ohne deutliche Diagonalschichtung, ohne Konkretionen. Die obersten 4 m des Sandkomplexes, scharf aber ohne Tonzwischenlage vom liegenden ölsandigen Sand abgegrenzt, sind trotz seiner grossen Porosität und Weichheit

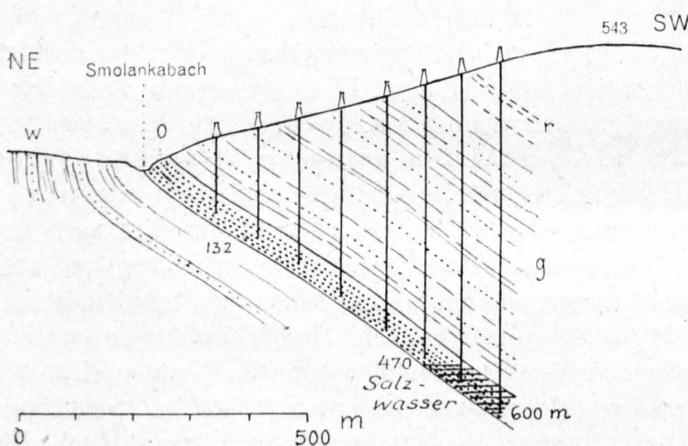


Fig. 13. Schematisches Querprofil durch das produktive eozäne Ölfeld von *Strzelbice* bei *Starasól*, Galizien
 W = weisser, weicher Sandstein und graue Mergel, O = Ölsand, g = vorwiegend grüne Mergel, r = rote Mergel.

weiss und nur von Adern und Flecken braunen Ölsandes unregelmässig durchschwärmt. Der untere Teil ist ein primärer Ölsand, von dem aus der obere sterile Teil auf Klüften und Adern imprägniert wurde. Der Bach hat den Ölsand nicht verwässert. Im August 1918 wurden von 48 alten Bohrungen noch 13 gepumpt, die zusammen 5 Tonnen eines braunschwarzen Öles vom spez. Gew. 0,91 produzierten.

¹⁾ Am Sattel zwischen dem Ölfeld und Dorf *Sloboda*.

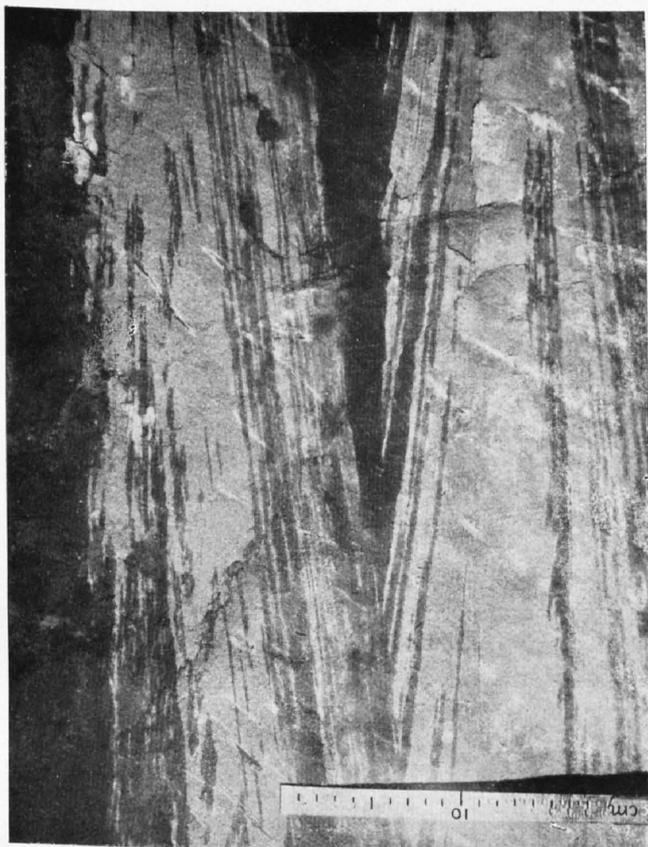


Fig. 2. Diagonalschichtung in einer öärmeren Lage.
Zweitöstlichste Galerie NW - Seite, Roulavaz, Dardagny.



Fig. 4. Diagonale Schichten von Ölsand im Gönhardstollen bei Aarau.

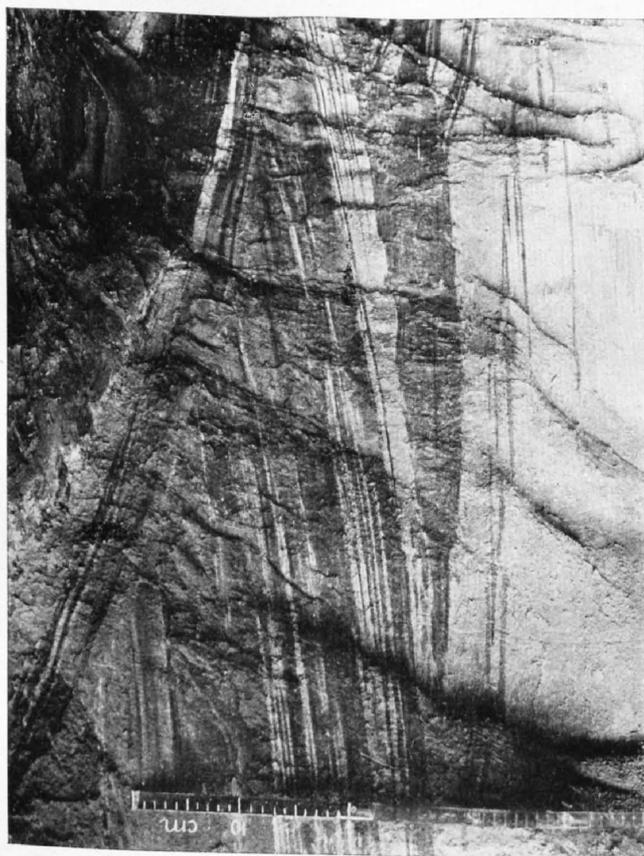


Fig. 1. Ölsand (dunkel) und öfreier Sandstein (hell) in Diagonalschichten.
Zweitöstlichste Galerie SW - Seite, Roulavaz, Dardagny.

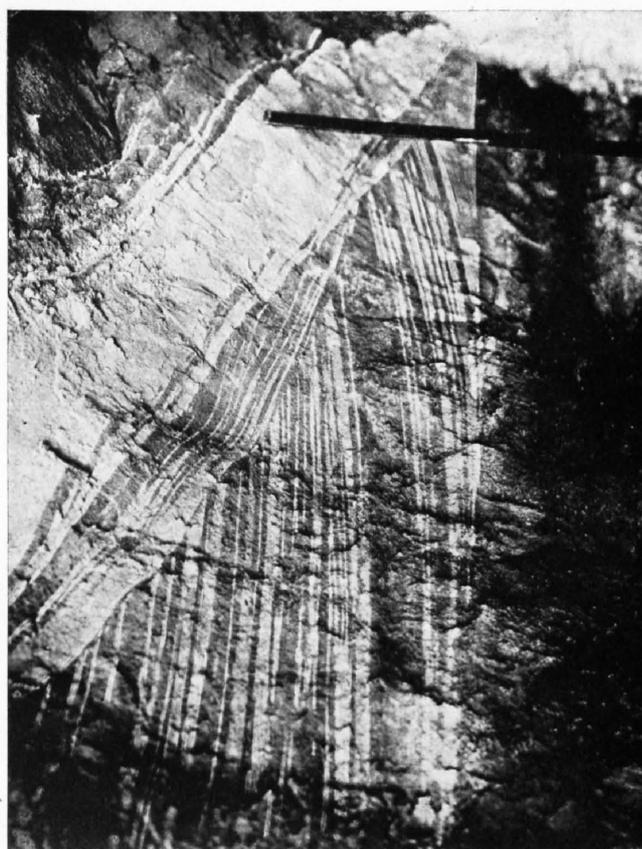


Fig. 3. Feinste Diagonalschichtung des Ölsandes.
Zweitöstlichste Galerie NE - Seite, Roulavaz, Dardagny.

Die seichteste Bohrung produziert täglich 5 Fass (8 Zentner) aus 132 m Tiefe, die tiefste bei 470 m anfänglich 30 Zentner, die rasch auf 15—10 Zentner konstanter Produktion abfallen, während bei 600 m bereits neben dickem Öl sich zu viel Salzwasser eingestellt hat¹⁾. Ursprünglich wurde das Öl aus Schächten geschöpft, die neben dem Bach in den Ölsand hinabgegraben wurden, aber längst verlassen und eingestürzt sind.

Dem gleichen untereoziänen Ölhorizont, einem der wichtigsten und konstantesten Galiziens, entstammt u. a. die Produktion der langen geschlossenen Antiklinalen *Potok-Kroszienko-Trześniow* und *Humniska-Grabownica*. Im Frühjahr 1918 erbohrte die „Galicia“ auf Anweisung ihres Geologen *J. Hempel* bei Grabownica nahe dem geschlossenen Scheitel bei 395 m Tiefe einen Springbrunnen mit anfänglich 40 Tonnen, nach einigen Monaten sich auf 10 Tonnen setzender eruptierender täglicher Produktion, eines in Aufsicht hellgrünen, in Durchsicht orangegelben, sehr benzinreichen Öles von 0,855 spez. Gew. Dies ist z. Z. die beste Seichtbohrung Galiziens.

Die obigen Daten geben einen Begriff vom Unterschied des gleichen reichen Ölsandniveaus bei offener oder geschlossener Lage: im offenen Sand schwereres, asphalthaltiges Öl, wenig Gas, kleine, aber oft Jahrzehnte anhaltende Produktion; im antiklinal geschlossenen Sand Eruption durch reichliche Gase, wertvolleres, leichtes benzinreiches, asphaltarmes Öl, mit anfänglich rasch abfallender, aber im Ganzen doch bedeutend höherer Produktion.

In Rumänien wird in mäotischen Schichten von 10—20° monoklinalem Fallen aus offenem Ölsand seit alter Zeit Erdöl in Form von Schächten von 100 bis 200 m Tiefe auf primitivste Weise geschöpft²⁾. Ein mit Eichenholz gezimmerter Schacht von 100 m soll einige tausend Franken kosten. Daraus wird das Rohöl, bis 10 Tonnen per Tag, mit Pferd oder Maultier in Fässern gehoben (z. B. *Bustenary, Gura Ocniței*). Dies sind Fälle, die uns lebhaft auf La Plaine hinweisen.

Vorschläge.

Aus allem Vorangehenden lässt sich schliessen, dass die Aussichten der Erdölgewinnung im Kt. Genf nicht glänzend, aber keineswegs hoffnungslos sind. Berücksichtigen wir allein die oberen *La Plaine*-Sande, die an der Oberfläche fast 1 km weit verfolgt werden konnten, geben wir ihnen eine Mächtigkeit von 20 m, eine Ausdehnung von 2 km², einen mittleren Rohölgehalt von nur 1 Gew. %, so erhalten wir eine Million Tonnen Erdöl.

Zur endgültigen Aufklärung ob und wie die tatsächlich vorhandenen Ölvorräte auf Schweizerboden mit Vorteil gewonnen werden können, sind wie in andern Ländern Sondierarbeiten unerlässlich. Wir empfehlen folgendes vorläufiges Arbeitsprogramm, das selbstverständlich den allfälligen Befunden entsprechend abzuändern sein wird.

1. Topographische und geologische Spezialaufnahme des Roulavaz unter Zuhilfenahme von Schürfungen zur Feststellung, ob nur ein verworfener oder zwei übereinanderliegende Ölsande vorhanden sind. Diese Arbeit kann nur in der laublosen Zeit ausgeführt werden.

2. Anlage eines Sondierschachtes bis zum Wiedererreichen des angeblich 18 % Ölsandes der „Galerie des Débaillats“ auf dem östlichen Ufer des *Allondon E Malval*.

3. Anlage von Sondierschächten oder Handbohrungen bei *La Plaine* zur Prüfung der Mächtigkeit und des durchschnittlichen Bitumengehaltes des zweitobersten Ölsandes mit angeblich 7,3 % Bitumen, auf beiden Rhoneufern.

4. Spezielle Öl-Sondierbohrungen: I. Avully-Touvière, II. Pont d'Essertines am *Allondon*, III. Chouilly-Crédery auf der Antiklinale.

Diese Bohrungen sollten auf mindestens 200 m abgeteuft und für 400 m vorgesehen, d. h. mit Rohrdimensionen von ca. 10 Zoll begonnen werden. Ergibt Bohrung I ein ermutigendes Resultat und sind die Ölsande nicht verwässert, so ist eine weitere Sonde bei *Epeisse-Grands Champs* an der *Rhone* zu empfehlen, wo die Ölsande um rund weitere 100 m tiefer zu erwarten sind, d. h. bei 200—

¹⁾ Diese wertvollen Mitteilungen verdanke ich Herrn Betriebsleiter *Witold Rzewuski, Starasöl*.

²⁾ Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Dr. *J. Erb*.

300 m (Fig. 10 links). Ist das Resultat einer ersten Sonde unerfreulich, so ist deswegen ein Erfolg bei einer andern der drei erst genannten Lokalitäten noch nicht ausgeschlossen.

Bohrung *Avully* in dem von den Firmen Eisen- und Stahlwerke Schaffhausen und Gebr. *Sulzer* konzessionierten Gebiet südlich der *Rhone*, sollte in erster Linie und unter allen Umständen einmal ausgeführt werden.

Am zweckmässigsten ist das trockene kanadisch-galizische System mit Gestänge oder auch mit amerikanischer Seilbohrung. Jede unnötige Wasseransammlung im Bohrloch muss sorgfältigst vermieden werden, da sonst die schönsten Ölhorizonte unbeachtet durchbohrt werden könnten; denn der Druck der Wassersäule drängt das Öl im Sandstein zurück. Das Absperrern des Wassers ist die Grundbedingung zu einem Erfolg. Mit dem Erreichen einer bestimmten Tiefe allein ist nicht nur nichts erreicht, sondern es können ohne Wasserabsperrern schöne Ölhorizonte von oben her dauernd verwässert werden.

Die Molasse bietet sowohl nach den geologischen Befunden als auch nach dem Ergebnis der Handbohrungen von 1888 zum Durchbohren die denkbar günstigsten Eigenschaften. Trotzdem ist es notwendig, dass die Bohrungen von den erfahrensten Petrol-Bohrleuten und unter ständiger geologischer Kontrolle ausgeführt werden.

Ob sich die Destillation reich imprägnierten Ölsandes in grossem Masstab jetzt oder später lohnen kann, ist eine fabriktechnische und finanzielle Frage, die ausserhalb des Rahmens dieses „Beitrages“ fällt.

Kanton Waadt.

Literatur.

- 1789 *de Razoumowsky, G.*, Histoire naturelle du Jorat et de ses environs et celle des trois lacs de Neuchâtel, Morat et Bienne, Bd. II, Lausanne.
- 1869 *Jaccard, A.*, Description géologique du Jura Vaudois et Neuchâtelois, Mat. Carte géol. Suisse, VI. Livr., pag. 47-54.
- 1883 *Zincken F.*, Die Vorkommen der fossilen Kohlenwasserstoffe, Leipzig.
- 1890 *Jaccard, A.*, L'origine de l'asphalte, du bitume et du pétrole, Arch. d. Sc. phys. et nat. de Genève.
— *Jaccard, A.*, Etudes géologiques sur l'asphalte et le bitume, Bull. Soc. neuchâtel. d. sc. nat., 1889, t. XVII.
- 1893 *Jaccard, A.*, Le Pétrole de la molasse Vaudoise, indices et présomptions, Neuchâtel.
- 1895 *Jaccard, A.*, Le Pétrole, l'Asphalte et le Bitume au point de vue géologique, avec 30 figures. *F. Alcan*, Paris.
- 1898 *Schardt, H.*, Notice sur l'origine des Sources vaclusiennes du Mont de Chamblon, mit Profiltafel. Bull. Soc. neuchâtel. d. sc. nat., t. XXVI.
- 1909 *Höfer, Hans*, Die Geologie, Gewinnung und Transport des Erdöls, mit 307 Abb. und 26 Taf., Leipzig.
- 1911 *Schardt, H.*, Notes sur les gisements asphaltifères du Jura, avec 1 planche et 1 cliché, Bull. Soc. neuchâtel. d. sc. nat., t. XXXVII.
- 1912 *Schaay, J. H.*, Bemerkungen über bitumenführende Molasse in der Westschweiz, Zeitschr. f. prakt. Geol., Jahrg. XX, Heft 11/12.
- 1913 *Girard, Raymond et Buman, René*, Les Gîtes d'Hydrocarbures de la Suisse Occidentale, Mitt. naturf. Ges. Freiburg (Schweiz), vol. VIII, fasc. 1, et chez Fragnière, Freiburg.
- Karten: Blatt XI des Geol. Atlas der Schweiz, 1:100 000, II. Auflage, bearbeitet von *A. Jaccard*, 1893.
Siegfriedblätter, topographisch, 1:25 000, besonders Nrn. 292, 293, 294, 295, 301, 304.

Aus dem Waadtland sind schon seit Jahrzehnten die durch *A. Jaccard* wiederholt beschriebenen Ölsande von *Orbe*, *Chavornay* und *Method* bekannt. Von der Gasquelle bei *Cuarney* berichtet *Zincken* 1883. Wir können noch einige neue Fundstellen hinzufügen.

Von *Genf* bis *Eclépens*, auf 50—60 km ist die subjurassische Molasse grösstenteils von Diluvium verdeckt. Reich an guten Aufschlüssen ist der *Boiron*-Bach bei *Nyon*. Einem Briefe von Herrn Dr. *J. Erb* ist folgendes entnommen: In der Hauptsache schmutziggelbe glimmersandige Mergel mit Schichten von kirschroten bis grünen Mergeln, die oft in regelmässigen Abständen von 1—2 m wiederkehren. Von bituminösen Einlagerungen war nichts zu finden. Lagerung horizontal bis spurweise Gefälle seewärts; keine Verwerfungen sichtbar.

Auch an dem Bergrücken *W Rolle* liegt die aquitane Molasse annähernd horizontal.

Eclépens.

Vom Jura her zweigt der merkwürdige Urgonkalksporn des *Mormont* nach E ab und bildet einen Felsriegel quer über das NS verlaufende Molassetal in Form einer sanften Antiklinale mit 5–20° fallenden Schenkeln, die durch viele Brüche mit Vertikal- und Horizontalbewegung durchschnitten ist. Bei der Tuilerie östlich des Eisenbahntunnels Station *Eclépens* sind die denkbar schönsten horizontalen Rutschstreifen auf einer NS streichenden Bruchwand aufgezeichnet. Der Gewölbescheitel steigt sanft östlich an, um aber stufenweise wieder abzusinken. So ist das Stück *Sur Pévray* in 2 oder 3 Sprüngen um 50–100 m tiefer gesetzt als der *Mormont*, *Sur Chaix* gegen 50 m tiefer als *Pévray*, und am *Cristallin*-Bach bricht das Urgon auf NW laufender Spalte abermals etwa 30 m ab (Fig. 14). Die Klüfte im hellen, kompakten Urgonkalk sind stellenweise von zähem, schwarzem Erdteer oder Asphalt erfüllt¹⁾, der aber in keiner Beziehung zum Ölsand der Molasse steht. Tiefe Taschen und Klüfte sind von Bohnerz gefüllt.

Auf beide Schenkel legt sich die Molasse. Sie ist unvollständig aufgeschlossen im *Rochettaz*- und *Vérénaz*-Bach bei *La Sarraz*: zuerst grünliche Sandsteine, dann etwa 80 m über dem Urgon eine Kalkbank, darüber bunte Mergel und Sandsteine. Mit 20° S Fallen beginnend verflacht sich die Schichtlage rasch gegen Süden.

Östlich der Tuilerie sticht das Urgongewölbe unter die Molasse hinein, welche das Plateau *Oulens-Coudrey* bildet, ist also von Molasse noch so ungewölbt, wie in früherer Zeit auch am *Mormont*.

Am Bach östlich der Tuilerie (Ecke links unten in Fig. 15) findet man von unten:

Grüne, meist dünn-schichtige Sandsteine, bei 510 m rote Mergel, 15–20° SE fallend. Gegen den Rand des Plateaus, im „*Grand Bois*“, Kurve 570, halbwegs zwischen dem Bächlein und dem nördlich davon liegenden Weg, befindet sich ein frischer Abrutsch, wo bei 15° SSE Fallen von unten zu sehen sind: weicher bunter Sandstein, ca. 4 m bunte Mergel, 5–8 m grüner Sandstein teils weich, teils klingend hart, zu oberst 0,5 m Ölsand fleckig grün und bräunlich. Dieser Ölsand mag sich etwa 150 m über dem Urgon befinden.

Reichhaltiger sind die Aufschlüsse etwas nördlicher, am *Cristallin*-Bach, jedoch wegen verschiedener Brüche nicht zu einem stratigraphisch kontinuierlichen Profil zu vereinigen. Wir notierten

1. Oberhalb der Strasse *Maladeires*, nördlich „M“ dieses Wortes von Bl. 304, ist ein etwa 30 m mächtiger Sandsteinkomplex von etwa 50° NE Fallen aufgeschlossen, der faziell an die Aarwanger Molasse erinnert: bräunlich und gelblich, glimmerreich, im oberen Teil mit Konglomeratlagen und Mergelgeröllen, nicht vom Typus der Ölsandgruppe. Im Bach folgen bei Punkt 545:
2. Bunte Mergel und grüne Sandsteinlagen, 15–30° SSE fallend.
3. Kalkbank, bräunlich, dicht, 1/2–1 m, 50° S fallend; dann 40 m weit Unterbruch der Aufschlüsse.
4. Ca. 15 m grünlicher Sandstein, im oberen Teil bräunlich mit schwarzer Ölimprägnation, 15–35° SE fallend, Kurve 560.
5. Rote Mergel.
6. Grüner Sandstein mit schwarzgrünen Lagen, 7° SE fallend.
7. Bunte Mergel, 15° SE.
8. Grüner, weicher Sandstein bei Kurve 580, darüber Moräne.

¹⁾ Vergl. *Ab. Heim*, Geol. d. Schweiz, Phot. Fig. 83, pag. 526.

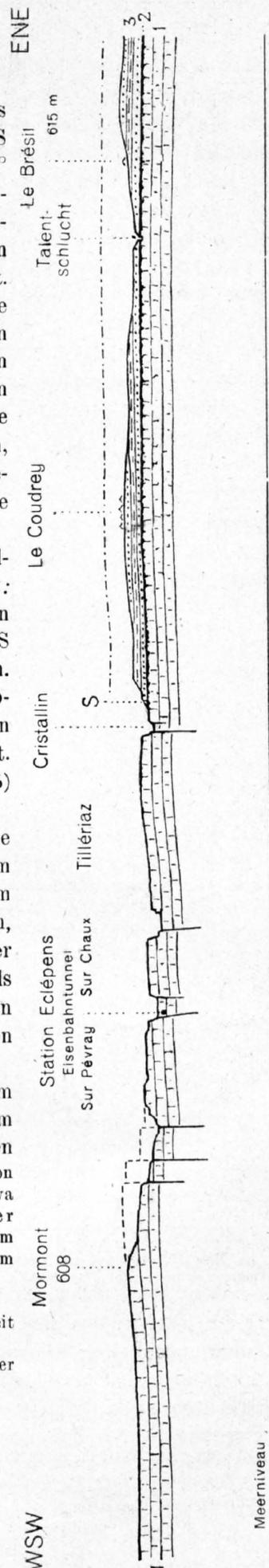


Fig. 14. Längsprofil Mormont-Talent, 1 : 25 000
(zerstückeltes Urgongewölbe als Talriegel)
1 = Urgonkalk 2 = Bohnerz und Bolus, 3 = Molasse, - - - - = Niveau des Ölsandes (unt. Aquitan).

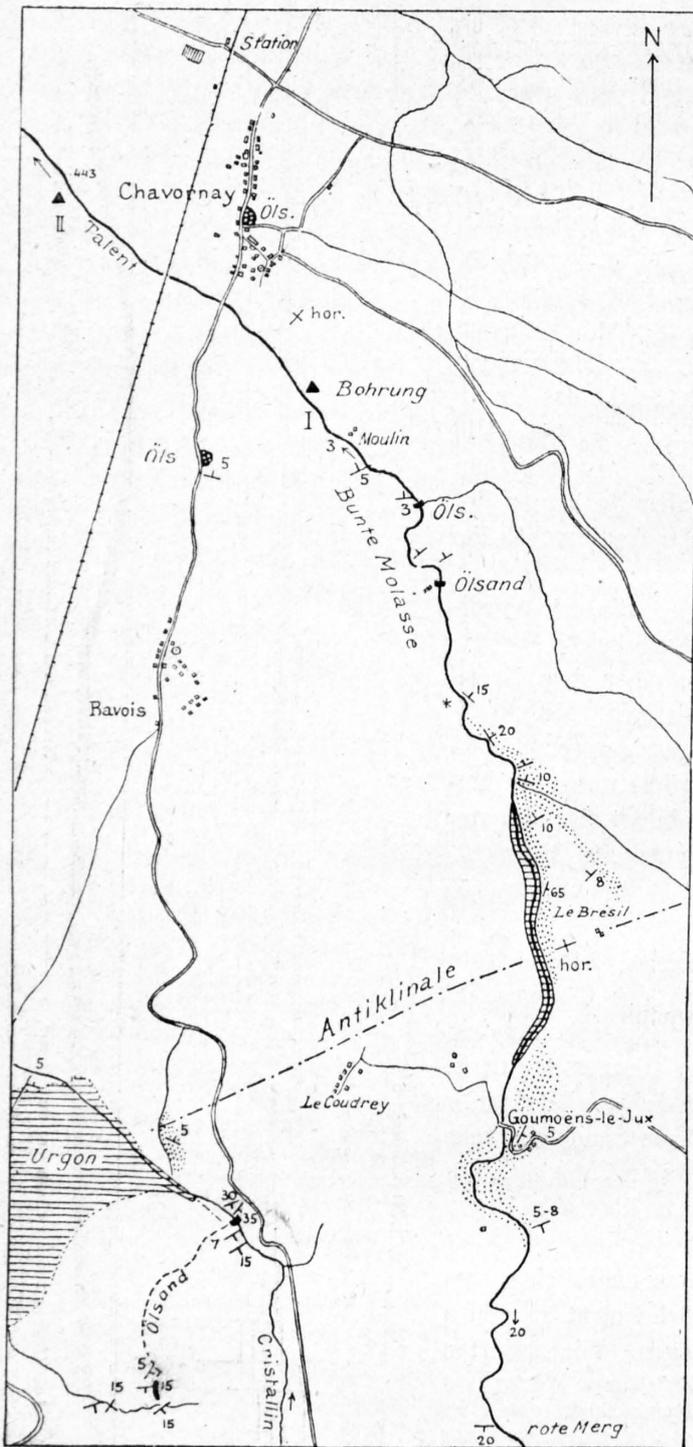


Fig. 15. Das Ölsandgebiet von Chavornay, 1:35000
Urgonkalk mit Bohnerz = horizontal schraffiert, Basissandstein der Molasse = punktiert.

fallenden Urgonkalk, der von 3,5 m rotem Bolus mit Bohnerz bedeckt ist. Darauf liegt mit scharfer Grenze unmittelbar schmutzig grünlicher, weicher Molassesandstein, der unbegreiflicherweise auf etwa 200 m weit steil nach E fällt, obwohl von einem Bruch nichts sichtbar ist (Aarwanger Molasse oder unterstes Aquitan?).

1) Zur Zeit des Besuches von Dr. H. Hirschi und mir verhinderte der hohe Wasserstand eine Nachprüfung.
2) Nicht in der „molasse grise“, wie nach Schaay (l. c. pag. 488) und De Girard (l. c. pag. 32–33) zu schliessen wäre.

Diese Schichten 4–8, ebenso wie die vom Waldabhang östlich der Tuilerie besprochenen, stimmen faziell mit denjenigen von *Dardagny* überein.

Talent.

Diesem Flüsschen entlang aufwärts, von *Chavornay* an südostwärts, trifft man folgende Schichten (Fig. 15 u. 16):

Am Rebberg *Les Chéseaux* grünlicher Mergelsand und weicher Sandstein, annähernd horizontal.

Im Bachbett bei *Moulin* rote und grüne Mergel und Mergelsande, 0–5° NW Fall.

Bei der Bachmündung *Uttins* grünlicher Sandstein von 0,5 bis 1 m, der nach *Jaccard*, sowie nach freundl. Mitteilung von Ingenieur *Laurent* in *Chavornay* sich in der Trockenzeit als ölführend erweist. Nach *Schaay* ist der Ölsand bräunlich, gibt irisierende Häutchen ab und enthält 2,5% Bitumen¹⁾. Gleicher Typus wie *Eclépens*. Fallen ca. 5° N. Einlagerung in bunten Mergeln²⁾.

Bei der Brücke *Moulin (de Bavois)*, 350 m südlich *Uttins*, gleicher Ölsand, die gleiche oder eine stellvertretende Bank im gleichen Schichtverband.

Im *Bois des Vaux*: mächtige weiche Sandsteine mit rötlichen Mergellagen. An der Flusskrümmung NE Punkt 561 ist bei 15° NE Fallen (* in Fig. 15) folgendes Profil zu sehen, von unten:

- a) Grauer Sandstein mit kohligen Blattabdrücken.
- b) 1 m gelblicher Mergel mit karminroten tonigen Bändern, zu oberst 10 cm auskeilende Bank von zinnberrotem Ton.
- c) 1 m gelblicher Mergel, bröckelig.
- d) 10 + x m grauer bis grünlicher mürber Glimmersandstein.

Bei *Champs-Rendoz*: Sandstein 10° N fallend. Felsrippe Punkt 544 regional 8–10° NW fallend.

NW des Hofes *Le Brésil* stürzt der *Talent* in wilder enger Schlucht über 5° NW

Von *Brésil* bis *Poyat* folgen Urgon und Bohmerz horizontal dem Bachbett als flacher Gewölberücken, Fortsetzung des *Mormont* (Fig. 14, 15). Darüber legt sich der 50—100 m mächtige weiche, graue Sandstein mit Diagonalschichtung von *Goumoëns-le-Jux*. Fallen 5° ESE.

Weiter südlich fällt der Sandstein 5—8° S, bei Punkt 558 sogar 20°.

Bei *Rupannaz* ist auf der linken Seite des *Talent* eine 1,5 m dicke Bank von grünem Sandstein, zwischen roten Mergeln, 20° S fallend angeschnitten. Von dort bis *L'Ecluse* auf 1,5 km Entfernung folgen lauter Anschnitte in blauen, feingeschichteten Mergeln, vorwiegend 5—12° ESE fallend, in einer Mächtigkeit, die sich durch Konstruktion auf über 100 m ergibt. An der Basis bei *Sous-Vélaz* ist darin eine Kalkbank eingelagert (Süßwasserbildung).

Schliesslich folgen südlich vom Schloss *St-Barthélemy* abermals Mergel mit roten und violetten Lagen, 7° NE fallend.

Zusammenfassend ergibt sich somit über die Schichtfolge am *Talent* von unten:

- Urgonkalk, darauf Bohmerz und Bolus 3—4 m,
- Sandstein von *Goumoëns-le-Jux*, 80—100 m, im oberen Teil mit bunten Mergellagen,
- Vorwiegend bunte Mergel mit grünen, teilweise ölimprägnierten Sandsteinbänken (*Uttins*), 50—100 m,
- Blaue Mergel, wahrscheinlich Süßwasserbildung, 100 m.

Die Petrolbohrungen von Chavornay.

Über die Resultate der im Jahre 1912 ausgeführten zwei Bohrungen geben Aufschluss *Schaay*, l. c. 1912, *De Girard*, l. c. 1913, sowie eine briefliche Mitteilung von Herrn Dr. *F. P. Müller*, Chefgeologe der Deutschen Erdöl-A.-G. in *Berlin*, die ich bestens verdanke.

Bohrung I.

Lage: 200 m NNW Punkt 452 auf der Terrasse neben der Strasse, rechte Seite des *Talent*, bei ca. 455 m (Fig. 15). Beginn der Bohrarbeit 15. Mai, Ende 18. Juli 1912.

Erde und Kies	0 bis	3,50 m
„Sable lacustre limoneux“ (?)	weiter bis	35,10 „
Harter Sandstein mit Öls Spuren	„	41,00 „
Bunte Mergel mit dünnen Sandsteinlagen, darin Öl- und Gasspuren bei 42,25 und 122,5 m	„	166,00 „
„Marne brune ferrugineuse“	„	179,40 „
Rote Mergel (Bolus?)	„	195,00 „
Gelber Kalk (Urgon) ¹⁾	„	246,40 „

Herr Prof. Dr. *C. Schmidt* in Basel hatte die Freundlichkeit, mir eine Probe des bei 42 m angebohrten

¹⁾ Nach Mitteilung v. Dr. *F. P. Müller* wurde der Urgonkalk nicht bei 195, sondern 210 m Tiefe erreicht.

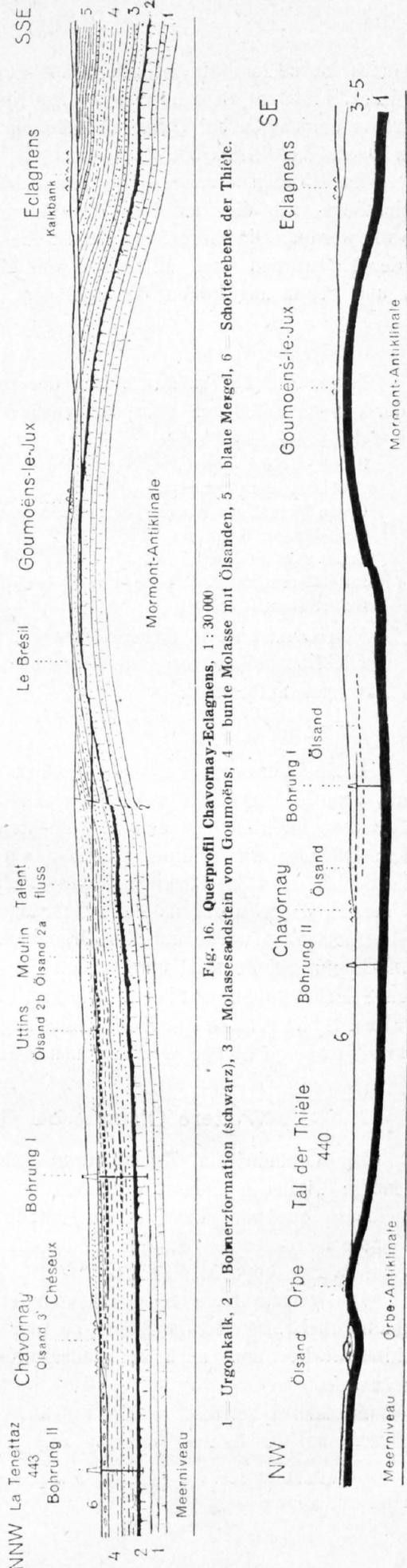


Fig. 16. Querprofil Chavornay-Eclagnens, 1 : 30 000

Fig. 17. Querprofil Orbe-Eclagnens, 1 : 50 000 (Urgonkalk schwarz gezeichnet).

Ölsandes zu zeigen. Er ist schokoladebraun, von gleichem Aussehen wie der „dead oilsand“ vom Roulavaz. Flüssiges Öl wurde nicht angetroffen. Offenbar entsprechen diese Ölsande zwischen 35 und 42,25 m denjenigen bei *Uttins* und *Moulin de Bavois* (Profil Fig. 16). Die Entfernung der Bohrung I vom Ölsand bei *Uttins* beträgt 750 m, von dem bei *Moulin de Bavois* rund 1 km.

Im Übrigen stimmen die Bohrangaben nicht besonders mit der an der Oberfläche ermittelten Schichtfolge, wie dies meistens der Fall ist, wenn die Bohrproben nicht von Geologen systematisch geprüft werden. Die mergeligen Sandsteine der Molassebasis sind offenbar zu den Mergeln gerechnet. In der Tat wurden nach Mitteilung von Herrn Dr. *Müller* wasserführende Sandsteinbänke zwischen 117 und 179 m angetroffen, die wohl dem Sandstein von *Goumoëns-le-Jux* entsprechen.

Bohrung II.

Lage: Bei *La Tenettaz*, neben der Brücke 443 m, linke Seite des *Talent*, 1800 m NW von I, in der offenen Talebene. Bohrprofil nach *De Girard*:

Graue Mergel und Sande	0 bis	9,50 m Tiefe
Schotter, Sand, Steine	weiter bis	10,50 „
„Sable lacustre limoneux“ (?)	„	26 00 „
Graue Mergel mit dünnen harten Sandsteinplättchen	„	102,00 „
Grobkörniger Sandstein	„	114,50 „
Bunte sandige Mergel	„	175,50 „
Rote Mergel mit Kalkfragmenten (Bolus?)	„	195,00 „
Gelber Kalk (Urgon) ¹⁾	„	202,50 „

Von Ölsand ist in dieser Bohrung nichts konstatiert worden.

Die Bohrproben von I und II sind in den Geologischen Museen der Universitäten von *Basel* und *Lausanne* aufbewahrt.

Resultate.

Diese Bohrungen wurden ausgeführt von einer deutschen, in *Pechelbronn* interessierten Gesellschaft, „sur le conseil de géologues spécialistes“. In der Tat hatte schon lange *Jaccard* in seinen geologischen Publikationen und in Gutachten im „Bassin pétrolifère“ dieser Gegend Bohrungen empfohlen. Offenbar wurde die Schichtlage am *Talent* unrichtig eingeschätzt. Noch zeichnet *Schaay* 30° steile Schichten, während sie im *Talent*-Bach bei *Moulin* und Umgebung zwischen 0 und 6° schwanken, und meinte daher auch, dass die Bohrungen auf mindestens 400—600 m abgeteuft werden sollten.

Tatsächlich wurde nun der Urgonkalk in beiden Bohrungen schon bei 195 m und die Ölsande *Uttins-Moulin* bei 40 statt einigen hundert Metern Tiefe erreicht, was der an der Oberfläche sichtbaren Schichtlage entspricht. Wie Fig. 17 zeigt, sind beide Bohrungen gerade in der 6 km breiten flachen Synklinale des *Thièle*-Tales angesetzt, also in ungünstigster Lage, vor der jeder Petrolgeologe hätte warnen müssen.

Weitere Ölsande bei *Chavornay*; geschichtliche Notizen.

Die Ölsande vom *Talent* waren schon 1722 bekannt. *Razoumowsky* berichtet 1789 darüber folgendes: „Dans la molasse du Ravin du *Talent*, près de *Chavornay*, existe une couche qui n'est bitumineuse que par places et de laquelle il découle une si grande abondance de pétrole que l'eau qui baigne le roc en est chargée. Il décollait aussi de l'huile en abondance des rochers situés plus loin sur la rive opposée du *Talent*.“

Die genaue Lage des letztgenannten Vorkommnisses ist unbekannt, mag sich aber auf den Wald nördlich „*Derrière la Motte*“ auf der Westseite des *Talent* beziehen, wo Gehäugerutschungen stattfinden. Dort soll auch zu wiederholten Malen Ölsand zur Fabrikation von Mastix ausgebeutet worden sein.

De Girard berichtet weiter von ausschwitzendem Erdöl 150 m oberhalb der Brücke von *Moulin de Bavois*, auf der linken Bachseite, das 1898 beim Fundieren einer Mauer zum Vorschein kam. Das

¹⁾ Nach Mitteilung von Herrn Dr. *Müller* wurde der Kreidekalk bei 199 m erreicht und die Bohrung bei 210 m beendet.

wäre wohl ein etwas tieferer Horizont, als derjenige bei der Brücke selbst. Oberhalb wie unterhalb der Brücke sollen auch Spuren von Kohle gefunden worden sein.

An der Strasse *Chavornay-Bavois*, 250 m nördlich Punkt 453, fand Herr Dr. *H. Morgenthaler* 40 cm braunen konglomeratischen Ölsand, 5° N fallend, ferner im Dorf *Chavornay* SE „y“ dieses Wortes 1,5 m grünen Sandstein mit schokoladebraunen Ölsandbänken (Fig. 15). Diese beiden Vorkommnisse scheinen stratigraphisch etwas höher als *Uttins* zu liegen. Wir hätten somit wenigstens drei Ölhorizonte:

- | | | |
|----|---------------|----------------|
| 1. | 72 m | über dem Urgon |
| 2. | 152,5 — 160 m | „ „ „ |
| 3. | 190 — 200 m | „ „ „ |

Diese sind Einlagerungen in der unteren bunten Molasse, wie diejenigen von *Dardagny*.

Orbe.

(Vergl. topogr. Karte 1:25 000, Blatt 292 und Fig. 18.)

Das Städtchen *Orbe* steht auf Urgonkalk, der als sanfte NNE streichende Antiklinale mit Schenkeln von 8—12° dem Talboden entsteigt. Die *Orbe* hat sich in enger Schlucht quer durchgesägt. Der Scheitel steigt von der oberen Brücke (470 m) zum Schloss (491 m) nach NNE mit etwa 4% an, um nördlich von „*Sous le Signal*“ wieder unterzutauchen.

NW

SE

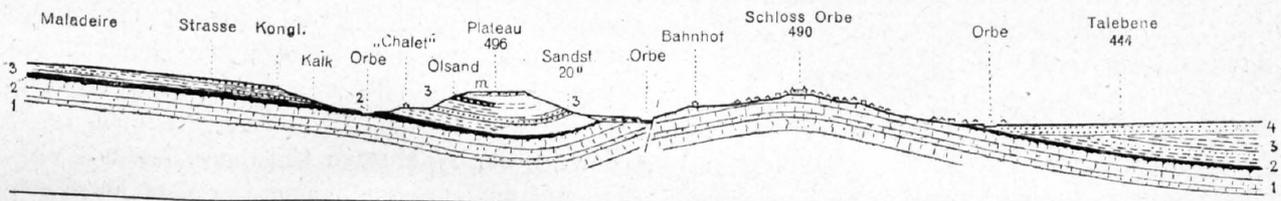


Fig. 18. Querprofil durch Orbe, 1:12500

1 = Urgonkalk, 2 = Bohmerzformation, 3 = Aquitane Molasse (mit Ölsand), 4 = Alluvialschotter, m = Moräne.

Dieses Urgon ist bedeckt von mächtigem Bohmerz und rotem Bolus, worauf die bunte Molasse folgt (Bachfurche *Creux de Rave*). Im nächst NW folgenden Bach SW der Orbe sind von unten folgende Schichten zu sehen:

1. Urgonkalk am Fluss.
2. Bolus, roter Ton, am Weg bei 470 m (Unterbruch ca. 10 m vertikal).
3. Grüner Sandstein mit roten Flecken.
4. Roter Mergelsand.
5. Blaugraue Mergel mit roten und braunen Flecken, schieferig, ca. 10 m, von einem NW streichenden Bruch mit Klemmstück durchsetzt.
6. Ca. 10 m mergeliger, weisslicher Süswasserkalk, untere Bank 2,5 m, kompakt (Kurve 495—505 m).
7. Ca. 5 m grüne und rote fleckige Mergel beim Wasserfall.
8. 1 m grünlicher Kalksandstein, darüber Moräne.

Die Landzunge des *Puisoir* besteht aus synklinaler Molasse mit Einfallen des SE-Schenkels von 15—20° N und NW. Am Fluss ist die Molasse durch Diluvialschutt verdeckt. Vielleicht floss einmal die *Orbe* vom *Puisoir* nach N, hinten um das Urgongewölbe herum. Sicher ist die in Blatt XI 1:100 000 angegebene Urgonverbindung von *Orbe* an flussaufwärts unrichtig. Das Tertiär geht unter den Fluss hinab.

Ölsande findet man an zwei Stellen südlich der *Orbe* beim „*Chalet*“, voneinander etwa 150—200 m in Richtung W 12° S entfernt¹⁾:

a) Unmittelbar südlich hinter dem Bauernhaus „*Chalet*“, unterer Teil bei 488 m am Steilbord (Fig. 18), 23 m über dem „*Chalet*“, ca. 35 m über dem Fluss, wo bunter Bolus zu sehen ist.

Der Aufschluss zeigt von unten: 1. grauer Sandstein, 2. ca. 1 m hartes grobes Kalk-Konglomerat mit vielen dichten mesozoischen Kalkgeröllen aus dem Jura, mehr oder weniger auf den

¹⁾ In Blatt XI, 1:100 000, geol., ist die Fundstelle 700 m zu weit westlich angegeben.

Fugen sekundär mit Erdöl imprägniert. 3. 2—3 m dunkel schokoladebrauner weicher Ölsand mit Diagonalschichtung, mit grünlichen ölfreien Erhärtungen. *Schaay* fand im Ölsand eine *Helix*. Die obere Grenze ist nicht aufgeschlossen. Der Ölsand ist mit zähflüssigem, öligem, braunem, aromatischem Erdöl und Wasser getränkt. Eine Probe ergab nach *Schaay* 2,08 % Bitumen, doch gibt es auch reicher imprägnierte Stellen.

b) Abhang ca. 120 m östlich „Chalet“, unmittelbar nördlich Punkt 461. Hier findet man unter Grundmoräne, welche das Plateau von *Planchettes* bildet, 4 m mächtig und etwa 20 m weit aufgeschlossen Ölsand von ca. 10° NE fallender Komponente, und zwar:

unten schokoladebrauner, weicher Ölsand,
in der Mitte konglomeratartige Bank mit Einlage einer roten Mergelschmitze,
oben grüner, mürber Sandstein mit kopfgrossen harten Konkretionen und braunen Ölsandschichten.

Etwa 250 m ENE vom *Chalet* befindet sich am Weg ein Sandsteinaufschluss nahe über dem Bohnerz, bestehend aus unten grünem hartem Kalksandstein mit Kalkgeröllchen und aufgearbeiteten Bohnerzkörnchen, darüber rote und grüne sandige Mergel, grüner Sandstein, gelb- und rotfleckiger Mergelsandstein, zusammen etwa 6 m.

Bei *Cotallaz*, 1/2 km W *Chalet*, folgen zwischen Bolus und Ölsand ca. 15 m gelbliche dünn-schichtige Mergelsande.

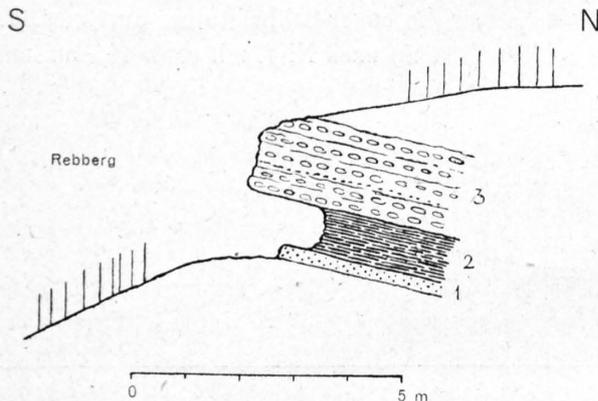


Fig. 19. Aufschluss am Rebberg gegenüber der Usine, Orbe.

Schaay berichtet von der *Orbe* noch folgendes: „Auf der Oberfläche des langsam fliessenden klaren Wassers beobachtet man an mehreren Stellen gehäuft lebhaft Gassprudel. Das leicht brennbare Gas ist geruchlos.“ Leider ist die genaue Stelle nicht angegeben, und unsere Bemühungen, diese Gassprudel wieder zu finden, waren erfolglos. Wir wissen also nicht, ob sie aus dem Urgon oder aus der synklinalen Molasse austreten.

Auf der linken Seite der *Orbe* findet man in den steilen Rebbergen zwischen *Rionzannes* und *Grand-Vigne* weitere zerstreute Aufschlüsse, zu-

- nächst ob dem Weg, bei „x“ von *Les Vaux*, von unten:
1. Grüne, schwarzgrüne und rötliche, bröckelige Mergel des Aquitan.
 2. Zwei bräunliche, grobkörnige, sandige Kalkbänke, oolithartig, mit Spatflächen, je 20 - 30 cm, dazwischen 25 cm bräunliche Mergel, wohl Süsswasserbildung.
 3. Grünliche, gelbliche und rötliche Mergel mit mergeligen Kalklagen.

Diese Schichten fallen 10° SE, bilden also den NW-Schenkel der Synklinale von *Puisoir*.

Bei „L“ von *Les Vaux*, Kurve 480, stösst man im Rebberg auf einen harten kalkigen Konglomeratsandstein mit grünen Körnern und grossen Schmitzen bis geröllartigen Einlagerungen von rotem Ton, reich an Geröll mesozoischer Kalksteine des Juragebirges, im unteren Teil fleckenförmig mit schwarzem Asphaltteer imprägniert; ca. 3 m aufgeschlossen.

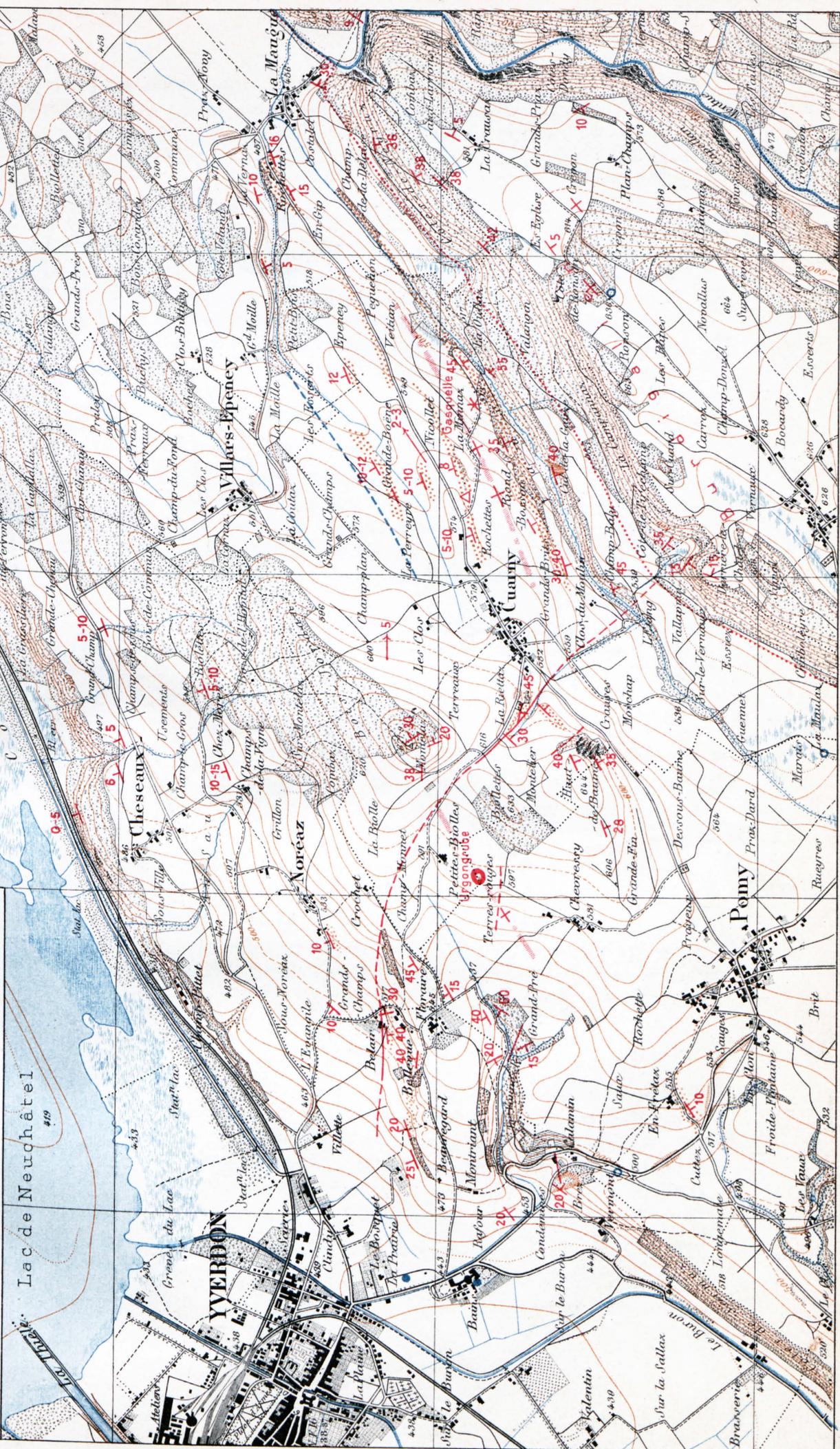
150 m weiter westlich (Fig. 19) bildet ein Konglomerat (3) von 1,5 + x m ein vorspringendes Dach über roten Mergeln (2) und Glaukonitkalk (1); Fallen 12° NNE. Von Imprägnation ist hier nichts zu sehen.

20—30 m tiefer unten, bei 423 m, am Rebberg gegenüber der Usine, stösst man auf weisse feinstkörnige Kalke von über 5, vielleicht 10 m Mächtigkeit, höchstens 10 m über dem Bolus, der den Urgonkalk in einer zusammenhängenden Schicht von 10—25 m Mächtigkeit bedeckt. Diese Kalke sind wohl die gleichen wie Nr. 6 im Bächlein *Creux de Rave*, pag. 31.

Es ist uns nicht gelungen, aus den zerstreuten Aufschlüssen eine allgemeine Schichtfolge zu ermitteln. Die Ablagerungen scheinen sich rasch und lokal zu verändern, solche aus Süsswasser, Brack- und Meerwasser gewechselt zu haben. Kalke und besonders Konglomerate nehmen vom Mittelland gegen den Jura hin überhand. Die ganze Schichtfolge vom Bolus an aufwärts gehört zur bunten, aquitanen Molasse. Die Ölsande und Konglomerate darin liegen etwa 20—30 m über dem Bolus, 30—50 m über dem Urgonkalk, nahe der Synklinale von *Puisoir*.

Überdruck aus dem topogr. Atlas d. Schweiz, Blätter 286, 287, 293, 294 mit Bewilligung der schweiz. Landestopographie vom 30. XII. 1918
1: 25000

SE-Grenze des Aquitan gegen d. Burdigalien
Cuernysandstein (ob. Aquitan)
Schichtlage mit Fallgräben → Fallkomponente
Antiklinale ———— Synclinale (?)
Brüche
Gew. Quellen und Thermen
Vorgeschlagene Stelle für Sondierbohrung.



Weitere Aufschlüsse findet man bei *Arnex* südlich *Orbe*, in dem 80 m tief eingeschnittenen Graben des *Vaux*, wo die Molasse nach den Beobachtungen von Dr. *Morgenthaler* $2-5^{\circ}$ SE fällt, also dem S-Schenkel der *Orbe*-Antiklinale angehört. Dort findet man wieder das Konglomerat in bunten Aquitanmergeln eingelagert, Kalke in den tieferen Lagen (*Ouches*), graugrüne weiche Sandsteine oben (*Orgeraux*).

Ausbeutung.

Nach *Razoumowsky* wurde eine bituminöse Bank „un quart de lieu à l'ouest de la ville d'Orbe“ 1789 bis 1810 in Galerien abgebaut. Ebenso soll sich eine „mine d'asphalte dans un petit vallon nommé le *Creux Genoux* près *Orbe*“ befunden haben, die aber schon damals wieder aufgegeben worden war. Wo sich diese Stelle genau befindet, konnte nicht ermittelt werden.

A. Jaccard fand 1893 den Ölsand beim „*Chalet*“ künstlich aufgedeckt und sah das schwarze Erdöl herausickern.

Method.

(Topogr. Karte 1:25 000, Blatt 290 und 293.)

Auf dem Molassehügel westlich von Dorf *Method* wurde nach *Jaccard* und *Schaay* etwa ums Jahr 1870 Ölsand in 4 m tiefen Gruben abgebaut und durch Kochen mit Wasser Teer daraus gewonnen. Nach *Jaccard* befand sich die Stelle auf dem höchsten Punkt des Hügels am Waldrand¹⁾. *Schaay* fand durch Schürfen stark bituminöse Molasse, ebenso *De Girard* am Rand des „*bois de Rances*“. Nach *Jaccard* enthält der Ölsand grüne Körner (Glaukonit?) und wird von bunten sandigen Mergeln unterlagert.

In der Tat sind annähernd fast horizontale rote Mergel an der Dorfstrasse bei der Ziegelei aufgedeckt, die weiter westlich grünliche Sandsteinlagen einschliessen. Das Dorf *Suscévaz* steht auf schmutzig grünlichen Sandsteinbänken, die $3-5^{\circ}$ NE, d. h. gegen den „*calcaire jaune*“ (*Hauterivien*) des *Mont Chamblon* einfallen. Es sind wohl die gleichen wie bei *Goumoëns-le-Jur*.

Onnens.

Im Dorf *Onnens* am Neuenburgersee, 7 km NE *Yverdon*, soll bei einer Hausfundation Ölsand in der Molasse zum Vorschein gekommen sein, der vermutlich demjenigen von *Orbe* entspricht. Näheres ist nicht bekannt.

Das Gebiet östlich Yverdon.

(Hierzu Karte 1:25 000, Taf. V.)

Es würde zu weit führen, alle Aufschlüsse zu beschreiben. Wir geben im folgenden eine Übersicht der Schichtfolge als Resultat der Kombination von tektonisch-stratigraphischen Beobachtungen der zerstreuten Aufschlüsse.

Stratigraphie.

1. Urgonkalk (Kreide) und 2. Bohnerz (Eozän).

Diese tiefsten Schichtglieder sind im ganzen Gebiet östlich *Yverdon* nur an einer nicht leicht zu findenden Stelle im flachen Feld aufgeschlossen, nämlich in der kleinen künstlichen Grube 200 m SSW des Bauernhofes *Petites-Biolles*, wie in der topogr. Karte 1:25 000 richtig angegeben ist. Über dem Urgonkalk, den Rand der Grube bildend, liegt rotes Bohnerz und Bolus (*Terres-rouges* der Karte). Der Kontakt mit der Molasse ist nicht aufgeschlossen.

3. Untere bunte Molasse.

In einem frischen, etwa 100 m langen Entwässerungsgraben 100—200 m SW der Urgongrube waren im Winter 1917 aufgeschlossen: mergeliger Sandstein mit harten Lagen, darüber blutrote und

¹⁾ Demnach wäre die Eintragung in Bl. XI, 1:100 000, geol., von *Jaccard* wiederum ungenau und sollte um 600 m westlich verschoben werden.

gelblich-grünliche Mergel in horizontaler Schichtlage, etwa 15 m tiefer als das Urgon und von diesem offenbar entsprechend einer kleinen Terrrainfurche durch eine EW streichende Verwerfung abgeschnitten.

Weitaus der schönste Aufschluss der unteren bunten Molasse bietet die gewaltige Ziegeleigrube *Brez* westlich des Hofes *Calamin SE Yverdon*. Die Schichten fallen regelmässig 20—22° SE, also bergwärts. Wir notierten folgendes:

- a) Im Bachgraben neben der Strasse 50—100 m NW Punkt 453, rote und blaue Mergel, 20° SE-Fall.
- b) Beim Eingang, etwa 100 m NW der Grube, rote und grüne Mergel mit mürben Sandsteinlagen, 20° SE-Fall.
- c) Im Grubenanriss ca. 25 m grüne, rote, violette Mergel mit grünen Sandsteinbänken von 0,5 bis 2 m. An der Basis eine blassrötliche Kalkbank von 10—15 cm mit löcheriger Oberfläche und Nestern von grünem Mergelsand, Unterseite glatt. Im Dünnschliff erkennt man Oosporen von *Chara*.

Die Gesamtmächtigkeit a—c ergibt sich durch Konstruktion, unter Annahme ungebrochener Schichtlage, zu etwa 160 m.

Im Bach *Le Vouvoz* sind wieder bunte Mergel mit unregelmässigen Kalkbänken von 0,5—2 dm aufgeschlossen, ebenso am Weg SE und E *Floraire*.

Die Kalkbänke scheinen den oberen Teil dieser Abteilung einzuhalten.

4. Graue Süsswassermolasse.

Die Grenze dieser Gruppe gegen 2 ist nirgends klar aufgeschlossen. Weitaus am besten sind die Aufschlüsse am Hügel *Haut-de-Baume*, wo ausser dem Rutschabriss noch frische Schützengräben Klarheit geschaffen haben. Schichtfolge von unten:

- a) Graue Mergel mit untergeordneten Kalkbänken von 1—15 cm und sandigen Lagen, auf der Höhe des Rückens 40° SSE fallend.
- b) Am Abriss, SW-Kante, 35° SSE fallend, grünlicher Mergelsand, oben 20 cm voller zerdrückter, bräunlicher Schalen von Süsswasserschnecken, darüber 5 cm braune Stinkmergel voll von *Helix*, *Planorbis* u. a., *Chara* und kohligen Pflanzenresten, aber ohne Diatomeen. Darüber 20—30 cm grünlicher Lehm, dann 1,5 + x m mergeliger Sand mit sandigen Kalkplättchen, die erfüllt sind von *Chara* (gleich wie am *Nant d'Avanchet* bei *Genf*, vergl. pag. 17).

Diese fossilreichen Bänke mögen etwa 10—20 m unter dem Sandstein von *Cuarny* liegen, der auf den Mergelbänken abgerutscht ist.

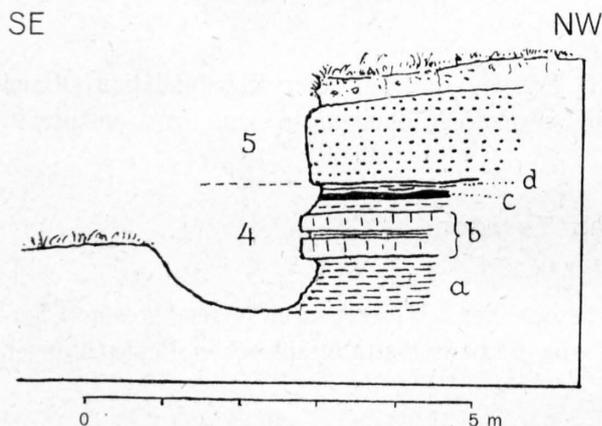


Fig. 20. Grube im oberen Aquitan bei Riond-Bosson, Cuarny.

Mächtigkeit 4 a—b, ungebrochene Schichtfolge vorausgesetzt, ca. 50 + x m.

Die obere Grenze ist in einer kleinen von Herrn Dr. *Frauenfelder* aufgefundenen Grube bei „R“ von *Rioud-Bosson* östlich *Cuarny* auf dem Gewölbescheitel zu sehen (Fig. 20):

- a) Bläuliche Mergel, offenbar die gleichen wie bei der Gasquelle.
- b) Zwei durch Mergel getrennte Bänke von Stinkkalk, dicht bis körnig, hell bräunlich, kompakt, 0,4% Bitumen.
- c) 10—20 cm Mergel, darüber 2—5 cm bituminöse Kohlschichten.
- d) 5—15 cm gelblicher, plastischer Lehm. Scharfe Grenze gegen
- e) 1 m grauer mürber Sandstein, mit Wiesenerde bedeckt

Zwischen d und e ist die Grenze der Stufen 4 und 5 zu legen, die vielleicht einer Transgression entspricht.

5. Der Sandstein von Cuarny.

Bei *Rochettes* in *Cuarny* bildet ein 5—10° NNW fallender grauer, mürber Glimmersandstein mit Diagonalschichtung eine scharf aus den Wiesen vortretende 5 m hohe Mauer. Den gleichen Sandstein trifft man auf der NW-Seite des Bächleins *Grande-Boëne* und bei den „*Rochettes*“ des Dörfchens *La Mauquettaz*. Auch der Hohlweg *En Frétaz* bei *Pomy* liegt im gleichen Sandstein. Dass dieser völlig ölfreie Sandstein unmittelbar den Süsswassermergeln und -kalken aufliegt, lässt sich bei der Gasquelle *La Minnaz* unzweifelhaft erkennen (Fig. 21). Durch Konstruktion erhält man

eine Mächtigkeit von rund 50 m. Nach den Befunden am *Montelaz* 671,9 m NW *Cuarny* scheinen zwischen den groben Sandsteinbänken auch gelbliche gipshaltige Mergel eingeschaltet zu sein.

6. Obere bunte Molasse.

Am Bach *Vaux* SE der *Gasquelle* und weiter oben wird der Sandstein von *Cuarny* von 55° SE fallenden roten, grauen und gelblichen Mergelsanden überlagert (6 in Fig. 21). Auch am Weg *S La Mauguettaz* sieht man bunte Mergel unter der Hauptmasse der grauen Sandsteine (Burdigalien) und, wie es scheint, über dem Sandstein von *Cuarny*. Sie bilden einen Wiesensaum zwischen den bewaldeten Sandsteinabteilungen. Am Bach *R. des Vaux S Yvonand* trifft man W des Hofes *Rochettaz* $10-15^\circ$ SE fallende rote Mergel, die weiter oben bei *La Vaux* von vorwiegend blauen feinsandigen Mergeln mit 5° SE-Fallen überlagert werden. Diese gehen via 20–30 m dünn-schichtigen grauen Mergelsandstein in den mächtigen grauen Sandsteinkomplex Nr. 7 über. Durch Konstruktion ergibt sich hier eine Mächtigkeit von etwa $40 + x$ m bunten + 30 bis 40 m vorwiegend blauen Mergeln. Wir dürfen die obere bunte Molasse auf etwa 100 m einschätzen.

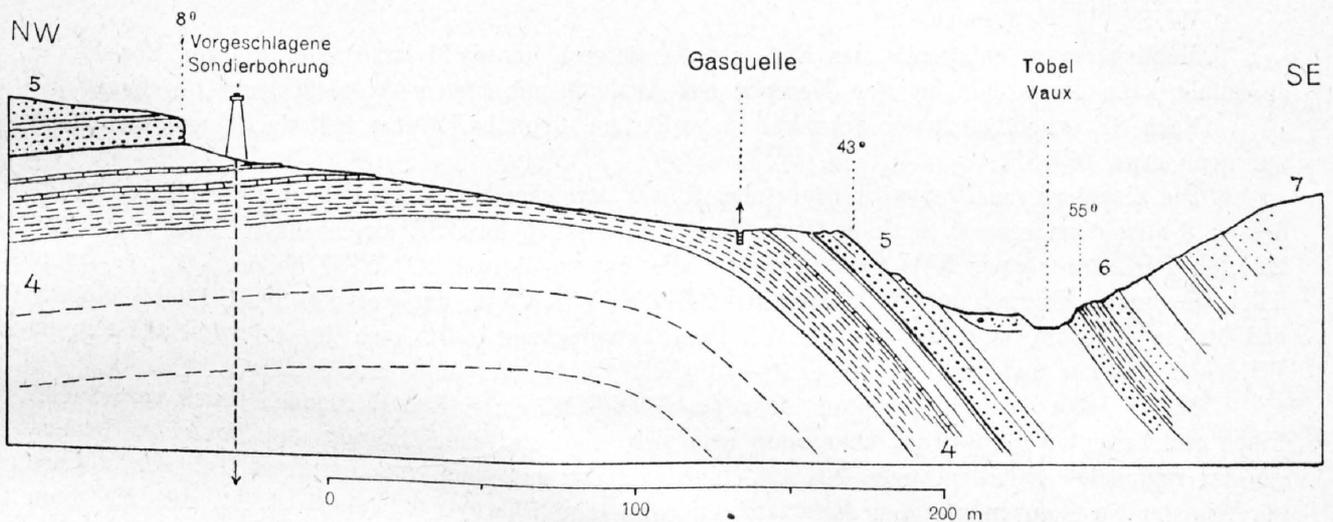


Fig. 21. Die Antiklinale bei der Gasquelle Cuarny, 1 : 2500

- | | |
|-------------|--|
| Aquitain | { 4 = Mergel mit Kalkbänken (Süßwasserbildungen); bei der Gasquelle blaue plastische Tonmergel.
5 = Sandstein von Cuarny.
6 = Obere bunte Molasse. |
| Burdigalien | |

7. Grauer Sandstein (Molasse grise, Burdigalien).

Dieser Sandsteinkomplex ist am schönsten in der tiefen Schlucht bei *Martinez S Yvonand* (Bl. 294) zu beobachten. Er besteht fast ausschliesslich aus grauem bis bläulichem oder grünlich-grauem, mehr oder weniger mergeligem, fossiliferem, porösem grobbankigem Sandstein von etwa 130 m Mächtigkeit. SE *Cuarny* ergibt die Profilkonstruktion sogar über 200 m, doch kann bei den spärlichen Aufschlüssen nicht zuviel darauf abgestellt werden.

8. „Oberer Muschelsandstein.“

Dieses typische Schichtglied des oberen Burdigalien trifft man als Decke des Plateaus SE ob *Yvonand* bei *Sur-les-Roches*. Am steilen Gehänge gegen die Schlucht bei *Martinez* ist dessen Basis aufgeschlossen: Grobkörniger Sandstein mit Kalkzement, darin einzelne bis 6 cm lange Quarzgerölle und undeutliche Schalenbruchstücke. Die Sandkörnchen sind farblos, weiss, grün, braunschwarz und blutrot und 0,5–2 mm gross. Darüber folgen abwechselnd wieder graue Sandsteinbänke. Mächtigkeit 20–30 m.

Weiter SW fand ich den „Muschelsandstein“ am Waldrand NE des Hofes *La Crausaz* mit Diagonalschichtung, und am *Signal* 666 m bei *Cronay*, die Kappe des Hügels bildend. Allein ununterscheidbare marine Sandsteine, z. T. mit Geröllen, sind auch im Komplex Nr. 7 eingelagert, wie

z. B. bei Kurve 560 am Weg SE *La Maugettaz* am Abhang *Côtes-de-Neyruz* und am Felskopf *Derrière-le-Chalet* nördlich *Signal* 666 m in verschiedenen Schichthöhen. Offenbar ist also auch der „Muschel-sandstein“ von *La Crausaz* eine normale Einlagerung im grossen Sandsteinkomplex, und dieser erweist sich somit als *marin*, was bereits von *Baumberger* und *Gerber* für das Berner Seeland angenommen wurde.

Tektonik.

Das regionale 20° steile SE-Fallen der unteren bunten Molasse bei *Brez* SE *Yverdon* deutet auf eine Antiklinale hin, deren Scheitel irgendwo unter dem Schotter des Talbodens von *Yverdon* zu suchen ist. Dort treten die bekannten Thermen von *Yverdon* aus. Herr Prof. Dr. A. *Hartmann* fand beim alten Bad (Bains) folgendes:

Erguss ca. 150 Minutenliter,

Temperatur 24° C (was einer Tiefe von etwa 400—450 m, d. h. hier dem Meerniveau entspricht),

Trockenrückstand: 304 Milligramm pro Liter,

Alkalinität: 220 „ „ „

Chlor 72 „ „ „ was einem Kochsalzgehalt von 119 mg entspricht!

H₂ S 3,58 cm³ „ „

Möglicherweise entstammt das Kochsalz der unteren bunten Molasse, oder tieferen Horizonten. Jedenfalls kann die Kreide bei den Thermen aus Analogie mit *Chavornay* nicht mehr tief liegen.

Nach SE scheint sich der Schenkel zu verflachen, denn bei *Frétaz* fällt der *Cuarny*-Sandstein nur noch etwa 10° SE.

Die Ziegeleigrube *Brez* wird von einem E 5° N streichenden, 80° S fallenden Bruch durchsetzt, dessen S-Flügel um etwa 6 m tiefer liegt. Einen weiteren kleinen SE streichenden Bruch sieht man bei der Bachverzweigung NW *Grand-Pré*, wo die bunten Mergel 20° WSW fallen. Östlich davon fallen die bunten Mergel und Kalkbänke 40° NNW bis 60° WNW, am Weg 200 m SE Punkt 545 15° und 300 m E davon ungefähr 45° NNW. Dem entsprechend fällt auch der *Cuarny*-Sandstein im Wäldchen *Bellevue* und westlich davon 20—40° NNW bis N und bildet ein Steilbord.

Man möchte darnach vermuten, dass bei *Grand-Pré* ein SSE streichender Bruch vorbeizieht. Einen viel bedeutenderen Bruch aber muss man sich schon zwischen *Calamin* und *Montriant* denken, wo das regionale SE-Fallen gegen NE auf einmal aufhört und man vom untersten Teil der Molasse nördlich der Strassenwindung bei *Montriant* auf Sandstein (*Cuarny*-Sandstein?) stösst, der die roten Mergel von *Grand-Pré* zu überlagern scheint.

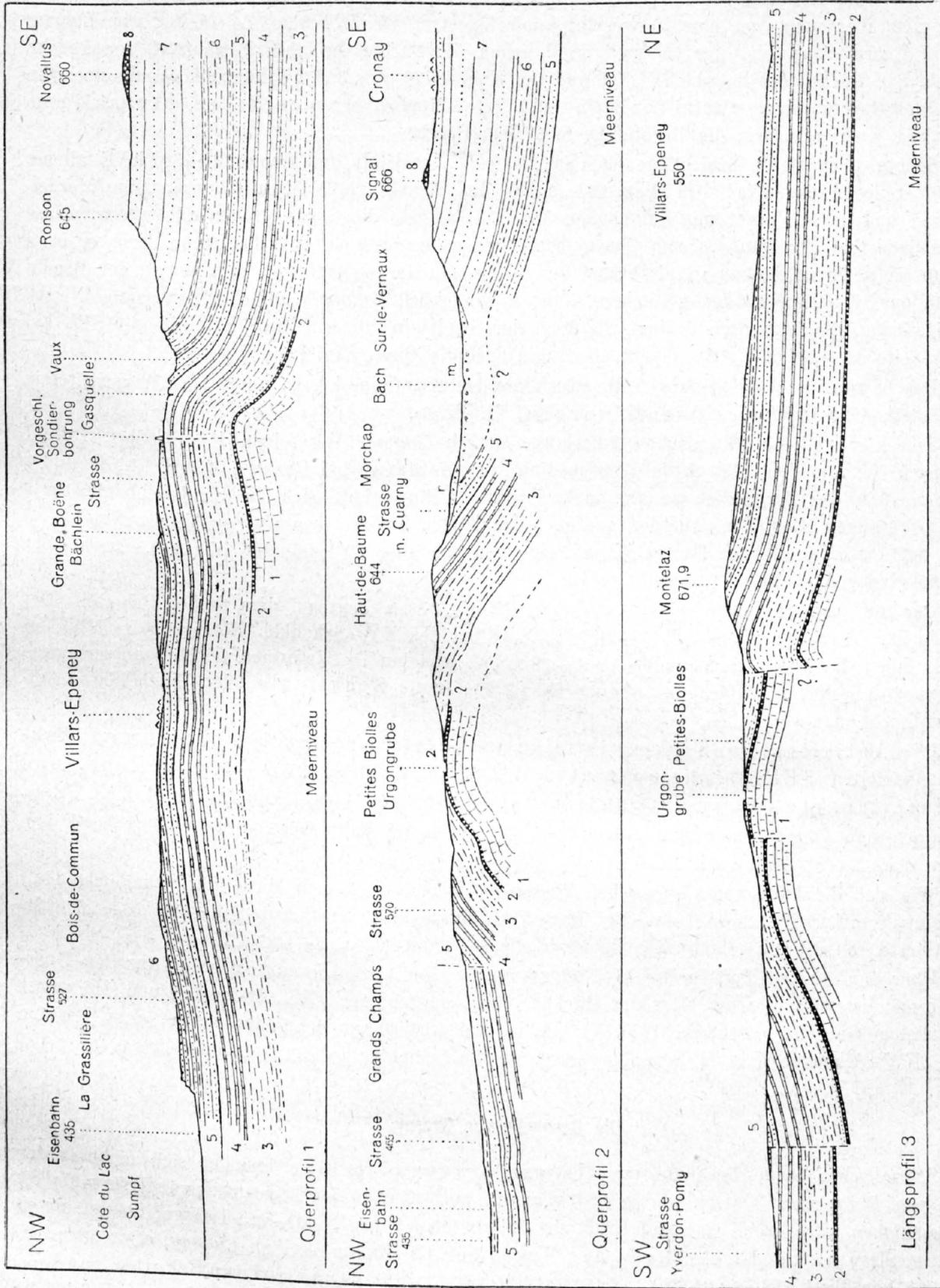
Ein weiterer schiefer Bruch oder eine Flexur ist durch die einspringende, W-E verlaufende Terrainkante am N-Fuss des genannten Steilbordes von *Bellevue* angedeutet. In der Tat fällt der *Cuarny*-Sandstein beim Bauernhof *Belair* 517 m wechselnd 40° S bis 30° E, während sich nun nördlich dieser Linie ein schon aus der Ferne erkennbares regionales sanftes, dem Gehänge entsprechendes NNW-Fallen von 5—10° einstellt (*Grands-Champs*, *Noréaz*, *Chez-Morez*, *Chéseaux*, *Grand-Champ* bis zum Neuenburgersee, im *Cuarny*-Sandstein mit Mergellagen).

Kehren wir zunächst wieder nach S zurück. In der pag. 33 genannten Grube von *Petites-Biolles* tangiert der Urgonkalk mit Böhnerz als Gewölbescheitel an der Oberfläche (Taf. VI, Pr. 2—3). Auf der E-Seite glaubt man 5—10° axiales NE-Gefälle zu erkennen. Auf der S-Seite ist das Urgon offenbar von einem Bruch tiefer gesetzt, der W-E über Punkt 597 verläuft (pag. 34). Im Wäldchen *Biollettes* ist kein Aufschluss zu finden, wohl aber am Hügel *Haut-de-Baume*, wo in aller Klarheit der 28—45° steile SE-Schenkel des Gewölbes zu sehen ist.

Die weitere SE-Fortsetzung des Profiles 2 ist durch die Bergschlipfmasse bei *Crauses* und ausgedehnte Moränen im Tal des Baches *Vaux* verdeckt, bis zum bewaldeten SE-Hang, wo die marinen Sandsteine des Burdigalien erst steiler, dann rasch flacher nach SE einfallen.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich ein vermutlich sekundär gefaltetes, domförmiges, von Brüchen durchsetztes Gewölbe mit Urgonkern und Scheitel bei *Petites-Biolles* und bis 45° steilen Schenkeln (Taf. VI, Pr. 2).

Wir betrachten nun die nordöstliche Fortsetzung. Der Hügel *Haut-de-Baume* scheint auf seiner NE-Seite von einem NW streichenden Bruch abgeschnitten zu sein, denn am Gehänge bei Kurve 600 m steht der NE streichende *Cuarny*-Sandstein in der streichenden Verlängerung der grauen Süss-



wassermergel. Die bedeutendste Störungslinie des ganzen Gebietes verläuft aber wohl durch den Sattel bei Punkt 610, trennt den Bergkopf *Montelaz* von den Hügeln *Biolles* und *Haut-de-Baume* und setzt sich vielleicht in den Bruch von *Belair* fort. Es handelt sich aber nicht um eine Verwerfung einfacher Art. Der Kirchhof *La Riétaz* von *Cuarny* steht auf Cuarny-Sandstein, der 45° steil SSW gegen die Bachfurche abfällt, während der gleiche Sandstein SW des Baches normal SE fällt und bei Kurve 600 von 30° SE fallenden Aquitanmergeln normal unterlagert wird. Cuarny-Sandstein und rote Mergel stossen in rechtwinkligem Streichen aneinander; die Bachfurche folgt dem Bruch.

Sehr gestört ist die Schichtlage noch am *Montelaz*: Sandstein und Mergel 20—30° ENE fallend, d. h. 30° steiles Axengefälle! Am Weg 130 m SW des Signals 671,9 fallen dünnsschichtige Mergel-sandsteine und gelbe Mergel mit Kalkbänken 38° N. Gehören diese zur grauen Süswassermolasse und der Sandstein des *Montelaz* zum Cuarny-Sandstein, so ergibt sich, dass das Urgon darunter etwa 200—300 m tiefer zu denken ist als bei *Petites-Biolles*. In der südöstlichen Fortsetzung der Bruchlinie, auf der SE-Seite des *Cuarny*-Tälchens, stossen wir östlich *Vallaprin* auf eine zirkusartige Nische im Waldabhang, die tektonisch bedingt ist, denn der Sandstein fällt auf ihrer NE-Seite 35° SW, auf der SW-Seite 15—20° SW. Es scheint also, dass dort die Quereinknickung fortsetzt.

Das flexurartige Abbiegen gegen die Bruchlinie deutet auf eine lokale, unter NE-SW gerichtetem Druck entstandene wulstartige Querflexur (Taf. VI, Pr. 3).

Sehr klar sind die tektonischen Aufschlüsse östlich *Cuarny*. Wir folgen dem Profil 1, Taf. VI von S nach N. Auf dem Plateau bei *Ronson* und an der Strasse bei Punkt 636 und 614 liegt der graue Sandstein des Burdigalien annähernd horizontal. Dann neigen sich die Sandsteinbänke rasch bis zu 55° steilem SE-Fallen. Auf der ganzen 3 km langen Strecke von *Cuarny* bis *La Mauguettaz* wurden auf der SE-Seite des Baches *Vaux* Neigungen von über 30° gefunden (Fig. 21). Das ist der SE-Schenkel der Antiklinale von *Cuarny*.

Der auf pag. 34 beschriebene Aufschluss *Riond-Bosson* liegt auf dem flachen Scheitel. Der Sandstein bei *Rochettes* bildet mit 5—10° NNW-Fallen den NW-Schenkel. Noch 400 m NW des Scheitels fallen die dicken Sandsteinbänke 8—12° NW. Aus den Terrainformen möchte man vermuten, dass etwa 200 m NW des Bächleins *Grande-Boëne* eine sanfte Synklinale folgt. Nach klaren Aufschlüssen sucht man vergeblich.

Die Antiklinale von *Cuarny* ist also ausgezeichnet durch einen kurzen, konkaven, steilen SE-Schenkel von etwa 1 km Länge und 250—300 m Höhe, und einen sanften, etwa 1/2 km langen NW-Schenkel von etwa 50 m Höhe (Taf. VI, Pr. 1).

Nach den Oberflächenformen neigen sich die Axen der Falte von *Cuarny* entsprechend dem Gehänge etwa 2—3° sanft nach NE.

Wie sich die Falte von *Cuarny* bei *Mauguettaz* fortsetzt, ist nicht ganz klar. Vielleicht läuft sie in einen sanften SE-Schenkel aus. Bei *Rochettes* fällt nämlich der Cuarny-Sandstein 15—16° SSE und östlich davon die Mergelunterlage im Bach ebenso, nur sanfter, 5—10° SSE.

Über den Rücken *Bois-Jordan* bis *Villars-Epeney* sind wir nicht unterrichtet. Aus den Oberflächenformen ist zu schliessen, dass der Rücken einem sanften, nach NE abfallenden und sich weiter verflachenden Gewölbe entspricht (Taf. VI, Pr. 1 und 3). Darauf folgt der sanfte, dem Gehänge olgende NW-Schenkel bis zum Neuenburgersee, wo die Schichten nahezu horizontal liegen.

Die Gasquelle von Cuarny.

Diese schon lange bekannte Quelle von brennendem Gas befindet sich nicht an der Strasse von *Pomy* nach *Cuarny*, wie *De Girard* angibt, auch nicht in der Urgongrube von *Petites-Biolles*, wie anzunehmen wäre, wenn Gas und Erdöl aus tieferen Stufen des Kreide-Jura-Triasgebirges stammen würden, sondern am nördlichen Rand des Weges bei *La Minnaz* östlich *Cuarny*, etwa 50 m W Punkt 513 von Blatt 294, 1:25 000. Ihr Austritt fällt nicht genau auf den Scheitel, sondern auf die schärfste Knickungsstelle der Antiklinale von *Cuarny*. Diese Knickung ist vielleicht noch etwas schärfer, als in den Profilen Taf. VI, Pr. 1 und 2 dargestellt ist.

Im Herbst 1916 wurde auf Veranlassung von Herrn Prof. Dr. C. Schmidt in Basel an der Austrittsstelle des Gases ein 4 m tiefer Schacht gegraben, wobei sich ergab, dass das Gas aus blauem zähem Aquitanmergel austritt. Das ist der obere Teil unserer grauen Süswassermolasse, wohl entsprechend den blauen Mergeln am oberen *Talent* bei *Eclagnens*. Im Januar 1917 war das Loch mit Wasser gefüllt, aus dem das Gas in dicken Blasen heraufquoll. Herr Prof. Dr. Hartmann hat am 10. März 1917 das Gas an Ort und Stelle abgefangen und untersucht. Sein Bericht lautet wie folgt:

Quantität: 700—770 cm³ pro Minute.
 Zusammensetzung: Methan CH₄ 89,2 %
 Stickstoff N₂ 10,2 %
 Kohlendioxyd CO₂ Spuren
 Schwefelwasserstoff H₂S 0,025 % = 0,25 cm³ pro Liter.
 (an der Quelle bestimmt).

Das Wasser im Schacht hatte folgende Eigenschaften:

Temperatur	0° C
Trockenrückstand	331 Milligramm pro Liter
Alkalinität als Ca CO ₃	55 „ „ „
Chlor als Chloride	4 „ „ „
Sulfate	beträchtliche Mengen.

Auf der Südseite des Weges, 5 m SW des genannten Schürfloches, riecht die faule Blättererde intensiv nach Schwefelwasserstoff, der offenbar einem Nebenausstritt des gleichen Gases entstammt. Zwischen den Blättern und in der Erde sind hellgelbe Krusten von Schwefel abgesetzt. Die braune Erde selbst gab mit Chloroform leichte Gelbfärbung, keine deutliche Erdölreaktion; auch fehlt der Erdölgeruch. Auf den Wassertümpeln des Weges schwammen irisierende Häute, die aber nicht von Erdöl zu stammen scheinen.

Zur Beurteilung des Gases sei vergleichsweise die Analyse des Leuchtgases von *Zürich* notiert:

Methan CH ₄	33,0 %	
Wasserstoff H ₂	48,0 %	
Kohlenwasserstoffgase	4,5 %	
Kohlenmonoxyd CO (sehr giftig!)	8,0 %	
Stickstoff N ₂	4,3 %	} nicht brennbare Gase
Kohlendioxyd CO ₂	2,0 %	
Sauerstoff O ₂	0,2 %	
		6,5 %

Im Vergleich damit wäre das Erdgas von *Cuarny* als Leucht- und Heizgas vorzuziehen, denn es hat einen höheren Heizwert und ist ausserdem fast frei von gesundheitsgefährlichen Gasen, wie sie bei der Verkokung von Kohlen entstehen.

Aussichten.

Jedem Petrolgeologen ist die Tatsache bekannt, dass das Erdgas ein gewöhnlicher Begleiter des Erdöls ist, dass man aber auch Erdgas ohne begleitendes Erdöl antreffen kann. Leider ist der unterste Teil der unteren bunten Molasse, d. h. das Niveau der Ölsande von *Chavornay*, nirgends im Gebiete östlich von *Yverdon* zusammenhängend aufgeschlossen. Gerade im Waldhügel *Biollettes*, wo man den Ölhorizont von *Chavornay* vermuten sollte, ist nichts zu sehen. Andererseits liegt aber auch kein Grund gegen die Annahme von Ölsanden in der Tiefe der Antiklinale von *Cuarny* vor, und nach allem, was wir wissen, ist es am wahrscheinlichsten, dass das Gas dem Ölsandniveau der unteren bunten Molasse entstammt. Gasausströmungen wurden ja auch in den Genfer Ölsanden angetroffen (vergl. pag. 6, 13). Über die Tiefe des Ölsandniveaus bei *Cuarny* konnte keine Sicherheit erzielt werden. Nach den stratigraphischen Befunden dürfen wir schliessen, dass die Molasse auf dem Antiklinalscheitel wenigstens 200 m, vielleicht 400 m tief hinabreicht. Die Tiefe hängt ab von der Sprunghöhe des grossen Bruches westlich *Cuarny*, der im Detail ungenügend aufgeklärt ist. Was dabei einwandfrei beobachtet werden kann, das steile S-Fallen des Sandsteines beim Kirchhof *La Riétaz*, deutet daraufhin, dass der Bruch einen Abschluss der Sande gegen SW erzeugt. Daher ist es auch verständlich, dass auf dessen NE-Seite Gas austritt, das sonst nach SW hätte entweichen können. Während das ganze Gebiet SW des *Riétaz*-Bruches als offene Antiklinale für Erdgas wertlos ist und

für Erdöl vorderhand nicht in Frage kommt, birgt das geschlossene Antiklinalfeld von Cuarny auf der NE-Seite dieses Bruches die Möglichkeit, Erdgas und Erdöl zu erbohren. Der Erfolg hängt hier in erster Linie davon ab, ob bei *Cuarny* sich in der Tiefe die Ölsande von *Chavornay* wiederfinden. Die Gasquelle liegt 4,5 km SE der Linie *Uttins (Chavornay)-Onnens*, und in gleicher Entfernung von der ersten grossen Jurakette wie *Uttins*. Daher besteht eine gewisse Wahrscheinlichkeit, bei *Cuarny* Ölsande anzutreffen. Zu einem Erfolg sollten es aber nicht nur Ölsande, sondern reiche Ölsande sein. Nur Petrol-Sondierbohrungen können darüber Klarheit verschaffen.

Allgemeines über Waadt.

Von *Genf* bis *Cossonay* ist die subalpine Molasse grösstenteils durch Gletscherschutt verdeckt, und die Ölsande sind in der Tiefe verborgen. Mit Bohren würde man im Ungewissen tappen.

Den ersten klaren Einblick bietet die nach E abgeirrte Jurafalte des *Mormont* mit seiner Molassedecke und den offenen Ölsanden. An erfolgreiche Bohrungen ist aber in diesem Gebiet nicht zu denken.

Auf dem Plateau von *Echallens* würde der Ölsand in einigen hundert Metern Tiefe erreicht, doch wissen wir nicht, ob diese Fazies dort noch vorhanden ist, und bezweifeln, ob das äusserst sanfte Gefälle gegen SE nach der Mitte der grossen Molasse-Geosynklinale hin genügende Konzentration bewirkt haben könnte.

Die Gegend von *Chavornay* ist für weitere Erdölbohrungen wertlos, *Gressy-Suchy-ESSERTINES* vermutlich ebenso, aber noch nicht näher studiert.

Die Juraseite des *Thièle-Tales* bei *Orbe* kommt für Bohrversuche nicht in Betracht, auch nicht für Abbau der Ölsande, da jene denen von *Genf* weit nachstehen.

Die Talfurche von *Valeyres* 3 km nördlich *Orbe* ist noch nicht näher studiert. Dort könnten vielleicht stratigraphisch noch wichtige Aufschlüsse beobachtet werden.

Method-Champrent liegt auf einer seichten Synklinale; der Ölsand *Method* sitzt dem Berg Rücken obenauf.

Weitaus die schönste tektonische Gestalt ist der *Mont Chamblon W Yverdon*: ein sanft geformter Dom, 2,5 km breit und 3 km lang aus dem Talgrund hervortretend, aus Valangien- und Hauterivienkalken (untere Kreide)¹⁾. Wären hier noch einige hundert Meter Molasse darüber erhalten geblieben, so hätten wir für ein Ölfeld geradezu ideale Verhältnisse vor uns. Vielleicht stehen wir vor einer relativ alten tektonischen Gestalt. Das Urgon scheint teilweise zwischen Hauterivien und Molasse zu fehlen und schon zur Eozänzeit abgetragen worden zu sein. Dazu kommt noch das gegen den *Chamblon* gerichtete sanfte Einfallen des Molassesandsteines im Dorf *Suscévaz*, sodass man sich fragen muss, ob es richtig sei, in den Profilen wie in Taf. VI die Molasse völlig konkordant zur Kreide zu zeichnen. Etwas ähnliches wäre nämlich für das Urgon *Petites-Biolles* bei *Cuarny* zu denken. Vielleicht fehlt dort deshalb der Sandstein von *Goumoëns-le-Jux*.

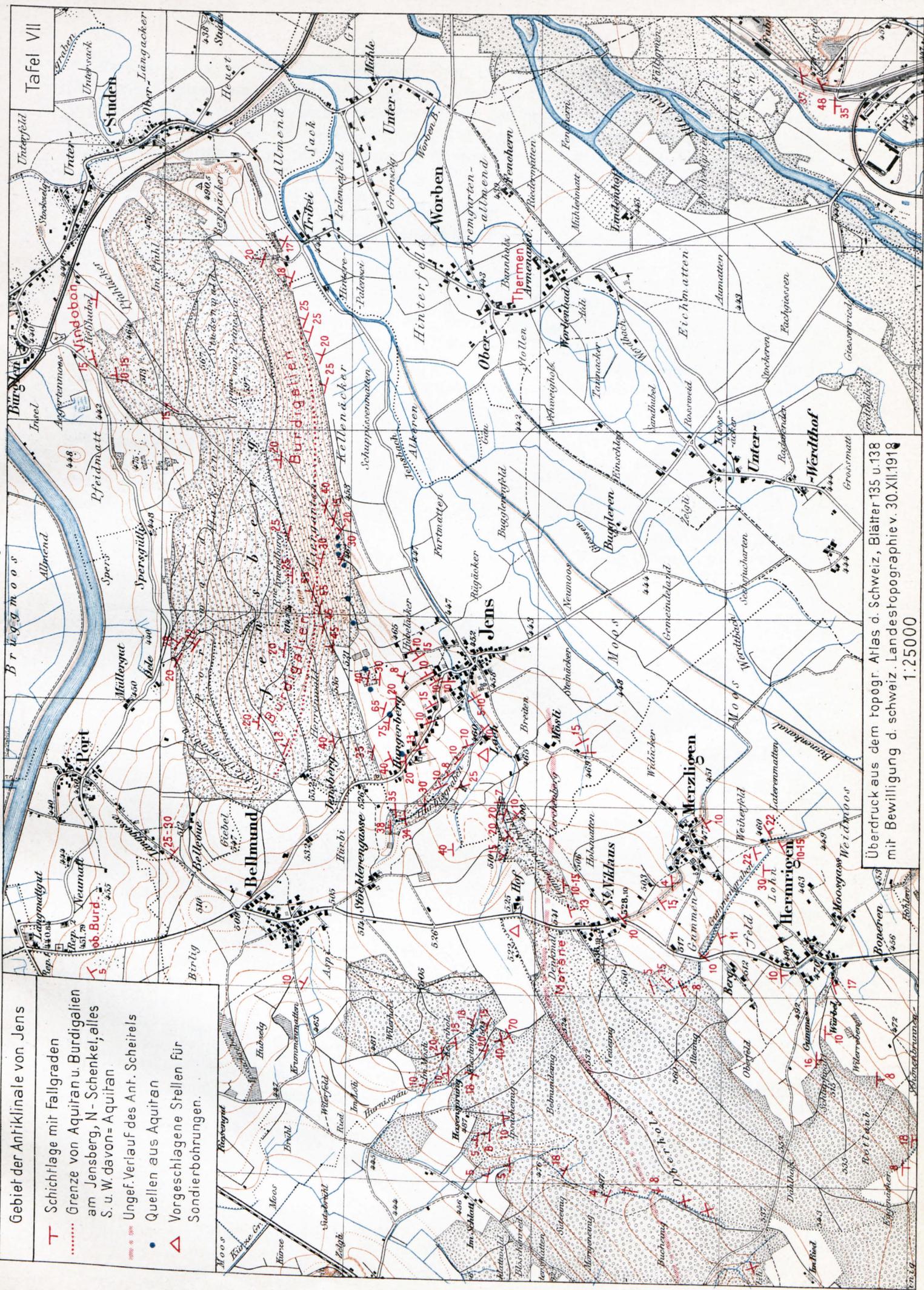
Nördlich von *Yverdon* hindert der Glazialschutt wieder jede systematisch tektonische Beobachtung.

Anders verhält sich die Ostseite von *Yverdon*. Wir haben gefunden, dass der Berg Rücken *Chévressy-Petites-Biolles* aus einer aufrechten domförmigen Antiklinale besteht, die von Brüchen zerstückelt ist, sodass ihre tektonische Form bei *Calamin* im SW und beim Sattel *La Riéttaz* im NE sprungweise umgestaltet wird; der hochgespannte Bogen bricht zu dem tiefer gesunkenen Antiklinalfeld von *Cuarny* ab, das bezüglich des Ölsandniveaus als geschlossen betrachtet werden darf.

Weiter gegen NE scheinen sich die Falten sanft zu senken und langsam zu verflachen (von *Villars-Epeney* an nicht näher untersucht).

Sicher ist nur, dass sich der S-Schenkel der Antiklinale von *Cuarny* noch weit nach NE verfolgen lässt: bei *La Mauquettaz* noch 30° ESE fallend, am *R. des Vaux* südlich *Yvonand* 15°, dann sich

¹⁾ Vergl. *H. Schardt*, l. c. 1898, p. 201—229.



Gebiet der Antiklinale von Jens

- T Schichtlage mit Fallgraden
- Grenze von Aquitan u. Burdigalien am Jensberg, N-Schenkel, alles S. u. W. davon = Aquitan
- Ungef. Verlauf des Ant. Scheitels
- Quellen aus Aquitan
- △ Vorgeschlagene Stellen für Sondierbohrungen.

Überdruck aus dem topogr. Atlas d. Schweiz, Blätter 135 u. 138 mit Bewilligung d. schweiz. Landes-topographiev. 30.XII.1918

1:25000

bis *Martinez* zur sanften Synklinale verflachend. Der mächtige graue, grobbankige Lausanner Sandstein (Burdigalien) bildet von östlich *Cuarny* an nach NE einen ununterbrochenen, nach NW gerichteten Plateaubsturz, der von *Yvonand* bis *Font* das Ostufer des Neuenburgersees bildet. Noch bei *Corbière* (Bl. XII, 1 : 100 000) fällt der Sandstein 5° SE. Das Aquitan kommt von *Yvonand* an nicht mehr darunter zum Vorschein; die Antiklinalaxe von *Cuarny* streicht bei *Yvonand* gegen den See hinaus.

Vorschläge.

Nach unseren heutigen Kenntnissen ist die Gegend von *Cuarny* die einzige, die zu Sondierbohrungen Berechtigung gibt.

Zunächst wäre zum Aufsuchen von Ölsand und besonders zur Bestimmung der Mächtigkeit und Bohrtiefe des Aquitans die Ausführung von Schürfgräben im Wäldchen *Biollettes* empfehlenswert.

Als Bohrplatz ist zunächst eine Stelle östlich *Cuarny*, etwa 150 m östlich der Strassengabelung Punkt 574 (Karte Taf. V) angegeben. Diese Stelle liegt etwa 100 m NW des Antiklinalscheitels, auf dem sanft NW fallenden Schenkel (Taf. VI, Pr. 1 und Fig. 21). Genau auf dem Scheitel der Oberfläche angesetzt würde eine Bohrung in grösserer Tiefe auf den steilen SE-Schenkel stossen, was zu vermeiden ist. Diese Sondierbohrung sollte für eine Tiefe von 400 – 500 m vorgesehen werden, also mit Rohrdimensionen von etwa 10 Zoll begonnen werden. Weiterhin kann auch der lange sanfte NW-Schenkel SE *Noréaz* zum Bohren in Frage kommen¹⁾.

Das Terrain wird besonders im tieferen Teil leicht zu durchbohren sein; grössere Wasserbrüche sind kaum zu befürchten. Von 100 m Tiefe an soll jede Wasseransammlung im Bohrloch möglichst vermieden werden. Im Übrigen gilt ebenso, was für Genf auf S. 26 gesagt wurde.

Vom Bahnhof *Yverdon* aus führt eine ausgezeichnete Strasse über *Pomy* bis zur Bohrstelle (Entfernung in krummer Linie gemessen 6,5 km, maximale Höhendifferenz 150 m).

Kanton Neuenburg und Südostufer des Neuenburgersees.

Literatur.

- 1789 *Razoumowsky, G. de*, Hist. nat. du Jorat et de ses environs et celle des trois lacs de Neuchâtel, Morat et Bienne, Lausanne, Bd. 2.
1869 *Jaccard, Aug.*, „Description géol. du Jura Vaudois et Neuchâlelois“, Mat. Carte géol. Suisse, VI. Livr., p. 47–54.
1901 *Schardt, H.*, Coupe de la Molasse aquitanienne de la colline de Marin, Bull. Soc. neuchâtel. d. sc. nat., t. XXIX.
1903 — Deser. géol. de la région des Gorges de l'Areuse, Eclogae geol. Helv., t. VII, p. 432 (mit geol. Karte 1 : 15 000 und Profilen).
1908 *Schardt, H.*, Sur la Géologie du Mt. Vully, Bull. Soc. neuchâtel. d. sc. nat., und Geogr. Lexikon d. Schweiz. Geologische Karten 1 : 100 000, Bl. XI und XII.

Die für die Ölfrage wichtigste Zone, die nordöstliche Fortsetzung der Antiklinale von *Cuarny*, liegt unter dem Neuenburgersee.

Das Südostufer entspricht deren verflachtem Südostschenkel, der bei *Corbière* und *Gletterens* noch etwa 5°, am *Mont Vully* etwa 2–3° SE fällt. Der breite, flache Hügelrücken zwischen Neuenburgersee und Murtnerseetal besteht aus grauem Sandstein mit grauen und bunten Mergellagen, dem die eigentliche Molasse grise (Burdigalien) aufliegt (s. in Bl. XII). Am *Mont Vully*, dem nordöstlichsten Bergvorsprung, 656,9 m, ist noch als Kappe der „Muschelsandstein“ (Meeresmolasse mm von Bl. XII) erhalten geblieben (vergl. *Schardt*, l. c. 1908).

G. de Razoumowsky (l. c. 1789 p. 93) berichtet von einer Gasquelle bei *Grandcourt* (Waadt) „située à un quart de lieue de la Baronnie de *Grandcourt* et un peu plus d'une lieue de *Payerne*, dont il se dégage continuellement de l'air inflammable comme nous nous sommes convaincus par l'expérience“. „L'eau de cette fontaine . . . au pied d'une colline au travers du fable, que des bulles

¹⁾ Zur Zeit soll nach Anweisung durch Herrn Prof. Dr. *C. Schmidt* in Basel bereits eine seichte Bohrung in Arbeit stehen.

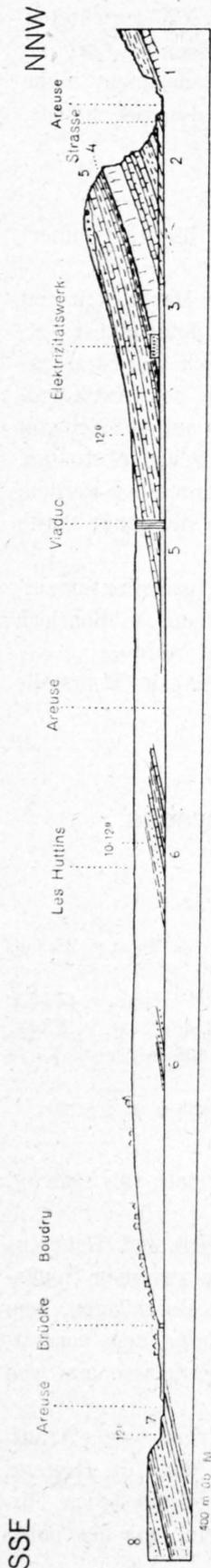


Fig. 22. Profil durch das Aquitan bei Boudry (Burdigalien?)
 8 = grauer Sandstein (Burdigalien?)
 7-6 = Oberes Aquitan
 5-4 = Kalk, mittleres Aquitan
 3 = Urgon
 2 = Hauterivien
 1 = Valangien

d'air soulèvent sans cesse, ce qui fait dire très énergiquement aux paysans du lieu que cette fontaine pousse le fable. A une petite distance de là, on en trouve une autre semblable et qui offre les mêmes particularités.“

Herr Dr. A. Frauenfelder hat im Januar 1917 die Gegend von Grandcourt besucht, von einer gasführenden Quelle aber nichts mehr entdecken können. Das Dorf liegt auf annähernd horizontalem, grauem mergeligem Sandstein (Molasse lausannienne) mit Pflanzenresten, dem in dem scharfen Einschnitt auf der Südseite des Dorfes eine kleine Quelle entspringt. Ihr soll noch vor 60 Jahren eine besondere Heilkraft bei Augenleiden zugesprochen worden sein. Möglicherweise war dies eine der früher gasführenden Quellen.

Am NW-Ufer des Neuenburgersees fällt die Molasse von der ersten grossen Jurarandfalte 10—15° SE gegen den See ab, ist aber nur an wenigen Stellen von der Erosion verschont und bloss gelegt. Den weitaus besten Einblick bietet der Einschnitt der Areuse bei Boudry, der in der Literatur schon wiederholt beschrieben wurde (Desor et Gressly 1858, A. Jaccard 1869, H. Schardt 1903). Wir finden flussaufwärts (Fig. 22):

8. Grauer, mürber Sandstein SE der Brücke von Boudry (unteres Burdigalien?).
7. Graue und grünliche, feinsandige Mergel unterhalb der Brücke von Boudry, 12° SSE fallend, enthalten nach Schardt zwei Kalkbänke voller Süswasserschnecken: *Helix Moroguesi* Brong., *Lymnaea pachygaster* Thomae, *Planorbis dealbatus* Braun, *Pupa* sp.
6. Bunte, vorwiegend graue Mergel mit grauen bis grünlichen Sandstein- und bräunlichen Stinkkalkbänken (letztere 0,1—1,5 m dick), sowie Gipsplättchen; vermutlich brackisch-lagunär. Grosser Aufschluss am rechten Ufer der Areuse bei Huttins, von der Eisenbahnbrücke aus sichtbar. Schardt erwähnt aus den Kalken die Süswasserschnecken *Planorbis*, *Limnaea*, seltener *Helix*. Mächtigkeit bei 12° mittlerem SSE-Fallen mindestens 100, wahrscheinlich 150-200 m.
5. Süswasserkalke mit 4 m dicken Bänken, weisslich, teilweise mergelsandig, nicht bituminös, mit grauen Mergellagen, enthalten nach Schardt *Helix Ramondi* Brong., *H. rugulosa* Mart., *H. cadurensis* Noulet, *H. subtilisticta* Sandb., *H. lapicidella* Thomae, *H. Munieri* Desh., *Planorbis cornu* Brong., *Lymnaea pachygaster* Thomae; Mächtigkeit 40—50 m (Trois Rods).
4. Rote und bunte Mergel, 5 m, nach Schardt, jetzt nicht mehr aufgeschlossen, direkt auf dem Urgonkalk liegend.

Die Abteilung 4 rechne ich zum mittleren, 5—7 zum oberen Aquitan. Von Ölsanden ist nichts zu sehen; vielleicht weil zwischen Bétaillard und Pontareuse keine Aufschlüsse vorhanden sind, oder eher noch, weil die Fazies zu kalkig resp. die ölführende untere bunte Molasse fehlt.

Dementsprechend fand Schardt bei Gorgier, eine Stunde SW von Boudry, den „Calcaire tertiaire discordant sur l'Urgonien¹⁾“. Nach seinen Beschreibungen handelt es sich vermutlich um den Süswasserkalk Nr. 5 von Trois-Rods bei Boudry.

Anders sind die Verhältnisse innerhalb der Jurafalten. Im Mai 1917 waren bei Couvet im Traverstal die in Figur 23 dargestellten Aufschlüsse vorhanden:

1. Asphalt; Urgon? Aptien?, jetzt verdeckt.
2. Ca. 5 m Molassemergel mit Sandstein:
 - a) grüne Mergelsande, b) 0,8 m plastischer, schmutzig grüner Mergel, c) 0,2 m Sandsteinbank, d) 0,1 m rote Mergel, e) 1,25 m olivengrüne, violettgraue und grünblaue weiche Mergel mit Kohleschmitzen. Scharfe Grenze (Transgression?) gegen
3. a) 1,15 m schokoladebrauner trockener Ölsand mit gelbgrauen sterilen Lagen wechselnd, wird 20 m weiter westlich durch harten, konkretiösen, sterilen Sandstein und grauen Mergelsand ersetzt.

¹⁾ H. Schardt, Bull. Soc. neuchâtel. d. sc. nat., 1901, t. XXIX, pag. 140.

3. b) 1,00 m gelblicher, mürber Sandstein, gegen den liegenden Ölsand ohne Tonzwischenlage scharf begrenzt.
- c) 0,5 m harte, graue Kalksandsteinbank.
4. 5–6 m blaugrüne Tonmergel.
5. a) 0,3 m Kalksandsteinbank auf 0,2 m gelbem Mergel.
- b) 0,65 m Ölsand, unten gelblich, arm; oben braun wie 3a. Scharfe Grenze gegen
- c) Gelbgrünliche, feinsandige Mergel.
6. 2 m Bank harter, grauer Kalksandstein bis Kieselkalk.
7. Grauer, mürber Sandstein, unten diagonal geschichtet mit roter Mergellage *r*.
8. Blaue und gelblichgrüne Mergel und Mergelsande mit roten Lagen, z. T. plastisch.

Diese Schichtfolge entspricht genau der aquitanen bunten Molasse von *Genf* und *Waadt*. Bezeichnenderweise treten auch hier die Ölsande in ihrem unteren Teil auf und sind vom liegenden Urgonasphalt durch völlig abdichtende Mergel und Tone getrennt. Bemerkenswert ist das Fehlen der Süsswasserkalke und Konglomerate, die dem SE-Rand der ersten Jurakette *Orbe-Boudry* folgen.

Ob die von *C. F. Zincken* (Vorkommen der fossilen Kohlenwasserstoffe, Leipzig, 1883) erwähnte Ölfundstelle der Molasse-Synklinale von *Tramelan* und von *Porrentruy* im Berner Jura derjenigen von *Couvet* analog ist, bleibt nachzuprüfen.

Über den jetzt überwachsenen Eisenbahneinschnitt durch den Hügel von *Marin* bei *St. Blaise* gibt die zitierte Arbeit von *Schardt* klaren Aufschluss: bunte aquitane Molasse ohne Kalkbänke mit einer roten Sandsteinbank, im Mittel 10–12° SE vom Jura abfallend. Vermutlich ist diese Molasse älter als diejenige von *Boudry* und etwa 300 m tiefer gelegen als das *Burdigalien* auf der Höhe des *Jolimont*, wo sich die Schichten nach SE in sanften Wellen verflachen (Taf. IX, Pr. 6). Über Ölsand wird von *Schardt* nichts erwähnt.

Nach allem hier Mitgeteilten ergibt sich, dass der Kanton Neuenburg für Sondierarbeiten auf Erdöl nicht weiter in Betracht fällt.

Das Berner Seeland.

Literatur.

- 1825 *Studer, B.*, Beiträge zu einer Monographie der Molasse, Bern.
- 1893 *Kissling, E.*, Nachweis der oberen Süsswassermolasse im Seeland, Mitt. d. naturf. Ges. Bern, 1893.
- 1895 *Studer, Th.*, Die Säugetierreste aus den marinen Molasseablagerungen von Brüttelen, Abh. Schweiz. pal. Ges., Bd. XXII.
- 1903 *Baumberger, E.*, Molasse im Seeland und Bucheggberg, Verhandl. d. naturf. Ges. Basel, 1903.
- 1907 *Aeberhardt, B.*, Les Gorges de la Suze, Beil. z. Jahresber. d. Gymnasiums Biel.

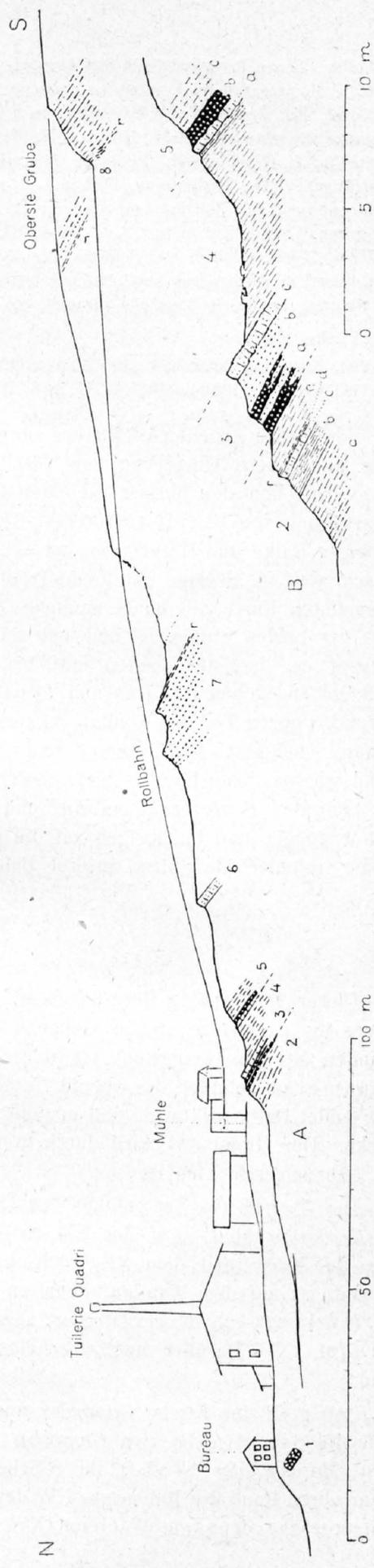


Fig. 23. Aquitan-Profil mit Ölsanden der Ziegeleigruben Quadri, Couvet, Val de Travers (B in 5 mal grösserem Masstab als A; Zahlen 1–8 und a–e siehe Text, r = rote Mergel).

- 1911 *Rollier, Louis*, Révision de la Stratigraphie et de la Tectonique de la Molasse au Nord des Alpes en général et de la Molasse subalpine suisse en particulier. Neue Denkschriften d. Schweiz. naturf. Ges., Bd. XLVI.
- 1913 *Gerber, Ed.*, Jensberg und Brütelen, zwei Ausgangspunkte für die Molasse-Stratigraphie des bernischen Mittel-landes, *Eclogae geol. Helv.*, 1913, t. XII, No. 4 und separat bei Bridel, Lausanne.
- 1914 *Stehlin, H. G.*, Übersicht über die Säugetiere der schweizerischen Molasseformation, ihre Fundorte und ihre stratigraphische Verbreitung, *Verhandl. d. naturf. Ges. Basel*, Bd. XXV.
- 1915 *Baumberger, E.*, Beiträge zur Geologie der Umgebung von Biel und Grenchen, mit 1 Profiltafel und 5 Text-figuren, *Verhandl. d. naturf. Ges. Basel*, Bd. XXVI und separat bei Birkhäuser in Basel, 1915.
- 1916 *Heim, Albert*, Geologie der Schweiz, Lfg. 1 und 2.
- 1916 *Buxtorf, A.*, Prognosen und Befunde beim Hauensteinbasis- und Grenchenbergtunnel und die Bedeutung der letzteren für die Geologie des Juragebirges, *Verhandl. d. naturf. Ges. Basel*, Bd. XXVII.

Geologische Karten:

Geol. Karte der Schweiz 1 : 500 000 von *Alb. Heim* und *C. Schmidt*, II. Aufl. 1911.

Geol. Karte 1 : 100 000, Bl. VII, II. Aufl. 1905; Bl. VIII, II. Aufl. 1913.

Von diesen Arbeiten ist für uns am wichtigsten diejenige von *Baumberger*, 1915, doch behandelt sie nur die nähere Umgebung von *Biel*. Seine frühere Notiz von 1903 orientiert auch über den *Bucheggberg*. Von den übrigen Gebieten fehlte noch eine zusammenhängende tektonische Aufnahme. Die Kartierung von Bl. VII 1 : 100 000, II. Aufl. ist sehr irreführend, da die Abgrenzung von md = „Delsberger Kalke und Mergel“ von ml = „Molasse lausannienne“ doppelt verkehrt ist: erstens strati-graphisch, weil im Seeland gar keine Delsberger Kalke vorkommen und die „Molasse lausannienne“ der genannten Karte die bunte aquitane Molasse in sich begreift, und zweitens tektonisch, weil die Grenze der beiden Stufen ml und md teilweise schräg über die Schichtgrenzen hinweggezogen ist. So kommt es, dass die ältesten antiktinalen Aquitanschichten dort zu finden sind, wo im Bl. VII, II. Aufl. ml angegeben ist (*Jens* und *Lyss*), während das „md“ von *Hagneck-Epsach* und *Balm* dem mittleren bis obern Teil des Aquitan entspricht. Es war daher eine neue Begehung des weiten Gebietes notwendig. *Jolimont*, *Brüttelenberg* und *Petersinsel* hat Herr Dr. *H. Morgenthaler* allein untersucht, während wir das östlichere Gebiet: *Jensberg*, *Lyss*, *Bürenberg*, *Bucheggberg* gemeinsam begangen haben. Für den *Krähenwald* bei *Biel* und den *Büttenberg* konnten wir uns mit kursorischen Bege-hungen begnügen und im übrigen auf die genauen Angaben von *Baumberger* stützen. Karte Taf. VIII gibt eine resümierende Skizze unserer Befunde.

Jolimont.

Dieser tafelförmige Bergrücken erhebt sich aus der Alluvialebene zwischen Neuenburger- und Bielersee bis zu 604 m. Seine Gehänge bestehen aus bunter Molasse: grünlichen Sandsteinen und bunten Mergeln, wenigstens 100 m sichtbar. Der Tafelrand wird von einem 20—30 m mächtigen Konglomerat gebildet, das wir mit *Gerber* (l. c. 1913) an die Basis des marinen Burdigalien stellen. *Gerber* bildet Deltastruktur ab und erwähnt Gerölle bis zu 10 cm Durchmesser und zahlreiche Muschel-abdrücke. Der Gipfel 604 wird durch grauen Sandstein (Molasse lausannienne) gebildet, der nördlich Punkt 588 aufgeschlossen ist.

Die Tektonik ist infolge von Detailkomplikationen und Deltaschichtungen verworren, wie schon *Gerber* erwähnt. Auf der NW-Seite fallen die Schichten 3—10° S bis SE, entsprechend der *Colline de Marin* und dem SE-Abfall des Jurarandes. Vermutlich liegt das Konglomerat schwach diskordant auf dem Aquitan, denn an der südöstlichen Plateaukante fand Herr Dr. *Morgenthaler* bei *Entscherz* 20—25° N, bei *Oberdorf* sogar 35° N (nicht NW) und bei Punkt 491 ob *Erlach* 25° NNW-Fallen (Taf. IX). Darüber liegt anscheinend flach das Konglomerat, die Hochebene von *Jolimontgut* bildend.

350 m N der Kirche *Gampelen* und über *Holzmatte* verläuft eine ENE streichende Synklinale, die wir die Synklinale von *Gampelen* nennen. Ihr N-Schenkel fällt nach zahlreichen Messungen von Dr. *Morgenthaler* 3—8° S, ihr S-Schenkel 3—20° NNW. Das steilste Fallen (18—20°) befindet sich am obern Rand des Rebberges NW der Kirche. Der *Foferenwald* scheint einer sanften Antiklinale zu entsprechen; denn am Waldrand NW Punkt 442 fällt das Aquitan 2—6° SSE (Taf. IX, Pr. 6).

Brüttelenberg-Grossholz-Budlei.

Das grosse Dorf *Ins* steht auf bunter Molasse, ebenso der Fuss der Hügel nördlich (*St. Jodel*) und östlich davon (*Sommerstuden*), während am *Oberfeld* und auf dem Hügel bei *Stockäcker* und *Eichäcker* diagonalschichtiges Muschelkonglomerat¹⁾ ansteht²⁾. Aus diesem Muschelkonglomerat stammen die von *Th. Studer* beschriebenen Säugetiere (*Palaeomeryx*, *Ruminantia*, *Tapyrus* u. a.)³⁾. Am Hügel von *Stockäcker* fallen nach den Messungen von Dr. *Morgenthaler* alle Schichten (acht gemessene Aufschlüsse) 3—4°, bei *Flühstauden* bis 10° nach N, während im *Grossholz* nördlich Punkt 595 das Konglomerat 2—5° S fällt (kleine Verwerfung bei Punkt 595 von N 20° E Streichen und 70° WNW Fallen). Der Südrand des *Grosswaldes* bei *Brüttelen* und *Dammbergäcker* entspricht somit offenbar einer sanften ENE streichenden Synklinale, die wir Synklinale von *Brüttelen* nennen.

Ob der *Grosswald* selbst wieder einer Antiklinale entspricht und *Gurzelen* auf einer Synklinale liegt, liess sich aus Mangel an Aufschlüssen nicht aufklären. Im grossen ganzen scheint der *Grosswaldrücken* aus Konglomerat und grauem Sandstein des Burdigalien gebildet zu sein, während nördlich davon bis zum Bielersee nur noch die bunte Molasse darunter erhalten geblieben ist.

Die besten Aufschlüsse bietet die Falaise längs des Seeufers (die sich nordöstlich bis gegen *Mörigen* fortsetzt). Sie besteht aus grauen Sandsteinen (oft mit Knauern) über bunten Mergeln, die bei *Vinelz* 3—4° S, bei Punkt 507 5° SSW, bei *Hofmannsfluh* 5—10° S fallen.

Von *Lüscherz* an östlich ist nach Dr. *Morgenthaler* umgekehrt an drei Stellen 4—5° NNW-Fallen vorhanden. Daraus wäre zu schliessen, dass zwischen *Lüscherz* und Hof *Gurzelen* eine sanfte antiklinale Welle von E bis ENE-Streichen verläuft.

Die klarste tektonische Linie des ganzen Gebietes ist die Synklinale von *Hagneck*, die vom Hagneckkanal quer durchschnitten ist. Dieser Durchstich hat in schönster Weise die bunte Molasse zu Tage gelegt: grünliche Sandsteinbänke, z. T. mit Knauern, wechsellagernd mit ziegelroten, karminroten, violettschwarzen und grünen Mergeln und Mergelsanden. Die Schichten fallen beim Ausgang der Enge rechts der *Aare* 10°, links der *Aare*, bei Punkt 472 4° S bis SSW, bei *Fischer-matten* 8° S, bei *Hagneck* wenige Grade sanft nach NW. Über die Brücke von *Hagneck* setzt ein unbedeutender schief N 20° W streichender Bruch. Die Muldenumbiegung wird von einem ganz unbedeutenden Längsbruch durchsetzt. Die Synklinale verläuft über Punkt 461, streicht E 20—25° N und sinkt axial ca. 3° nach WSW. Ihre östliche Fortsetzung ist in dem Tälchen zwischen *Walperswil* und *Epsach* zu suchen.

Der Rücken Mörigen—St. Niklaus, und die Petersinsel.

Nun treten wir wieder vor eine grosszügige tektonische Form. Dem breiten sanften Südabhang des Waldrückens nördlich des Hagneckkanals entspricht ein damit übereinstimmendes regionales Südfallen der aquitanen Molasse. Das ist der Nordschenkel der Hagneck-Synklinale, oder, was das gleiche ist, der Südschenkel der Antiklinale *Mörigen—Jens*. Zum gleichen Schenkel gehört nach den Beobachtungen Dr. *Morgenthaler's* die *Petersinsel*. Sie bildet die direkte östliche Fortsetzung der Molasse von *Täuffelen*.

Petersinsel: Bunte Molasse 3—11°, im Mittel etwa 6° S- bis SSW-Fallen (*Morgenthaler*).

Täuffelen: Falaise Obere Hohlen, grauer und grünlicher Sandstein in mächtigen Bänken mit bunten Mergeln, auch schokoladebraunen Sandbändern, die genau wie Ölsand aussehen, aber mit Chloroform nicht reagieren (*Keibengraben*). Schichtlage 10—15° S bis SSW, schon aus der Ferne zu sehen.

Epsach: Bach *Gummeloch-Lochäcker*, bunte Molasse 5—7° S-Fall.

Bach bei *Hürscheli* 6—7° Südkomponente.

Waldrand S *Rollaub* bunte Molasse, darunter bläuliche Mergel 8—20° S-Fall.

¹⁾ Der Muschelsandstein der Grube bei Müntschmiegass 485 m ist vielleicht auf einer Verwerfung um 30—40 m abgesunken (?). Genaue stratigraphische Beschreibung des unteren Muschelsandsteins siehe *Gerber*, l. c. pag. 465—468.

²⁾ *Gerber* fand an der Strasse 100 m NE Punkt 493 in einem Wasserstollen verkohlte Pflanzenreste und Süswasserschnecken (*Pianorbis solidus Thom.*, *Helix*, *Lymnaea*, nach Bestimmung *Rollier*). Dieses limnische Oberaquitan-Niveau liegt rund 30 m unter der Basis des marinen Muschelkonglomerates.

³⁾ *Th. Studer*, l. c. 1895, und *H. G. Stehlin*, l. c. 1914, pag. 188.

Hermrigen: Auf *Würbel* 10—16° S-Fall; im Dorf 10—17° S bis SSE-Fall; *Gummengraben-Weiherfeld* 10—25° SSE-Fall.

Merzligen: Im Dorf 4—10° SSE-Fall.

St. Niklaus: *Wannengrabenhölzli* 8—15° S—SSE-Fall.

Diese ganze Fläche, wohl 15—20 km², fällt also sanft südlich, und das Streichen bildet einen 9 km langen sanften Bogen von ESE (*Petersinsel-Tüuffelen*) über E (*Epsach*) und ENE (*Hermrigen-Merzligen*).

Auf der Nordseite des Waldrückens sind die Aufschlüsse mangelhaft und wegen Diagonalschichtung der Sande teilweise tektonisch unklar. Bei *Mörigen* liegt die bunte Molasse annähernd horizontal (*Lerchenberg*, *Riedhölzli*, *Zinshölzli*).

Im Bach bei *Oberholz* (Bl. 135, 1:75 000) schwanken die Schichten um die Horizontale, um dann weiter nördlich zu deutlichem Nordfallen von 5—18° umzuwenden (nach Dr. *Morgenthaler*). Bach bei *Kessiholz*: 2—7° NNW-Fallen. Nach diesen Befunden möchte man schliessen, dass es sich bei *Mörigen* um eine sehr flache breitrückige Antiklinale handelt, deren Scheitel in westlicher Richtung schief gegen den Jura streicht. (Taf. VIII). Die Molassefaltung am Bielersee ist disharmonisch zur Jurafaltung; das Aquitan scheint sich in seiner Bewegung von den Jura-Kreidekalken und deren Stampfendecke losgelöst zu haben.

Der Südschenkel der Antiklinale von *Mörigen* hat eine Breite von 1,5 bis 2 km bei einem Gefälle von im Mittel 10° (*Hermrigen*), also eine Höhe von etwa 200 m. Über den Nordschenkel geben die Gräben in der bunten Molasse beim *Hasensprung* Aufschluss, wo Herr *H. Stauffer* im nördlichen Teil 10—20° N-Fallen, im südöstlichen Teil 40—70° NNW-Fallen (nicht Diagonalschichtung!) gefunden hat. Der Nordschenkel macht also eine scharfe Aufknickung (Taf. VII; Taf. IX, Pr. 5).

Jens und Jensberg.

Über den *Jensberg* geben eingehenden Aufschluss die Arbeiten von *Gerber* und *Baumberger*. *Gerber's* tektonische Auffassung auf Grund darstellend geometrischer Konstruktion ist bereits von *Baumberger* 1915 kritisiert worden. Statt aus einzelnen Punkten die Schichtflächen zu konstruieren, haben wir zunächst alle Aufschlüsse aufgesucht, an denen der *Jensberg* verhältnismässig reich ist, und an Hand von etwa 50 direkten Schichtmessungen konstatiert, dass der *Jensberg* nicht regional 12° N fällt, sondern dass Streichen und Fallen in komplizierter Weise wechseln, mit Fallgraden zwischen 5 und 75 (Taf. VII). Aber auch das neue Profil von *Baumberger* 1915 bedarf einer kleinen Berichtigung: Am untern Hürbisgraben haben die Schichten keine 30—40° steil NW fallende Komponente mehr, sondern erscheinen bei 10° NE-Fallen in einem NW—SE-Profil horizontal. Ferner scheint *Behmund* nicht auf Tortonien, sondern roten Mergeln (Aquitan) zu liegen, die an der Strasse bei Punkt 532, im Dorf und westlich davon zum Vorschein kommen.

Der *Jensberg* bildet einen ziemlich scharfen, um E 8° N streichenden Grat mit sanfterem N- und steilerem S-Abfall. Die Gratrichtung entspricht aber nicht der Schichtlage, und nur im westlichen Teil einer härteren Schichtkante (oberer Muschelsandstein, *Knebelburg*, Signal 605 m). Dem östlichen Höhepunkt 597 sind nach *Gerber* und *Baumberger* noch blaue Tonmergel (unteres Vindobon) und Geröllsande (oberes Vindobon) mit marinen und brackischen Fossilien aufgesetzt. Wir durchgehen nun rasch die wichtigeren Aufschlüsse.

Wannengraben östlich *Hof*. Nördlich Punkt 490 vorwiegend harter, dünnschichtiger Sandstein mit mergeligen Lagen, bläulichgrau, 20° NNE fallend, weiter oben SE Punkt 510 aus Sandstein mit Knauern 5—20° NE bis E fallend. Dies sind die tiefsten Kernschichten der Antiklinale von *Jens*.

Graben *Mösli*, 100 m östlich Punkt 469: Grauer Sandstein mit dünnen Mergellagen, darin ein rotes Band ca. 15° NE fallend.

Hürbisgraben. Beim Hof *Loch* 460 m grünlicher und bräunlicher grobkörniger Glimmersandstein, wie bei *Dardagny*, aber nicht bituminös, 10—12° NE fallend.

80—100 m nördlich *Loch* braungraue, fleckige, knollige Mergelkalkbank, feinsandig, 10—20 cm, darüber gelbliche Mergel, alles 10° ENE fallend.

Ca. 200 m NW Loch kleine Wasserfälle über grauem Sandstein mit tinten grauer und roter Mergellage, Streichen E 40° S, Fallen 10° NE.

Bei *a* des Wortes *Hürbisgraben* von Taf. VII graue, sandige und bunte Mergel 5–10° NE fallend. Von Kurve 490 bis zum Waldrand (505 m) folgen darüber vorwiegend bläuliche Mergel mit sandigen Lagen, auf denen die Schichtlage an vielen Stellen genau gemessen werden kann: Streichen E bis E 15° N, Fallen 30, 34, 35, 38° N.

Auf das regionale, auf wenigstens 350 m Erstreckung konstatierte sanfte NE-Fallen des unteren *Hürbisgrabens* folgt also ein auf 300 m weit verfolgbares regelmässiges N- bis NNW-Fallen von 30–38°. Die Streichrichtungen stossen rechtwinklig aneinander, entsprechend dem (vielleicht gebrochenen) Knick des Nordschenkels zum axial E fallenden flachen Scheitel.

Über den blauen Mergeln folgen bunte, besonders rote Mergel, die aber nur an wenigen Stellen aufgeschlossen sind: Waldweg zwischen Punkt 526 und 535, Strasse Punkt 532, *Belmund*.

Zahlreiche, z.T. gute Aufschlüsse findet man im Dorf *Jens* an den Strassenborden und in den Gräben, wenn man energisch genug mit dem Pickel scharrt. Das ganze sanfte Weidegehänge erweist sich als anstehende bunte Molasse ohne Moräne, mit regionalem sanftem NE- bis E-Fallen wie am unteren *Hürbisgraben*, und sogar im Talboden hat man vergeblich nach Schottern gesucht. Das Dorf *Jens* liegt somit auf dem flachen, wenigstens 1/2 km breiten, 10° E fallenden Scheitel der Antiklinale.

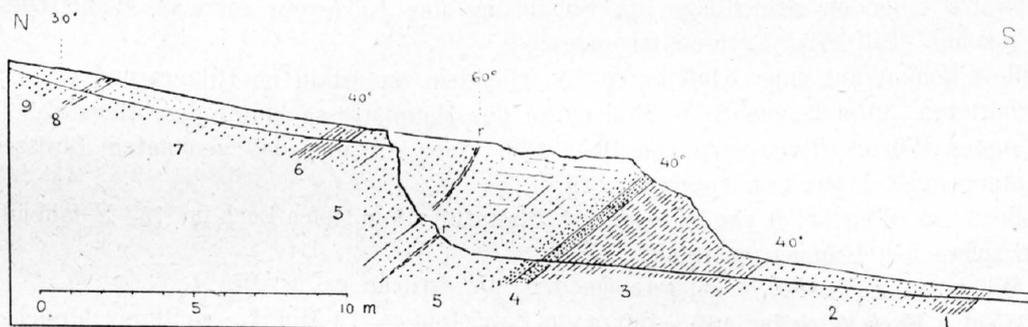


Fig. 24. Sandgrube an der oberen Aquitangrenze am Jensberg, 540–550 m (unter dem *H* des Wortes Herrenwald von Blatt 138, 1:25 000).

Folgt man der Strasse von *Jens* nach *Belmund*, so gelangt man wie beim *Hürbisgraben* fast plötzlich von den NE fallenden Scheitelschichten auf den rechtwinklig dazu streichenden, 20–40° NNW fallenden Schenkel. Zu beiden Seiten des Weges bei *b* des Wortes *Hungerberg* von Blatt 138 streichen die grünlichen bis bunten Aquitanmergel E bis E 10° S und fallen 60–75° N! Von diesen Aufschlüssen an nach SE erweist sich die Knickung zu einem ruhigeren Bogen geweitet, denn das Streichen biegt nun regelmässig von E nach SE bis S (250 m nördlich Kapelle) um, als äussere, schwächer geknickte Gewölbeschale.

Während der Südschenkel, die Fortsetzung von *Merzligen*, unter der Ebene liegt, kann der Nordschenkel noch auf grosse Breite verfolgt werden. Der ganze Rücken des *Jensberges* gehört ihm an. Beim *H* von *Herrenwald*, Kurve 550, befindet sich eine Sandgrube mit folgendem Profil (Fig. 24):

1. Rote Mergel am Weg.
2. Ca. 5 m grauer Sandstein.
3. 4,5 m rote, grünliche und gelbe Mergel, teilweise sandig.
4. Schokoladebrauner Sand, ohne Erdöl (Pseudo-Ölsand).
5. Ca. 7 m grauer, mürber Sandstein wie Molasse grise, jedoch mit auskeilenden Lagen von rotem Mergel.
6. Ca. 1 m rote Mergel.
7. Ca. 6 m grauer Sandstein.
8. Grauer Sand mit Brocken und Schmitzen, sowie 1 cm grosse Geröllchen von rotem Mergel.
9. Grauer Sandstein, Basis der Molasse grise.

Diese Schichten der obern Aquitangrenze streichen im Mittel E 10° N und fallen 40° N.

Am Waldweg 300 m nördlich dieses Aufschlusses fällt der graue Sandstein (Molasse grise) 12—20° N bis NNE, am Weg im *Portwald* südlich Punkt 440 20—28° NNE. Die gleiche, zum Jura schief abgelenkte Schenkellage zeigt auch einen Aufschluss grauer Mergel 1 km weiter westlich bei *Länggasse*.

Im Osten hingegen, bei dem von *Gerber* beschriebenen Vindobon-Aufschluss vom Schützenstand am Waldrand südlich *Bürglen* fallen die Schichten wieder normal 10—15° NNW.

Zurück am Weg südlich der *Knebelburg* finden wir die bunten Aquitanmergel 45°, die Grenzsandsteinbänke zwischen Aquitan und Burdigalien sogar 55° N fallend mit Streichen E 0—10° S (mehrere Messungen). Darüber liegt der graue Sandstein (Burdigalien), ca. 70 m (?), dann den Berggrat und die *Knebelburg* bildend der harte, kalkreiche „obere Muschelsandstein“, 6—10 m mächtig mit Diagonalschichtung, stellenweise voller Muschelfragmente und Haifischzähne, 15—30°, im Mittel 20° N fallend (Taf. IX, Pr. 3).

Weiter östlich am Südfuss des *Jensberges* von *Kellenücker* bis *Tribei* ist die Schichtlage weniger steil, 17—25° bei ESE-Streichen. Infolgedessen sinken die Schichten um 100 m schief am oststreichenden Waldhang zum Talboden herunter. Südlich Punkt 597 stehen die von der Grube *Herrenwald* bekannten oberen Grenzschichten des Aquitan als graue Sandsteine mit einzelnen roten Mergelbändern an, 25° N bis NNE fallend. Bei *Tribei* hat die „Molasse grise“ den Talboden erreicht. Gerölle und Konglomeratlagen scheinen dem grauen Sandstein in verschiedenen Schichthöhen eingelagert und der sog. „untere Muschelsandstein“ im Gegensatz zum „oberen“ kein scharfer durchgehender Horizont von stratigraphischem Wert zu sein.

Quellen. Herr *H. Stauffer* macht darauf aufmerksam, dass trotz des Fehlens von Schutt und der bergewärts fallenden Schichtlage am Südabhang des *Jensberges* etwa 11 kleine Quellen zum Vorschein kommen (Taf. VII). Er fand folgendes:

Quelle 1 kommt aus einer Kluft in 40° N fallendem Sandstein im Hintergrund eines jetzt teilweise verschütteten, 30 m langen S-N-Stollens an der Hauptstrasse hinter dem Haus von *G. Biedermann*, bei *n* des Wortes *Hungerberg* von Blatt 138. Nach Aussage des genannten Besitzers sollen sich im Hintergrund Ölflecken gezeigt haben.

Quelle 2 am Weg bei *b* von *Hungerberg* Blatt 138; 8 m tiefes Loch im 75° N fallenden Sandstein, einen schwachen Brunnen speisend.

Im Wäldchen *Höhereben* 2 gefasste Quellen, die östliche ca. 10 Min. L.

Im Wald S *Knebelburg* bei 480—490 m aus Sandstein ca. 15 Min. L.; weitere zahlreiche Quellen östlich Punkt 467.

Alle diese Quellen liegen auf einer zum Streichen leicht schiefen Linie in der Zone stärkster Schenkelneigung.

Zusammenfassung.

Die Molasseschichtfolge am *Jensberg* kann folgendermassen resümiert werden, von oben:

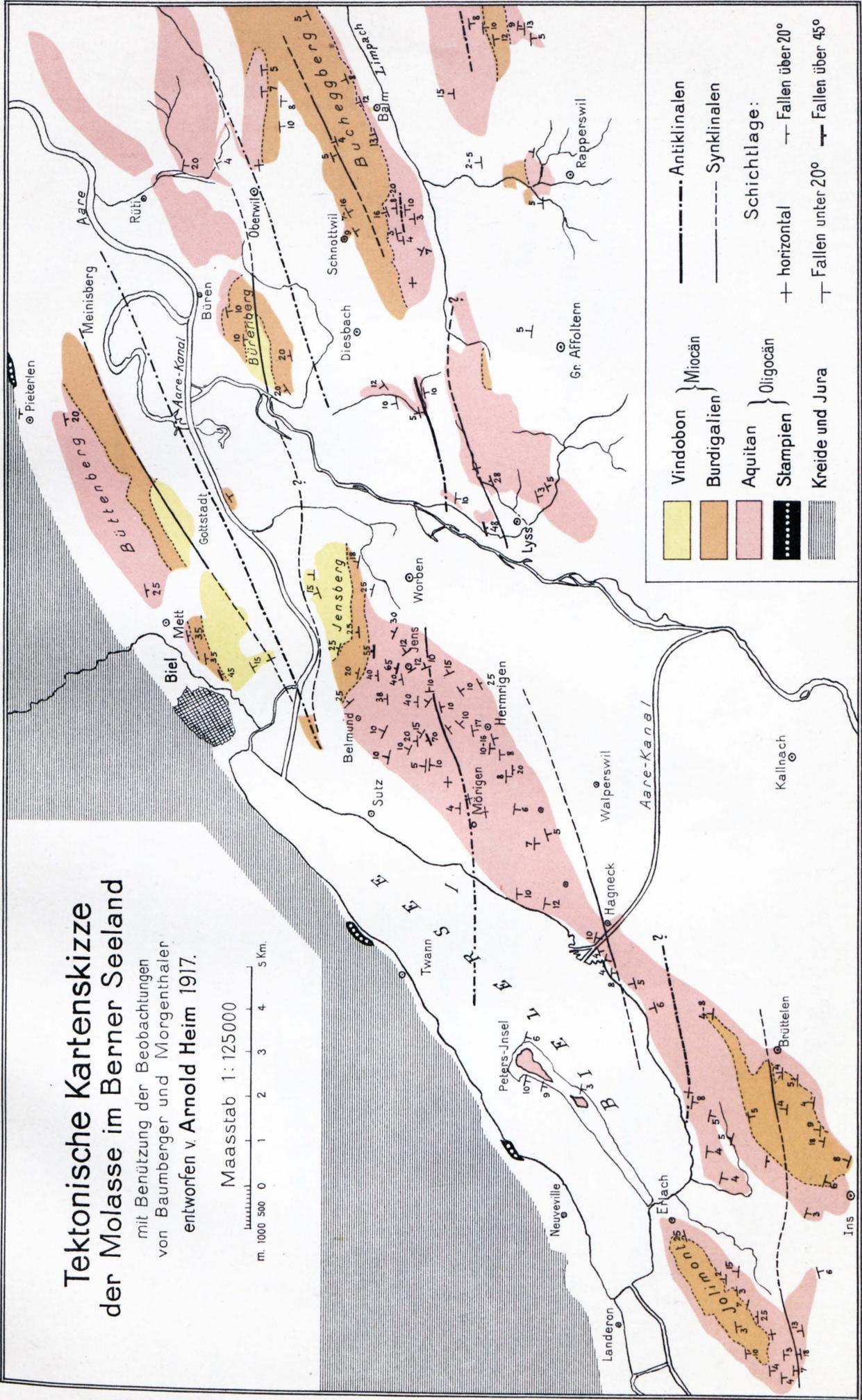
Vindobon	{	65 + x m Konglomeratsand, marin bis brackisch (nach <i>Baumberger</i> und <i>Gerber</i>).
		125 m blaugrauer Tonmergel mit Haifischzähnen, nach <i>Gerber</i> .
Burdigalien	{	10—20 m Oberer Muschelsandstein mit grauem Sandstein im Hangenden.
		ca. 70 m grauer Sandstein mit einzelnen Geröllagen; Molasse grise.
		30—50 m grauer Sandstein wie oben, aber mit roten Mergellagen (<i>Herrenwald-Kellenücker</i>)-Übergang.
		? 150 m bunte Mergel mit Sandstein (Wiesen SE <i>Belmund-Hungerberg</i>).
Aquitan		ca. 100 m sichtbar vorwiegend blaugraue und sandige Mergel (oberer <i>Hürbisgraben</i>).
400 + x m		30 m bunte Mergel mit grauen, grünlichen und bräunlichen Sandsteinbänken und Mergelkalklage (unterer <i>Hürbisgraben</i>).
		30 + x m grauer Sandstein, teils dünnschichtig mit Mergellagen, teils mit Knauern (<i>Wannengraben</i>); zwischen <i>Wannen-</i> und <i>Hürbisgraben</i> ca. 100 m nicht abgeschlossen.

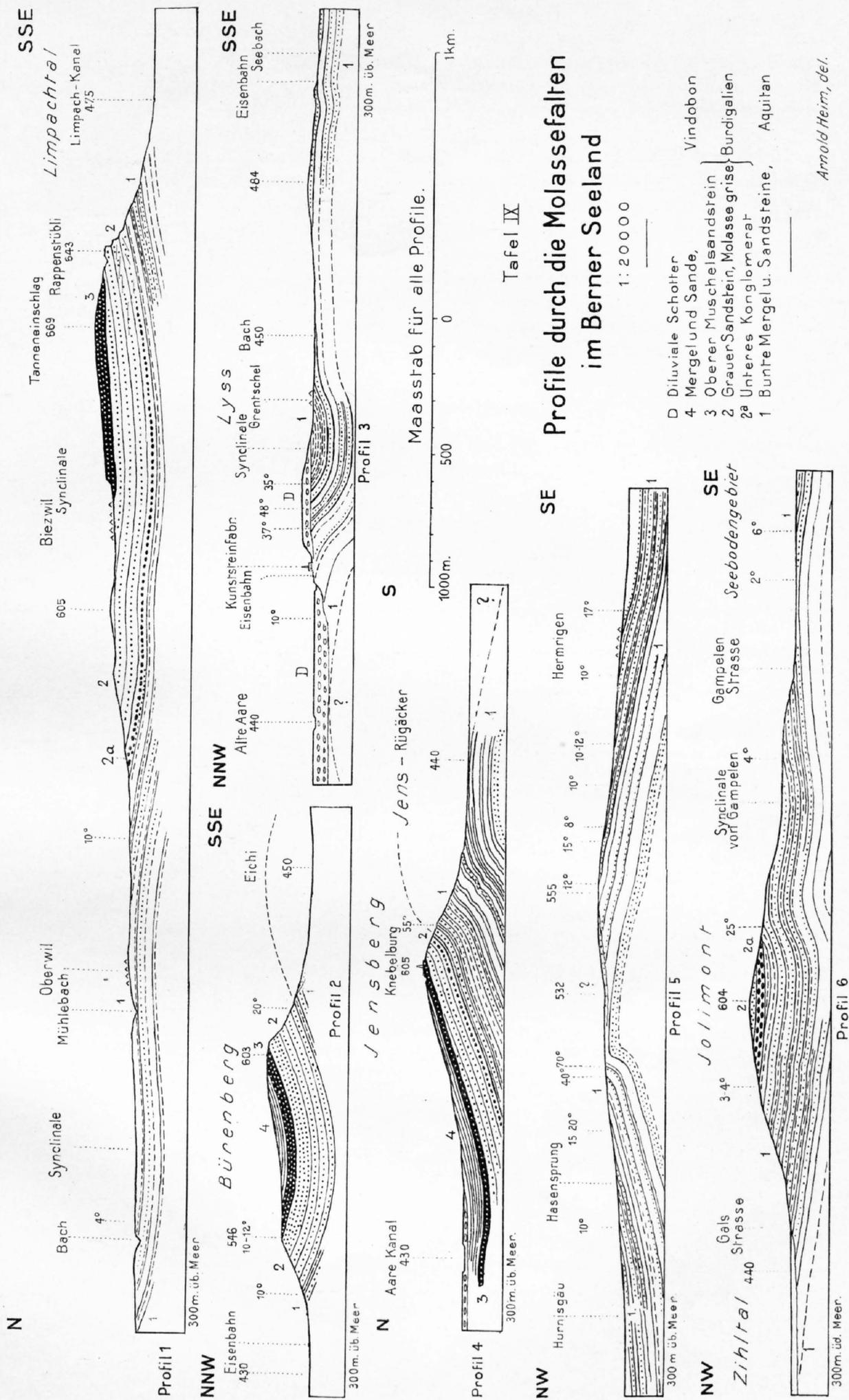
Gesamte Molasse des *Jensberges* soweit sichtbar ca. 700 m.

Tektonische Kartenskizze der Molasse im Berner Seeland

mit Benützung der Beobachtungen
von Baumberger und Morgenthaler,
entworfen v. Arnold Heim 1917.

Maasstab 1:125000





Tafel IX

Profile durch die Molassefalten im Berner Seeland

1:20000

- D Diluviale Schotter
- 4 Mergel und Sande, Vindobon
- 3 Oberer Muscheliasandstein
- 2 Grauer Sandstein, Molasse grise
- 2^a Unteres Konglomerat
- 1 Bunte Mergel u. Sandsteine, Aquitan

Arnold Heim, del.

Man kann sich fragen, ob die graue Molasse des *Wannengrabens* bereits der Aarwanger Molasse (Stampien) angehört. Wahrscheinlich ist jedoch, dass darunter noch ein Stück weit bunte Molasse folgt.

Von Ölsanden war keine Spur zu entdecken, obwohl der untere *Hürbisgraben* faziell genau *Dardagny-Allondon* entspricht.

In tektonischer Hinsicht bildet der Jensberg den Nordflügel einer Antiklinale, deren rund 10° Ost sinkender Scheitel auf der Südseite des Dorfes *Jens* östlich in die Talebene streicht. Der Nordschenkel fällt bis 75° , auf der Nordabdachung im Mittel etwa 20° N bis zu der von *Baumberger* angenommenen Synklinale von *Bürglen*, hat daher eine Breite von etwa 2,5 km und eine Nordschenkelhöhe von etwa 400—500 m. Wenn der Südschenkel unter der Ebene fortsetzt, so kommt nach den Befunden von *Hernrigen* noch ein Südschenkel von wenigstens 1,5 km Breite und 250 m Höhe hinzu. *Jens* liegt auf der Fortsetzung der Antiklinale von *Mörigen*. Ihre grösste Höhe liegt östlich *Jens*. Über die wichtige Hochfläche zwischen *Belmund* und *St. Niklaus* waren leider wegen Moränendecke keine Aufschlüsse zu gewinnen.

Brüggwald und Büttenberg.

Über diese bewaldeten Molasserücken östlich *Biel* sind wir, soweit die spärlichen Aufschlüsse genügen, durch die Arbeit *Baumbergers* vorzüglich unterrichtet.

Stratigraphie.

Die Schichtfolge ist von unten:

1. Malmkalk und untere Kreidekalke der SE abfallenden grossen Jura-Randkette.
2. Bohnerzton (*Lengnau*).
3. Gelblicher Molassemergel, davon 1 m an einem Waldweg ob *Lengnau-Pleutene* aufgeschlossen, wohl höchstens 20 m.
4. Bräunlicher, glimmerhaltiger Sandstein, z.T. kompakt, z. T. dünn-schichtig, diagonalschichtig, aufgeschlossen bei *Lengnau* und bei *Grenchen*; Stampien, Aarwanger Molasse. Fallen $50-70^\circ$ SE. Soweit beobachtet ohne Erdölprägnation, dagegen mit Süswasserschnecken (*Unio*, *Melania* etc.) und Säugetieren am *Grenchen-tunnel* (vergl. *Buxtorf*, l. c. 1913). Mächtigkeit unbekannt, vielleicht 100—200 m.
5. Untere bunte Molasse von *Mett*. Prachtvoller Aufschluss durch die mächtige Ziegeleigrube bei *Bischofskänel* Punkt 455: Grüne, z. T. harte Sandsteinbänke, die dicksten 4—5 m, mit gelben, schwarzen, violetten, grünen und blutroten Mergellagen von 0,1—1 m in bunter Wechsellagerung; ca. 60 m aufgeschlossen. Entspricht der Ziegeleigrube bei *Calamin* südlich *Yverdon* (vergl. pag. 34). Streichen E 10° N, Fallen 25° S. Ein Detailprofil der Ziegeleigrube von *Mett* gibt *Aeberhardt*, l. c. 1907, pag. 9. Eine analoge Ziegeleigrube befindet sich südlich *Pieterlen*, wo die Schichten 20° SSE fallen.
6. Grauer Sandstein mit roten Mergelbändern, entsprechend den Schichten im *Herrenwald* bei *Jens*, aufgeschlossen am Waldrand W Hof *Battenberg*, 35° S bis SSE fallend. Dieser Horizont liegt stratigraphisch etwa 400 m über der Ziegeleigrube *Bischofskänel*.
Die bunten Mergel unter diesen Sandsteinen mit roten Bändern sind zwar nicht aufgeschlossen, aber längs des *Büttenberges* durch Auswitterung angedeutet: Wiesen *Battenberg-Lören*, Längstälchen *Holz-matt-Hinterwiler*, Kerbe NW *Neufeld*.
7. Grauer Sandstein, „Molasse grise“, als Waldrippe erkennbar vom *Krähenberg* über *Wilerberg* bis zum NE-Ende des *Büttenberges*. An der Basis Nagelfluh, bei *Safneren* bis 5 m mächtig (*Baumberger*). Mächtigkeit ca. 50—80 m.
8. „Oberer Muschelsandstein“, vollkommen aufgeschlossen am Einschnitt bei *Brühl* östlich *Biel*. Streichen W 20° S, Fallen 45° (nach *Baumberger* 54°) SSE, ca. 20 m mächtig. Genaue Beschreibung in *Baumberger* 1915, pag. 122. Weitere Aufschlüsse am *Wilerberg* und nördlich *Meinisberg*.
9. Blaugraue, sandige Mergel, Eisenbahneinschnitt *Madretsch*, 125 m mächtig, nach *Baumberger*.
10. Mürber Molassesandstein, Eisenbahneinschnitt *Madretsch*, marin bis brackisch, 65 m; genaue Detailbeschreibung in *Baumberger*, l. c. 1915, pag. 122—130.

Nrn. 3—4 = Stampien, 5—6 = Aquitan, 7—8 = Burdigalien, 9—10 = Vindobon.

Tektonik.

Nach *Baumberger* verläuft eine dem Jurarand parallel ENE streichende Synklinale über den *Brüggwald*, *Oberdorfeinschlag* Punkt 520 und hinter dem Dorf *Meinisberg* vorbei. Alles, was nördlich dieser Linie liegt, gehört tektonisch zum SE-Abfall des Juras. Dieser nimmt aber gegen die Brügg-

wald-Synklinale nicht gleichmässig ab, sondern ist erst geringer (20—25°), dann stärker, 35—45°, um erst hierauf sich zur Synklinale auszuebnen. In einem Profil bei *Bözingen* ergibt sich die Mächtigkeit des Oligozän (Stampien + Aquitan) zu ca. 200—400 m (Talboden) + 400 m (*Battenberg*) = 600—800 m¹⁾. Hierzu kommt das Burdigalien mit schwach 100 m, und das Vindobon mit ca. 190 m, sodass die gesamte Molasse von *Biel* auf rund 1000 m angenommen werden darf.

Die Synklinale von *Brüggwald* steigt nach *Baumbergers* Profilen mit durchschnittlich etwa 4¹/₂ ‰ nach ENE. Diese Axenneigung ergibt sich aus direkter Beobachtung auf der Synklinallinie. Sie dokumentiert sich aber auch darin, dass ihr NW-Schenkel von *Madretsch* über *Mett* bis südlich *Pieterlen* etwa E 10° N, die Synkinalaxe hingegen E 30° N streicht.

Nach *Baumberger* verläuft die erste Molasse-Antiklinale über *Gottstatt* und *Brügg* auf der Nordseite des Aarekanals, zwischen der hypothetischen Synklinale von *Bürglen* und der sicheren Synklinale vom *Brüggwald*. Zwischen *Port* und *Ipsach*, wo schwach antiklinal geneigter „oberer Muschelsandstein“ in alten Steinbrüchen zu sehen ist, scheint die Antiklinale vor dem Bielersee zu endigen.

Bei *Brügg* hat die Antiklinale von *Gottstatt* nach den Profilen von *Baumberger* eine Breite von nahezu 2 km und eine Höhe von etwa 250 m. Ihre Axe steigt mit etwa 3 ‰ nach ENE. Gerade dort, wo die Antiklinale von *Gottstatt* am schönsten entwickelt sein sollte, breitet sich die 3 km weite Schotterebene der *Aare* zwischen *Büren* und *Meinisberg* aus.

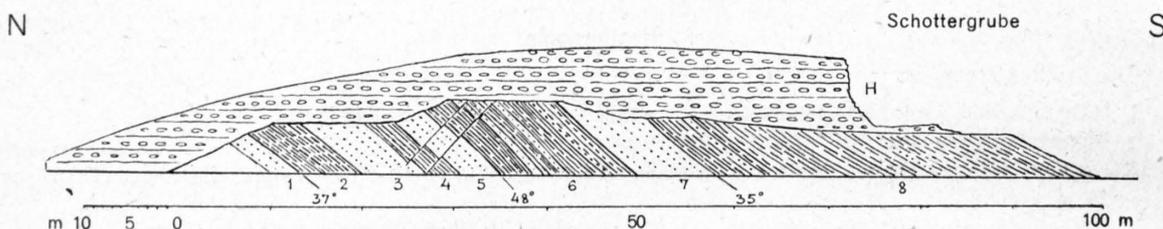


Fig. 25. Das Aquitanprofil an der Strasse nördlich Lyss (bei Punkt 450)
(H = Hochterrassenschotter; 1—8 siehe Text).

Der Bürenberg.

In der Hohlen Gasse von *Dotzigen* am SW-Ende des *Bürenberges* ist der „Muschelsandstein“ schön entblösst, streicht E 30° N und fällt 20° NNW. Darunter liegt die „Molasse grise“, den SE-Abhang des isolierten Berges bildend, am Weg SW Punkt 603 ebenso 20° NNW fallend. Umgekehrt ist das Fallen auf der N-Seite: am Weg beim *Mühlegraben* Sandstein mit roten Mergeln 10° SSE; Molasse grise darüber östlich Punkt 546 10—12° S. Der *Bürenberg* bildet also eine Synklinale²⁾ (Taf. IX, Pr. 2). Diese steigt axial nach Osten und ist vermutlich die östliche Fortsetzung der problematischen Synklinale von *Bürglen*.

Lyss und Umgebung.

Einen überraschenden grossen Aufschluss bietet der Strassenanschnitt neben der Eisenbahn bei Punkt 450 nördlich *Lyss* (Fig. 25):

8. Bunte Mergel, auf weiter Strecke NE Punkt 459 an der Strasse bei *Grentschel*, und südlich Punkt 476; 50 m?
7. Ca. 6 m grauer Sandstein, 35° nach S 10° E fallend.
6. Ca. 10 m dünnbankige, bläuliche Mergel mit Sandsteinbänken, im oberen Teil mit einer roten Lage. Streichen E 30° N, Fallen 48° SSE!
5. 3 m hellgelblicher Sandstein mit Knauern, von drei kleinen Brüchen treppenförmig verstellt.
4. Ca. 2,5 m graue Mergel.
3. Ca. 4 m grauer Sandstein.
2. Ca. 4 m Mergel mit rotem Band, 37° S 10° E fallend.
1. 2 + x m gelblich-grünlicher Sandstein.

¹⁾ *Baumberger* schätzt das Oligozän auf 800—900 m, und zeichnet die Schichten meist etwas steiler als meine Messungen ergaben.

²⁾ Zu diesem Resultat war Herr Dr. E. *Baumberger* nach persönlichen Mitteilungen schon im Jahre 1916 gelangt.

Von hier an ist leider das Terrassenbord vermauert (Kunststeinfabrik). Erst etwa 250 m weiter NE konnte mit dem Pickel wieder ein Aufschluss gemacht werden: gelblicher Sandmergel mit violetten und bunten Flecken, ca. 10° SSW fallend. Dies ist der letzte Aufschluss an der Strasse.

Am *Kalkgraben* südlich *Büetigen* trifft man nördlich Punkt 498 5— 10° S bis SE fallende bunte Mergel, am westlich vorspringenden Knie gleiche Mergel um die Horizontale schwankend, und nördlich davon 5— 12° NNW bis NW fallend. Beim Knie streicht also eine Antiklinale durch. Offenbar gehören die oben beschriebenen Aufschlüsse an der Strasse nördlich *Lyss* zum Südschenkel dieser Kalkgraben-Antiklinale.

Im *Grentschelbach* SE Punkt 486 fand Herr Dr. *Morgenthaler* Sandstein mit bunten Mergeln 28° NNW fallend, weiter oben bis südlich *Harderen* annähernd horizontal. Daraus lässt sich auf eine Synklinale schliessen: Die Synklinale von *Harderen*. Es ergibt sich also, dass der bis über 45° steile Südschenkel der Kalkgraben-Antiklinale nur von ganz geringer Breite sein kann (Taf. IX, Fig. 3).

Südlich vom Dorf *Lyss* sind viele Aufschlüsse von grauen, massigen Sandsteinen mit untergeordneten bunten Mergellagen, wohl dem obersten Aquitan angehörend, zu sehen. Auf der Nordseite des *Lyssbaches* fallen diese Schichten etwa 3— 5° SSE, auf der Südseite wechselnd, ohne nennenswerte Beträge. Die Faltung scheint bei *Lyss* auszuklingen. (Fig. 26.)

Die ältesten Schichten der Umgebung von *Lyss* sind die antiklinalen Mergel NE der Kunststeinfabrik, die etwa 400 m unter dem Burdigalien liegen mögen.

Die ausgedehnten Schotter- und Moränendecken verhindern ein weiteres Verfolgen der scharfen Falte nördlich *Lyss*.

Bucheggberg.

Über diesen über 10 km langen Bergrücken zwischen *Schnottwil* und *Bätterkinden* orientiert die Arbeit *Baumbergers* von 1903, sowie unser Profil 1, Tafel IX.

Stratigraphie.

Die besten Aufschlüsse bietet der steile, vorwiegend aus grauem Sandstein gebildete SE-Abhang gegen das Limpachtal bei *Balm*. Dort finden wir von unten:

1. Grauer Sandstein mit untergeordneten bunten Mergellagen (im Dorf *Balm* bis Kurve 500 m, 5— 10° NNW fallend). Oberes Aquitan.
2. Bei *Schnottwil* ist in dem grossen verlassenen Steinbruch *Salacker* eine über 10 m mächtige Molasse-Nagelfluh mit roten Granit- und Hornsteingeröllen aufgeschlossen. Diagonalschichtung ist ausgesprochen, das Fallen aber trotzdem im grossen deutlich 7— 16° SE. Dieses Konglomerat wird von *Baumberger* an die untere Grenze des Burdigalien gestellt. In der Tat enthält der liegende graue Sandstein bei *Bergacker* am *Mühlebach* bunte Mergellagen wie das oberste Aquitan bei *Balm*.
3. Grauer, mächtiger Sandstein, meist feinkörnig, mürbe, mit eisenschüssigen Tonbändern im oberen Teil (*Rappenstübli*), mit bunten und blutroten Körnchen, stellenweise massig oder konfus geschichtet, offenbar marin, Molasse grise, Burdigalien. Mittleres Fallen 13° NNW. Mächtigkeit 100—140 m.
4. „Oberer Muschelsandstein“, harte, raue Sandsteinbänke mit Kalzitbindemittel. Steinbrüche bei *Flühli* (nahe 669 m) mit Schichtlage 6— 12° W-Fallen, und *Biezwil*, marin, mit häufigen Haifischzähnen. Mächtigkeit vermutlich über 20 m.

Bei *Biezwil* steht grauer Sandstein wie Nr. 3 an, doch scheint bei Annahme bruchloser Faltung für die ganze graue Molasse vom *Rappenstübli* zwischen *Biezwil* und *Salacker* nicht genügend Raum vorhanden zu sein.

Das Basis-Konglomerat des Burdigalien ist ferner schön aufgeschlossen in der Grube beim Hof 556 SE *Schnottwil*, wo es 16° NNW fällt.

Tektonik.

Die tektonische Charakterlinie des *Bucheggberges* ist die bereits von *Baumberger* 1903 erkannte Synklinale von *Biezwil*. Sie streicht von *Schluchrieder* SE *Schnottwil* E 25° N, folgt der sanften Terrainfurche, dann 50—100 m nördlich Punkt 607 bei *Biezwil* vorbei, ist im „oberen Muschelsandstein“ ziemlich scharf, und lässt sich weiter verfolgen bis *Lüderswil-Aetigkofen*. Am schönsten ist die Symmetrie SE *Schnottwil*: NW-Schenkel aussen 9° , innen bis 16° SE-Fall. SE-Schenkel aussen 8° , innen 16° N- bis NW-Fall.

Das *Limpachtal* entspricht vermutlich einer sanften E 30° N streichenden Antiklinale. Ihr NW-Schenkel (= SE-Schenkel der Synklinale von *Biezwil*) hat bei *Balm-Biezwil* eine sichtbare Breite von 1100 m, und ein Fallen von höchstens 15°; im Mittel wohl nicht über 10° NNW. Die Schenkelhöhe beträgt also nur etwa 150 m. Über die Form des Scheitels und Südschenkels wissen wir nichts, da das *Limpachtal* auf über 2 km Breite von quartären Ablagerungen erfüllt ist.

Eine weitere, sanfte Antiklinale, scheint über *Oberwil* zu gehen, wo die oberaquitane Schichten von *Balm* horizontal liegen, während sich als Südschenkel die „Molasse grise“ von *Grabenole* anschliesst. Das ist vielleicht die östliche Fortsetzung der Antiklinale zwischen *Bürenberg* und *Büetigen* (Taf. VIII). Nach Mitteilung von Herrn Dr. *E. Baumberger* setzt sich die Antiklinale von *Oberwil* im *Biberntal* fort.

Nördlich *Oberwil* sind die Aufschlüsse vereinzelt und mangelhaft. Das 20° steile S-Fallen der Schichten von *Balm* am Graben östlich *Rütihöhe* deutet auf eine Antiklinale von *Rütli*, die vielleicht als östliche Fortsetzung oder Stellvertretung von *Baumberger's* Antiklinale von *Göttstatt* zu deuten ist.

Tektonische Zusammenhänge.

Von Westen kommend, haben wir zunächst sanfte Falten mit nur lokal stärker aufgerichteten Schichtlagen gefunden. Diese strichen schief zum Jura: Die Synklinale von *Gampelen*, die Synklinale von *Hagneck*, die Antiklinale von *Mörigen-Jens*, bis zu 40° vom Jurastreichen abweichend.

Die Antiklinale von *Jens* ist die grösste und steilste des Seelandes.

Die zweitschärfste ist die Antiklinale nördlich *Lyss*, mit bis 48° steilem Südschenkel. An absoluter Höhe mag sie derjenigen von *Jens* ebenbürtig sein, doch sind ihre Schenkel kürzer und niedriger (Taf IX, Pr. 3). Ob sie sich über den *Kalkgraben* nach dem *Limpachtal* verbiegend fortsetzt, oder nördlich gegen *Diessbach-Schnottwil* abschwengt, konnte nicht festgestellt werden. Auf alle Fälle muss sie sich nach Osten rasch verflachen, und offenbar auch in ihrem Scheitel senken. Dass sich die Limpachantiklinale nach Osten langsam senkt und verflacht, macht auch die Oberflächengestaltung des *Bucheggberges* wahrscheinlich, die am schönsten aus der Ferne, z. B. von der Umgebung von *Burgdorf* aus, übersehen werden kann.

Wie schon *Baumberger* angenommen hat, entspricht der südliche Teil des *Bürenberges* dem *Jensberg*. Es fragt sich nun, ob die nach E sinkende Antiklinale von *Jens* sich in die grösstenteils wegerodierte Antiklinale von *Oberwil* oder in diejenige des *Kalkgrabens* fortsetzt. Möglich wäre auch eine Gabelung nach diesen beiden, deren Dimensionen ja auch bedeutend geringer sind.

Auf der Verbindungslinie zwischen *Jens* und *Kalkgraben* kommen mitten im Talboden die Heilquellen des alten und neuen Bades von *Worben* zu Tage, an jene von *Yverdon* (pag. 36) erinnernd. Die Quelle *Neubad* ist 8 m unter der Talsohle gefasst; ihr Wasserstand reicht bis 2 m unter die Oberfläche. Sie ist gipshaltig, aber so gut wie frei von Schwefelwasserstoff, enthält nach Prof. *Schaffer* in Milligrammen per Liter: 45,4 SO₃; 17,6 Cl₂; 10,0 Si O₂; 188,6 Ca O; 21,1 Mg O; 4,1 Fe O. Temperatur 21,5° C. Ob nun der Gips- und Bittersalzgehalt der unteraquitane, antiklinal gestellten Molasse entstammt?

Während am *Bielsee* die Antiklinale von *Mörigen* die erste südlich des Juras ist, schiebt sich infolge der Divergenz bei *Biel* die Antiklinale von *Gottstatt* dazwischen, sodass wir in einem Querprofil östlich *Biel* folgende Falten vorfinden, von Norden: 1. Synklinale *Brüggwald* (*Baumberger*), und Antiklinale von *Gottstatt* (*Baumberger*); 2. Synklinale *Bürglen-Bürenberg* und Antiklinale *Jens-Oberwil*; 3. Synklinale bei *Büetigen* (hypothetisch) und Antiklinale des *Kalkgrabens* nördlich *Lyss*; 4. Synklinale von *Harderen* (Fig. 26). Von diesen steigen nach *Baumberger* die Synklinalen 1 und 2 und die Antiklinale 1 axial nach Osten. Die Antiklinale von *Jens* und wohl auch diejenige des *Kalkgrabens* hingegen sinken nach Osten. Die intensivste Faltung des Seelandes scheint im Profil *Biel-Lyss* stattgefunden zu haben, und östlich *Biel* liegt auch in Form der Synklinale des *Brüggwaldes* die tiefste Depression am Innenrand des Juras zwischen Frankreich und Aarau (Fig. 26).

Die Petrolfrage.

Das Misslingen im Auffinden von Ölsanden im Berner Seeland kann auf dreierlei Arten erklärt werden:

1. durch Lückenhaftigkeit der Aufschlüsse,
2. durch ungenügende Tiefe in der Entblössung der Antiklinalkerne,
3. durch Fehlen der Ölimprägung überhaupt.

Welche der drei Möglichkeiten zutrifft, konnte nicht ermittelt werden. Unter der wahrscheinlichsten und am meisten erwünschten Annahme 3 würde für Sondierbohrungen in erster Linie die Antiklinale von *Mörigen-Jens*, in zweiter Linie diejenige nördlich *Lyss* in Frage kommen. Eine schöne Antiklinale ist vielleicht auch diejenige südlich des *Bürenberges*, ferner der östliche Teil der Antiklinale von *Gottstatt*, doch fehlen über beide genügende Aufschlüsse.

Für Sondierbohrungen kommt in Betracht die regelmässig sanft ENE fallende Scheitelregion bei *Jens*, und zwar wohl am besten beim Hof *Loch* (Fazies *Dardagny*), wo auch reichlich Wasser zur Verfügung steht. Noch tiefer im Kern angesetzt wäre die Umgebung von *Hof* an der Strasse nach *Belmund*, jedoch ist man dort ohne weitere Grabungen über die Tektonik im Detail weniger im klaren.

Vor allem wäre zu empfehlen, den Antiklinalscheitel westlich *Jens* in der Umgebung von *Hof* durch Schürfungen genauer festzustellen, ferner den Stollen *Biedermann's* am *Hungerberg* zu öffnen, um zu prüfen, ob die „Ölflecken“ etwa bloss von Eisen herrühren.

Auf alle Fälle wäre eine Sondierbohrung bei *Jens* von grossem wissenschaftlichem Interesse.

Aarwangen - Murgental

(Kte. Bern - Solothurn - Aargau).

Literatur.

- 1872 *Kaufmann, F.J.*, Rigi und Molassegebiet der Mittelschweiz, Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz, Lief. XI, pag. 240—248.
- 1905 *Martin, Rud.*, Die untere Süsswassermolasse in der Umgebung von Aarwangen, *Ecol. geol. Helv.*, t. IX, Nr. 1.
- 1912 *Niggli, P.*, Erläuterung zur geol. Karte von Zofingen. A. Francke, Bern.
- 1915 *Mühlberg, F.*, Erläuterung zur geol. Karte des Hauensteingebietes. A. Francke, Bern.

Karten: Geologische Karte des Gebietes Roggen-Born-Boowald, 1:25000, von *F. Mühlberg* und *P. Niggli*, Spezialkarte Nr. 67 der „Beiträge“, 1912.

Geologische Karte von Zofingen, 1:25000, von *P. Niggli*, Spezialkarte Nr. 65, 1912.

Blatt VIII 1:100000 des geol. Atlas der Schweiz, II. Aufl., 1913.

Vom *Limpachtal* bis *Wangen-Aarwangen* ist die Molasse von ausgedehnten Alluvionen und Diluvialschutt verdeckt. Andererseits fehlt noch eine nähere Untersuchung der Molasse *Rüti-Leuzingen-Biberist* südlich *Solothurn*. Für die Umgebung von *Aarwangen* hingegen besitzen wir die beste Grundlage: Die schöne neue geologische Karte 1:25000, von *Mühlberg* und *Niggli*, mit Erläuterungen.

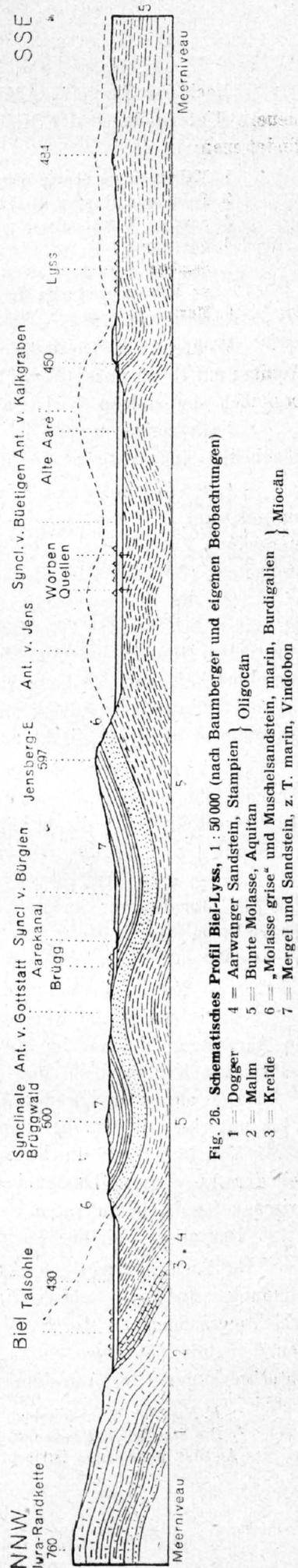


Fig. 26. Schematisches Profil Biel-Lyss, 1:50000 (nach Baumberger und eigenen Beobachtungen)

- 1 = Dogger
- 2 = Malm
- 3 = Kreide
- 4 = Aarwanger Sandstein, Stampien } Oligocän
- 5 = Bunte Molasse, Aquitan
- 6 = „Molasse grise“ und Muschelsandstein, marin, Burdigalien } Miocän
- 7 = Mergel und Sandstein, z. T. marin, Vindobon

Stratigraphie.

Nach der durch *F. J. Kaufmann* geschaffenen vorzüglichen Grundlage ist die erste eingehende neuere Untersuchung der Molasse von *Aarwangen* *R. Martin* zu verdanken. Nach seiner Auffassung findet man:

1. Malmkalk, zu oberst Wangener Schichten.
2. Bolus und Hupper, Eozän.
3. Sandige Mergelmolasse mit Glimmer, ca. 150 m. Oberes Stampien.
4. Süßwasserkalk von *Ober-Wynau*, 25—30 m.
5. Sandige Knauermolasse mit Tonschmitzen,
= Molasse grise oder Molasse lausannienne, 600—700 m. } Untere Süßwassermolasse, Aquitan.
6. Marine Molasse mit Nagelfluh.

Während die Parallelisierungen der Abteilung 5 mit der „Molasse grise“ und von 4 mit dem Aquitan mit Recht durch *Niggli* bestritten werden, haben sich eigentümlicherweise alle neueren Autoren bezüglich der obigen Reihenfolge ohne Kritik angeschlossen (*Niggli*, *F. Mühlberg*, *Rollier* u. a.).

Nach meiner bereits in *Albert Heim*, Geologie der Schweiz, pag. 437 und Tabelle nach pag. 541 gegebenen Auffassung ist die Reihe der Molassestufen wie folgt:

1. Süßwasserkalk von *Ober-Wynau* mit *Helix rugulosa*, *Limnaea*, *Chara*, etc., ca. 50 m; unteres oder mittleres Stampien. Graue bis kreideweisse feinkörnige Kalkbänke (Seekreide) mit mergeligen Zwischenlagen, durch eine ca. 3 m dicke Zwischenlage von violettrotten und grünen Mergeln zweigeteilt (NW des Elektrizitätswerkes). Detailprofil siehe *Martin*, l. c. pag. 88.

Ob der Süßwasserkalk direkt auf Malm liegt, oder von diesem noch durch Molasse getrennt ist, lässt sich an der Oberfläche nicht ermitteln. Trifft die Angabe *Cartier's* zu, wonach von der künstlichen Stauung der Aare beim Elektrizitätswerk noch die „première couche du terrain jurassique“ zum Vorschein kam, so kann eine nennenswerte Zwischenlage nicht in Betracht fallen. Zum gleichen Ergebnis führt ein Vergleich mit dem nahen Jurarand bei *Önsingen-Ravellen*, wo der Süßwasserkalk des unteren Stampien direkt auf Malm mit Bohnerz folgt (*Mühlberg*).

2. Aarwanger Molasse. Vorwiegend grauer bis gelblich bräunlicher, mürber, oft grobkörniger Glimmersandstein mit untergeordneten gleichfarbigen Mergellagen; im unteren Teil ca. 30—50 m über dem Kalk Nr. 1 die berühmten Säugetierfundstellen *Mühlebühl* und *Zelg* an der Aare = oberes Stampien nach *Stehlin*. Gesamtmächtigkeit am *Wynauberg* nach Konstruktion 300—400 m (Taf. X).

Einen guten Aufschluss bietet die schon von *Martin* und *Niggli* beschriebene Sandgrube *Mühlebühl* NE *Aarwangen*: lockerer, grobkörniger Glimmersandstein mit schichtförmigen harten Knauern bis zu 1 m Durchmesser, Schmitzen von Kohle und Holz und eckigen Brocken von weichem, grauem Mergel (wie vom Rande einer Bucht abgestürzt). Fallen im Mittel 10—12° S (Säugetierfauna siehe *H. G. Stehlin*, Verhandl. d. naturf. Ges. Basel, 1914, pag. 183—185).

Völlig analog, mit Knauersandstein, Kohleschmitzen und Mergelgeröllen, ca. 10° SE fallend, ist die Aarwanger Molasse im *Kellenholz* unterhalb der Strasse bei *Birch E Wynau*. Die Basis dieses Profiles mit Kohleschicht und sehr fossilreichem Süßwassermergel wird von *E. Kissling* beschrieben¹⁾.

Die obere Grenze der Aarwanger Molasse kann bei Niederwasser am linken Ufer der Aare 1 km unterhalb *Wynau* bei Punkt 405 beobachtet werden (vergl. Aquitan).

Von Punkt 438 am linken Aareufer 1 km SW *Bannwil* gibt *Martin*, l. c. pag. 83 vom unteren Teil der Aarwanger Molasse ein detailliertes Profil, in dem auch rote, schwarze und bunte Mergellagen zwischen Sandstein auftreten.

Der obere Teil der Aarwanger Molasse gehört möglicherweise schon zum Aquitan.

3. Bunte Molasse, Aquitan, bildet die Ufer der *Murg* und der *Aare* unterhalb der Murgmündung, sowie den ganzen Untergrund des *Boowaldes*. Durch Konstruktion aus einigen Dutzend Schichtmessungen an *Aare* und *Murg* ergibt sich die Gesamtmächtigkeit des Aquitan zu 850 m²⁾. Von der *Aare* der *Murg* entlang aufwärts durchquert man fast das ganze Aquitanprofil, freilich mit Unterbrechungen der Aufschlüsse.

¹⁾ *E. Kissling*, Molassekohlen westlich der Reuss, „Beiträge“, Geotechn. Serie, 1913, Lief. II, pag. 46.

²⁾ Die Strecke *St. Urban-Guggenhusenhübel* als horizontal angenommen. Am *Mittibach* bis zur *Glashütte*, wo ein Teil des Aquitan abgetragen ist, ergibt die Konstruktion 780 m.

Bei Punkt 405 an der *Aare* ist der oberste Teil der Aarwanger-Molasse als grauer, dünnschichtiger Sandstein mit Pflanzenresten, von 5—25° E-Fallen bei Niederwasser zugänglich. Darüber folgen:

- a) Ca. 20—25 m bunte, teilweise grüne, violett gefleckte Mergel, kleinknollig, 10° E fallend. Übergang 2 m grüne Mergel mit hell hervortretenden Kalksandsteinbänken bis zu 1 dm Dicke. Str. N, Fallen 17° E. Übergang 1,5 + ? rote Mergel. Nach Unterbrechung der Aufschlüsse folgen knolliger, grauer Kalksandstein, grüner, schieferiger Mergelsandstein, 6—8 m gelber Sandstein (gegenüber dem Bauernhof) 6—8° E fallend, ca. 8 m grauer Knauersandstein (unten mit Geröllen und weissen Kalkknöllchen) 10—15 m bunte Mergel 10° E fallend, Ölsand, dann bis zur Brücke *Murgental* wieder rote Mergel und bläulicher Mergelsand, 5—8° E fallend. Mächtigkeit des unteren Aquitan bis zur Brücke im Ganzen = ca. 120 m. An der *Murg* folgen über diesen Schichten: bunte Mergel mit dicken, weichen, grauen Sandsteinbänken vielfach wechsellagernd, ca. 150 m.
- b) Scharf vorspringende Rippen von gelblichgrauem Sandkalk und feinsandigem Kalkmergel (erinnernd an den unteren *Hürbisgraben* bei *Jens*) bis zur Abzweigung des *Rotkanals*; Mächtigkeit dieser Abteilung ca. 100 m.
- c) Wie *a*; bunte Mergel bis zum Kloster *St. Urban*, mit Sandstein; zu oberst bunte Mergel (Strasse bei *Schön-eich*, *Pfaffneren* nördl. *Pfaffnau*). Mächtigkeit ca. 450 m.

Am *Mittibach* östlich *Murgental* findet man unterhalb des Brückleins Punkt 433 vorwiegend blaue Mergel mit Sandsteinbänken, die nach der Schichtlage zum unteren Teil von *c* gehören und etwa 120 m mächtig sind. Darüber folgen wieder bunte Mergel (wie bei *Eclagnens*, *Waadt*).

Eine Kalksandsteinrippe vom Niveau *b* findet man bei der Kreuzung des *Lochgrabens* mit dem *Rotkanal*, 2,5 km NE *Murgental*, stratigraphisch 100 m über dem Ölsand von *Aaretränke* in Bohrung IV. Danach kann der Ölsand von *Aaretränke* auch noch am Unterlauf der *Murg* im Niveau *a* zu finden sein.

4. Burdigalien, nach *P. Niggli*:

a) Gelblicher mürber Sandstein mit grauem Muschelsandstein, an der Basis eine Geröllbank, 60—90 m; b) darüber glaukonitischer eigentlicher Muschelsandstein mit Nagelfluh und Echinodermenbreccie, 60—80 m; c) schwarze Mergelsandsteine, 10 m.

5. Vindobon (Konglomerate) und sarmatische Stufe folgen erst weit weg in der horizontalen Molasse, siehe *Niggli*, l. c. 1913, pag. 54—57.

Die Ölsande.

In der Annahme, das Ölniveau, falls vorhanden, sei in diesem Gebiet, wie in Genf und Waadt, im unteren Teil des Aquitan, etwa 100 m über der Aarwanger-Molasse zu suchen, sahen, insbesondere die grünlichen Sandsteinfelsen bei *Rainacker* am Aarebogen östlich *Wolfwil* verdächtig aus, deren 30—40° steiles NW-Fallen schon aus der Ferne von *Aarwangen* herkommend, erkennbar ist. In der Tat konnte dort der erste Ölsand nachgewiesen werden (4. April 1917). Zwei Monate später, ohne Kenntnis dieses Fundes, entdeckte Prof. Dr. *A. Hartmann* den Ölsand der *Aaretränke* bei *Fulenbach* auf dem SE-Schenkel der gleichen Antiklinale. Dass dieser bereits vor mehr als 20 Jahren durch Herrn Prof. Dr. *F. Oppliger* in seiner ungedruckten Diplomarbeit der Fachlehrerabteilung am Polytechnikum *Zürich* beschrieben worden war, ist uns erst vor Kurzem zur Kenntnis gelangt.

Nach gründlichem Absuchen der Aareufer bei Niederwasser (Februar) sind nun auf 4 km SW-NE-Richtung folgende fünf Vorkommnisse bekannt geworden:

1. Ölsand *Rainacker* bei *Wolfwil*, linkes Aareufer (Kt. Solothurn). Mächtiger Komplex olivgrünlichen, mürben feinkörnigen Sandsteins, lagenweise mit vorragenden Erhärtungen und zurückgewitterten mergeligen Lagen. Im unteren Teil, ca. 100 m N 35° E von der kleinen Kiesinsel durchzieht den grünlichen Sand eine 30 cm breite, unscharf begrenzte, schokoladebraune Ölsandschicht. Darunter sind wechselnde, aber vollkommen schichtförmige dünnere solche Bänder im olivgrünlichen Sandstein vorhanden, bis zu solchem von 1/2 mm Feinheit! Eine bestimmte Lage zeichnet sich aus durch 1—3 mm grosse braune Tupfen im ölfreien Sand, wie aus einzelnen Organismen oder Kolonien von solchen an Ort und Stelle hervorgegangen. Die ganze Imprägnationszone hat nur eine Mächtigkeit von etwa 1 m und ist vollkommen konkordant und ohne Tonabgrenzung im ebenso porösen ölfreien Sandstein eingelagert. Der Ölsand ist trocken und verhältnismässig arm (ca. 0,5 % Bitumen). Das Liegende des ölhaltigen Sandsteinkomplexes bilden bunte, besonders rote und grüne Mergel (*Mattenhof*).

2. Ölsand Murgental, linkes Aareufer (Kt. Solothurn), etwa 200 m oberhalb der Brücke, Fallen 5—10° E. Das Profil ist etwa folgendes (Fig. 27):

- α. Rote Mergel.
- β. 3 m hellgelblicher, weicher Glimmersandstein mit Konkretionen, unten dünne Ölsandstreifen. Nach W stellt sich eine rote Mergelbank im Sandstein ein.
- γ. 1 m Ölsand in Schlieren und groben Flecken im ölfreien Sandstein (ca. 40% Ölsand).
- δ. 1 m sichtbar kompakter, violettbrauner, trockener, glimmerhaltiger Ölsand von 1—2 Gew. % Bitumen mit grünlichen, ölfreien Nestern. Ziemlich scharf begrenzt gegen
- ε. 0,5 m sichtbar: grünlicher, ölfreier, poröser Sandstein.

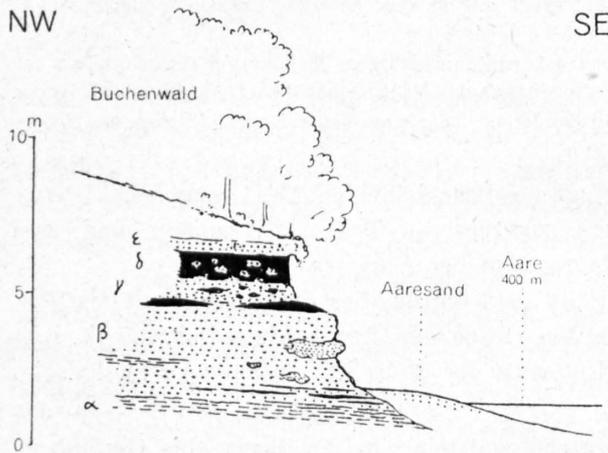


Fig. 27. Ölsand 200 m oberhalb Brücke Murgental.

weissen porösen, mürben Sandstein, die nach rechts (SW) anschwellen und dann fast plötzlich dritenartig endigen, Taf. XII, Fig. 2 Ölsandbänder in konfuser Diagonalschichtung. Mächtigkeit des über dem Aarespiegel sichtbaren Ölsandes 1 m, hievon etwa 40 cm imprägniert.

Seine Lage im Schichtprofil ist etwa folgende: über dem bläulichen Mergelsand beim nördlichen Brückenende (pag. 55) folgen NE vom südlichen Brückenende rote Mergel, Sandstein ca. 5—8 m mit Ölsand, darüber 5—10 m blaue Mergel im *Mittibach* nahe seiner Mündung mit Streichen N 20° E, Fallen 12° ESE, darüber wieder Sandstein ca. 8 m bis gegenüber der Giesserei.

Der Ölsand streicht schief über die *Aare* und sollte durch Grabungen etwa bei Punkt 403, 200 m oberhalb der Giesserei wieder nachzuweisen sein.

3. Ölsand Murgental, rechtes Aareufer (Kt. Aargau). Etwa 200 m unterhalb der Brücke fand Prof. *Hartmann* einen weiteren Ölsand, der nach der Schichtlage von 8—10° ESE-Fallen (von der Möglichkeit einer kleinen Verwerfung längs der Aare abgesehen) stratigraphisch 60 m höher liegt, d. h. ca. 170 m über der Aarwanger Molasse. Faziell entsprechen einander 2 und 3 vollkommen. So schön wie bei *Dardagny*, hier aber offen zu Tage, ist die feinste Schichtung von Ölsand und ölfreiem Sand ohne tonige Zwischenlagen zu sehen. Taf. XII, Fig. 1 zeigt unter dem kompakten Ölsand feinste parallele Ölsandschichtchen im

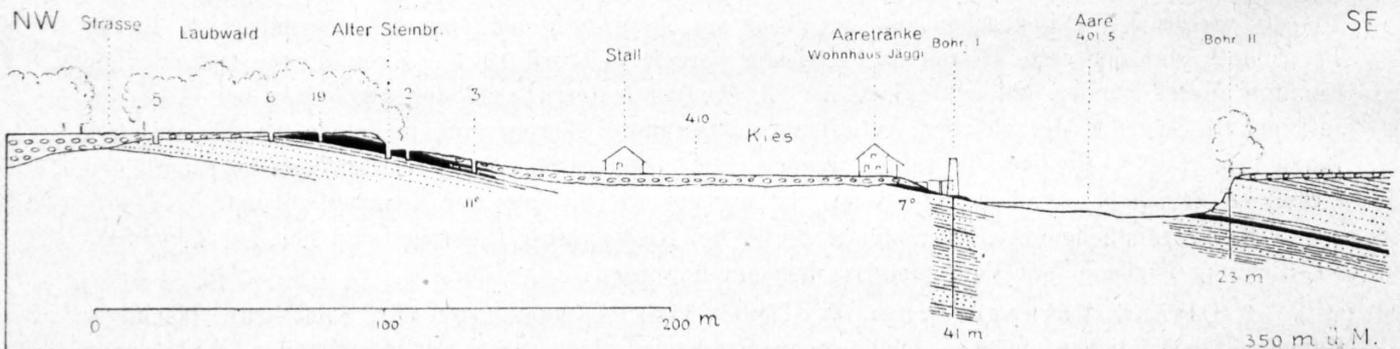


Fig. 28. Profil Aaretränke (Ölsande schwarz).

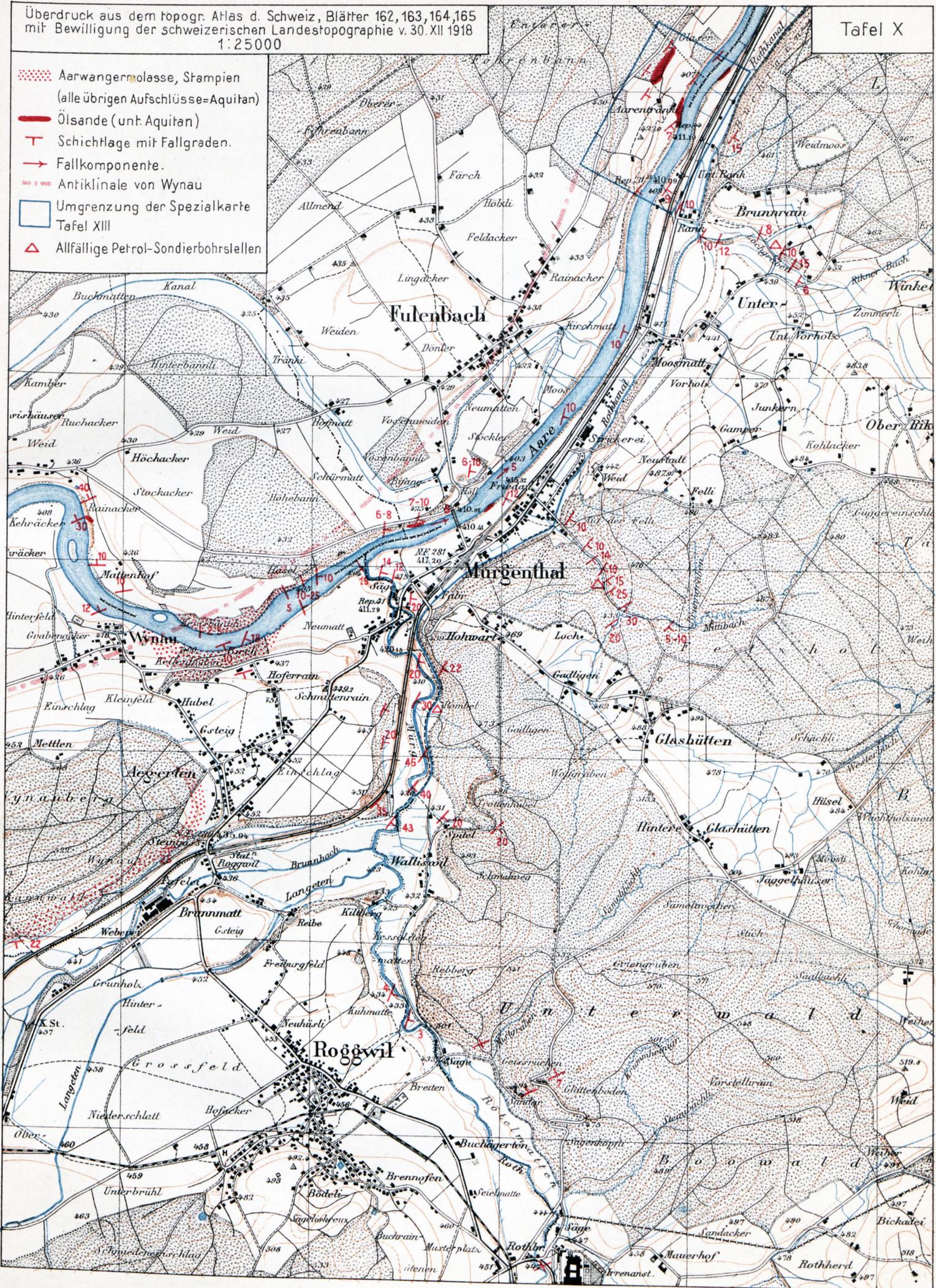
4. Ölsand Aaretränke bei Fulenbach (Kt. Solothurn). Hier sind durch die Arbeiten von Prof. *Hartmann* zwei getrennte Ölsandreviere nachgewiesen worden:

A. Ölsand am Waldrand.

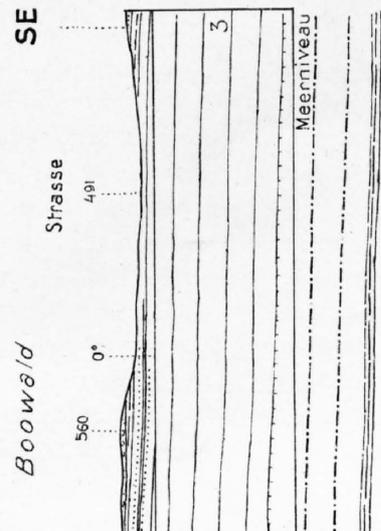
Dieser Ölsand wurde von *Ad. Hartmann* als loser, dunkel schokoladebrauner Block in einem Mäuerchen 1/2 km nördlich *Kirschmatt* entdeckt. Da seine erste Bestimmung den hohen Wert von 5,35 Gew. % Bitumen ergab, prüfte er die Frage eines Abbaues zu Tage mittels zahlreicher (jetzt wieder zugeschütteter) Schürfschächte, ausgehend von einem ehemaligen kleinen Steinbruch am Waldrand (Taf. XIII und Fig. 28). Dadurch sollten zunächst Ausdehnung, Mächtigkeit und mittlerer Bitumengehalt be-

Überdruck aus dem topogr. Atlas d. Schweiz, Blätter 162, 163, 164, 165 mit Bewilligung der schweizerischen Landestopographie v. 30. XII 1918
1:25000

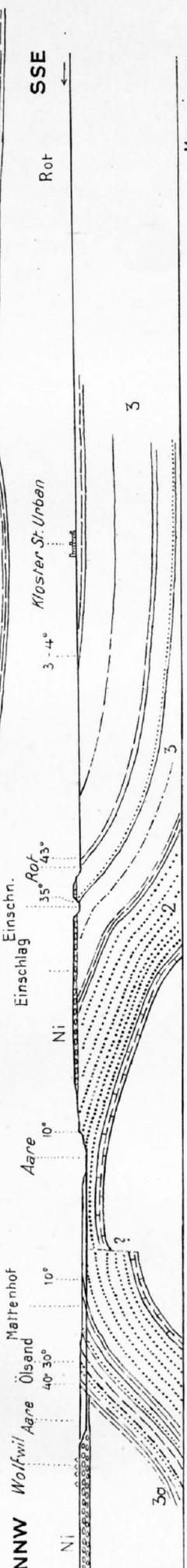
- Aarwangermolasse, Stampien
(alle übrigen Aufschlüsse=Aquitan)
- Ölsande (unt. Aquitan)
- Schichtlage mit Fallgraden.
- Fallkomponente.
- Antiklinale von Wynau
- Umgrenzung der Spezialkarte
Tafel XIII
- Allfällige Petrol-Sondierbohrstellen



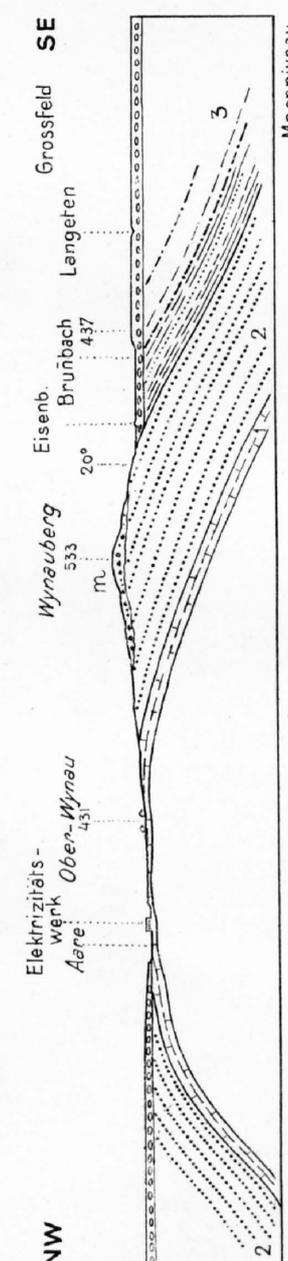
- Ni Niederterrassenschotter
- m Morane der grössten Vergletscherung
- H Hochterassenschotter
- 3 Bunte Molasse, Aquitan
- 2 Aarwangermolasse
- 1 Süswasseralkal u. Stampfen Mergel
- Niveau der Ölsande (Unt. Aquitan)



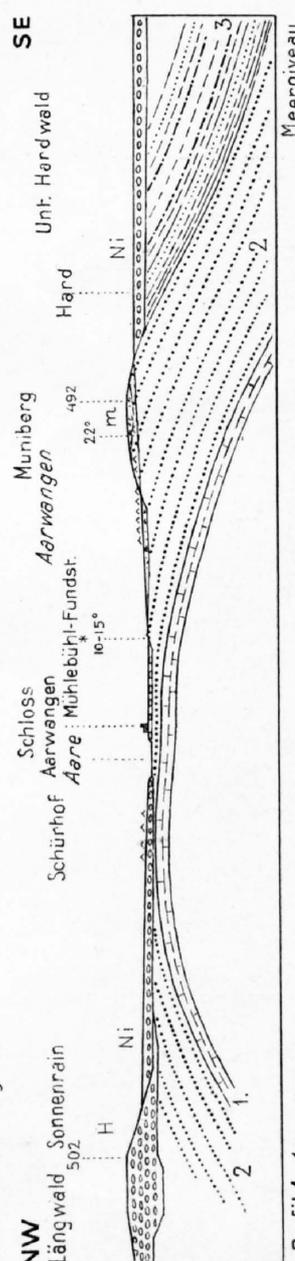
Profil 4: Murgenthal-Boowald



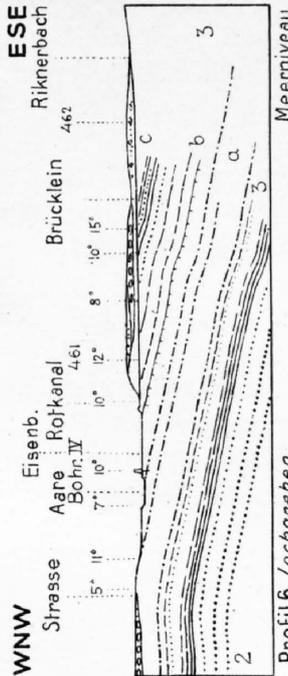
Profil 3: Wolfwil-St. Urban



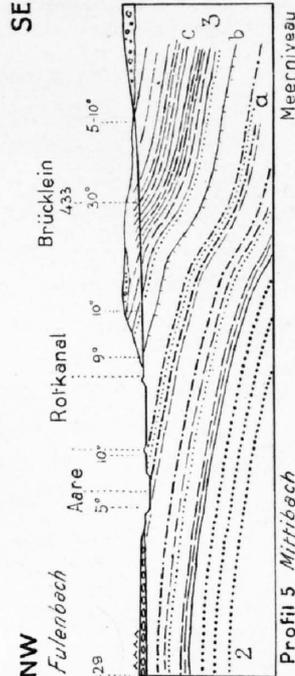
Profil 2 Ober Wynau



Profil 1 Aarwangen



Profil 6 Lochgraben



Profil 5 Mithibach

Profile durch die Antiklinale von Wynau 1: 25,000

stimmt werden. Es würde hier zu weit führen, die Aufzeichnungen aller Schürfungen wiederzugeben, um so mehr als für später eine diesbezügliche Arbeit von *Ad. Hartmann* in den Mitt. d. naturf. Ges. Aarau in Aussicht steht.

Die oberflächliche Ausdehnung ist nach Plan Taf. XIII bis zu etwa 5–6 m Tiefe gedacht zu rund 15 000 m² bestimmt, und wie folgt begrenzt: nach NW durch Ausstreichen in die Luft, nach SE durch Eintauchen unter Niederterrassenschotter und teilweises Sterilwerden, nach SW und NE durch alte Erosion und Zudeckung mit Schotter.

Die Mächtigkeit des kompakten Ölsandes beträgt im Maximum 3,5 m, und zwar in den Gruben 1–4 beim alten Steinbruch.

Der Bitumengehalt erwies sich in den Gruben 1–4 im Mittel zu etwa 3 Gew. %. Der maximale Gehalt wurde zu 7,63 Gew. % = 19,2 Vol. % in Grube 22 gefunden, und zwar als eine schwarze, zähe, 10–20 cm dicke Schicht im oberen Teil des sonst fast steril gewordenen Ölsandkomplexes, wie wenn sich hier der Bitumengehalt auf diese dünne Bank konzentriert hätte. Es ergibt sich somit, dass die

Imprägnation in horizontaler Richtung

äußerst unbeständig ist und innerhalb etwa 40 m nach S und SE bis fast zum Verschwinden ausklingt, was speziell durch den Graben 31 nachgewiesen wurde.

Im Ganzen entsprechen die Ölsande dem Typus *Dardagny*, sind aber teilweise etwas grobkörniger.

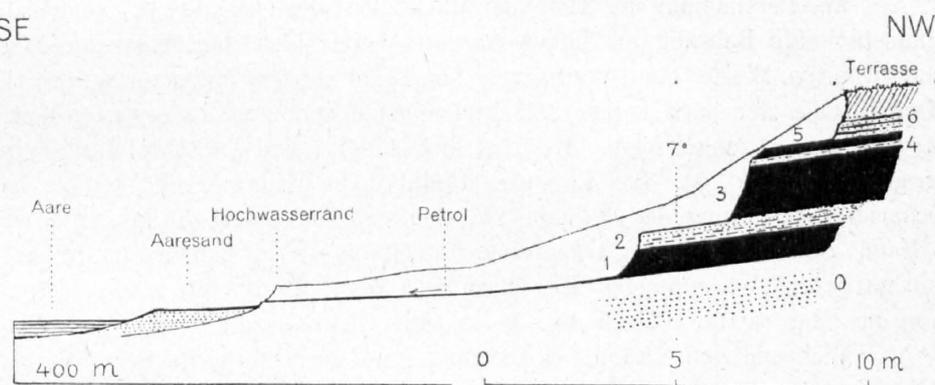


Fig. 29. Profil des künstlichen Grabens Nr. 35 bei Aaretränke (Ölsande schwarz).

Über die stratigraphische Lagerung gaben Gruben 1, 2, 3, 4, 6, 26 und 27 guten Aufschluss. Wir notierten von oben:

- 0,5 m grauer, verwitterter Sandstein (Gruben 1, 2),
- 3,5 m brauner Ölsand, im ganzen massig, trocken, mürbe, im mittleren Teil mit einer bläulichen Mergellage oder bläulichem, unscharf begrenztem härterem Sandstein. Das gesamte Bitumen entspricht hier etwa einer Schicht von 25–35 cm. Scharfe Grenze gegen
- 0,2 m bläulicher Ton (ohne Kalkgehalt),
- 1,5 m roter Ton (ohne Kalkgehalt), scharfe Grenze gegen
- 0,4 m bläulicher grobkörniger, mürber Glimmersandstein.
- 0,2 m rötlicher Mergelsand,
- 0,4 m gelbliche Mergel,
- grauer Sandstein.

Die Schichtlage liess sich mit aller wünschbaren Schärfe bestimmen, sowohl durch direkte Messung, als auch durch Konstruktion aus den kombinierten Befunden der vermessenen Schürfgruben. Daraus ergab sich ein regionales Streichen von N 32–34° E. Das Fallen wechselt von 9–16°, und beträgt im Mittel 11–13° ESE (vergl. Taf. XIII und Fig. 28). Von Verwerfungen war nichts zu sehen.

B. Aareufer.

Am Ufer der Aare beim Hause *Aaretränke* ist durch Schürfung ein weiterer Ölsand auf 140 m Länge festgestellt. Den besten Aufschluss ergab Graben Nr. 35 (Fig. 29):

- 0. Grauer, poröser Sandstein,
- 1. 65 cm grünlicher, mürber Ölsand,
- 2. 45 cm grünlicher Mergelsand, oben mit Erhärtungen,
- 3. 140 cm violettbräunlicher Ölsand,
- 4. 10 cm grünlich-weisser, mergeliger Sandstein,
- 5. 20 cm schokoladebrauner bis rotbrauner Ölsand,
- 6. 50 cm + x grünlicher Sandstein mit dünnen, braunen Ölsandschichtchen, darüber Humuserde.

Die Gesamtmächtigkeit des Ölsandes beträgt 2,5—3,5 m. Die Schichten streichen NE und fallen 6—7° SE. Der Ölsand gleicht völlig demjenigen von *La Plaine*. Flüssiges, stark nach Benzin riechendes Petroleum schwamm von selbst mit Wasser in irisierenden Schweifen durch den Graben bis in die Aare hinaus. In wunderschöner Weise finden wir hier eine Stufenleiter von grünem, nicht oxydiertem "Live-oilsand" zum braunen toten Ölsand, entsprechend dem Ansteigen am Steilbord. Eine Probe aus der Ölsandschicht ergab, wie zu erwarten war, den relativ geringen Bitumengehalt von 3,97 Gew. %, da hier die Gewichtszunahme durch Oxydation wegfällt. Unmittelbar bei der Bohrstelle I ist der grünliche Ölsand schon nicht mehr in regelmässigen Bänken vorhanden, sondern in Verkeilung mit grünlichen ölfreien Lagen.

5. Ölsand gegenüber Aaretränke, rechtes Aareufer (Kt. Aargau). Durch Schürfguben wurde Ölsand vom Typus 4 B 200—250 m ENE des Hauses *Aaretränke* erreicht (Taf. XIII).

Schürfbohrungen bei Aaretränke.

Zur Bestimmung der Tiefe und Mächtigkeit des Ölsandes 4 A vom Waldrand liess Prof. *Hartmann* zunächst eine Bohrung am linken Aareufer beim Haus *Aaretränke* ansetzen. Die Bohrungen wurden auf primitive Weise, ohne Verrohrung, von Hand mit fünf Mann ausgeführt (Firma *Locher & Cie. Zürich*). Der Ölsand, der nach seiner Schichtlage bei etwa 30 m zu erwarten war, wurde bis zum Ende bei 40,3 m nicht angetroffen. Es fragt sich somit, ob das Fehlen durch eine Verwerfung, oder stratigraphisch bedingt ist. Das Letztere scheint mehr Wahrscheinlichkeit zu haben: einerseits wegen der scharfen Auflagerung des Ölsandes auf buntem Ton am Waldrand, während an der Aare unter dem Ölsand zunächst 3—4 m grüngrauen Sandsteins liegen, andererseits wegen des schon im Graben 31 konstatierten „Verbummeln“ des Ölsandes. Wir hätten somit am Aareufer einen weiteren Ölhorizont vor uns, der stratigraphisch 20—30 m höher liegt als der Ölsand am Waldrand.

Während der Ölsand bei Bohrung I an der Oberfläche liegt, wurde er bei der 96 m weiter SE liegenden Bohrung II auf dem gegenüberliegenden Aareufer von 8,70—10,56 m, bei III von 18,50—19,66 m, bei IV von 24,08—25,25 m angetroffen. Die Schichtlage der Oberfläche und der Schichtverband stimmen mit diesen Befunden ziemlich gut überein, sodass anzunehmen ist, es handle sich bei allen vier Bohrungen um den gleichen Ölsand. Dieser bildet den oberen Teil einer 5—7 m mächtigen Sandsteinbank in den bunten Aquitanmergeln. Konnten wir schon öfters an der Oberfläche konstatieren, dass der Ölsand nach oben und unten von ölfreiem, aber nicht porenfreiem Sandstein begleitet sein kann, so lehren dies nun auch die Bohrprofile III und IV (Fig. 30).

Leider zeigte sich nach S eine Abnahme in der Mächtigkeit des Ölsandes von 3—1,2 m. Wohl ergab der Bohrschlamm merkliche Mengen flüssigen benzinreichen Öles, allein bei der geringen Tiefe und Einlagerung in ölfreiem Sandstein würde sich wohl auch bei Wasserabschluss nur wenig dem Bohrloch zuströmendes Öl ergeben haben.

Der Ölsand von *Aaretränke* wurde auch noch 200 m NE von Bohrung II durch die Schürfguben 38—39 am rechten Aareufer nachgewiesen. Die Verbindung mit dem Ölsand der Grube 36 auf dem linken Ufer ergibt ein Streichen von N 48° E, das mit den direkten lokalen Messungen übereinstimmt.

Nach dem Gesagten ergibt sich unter der Annahme ungebrochener Lagerung folgende stratigraphische Ordnung der Ölsande an der Aare:

1. Ölsand 200 m oberhalb der Brücke *Murgental*, L, 100—120 m über der Aarwanger Molasse.
2. a) Ölsand 200 m unterhalb der Brücke *Murgental*, R, ca. 170 m über der Aarwanger Molasse.
b) Ölsand Waldrand *Aaretränke*, vielleicht im gleichen Niveau wie 2 a.
3. Ölsand *Aaretränke* am Aareufer, ca. 200 m über der Aarwanger Molasse.

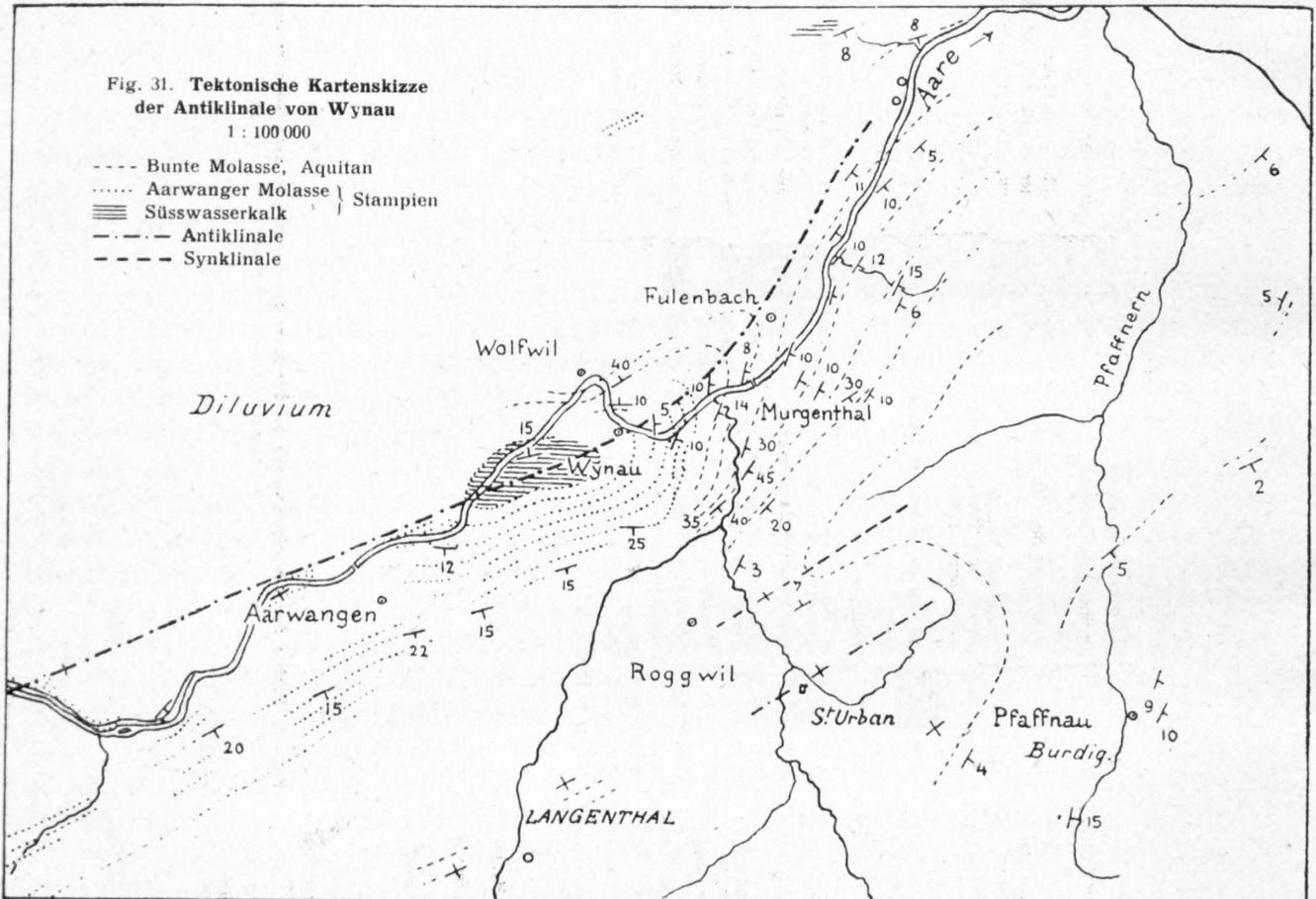
Ob der Ölsand am *Rainacker* zum Niveau 1 oder 2 gehört, könnte vielleicht mittels Schürfgungen und zahlreichen Schichtmessungen bei Niederwasser festgestellt werden.

Tektonische Beschreibung.

Die ganze Gegend *Aarwangen-Murgental* und Umgebung wird beherrscht durch eine grossartige Antiklinale. Wir nennen sie die Antiklinale von Wynau, da ihr Scheitel durch das Dorf *Wynau* verläuft und bei *Ober-Wynau* kulminiert.

Dass *Martin* 1905 zu der Deutung kam: „Der Süsswasserkalk oberhalb des Elektrizitätswerkes *Ober-Wynau* liegt ziemlich genau in der Synklinalaxe“ ist nur begreiflich, indem er auf die seither nicht bestätigte Angabe *Kaufmann's* abstellte, wonach *Cartier* auch Süsswasserkalk höher oben am *Wynauberg* gefunden haben soll (erratisch?). An der Strasse östlich des Elektrizitätswerkes liegt der untere Teil des Kalkes horizontal; 200 m nördlich desselben am rechten Aareufer fällt er 5° NW, bei 400 m 10° und bei 500 m nördlich des Werkes 15° NNW. Er beschreibt somit eine konvexe Biegung. Die Profilzeichnung *Martin's* ist auch für den *Wynauberg* völlig verkehrt, denn am *Mühlbühl* wie im Dorf *Aarwangen* fällt die Aarwangermolasse $10-22^\circ$ S nicht N. Diese liegt somit über dem Süsswasserkalk.

Mit Hilfe der Spezialkarte von *Mühlberg* und *Niggli* lässt sich der Verlauf des Antiklinalscheitels gut bestimmen (Fig. 31). Von *Ober-Wynau* nach WSW muss sich der Scheitel ein wenig senken, denn bei *Schwanau-Klebenhof* steht nach *Niggli* bereits horizontale Aarwanger Molasse an,



d. i. bei 400 m, 60 m tiefer als der höchste Punkt des Kalkes von *Ober-Wynau*. Das mittlere Axenfallen beträgt somit $1,5-2\%$. Nach den Streichfallzeichen der Karte *Mühlberg-Niggli* hebt sich aber der Scheitel WSW *Aarwangen* wieder ein wenig, was auch *Niggli* bereits annimmt (l. c. pag. 30), indem er sich gleichzeitig verbreitert.

Von *Ober-Wynau* nach ENE ist das Scheitelsinken viel stärker und lässt sich direkt messen: bei *Kenisbännli*, wo der Scheitel die *Aare* schief überschreitet $2-5^\circ$; bei Punkt 405 am linken Aareufer macht er eine kleine Schnelle mit bis 25° Gefälle, um sich aber alsbald wieder in konstantem Gefälle von $8-10^\circ$, dann bis zur Brücke von *Murgenthal* mit 7° auszugleichen. Unterhalb der Brücke ist das Axenfallen noch $4-5^\circ$. Dann biegt bei *Fulenbach* der Scheitel nach NNE und verflacht sich,

sodass die Antiklinale von *Wynau* wie es scheint schliesslich bei *Boningen* als sekundäre Welle am SE-Schenkel des Borngewölbes ausläuft. Das gesamte Axengefälle von *Ober-Wynau* bis *Fulenbach* mag für das Ölsandniveau etwa 500 m betragen, was bei 4 km Länge einem mittleren Gefälle von 12,5% entspricht. In der Tiefe wird aber diese Axe ganz anderes, vielleicht im nordöstlichen Teil inverses Gefälle aufweisen, infolge des stratigraphischen Zusammenschwindens der Aarwanger Schichten (Fig. 32).

Betrachten wir nun den SE-Schenkel. Dazu gehört die gesamte Aarwanger Molasse auf der rechten Aarseite vom *Spichtigwald* und *Wynau-berg*. Das Fallen ist, wo immer gemessen, 10—22° SE bis S (Fig. 31 und Taf. XI).

Die schönsten, von den bisherigen Autoren unerwähnt gebliebenen Aufschlüsse bieten *Murg* und *Rot* südlich *Murgental*. Infolge des beträchtlichen Axengefalles streichen die Aquitanschichten bei *Murgental* fast nördlich¹⁾ bei 12—22° E-Fallen. Von *Rombel* bis zur Abzweigung des *Rotkanals* fallen die Kalksandsteinrippen 30—45° SE — dies ist die steilste Lage des SE-Schenkels — und streichen entsprechend dem stärkeren Gefälle wieder fast normal N 35—40° E. Bei *Spittel* tritt Verflachung auf 20°, ³/₄ km südlich *Walliswil* auf 3—4°, bei der Säge bis zu einem sanften Synklijalboden ein. Wie schon *Martin* und *Niggli* beobachtet haben, folgt nun Rückgefälle, das besonders schön auf mächtigen Sandsteinbänken an der Strasse bei *Geissrücken* zu beobachten ist: Streichen E 30° N, Fall 7° NNW. Beim Kloster *St. Urban* und vermutlich bis zum *Guggenhusenhübel* 608 m²⁾ liegt die aquitane Molasse annähernd horizontal. An der Strassenkurve bei *Schöneich* W Punkt 560 beträgt die SE-Komponente der bunten Aquitanmergel wieder 4° und ebenso in der Sandgrube des untersten Burdigalien nördlich davon. Bei *Pfaffnau* fällt dieser Sandstein etwa 10° SE bis E. Wir befinden uns hier bereits in dem Gebiet der regionalen sanften Neigung unter die jüngere Molasse des grossen mittelschweizerischen Molassebeckens (Fig. 31).

Östlich *Murgental* bietet der *Mittibach* die besten Aufschlüsse: zunächst ob *Ottloch* Streichen N 35—45° E, Fallen 10—15° SE, dann beim Brücklein 433 regional Streichen N 60° E bei 30° maximalem SSE-Fallen. Weiter im SE scheint sich bald Verflachung einzustellen.

Am *Lochgraben* bei Punkt 430 endlich ist bei N 15—25° E-Streichen das maximale Fallen nur noch 15°.

Wie die Spezialkarte Taf. X zeigt, fallen die ölführenden Schichten an der *Aare* bei *Aaretränke* im Mittel 6—10° SE, am Waldrand nördlich des Hauses bei Streichen N 30—35° E 9—16° ESE.

Weiter NE an der *Aare* folgt von der *Hausenmühle* an auf 1,5 km Schotterbord mit zahlreichen Quellen, vermutlich dem Eintritt der tiefen Schotterrinne der diluvialen *Aare* in ihren epigenetischen Lauf entsprechend. Bei *Boningen* nahe der Mündung des *Hardgrabens* fällt die aquitane Molasse 6—10° SSE (*Hartmann*). Hier befinden wir uns bereits auf dem SE-Abhang des *Born-Juragewölbes*.

Der NW-Schenkel der Antiklinale von *Wynau* ist aufgeschlossen an den Aareufeln beim Elektrizitätswerk *Ober-Wynau*, wo der Süsswasserkalk im Maximum 15° NNW fällt. Auf der NW-Seite der *Aare* fällt er

¹⁾ Infolge davon ergibt der NW-SE-Schnitt (Taf. XI, Pr. 4) nur schwaches Fallen von 7—15°.

²⁾ Dem Tälchen entlang südlich dieses Hügels folgt vermutlich eine kleine Verwerfung mit Tieferstellung des SE-Flügels.

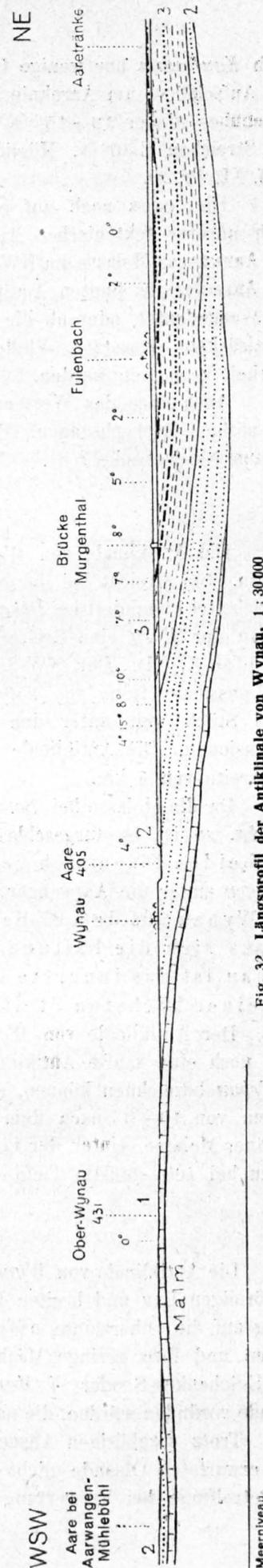


Fig. 32. Längsprofil der Antiklinale von Wynau, 1:30000
1 = Süsswasserkalk, 2 = Aarwanger Molasse, 3 = Aquitan mit Ölsanden.

nach *Kaufmann* nur wenige Grade nach N. Dass weiter aussen wieder steilere Neigung folgt, lehren die Aufschlüsse am Aareknie zwischen *Wynau* und *Wolfwil*: zunächst dem Scheitel bei *Mattenhof* und gegenüber wieder 10—15° NNW- bis N-Fall, dann aber bei *Rainacker* 30—35, zu äusserst 40° NNW bei Streichen E 30° N. Möglicherweise wird dieser Schenkel unter den Diluvialschottern noch steiler (Taf. XI, Pr. 3).

Hier muss noch auf eine eigentümliche Erscheinung aufmerksam gemacht werden, die auch nach unserer tektonischen Auffassung nicht ohne weiteres verständlich ist: das fast völlige Fehlen der Aarwanger Molasse im NW-Schenkel der Antiklinale von *Wynau*. Schon beim *Mattenhof* bestehen die Aareufer aus bunten Aquitanmergeln. Ob hier eine Verwerfung anzunehmen ist, wie in Taf. XI, Pr. 3 angedeutet, oder ob die Aarwanger Molasse stratigraphisch durch altoligozäne Anlage des Antiklinalrückens aussetzt? Vielleicht kann bei tiefstem Niederwasser am Aareufer bei *Wynau* noch Klarheit gewonnen werden.

Auch über das Westende der Antiklinale von *Wynau* bei *Wangen* an der *Aare* fehlen noch die nötigen Beobachtungen. Besteht der *Gemsberg* aus Aarwanger Molasse oder Aquitan, und gehört er zum Nordschenkel?

Tektonische Resultate.

Die Antiklinale von *Wynau* hat eine Länge (*Wangen* an der *Aare* bis *Boningen*) von rund 20 km. Sie streicht bei *Aarwangen* E 20—25° N und biegt bei *Murgental* nach NNE dem *Born* zu. Ihr Scheitel kulminiert bei *Ober-Wynau* in Form einer längsgestreckten Kuppe. Der SE-Schenkel hat an der *Murg* eine Breite von fast 3 km, eine Höhe von 650 m und ein maximales Fallen von 45° (Taf. X, XI). Der NW-Schenkel hat von *Wynau* bis *Wolfwil* eine sichtbare Breite von 800 m, eine messbare Höhe von 250 m und ein stärkstes Fallen von 40°. Sicher setzt er sich noch ein gutes Stück weit unter den Schottern fort und hat vielleicht dem SE-Schenkel nahekommende Dimensionen. Die Antiklinale ist somit aufrecht und breitscheitelig, und von einer vermutlichen Gesamtbreite von 5 km.

Da die Molasse bei *Boningen* und westlich davon als S-Schenkel des Borngewölbes fast westlich streicht, so ist es ausgeschlossen, den *Born* direkt mit der Antiklinale von *Wynau* zu verbinden. Die beiden lösen sich verzweigend ab: Das Borngewölbe sinkt, nach WSW streichend, bei *Gunzgen* unter die Aarwanger Molasse der *Neuendorfer Allmend*, während sich die Antiklinale von *Wynau* aus dem SE-Schenkel des *Born* heraus nach SSE abzweigend entwickelt, sodass sich die Faltung der beiden Gewölbe kompensiert. Die Antiklinale von *Wynau* ist das innerste grosse Gewölbe des Juragebirges, dessen Jurakern aber an seiner höchsten Stelle kaum die Oberfläche tangiert.

Der Antiklinale von *Wynau* folgt auf ihrer SE-Seite die sanfte Synklinale von *Roggwil*, dann noch eine sanfte Antiklinale mit 2 km breitem Rücken, die wir als Antiklinale *Langental-St. Urban* bezeichnen können, mit flexurartig schmalen bis 7° steilem NNW-Schenkel, und viele km langem von 10—0° nach dem grossen mittelschweizerischen Becken auslaufenden SE-Schenkel aus miozäner Molasse. Unter der Linie *Langental—St. Urban* ist der Jurakalk bei 1000 m und das Ölsandniveau bei 400—600 m Tiefe zu vermuten.

Die Petrolfrage.

Die Antiklinale von *Wynau* ist die schönste der subjurassischen Molasse, mit ihrem regelmässigen domförmigen Bau und breiten Rücken eine petrolgeologisch geradezu ideale Gestalt. Allein sie ist in Bezug auf die Ölhorizonte offen, und diese selbst haben durch ihre Einlagerung in ölfreien Sandsteinen und ihre geringe Mächtigkeit die Hoffnungen nicht erfüllt. Ein Erfolg bei Bohrungen, z. B. im SE-Schenkel S oder W *Murgental* wäre nur dann zu erwarten, wenn sich dort in der Tiefe noch Ölsande vorfinden würden, die nach oben zwischen Mergeln auskeilen, bevor sie die Oberfläche erreichen.

Trotz sorgfältigen Absuchens der Murgufer, tief im Wasser watend (*Hartmann*) konnten die dort erwarteten Ölsande nicht gefunden werden. Neue künstliche Aufschlüsse könnten aber einmal die Petrolfrage bei Verwertung der hier niedergelegten Beobachtungen in ein besseres Licht stellen.

Aargau.

Literatur.

- 1891 *Oppliger, F.*, Dislokationen und Erosionen im Limmattal, Jahresbericht über das Aargauische Lehrerseminar *Wettingen*, 1890/91.
- 1896 *Mühlberg, F.*, Der Boden von Aarau, geol. Skizze, mit einer Karte. Festschrift zur Eröffnung des neuen Kantonschulgebäudes in Aarau, 26. April 1896. Sauerländer, *Aarau*.
- 1911 *Mühlberg, F.*, Der Boden des Aargaus, Festschrift Aarg. naturf. Ges., Heft XII, pag. 149—196, 5 Tafeln.
- 1915 *Amsler, A.*, Tektonik des Staffelegg-Gebietes und Betrachtungen über Bau und Entstehung des Jura-Ostendes, *Eclogae geol. Helv.*, t. XIII, Heft 4.
- Geologische Karten: *Mühlberg, F.*, Geol. Karten 1:25 000 der Lägern 1901, Umgebung von Aarau 1908, des unteren Aare-, Reuss- und Limmattales 1904; alle mit Erläuterungsheften.
Blatt VIII, 1:100 000 geol., 1913, II. Aufl.

Über kein subjurassisches Gebiet ist man so gut unterrichtet, wie über das aargauische. Dies ist vor allem den unermüdlichen Arbeiten von *F. Mühlberg* und seinen ausgezeichneten Spezialkarten mit Erläuterungen zu verdanken. Trotzdem bleibt noch manches aufzuklären.

Während bei *Aarwangen* die Oligozänzone noch etwa 12 km breit ist, schrumpft sie bei *Safenwil* auf 1—1,5 km zusammen. Von Aarwanger Molasse fand *Niggli* nur noch fragliche Reste über dem Bohnerz von *Rotacker*, und das Aquitan scheint nur noch etwa halb so mächtig zu sein. Nicht nur die Wölbung der Wynauer Antiklinale, sondern auch ihr Material verschwindet nach NE. Das Borngewölbe sinkt direkt unter die sich rasch verflachende Molasse des Mittellandes, nach S als Schenkel etwas rascher, nach E als sich verflachender Scheitel ganz allmählich, sodass im Profil durch *Aarau* nur noch dessen S-Schenkel als kaum merkbares flexurartiges Untertauchen des Aquitan bei *Hirschtal* an der *Suhr* bemerkbar ist (*F. Mühlberg*, Spezialkarte Nr. 54).

Aarau.

Stratigraphie.

Die untersten Molasseschichten (6 in Fig. 33) sind aufgeschlossen in der hohlen Gasse von *Bifang* nördlich *Aarau*. Das Profil ist dort von unten:

- a) Dichter, plattiger Mergelkalk, Geissbergschichten, oberer Malm.
- b) Grobkörniges Bohnerz mit Jurakalkgeröllen, ca. 1 m.
- c) Grünliche, knollige, undurchlässige Tonmergel, ca. 2 m.
- d) Mürber, gelbgrünliger Sandstein mit Knauern; im untern Teil Kohlenschmitzen, ca. 3—4 m.
- e) Sandstein mit mergeligen Geröllchen, stellenweise reich an Eisenerzbohnen, an *Orbe* erinnernd (vergl. pag. 32); umgelagertes Bohnerz. Von hier stammt¹⁾ die unter der Fundortbezeichnung *Küttigen* bekannte unteraquitane Säugetierfauna²⁾. Mächtigkeit 1 m sichtbar.

700 m weiter SW, am Hohlweg bei Punkt 420, nördlich *Kirchgarten*, trifft man, im Sandstein mit Knauern eingelagert, 2 + ? m gelblichen Mergel mit Mergelkalkplättchen, die reichlich kleine Süßwassermollusken enthalten. Ob diese über oder unter *e* von *Bifang* liegen, konnte nicht ermittelt werden. Weiterhin ist die unterste Molasse im alten Wasserkanalsystem der Stadt *Aarau*, z. B. unter dem Keller des Kantonsschülerhauses³⁾ beim Bahnhof zu sehen: Gelbliche sandige Mergel und Mergel-sandstein, ohne Ölimprägnation; Säugetierfundstellen des unteren Aquitan im *Ochsen* und *Saalbau* der Stadt (vergl. *Stehlin* l. c.).

Über diesen Basisschichten 1 folgt nun (entspr. Fig. 33):

7. Der *Gönhards* sandstein; Mächtigkeit wenigstens 70, wahrscheinlich stark 100 m. Grauer, gelblicher bis grünlicher, vorwiegend weicher, feinkörniger Sandstein, mit kalkigen Erhärtungen in Form von Bänken und Knauern, und häufig verworrener Diagonalschichtung. Er bildet den ganzen Rücken des *Gönhards* (470 m) und ist in seinem unteren Teil mit Erdölrückständen imprägniert

¹⁾ Nach freundl. briefl. Mitteilung von Herrn Dr. *H. G. Stehlin*.

²⁾ Vergl. *H. G. Stehlin*, *Verhandl. d. naturf. Ges. Basel* 1914, p. 185—187.

³⁾ Herr Prof. Dr. *A. Hartmann* hatte die Freundlichkeit, mich in dieses unterirdische Labyrinth zu führen.

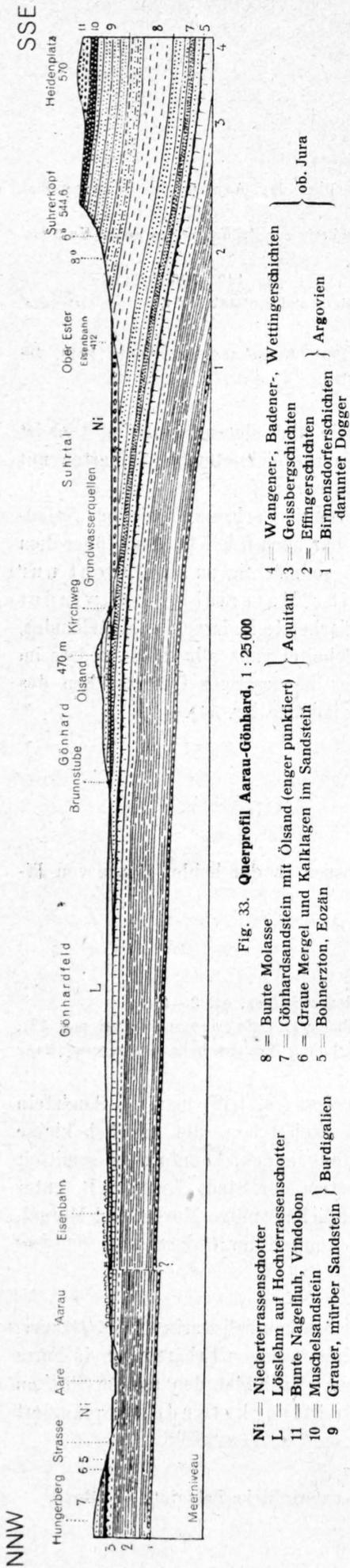


Fig. 33. Querprofil Aarau-Gönhard, 1 : 25.000

Die Kirche von *Suhr* steht auf dem oberen Teil des dort 4—10° SE abfallenden Gönhardsandsteines, in dem verschiedene Tunnels als Weinkeller gegraben wurden: grobkörniger, gelb angewitterter mürber Sandstein mit Mergelschmitzen und Mergelgeröllagen, Kohlenschmitzen, Diagonalschichtung. Obere Grenze nicht aufgeschlossen.

8. Bunte Molasse mit roten Mergeln, an wenigen Stellen aufgeschlossen, wie z.B. am Waldrücken östlich *Suhr* (*Rintalhübel, Oberholz*¹⁾). Mächtigkeit wahrscheinlich über 100 m. Die obersten Schichten sind nach *F. Mühlberg* 4 km weiter südlich bei *Muhen* aufgeschlossen: grauer, mürber Sandstein mit roten Mergelzwischenlagen.

9. Gelblichgrauer, vorwiegend sehr feinkörniger, mürbe zerfallender Sandstein mit härteren, völlig eben geschichteten Bänken, auf der NE-Seite des *Suhrerkopfs*; etwa 60 m aufgeschlossen.

10. Muschelsandstein mit *Cardium commune*, Austern etc. in harten knorrigen Bänken mit kalzitischem Bindemittel und weissen kalzitischen Nestern, bildet den *Suhrerkopf* 544,6 m. Mächtigkeit ca. 20 m (?).

11. Buntes Konglomerat mit bis kopfgrossen, polierten penninischen Triasquarzitgeröllern, am *Heidenplatz*, ca. 30 m. Genaue Beschreibung in *Mühlberg*, Erläuterungen 1908, pag. 28.

Diese Abteilungen lassen sich nach den paläontologischen und stratigraphischen Befunden unzweideutig wie folgt im stratigraphischen System einordnen:

11 = Vindobon, 9—10 = Burdigalien, marin²⁾, 8 = oberes Aquitan, 6—7 = unteres Aquitan.

Der Gönhardsandstein erinnert in seinem unteren Teil an den Sandstein von *Goumoëns-le-Jur*; in seinem oberen entspricht er faziell, aber nicht chronologisch, dem unteren Teil des Aarwanger Sandsteins (Typus *Mühlebühl*), zeitlich etwa den Ölsanden von *Chavornay*. Er ist die Sandfazies des Aquitan.

Die Ölsande.

Ums Jahr 1825 wurde ein seither nicht kontrollierter Fund von Petroleum in der Nähe von *Aarau* gemacht. *F. Mühlberg*³⁾ schreibt darüber folgendes:

„Beim vergeblichen Suchen nach Wasser fand man vor 80 Jahren im *Gönhard* südlich *Aarau* weichen Sandstein, der mit Petroleum durchtränkt und braun war, und dessen im Naturhistorischen Museum aufbewahrte Muster z. T. heute noch nach Petroleum riechen. Von den Wassertümpeln im Stollen soll man das Petroleum mit Löffeln in Flaschen abgezogen haben, um es daheim zu brennen.“

Diese Stelle befand sich vermutlich bei *Brunntröge* SW Punkt 410 der Karte 1:25000, wo eine sanfte, sumpfige Furche nach NE

¹⁾ Mitteilung von Prof. Dr. A. Hartmann.

²⁾ Ein völlig analoges Profil beschreibt *E. Baumberger* von *Magenwil* am Südfall der *Kestelenberg*-Antiklinale (Bausteine, „Beiträge“ Geot. Serie, 1915, pag. 50.

³⁾ „Erläuterungen“ I, c. 1908, pag. 31.

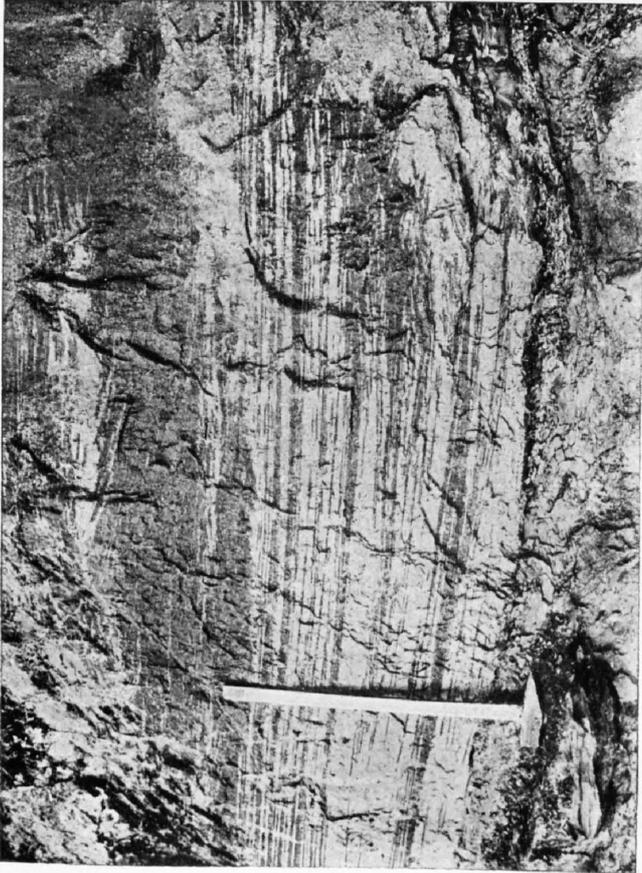


Fig. 1.

Ölsandschichtung im ölfreien Sandstein, 200 m unterhalb der Brücke von Murgenthal.



Fig. 2.

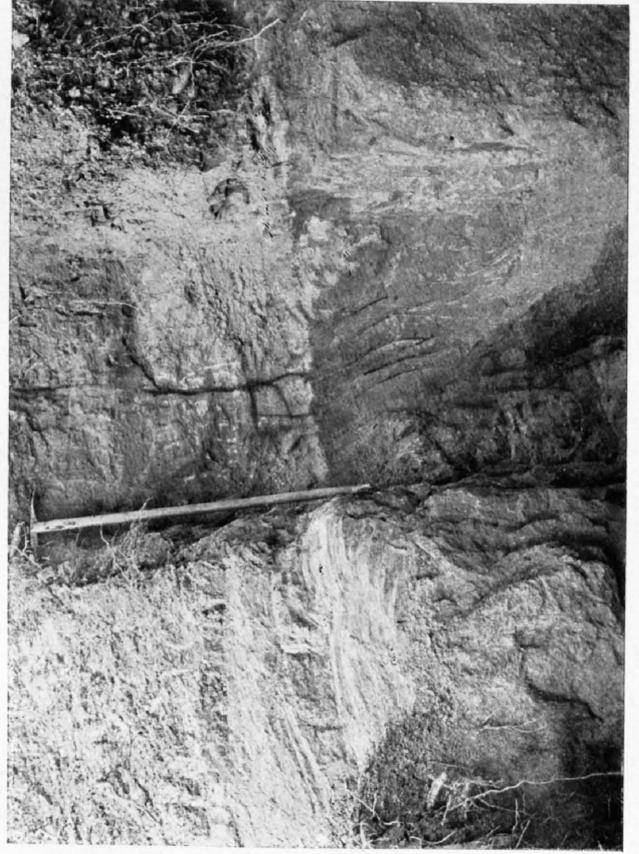
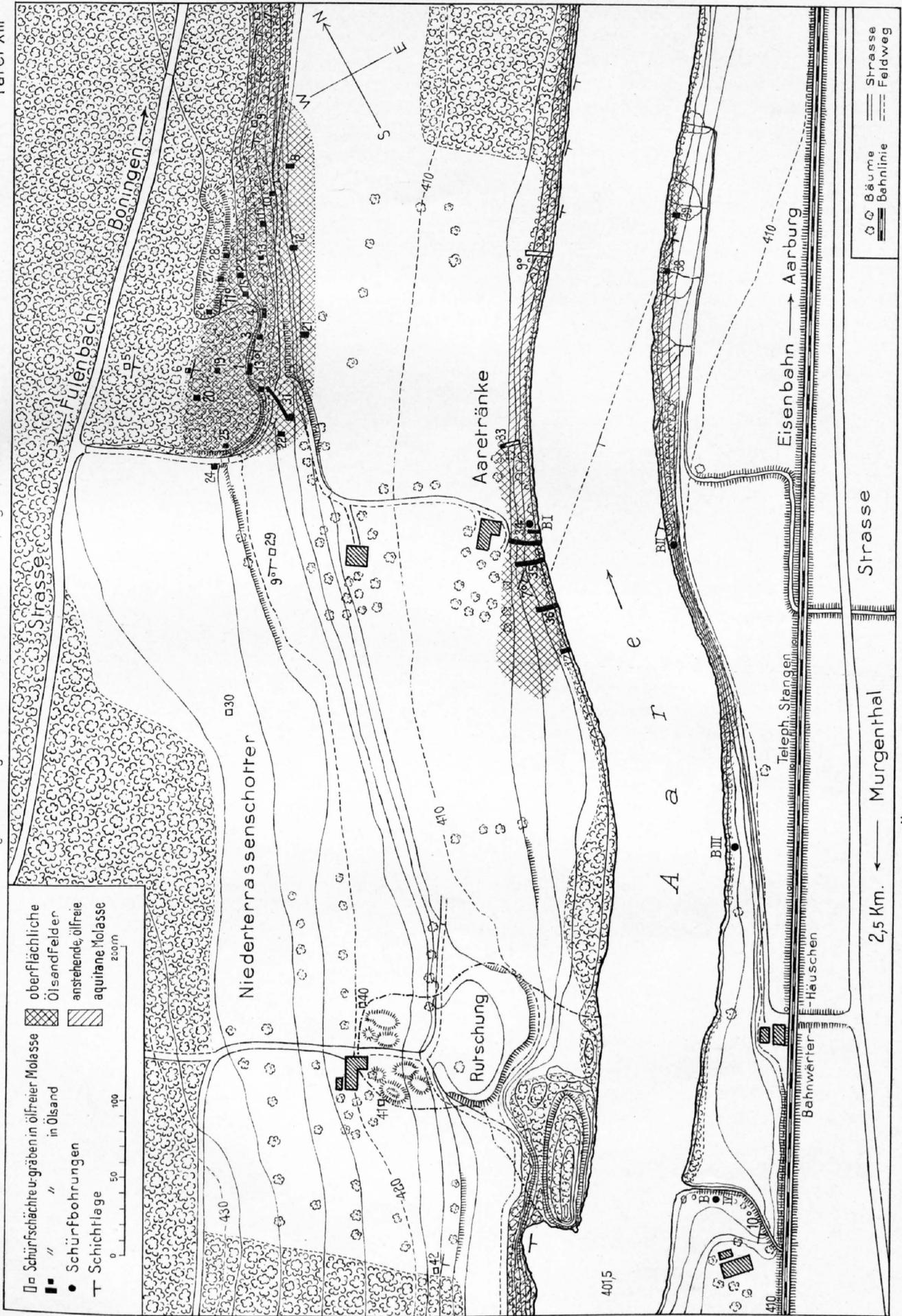


Fig. 3. Ölsand (unten); rechts vom Pickel von unten her imprägnierte Kluft; Schürfrinne Nr. 2, Aaretränke.



Spezialkärtchen des Ölsandgebietes von Aaretränke bei Fuluibach 1:3500
 aufgenommen von A. Hartmann mit W. Heim und W. Rödiger 1918.

zieht. Die im Museum noch vorhandenen Ölsandstücke sind dunkelbraun und enthalten im Maximum 1,84 Gew. % oder 5,10 Vol. % Bitumen (*A. Hartmann*).

Zur Prüfung der Ölfrage durchkrochen Prof. *Hartmann* und ich am 3. Dezember 1916 den bekannten, 750 m langen Gönhardstollen, in dem das Grundquellwasser des Suhrtales unter dem Gönhardrücken hindurch nördlich nach *Aarau* geleitet wird (vergl. geol. Karte von *F. Mühlberg*). Das Wasserniveau liegt beim Stolleneingang (südliche Brunnenstube) 5,5 m unter dem Kirchweg, d. i. bei ca. 408 m, 62 m unter dem höchsten Punkt 470 des Gönhardsandsteinrückens (Fig. 33). Der nördliche Teil ist eng vermauert, der südliche zum grossen Teil unvermauert, mit bis 4 m hohem Gewölbe. In diesem südlichen Teil kann man fast durchweg Ölsand nachweisen (Chloroformreaktion).

Wohl die schönste Stelle befindet sich bei der roten Zahl 380 des Stollens, 406 m vom Südeingang (Phot. Taf. IV, Fig. 4). Hier zeigt sich ausgesprochene Diagonalschichtung mit schokoladebraunen, unregelmässigen und wechselnden Ölsandbändern von Zentimetern bis zu einigen Dezimetern, höchstens 1 m Mächtigkeit, im weisslichen ölfreien Sandstein. Die Ölsandbänder fallen bis über 40° steil nach W bis NW, während die Schichtlage nur 5° nach S geneigt ist. Wie bei *Dardagny* und *Murgental* fehlt auch hier jede Spur abdichtender Tonlagen zwischen den imprägnierten, oft scharf begrenzten, und den nicht imprägnierten Bändern. Auf Querklüften ist der Sandstein teilweise ölfrei, teilweise von oben her imprägniert, wobei aber die Imprägnation von der Ölsandschicht aus nach unten meist innerhalb weniger Dezimeter verschwindet.

Am südlichen Mauerende, 64 m vom Südeingang, liegen die Ölsandbänder fast horizontal, als normale Schichten von wenigen Zentimetern bis über 20 cm im Sandstein eingelagert. Der südlichste, etwa 50 m lange Stollenabschnitt ist wieder vermauert.

Im ganzen haben wir den Ölsand gegen 300 m weit verfolgen können; dabei nehmen aber die imprägnierten Bänder im Mittel wohl nur 10 bis höchstens 20 % des Sandsteins ein. Der nicht imprägnierte Sandstein ist vorwiegend mürbe und porös, etwas grünlich wie bei *Dardagny* und vom Ölsand nur durch das Fehlen der Imprägnation unterschieden, teilweise aber mit Kalkzement zu klingend hartem Gestein verfestigt. Obwohl der Ölhorizont beim nördlichen Stollenende austreten sollte, konnten wir dort unter freiem Himmel keine Ölsuren nachweisen.

Durch Schürfung ist es aber *Ad. Hartmann* gelungen, beim ö des Wortes Brunnröge, knapp 200 m SSW Punkt 410, wo die Karte *Mühlberg's* einen Stollen verzeichnet, Ölsand nachzuweisen. Offenbar ist dies die alte Fundstelle. Weiter fand er kürzlich Ölsand am Gönhardwaldrand zu beiden Seiten der Strasse *Aarau-Entfelden* beim *Binzenhof*, wo durch Bau eines Hauses vorübergehend neue Aufschlüsse entstanden. Damit ist der Ölsand auf eine Erstreckung in SE—NW-Richtung von 1 km nachgewiesen.

Eine nähere Prüfung des Ölsandes vom Gönhardstollen ergab folgendes: Bitumengehalt einer Probe bei Zahl 380 = 1,107 Gew. % = 3,1 Vol. %; trockener, toter Ölsand. Farbe feucht schokoladebraun, trocken heller, wie dünner Milchkakao. Korngrösse unter 0,5 mm; Glimmerschüppchen reichlich; Geruch schwach, bis kaum wahrnehmbar; kalkhaltig, wie auch der ölfreie Sandstein.

Der Ölsandfund vom Anfang des vorigen Jahrhunderts ist somit bestätigt, wenn auch vermutlich die Angaben über freies Öl übertrieben sind.

Tektonik.

Obwohl *F. Mühlberg* wiederholt ein Profil über *Aarau* und *Gönhard* veröffentlicht hat (l. c. 1896; 1911; Erläuterungen 1908 pag. 94), schien zur Aufklärung der Ölfrage eine neue Darstellung (Fig. 33) notwendig, weil die Profile von *Mühlberg* dreimal überhöht sind (l. c. 1896, 1908) oder bezüglich der Schichtlage südlich des *Gönhards* (l. c. 1911), sowie in stratigraphischer Hinsicht etwas verbessert werden können. Warum *Mühlberg* unter dem *Gönhard* in seiner letzten der genannten Arbeiten Geissberg-schichten als obersten Malmhorizont annimmt, ist nicht recht verständlich, da nach seiner Karte westlich *Eppenberg* der Malm noch bis zu den Wettingerschichten inkl., bei *Roggenhusen*, 2 km W des Gönhardstollens wenigstens noch bis zu den Badenerschichten vertreten ist. Zum mindesten dürfen unter dem *Gönhard* noch die Wangenerschichten (Sequan) angenommen werden.

Im grossen ganzen entspricht die Gegend *Aarau-Gönhard* einem nach E und SE geneigten, zu einer tektonischen Terrasse verflachten untertauchenden Gewölbe. Vom *Gönhard* an südlich und östlich wird die Schichtneigung deutlich. Im südlichen Teil des *Gönhardstollens* fällt der Sandstein 5° S, der Malm darunter also gewiss nicht geringer. Bei *Lätti* beträgt die E fallende Komponente 4° ; bei der Kirche *Suhr* fällt der *Gönhardsandstein* $5-10^\circ$ SE. Das ist der Südschenkel des verflachten Gewölbes, die östliche Fortsetzung des Schenkels von *Schönenwerd*.

Auf der NE-Seite des *Suhrerkopfs* fällt die „Molasse grise“ $6-8^\circ$ SSE, verflacht sich aber rasch auf dem Plateau südlich dieses Felskopfes (Fig. 33).

Östlicher Aargau.

An den besten Aquitanprofilen, wie am Einschnitt der Bözbergbahn zwischen *Bözenegg* und *Villnachern* und auf der Südseite der *Lägern* war das Suchen nach Ölsanden bis jetzt vergeblich.

Am Südschloß der *Lägern* war folgendes zu beobachten (Fig. 34):

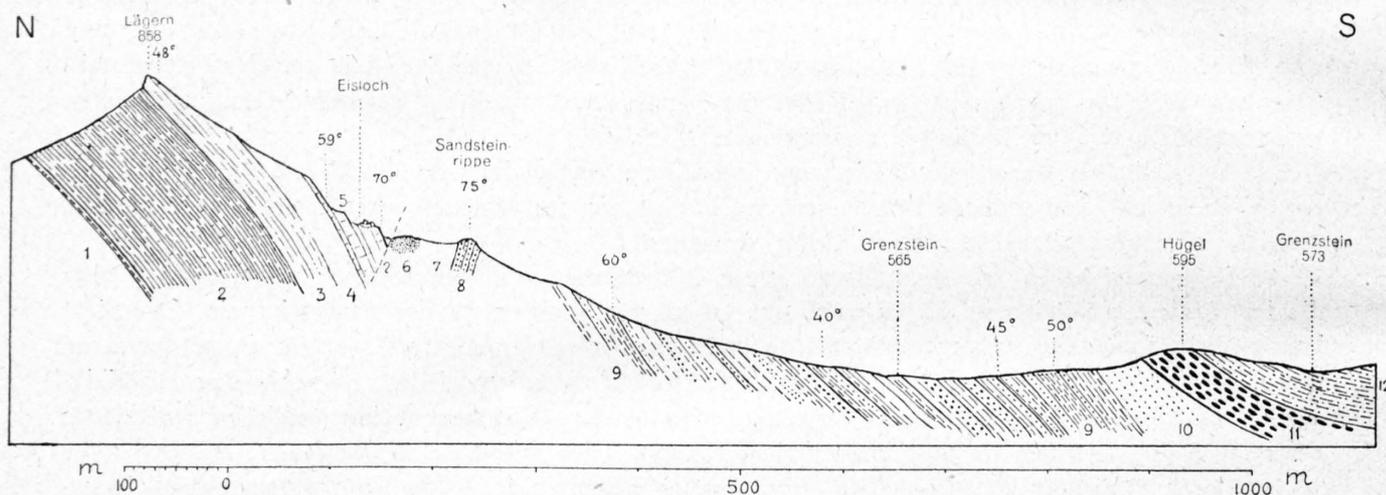


Fig. 34. Profilskizze durch den Südschloß der *Lägern*, längs der Kantonsgrenze Aargau-Zürich

- | | | | | |
|--|--|------------|----------------------------------|--------|
| 12 = Mergelsand | } Vindobon | } Miocän | 6 = roter Boluston, Eocän | } Malm |
| 11 = Konglomerat | | | 5 = Wettingerschichten | |
| 10 = Grauer Sandstein, Burdigalien | 4 = Badenerschichten | } Oligocän | 3 = Wangener-Geissbergsschichten | |
| 9 = Bunte Mergel mit Sandstein, Aquitan | 2 = Effingerschichten mit Birmensdorferschichten an d. Basis | | | |
| 8 = Kalkkristallsandstein | 1 = Dogger. | | | |
| 7 = Basis der Molasse, Mergel?, nicht aufgeschlossen | | | | |

Auf 15—25 m breitem rotem Tonboden (Bolus) folgt unter dem *Eisloch*, nach 30—50 m Unterbruch durch ein in der Karte 1:25 000 nicht angegebenes Miniatur-Längstälchen ein E 20° N streichender Wall aus steil rückgeneigtem (verrutschtem?) grauem Sandstein, dessen Kalkzement hie und da grössere, die Quarzsandkörner umschliessende Kristalle bis zu 1 cm Durchmesser bildet. Diese lassen sich nur an den spiegelnden Spaltflächen von gewöhnlichem Sandstein mit dichtem Zement unterscheiden¹⁾. Stellenweise sind auch lithothamnienartige Kalkeinschlüsse vorhanden.

Südlich davon folgt typische bunte Molasse, mit grobkörnigeren Sandsteinen als im Westen (Körner 0,5—3 mm).

Ein neuer Wegeinschnitt NW Grenzstein 573 zeigt genau E streichende, 50° S fallende rote Mergel, darüber grauen, losen Sandstein, wohl „molasse grise“²⁾. Dann folgt der gleiche grobe Vindobonschotter wie am *Suhrerkopf*, mit ca. $\frac{3}{4}$ glänzend polierten bis kopfgrossen, oft hohl ausgelaugten Quarzitzeröllen neben Kristallinen.

¹⁾ Entsprechende Kristallsandsteine fand ich am *Tembler Creek* nördlich des grossen Ölfeldes *Mc.Kittrick* in *California* im *Vaqueros Sandstone* (Aquitan); ebensolche sind bekannt aus dem *Sable de Fontainebleau*, Stampien (nach Mitt. von Prof. *Alb. Heim*).

²⁾ Der typische Muschelsandstein mit *Cardium commune*, wie südlich *Dielsdorf* (Steinbruch *Oberblum*) ist nicht aufgeschlossen oder fehlt hier.

Die fast plötzliche Verflachung des Miocän über dem Aquitan macht den Eindruck, als ob das Burdigalien oder das Vindobon diskordant transgrediere (Fig. 34).

Über die an der Lägern nicht aufgeschlossene Molassebasis gibt der Eisenbahneinschnitt zwischen südlich *Villnachern* bis *Brugg* Aufschluss (Fig. 34).

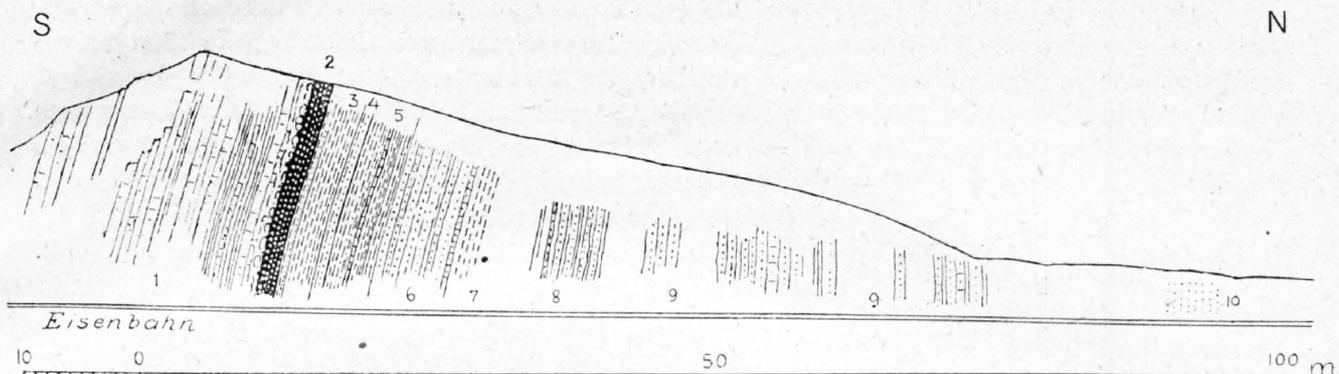


Fig. 35. Molassebasis am Einschnitt der Bözbergbahn, zwischen Bözenegg und Villnachern.

1. Malmkalk und Mergel (Geissbergsschichten), zu oberst zu einem groben Konglomerat aufgelöst.
2. 1,4 m roter Bolus, Eozän.
3. 0,7 m grüne Mergel und Sandstein + 2 m rote Mergel.
4. 1 m grüngrauer Mergelsandstein.
5. Ca. 3 m bunte, fleckige Mergel mit eingelagerter, grauer Kalkbank von 25 cm.
6. Bankiger, grauer Kalksandstein.
7. Grüne und rote Mergel.
8. Dünnschichtiger bis blätteriger kalkiger Sandstein.
9. Klingend harte, graue Kieselkalk- und Kalksandsteinbänke.
10. Grauer Molassesand, Burdigalien (?).

Hier fehlt somit jede Spur von Stampien; das auf etwa 70 m reduzierte bunte Aquitan folgt direkt dem Bohnerz. Auffallend sind darin die klingend harten Kieselkalkbänke (tektonischer Einfluss).

Die tektonischen Verhältnisse des östlichen Aargau sind ziemlich gut aufgeklärt. Die nach E untertauchenden Jura-Antiklinalen setzen sich in der Molasse noch ein Stück weit vor ihrer völligen Verflachung fort (*Lägern*, *Neuenhof*, *Kestenberg*). Die schönste von diesen ist die Molasse-Antiklinale von *Neuenhof-Würenlos*, die *Amsler* als Abzweigung der Hauenstein-Antiklinale und südlichen Nebenast der *Lägern* betrachtet. Dieser Zusammenhang ist zwar wegen der weiten Schuttunterbrechungen etwas hypothetisch. Nach *Oppliger* steigt der S-Schenkel von Süden her allmählich steiler auf, ist zwischen *Killwangen* und *Neuenhof* 7°, bei *Neuenhof* (Aquitan) 20° geneigt, während der N-Schenkel bei *Wettingen* im Aquitan 40° erreicht. Die Gesamtbreite beträgt nach der Lägernkarte von *F. Mühlberg* 3—4 km (*Killwangen-Wettingen*). Der Scheitel verläuft nördlich *Neuenhof* vorbei und sinkt, sich verflachend, nach Osten. Im Kern liegen die bunten Aquitanmergel des *Limmat-Ufers* von *Wettingen*, die schon vom Eisenbahnzug aus jedem geologischen Beobachter auffallen. Die Schenkelhöhe beträgt, nach der Zeichnung *Oppliger's* zu schätzen, etwa 500 m.

Zur Petrolfrage.

Die Befunde am Gönhard an sich sind nicht sehr ermutigend, weil sich die Ölimprägnation unregelmässig inmitten eines mächtigen, grösstenteils porösen Sandsteinkomplexes verteilt vorfindet, und die Ölsandschichten „tot“ und nicht gesättigt sind. Lieber würde man nur einen wenig mächtigen gleichmässig imprägnierten Sandstein sehen, oben und unten von abdichtenden tonigen Schichten begleitet. Die unregelmässige und unvollständige Imprägnation im Gönhardstollen, d. h. in der Höhe der Talsohlen, schliesst aber nicht aus, dass der Gönhardsandstein in grösserer Tiefe weit reicher, imprägniert sein kann. Sollte sich später die alte Überlieferung von flüssigem Öl doch noch bestätigen so könnte eine Sondierbohrung bei *Ober-Ester* am Fuss des *Suhrerkopfes*, etwa am Weg SE

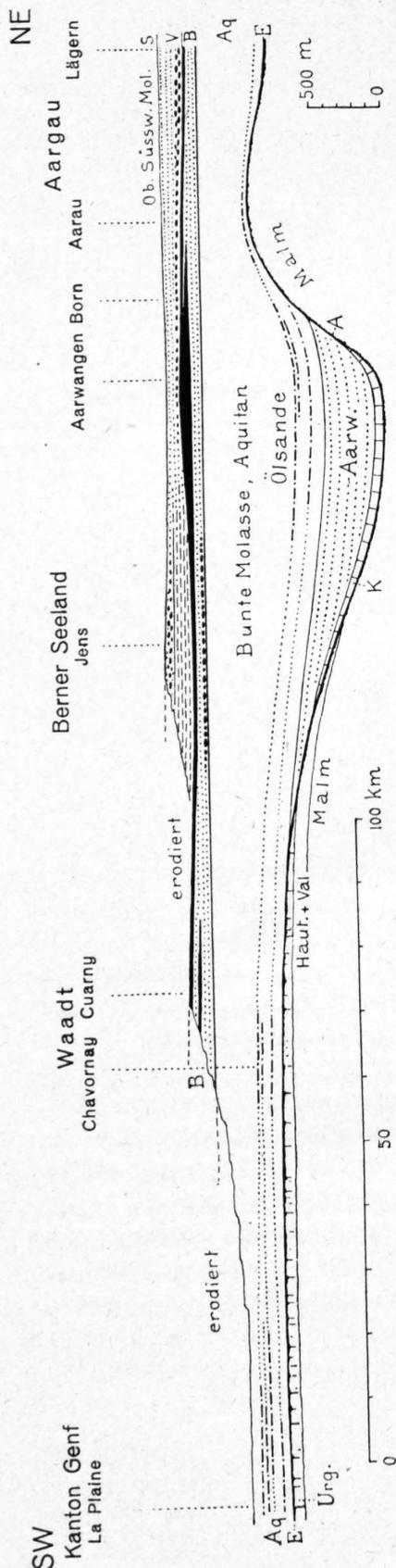


Fig. 36. Schematisches Längsprofil der subjurassischen Molasse
 E = Bohnerzformation, K = Süsswasserkalk und Mergel, Stampien, A = Aarwanger Molasse, ob. Stampien, Aq = Aquitan; darin --- beobachtete, vermutete Ölsande, B = Burdigalien; oberer Muschelsandstein mit Cardium commune schwarz gezeichnet, V = Vindobon - - - Konglomerat Mergel, S = Sarmatien.

Punkt 412 neben der Eisenbahnlinie vorgeschlagen werden. Dort wäre das Ölsandniveau bei etwa 150—200 m Tiefe zu vermuten (Fig. 33).

Eine Möglichkeit, den Ölsand an der Oberfläche wieder zu finden, bietet die Molasseumhüllung des *Born-Engelberg-Juragewölbes* und zwar dessen Nordseite (*Dullikon-Krisental*), Südseite (*Rotacker*) und Ostseite (*Grod*) bis *Eppenbergl*¹⁾.

Es ist wohl möglich, dass der Gönhardölsand sich nach E bis an die *Limmat* fortsetzt. Sollte einmal ein neuer Aufschluss darüber ein schönes Ergebnis bringen, so würde zu einer Sondierbohrung am ehesten eine Stelle nahe südlich des Antiklinalscheitels von *Neuenhof*, z. B. am Fuss des Gehänges westlich Punkt 393 in Betracht kommen. Man muss aber bedenken, dass allfällige, an der *Limmat* in der Tiefe liegende Ölhorizonte infolge des einseitigen Axensteigens nach W als fernoffen zu betrachten sind.

Stratigraphischer Rückblick über die subjurassische Molasse.

Das Tertiär beginnt am inneren Jurarand bekanntlich mit der eozänen Bohnerzformation, die als terrigener Detritus sehr ungleich verteilt ist und manchmal fehlt. Die Molasse beginnt, von vereinzelt Vorkommnissen unteroligozäner Süsswasserbildungen abgesehen, mit dem Mitteloligozän.

Stampien (= Rupélien).

Diese Stufe erreicht die grösste Mächtigkeit (ca. 400 m) und Ausdehnung in der Gegend von *Aarwangen*, den Kern der grossen Antiklinale von *Wynau* bildend, und ist dort in zwei Abteilungen zerlegbar: den Süsswasserkalk von *Wynau* mit *Helix rugulosa* (= Molasse alsacienne s. str.) und die Aarwanger Molasse, vorwiegend als Sandstein, der im unteren Teil Säugetierreste des oberen Stampien (*Stehlin*) und zahlreiche Reste von Landpflanzen enthält (Blättermolasse). Dass es sich ebenso um eine Süsswasserbildung handelt, lehrt u. a. auch die von *Kissling* beschriebene Sandsteinbank über der Kohle von *Kellenholz* bei *Wynau*, die ganz erfüllt ist von autochthonen Süsswassermollusken.

Von *Aarwangen* nach NE keilt die Aarwanger Molasse rasch aus. Am S-Schenkel des *Born* bei *Aarburg* ist sie verschwunden und bleibt von hier an ostwärts unbekannt. Auf 12 km Entfernung von *Aarwangen* nach NE findet also die Reduktion von gegen 400 auf 0 m statt. Dafür übernimmt das Aquitan mit dem Gönhardsandstein die Rolle der Aarwanger Molasse.

¹⁾ Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Prof. Dr. C. Schmidt findet sich im „Indice des Minéraux du Canton de Berne“ von Th. S. Grouner, vom Jahre 1767 folgende Bemerkung: Naphte (Bitumen fluidissimum) et Asphalte (Bitumen solidum coagulatum) sur l'Engelberg près d'Aarburg.

²⁾ Vergl. *Alb. Heim*, Geologie der Schweiz, Lief. 6, Tabelle nach pag. 541.

Auch nach SW keilt die Aarwanger Molasse aus, denn östlich *Yverdon* ruht wieder Aquitan auf dem Bohnerz. Symmetrisch zum Aargau übernimmt dort das Aquitan mit dem Basissandstein von *Goumoëns-le-Jux* die Rolle der Aarwanger Molasse. Auch am eigentlichen Jurarand ist die Blättermolasse des Stampien nicht über den *Bielersee* hinaus bekannt (Taf. VIII), und bei *Boudry* transgrediert das mittlere Aquitan. Die Längsausdehnung *Aarburg-Bielersee* beträgt rund 60 km. *Aarwangen* liegt NE der Mitte, sodass vielleicht die maximale Entwicklung der Aarwanger Molasse etwas SW *Aarwangen* zu vermuten ist. Zunächst bildete sich im Mitteloligozän ein seichteres Seebecken mit weissen See- kreide- und bunten Schlammabsätzen, deren Färbung wohl von der abgespülten Bohnerzformation her- kommt. Dann senkte und verbreiterte sich der *Aarwanger See* (resp. die Seebucht). In die geosynklinale Wanne wurde Sand, wohl aus den Alpen, geschwemmt, bis sich das Wasser in der Aquitanzeit über das ganze Molasseland ausdehnte, einer Ostsee ähnlich (Fig. 36).

Wie aus dem kleinen unteroligozänen (latterfischen) Orbesee, so entstand später inmitten des mitteloligozänen (stampischen) Aarwanger Sees eine antiklinale Falte.

Ölspuren sind in der stampischen Molasse noch nirgends gefunden worden.

Aquitan.

Diese weitaus wichtigste und mächtigste Stufe der subjurassischen Molasse kann man auch als Bunte Molasse bezeichnen, dagegen ist die Bezeichnung „Knauermolasse“ unglücklich, da gerade graue Sandsteine mit Knauern auch in den älteren wie jüngeren Stufen auftreten.

Die vorliegenden Untersuchungen haben gelehrt, dass sich zwar diese Stufe lokal in verschiedene Unterabteilungen gliedern lässt, diese aber bis jetzt nicht durchgehend parallelisiert werden können, aus verschiedenen Gründen: 1. spärliche Aufschlüsse, 2. mannigfaltige, schwierig zu übersehende Fazieswechsel, 3. Mangel an Leitfossilien und Leitgesteinen, 4. stellenweises Fehlen der Basis durch transgressive Auflagerung, 5. stellenweises Fehlen der obersten Aquitanschichten unter der Transgression des marinen Burdigalien.

Was Nrn. 2—3 betrifft, kann auf Text und Tabelle pag. 70 verwiesen werden.

Das Fehlen der Basis ist besonders auffallend im Gebiet von *Neuenburg*, wo *Schardt* bei *Gorgier* sogar eine Stelle mit leicht diskordanter Auflagerung von aquitanem Süswasserkalk auf Urgon gefunden hat (Bull. Soc. neuchât., 1901, pag. 140). Die Strecke von Neuchâtel bis Orbe ist aber auch durch Uferfazies mit weissen bis bituminösen, oft mächtigen Süs- (oder Brackwasser-) Kalkbänken und Konglomeraten mit mesozoischen Geröllen des Juragebirges ausgezeichnet, sodass man sich fragen muss, ob die innerste, höchste und älteste Jurafalte¹⁾ schon zu Beginn der Aquitanzeit eine Schwelle bildete. Diese Auffassung hat *Douxami*²⁾ schon 1896 für den französischen Teil vertreten, indem er von *Challonges* schreibt: „Au-dessus des sables blancs imprégnés d'Asphalte de l'Eocène inférieur, l'Aquitaniens débute par un conglomérat d'une épaisseur de 20 cm à 1 m à éléments peu roulés pouvant atteindre un volume de 1 m³. Ces poudingues ravinent profondément les couches urgoniennes. (Éléments = calcaire urgonien et jurassique.) Ils paraissent provenir surtout du *Reculet* et du *Vuache* déjà ébauchés avant l'Aquitaniens.“

Über die obere Grenze hat sich folgendes ergeben:

Bei *Yvonand* vollzieht sich ein Übergang durch graue Mergel. Am *Jolimont* hingegen transgrediert das Burdigalien anscheinend etwas diskordant, mit mächtigem Basiskonglomerat. Auch *Gerber's* Beobachtungen bei *Brüttelen* deuten auf eine scharfe Transgression. Vom *Jensberg* bis *Balm* und *Biel* fanden wir als oberstes Aquitan, oft ohne scharfe Begrenzung, grauen, mürben Sandstein vom Aussehen der „molasse grise“, jedoch mit roten Mergelbändern, ebenso wie *F. Mühlberg* im Aargau bei *Muhen* an der *Suhr*, während bei *Pfaffnau* zu oberst vorwiegend bunte Mergel liegen. So scheinen also Konkordanz und Übergang die Regel, leichte Diskordanz und der Transgression vorangehende Denudation mehr lokal vorhanden zu sein.

¹⁾ Vergl. *Alb. Heim*, Geologie der Schweiz, 1919, Lief. 7.

²⁾ *H. Douxami*, Études sur les terrains tertiaires du Dauphiné, de la Savoie et de la Suisse occidentale, Paris 1896, pag. 171.

Die grösste Mächtigkeit scheint das Aquitan in Form von Mergeln aller Farben und Sandsteinen in hundertfältiger Wechsellagerung in der Gegend von *Murgental* bis Berner Seeland zu erreichen, wo man mit rund 800 m rechnen darf. In der Tat nimmt das Aquitan nach NE (*Safenwil, Aarau, Bözberg*) an Mächtigkeit bedeutend ab, und nach den tektonischen Konstruktionen hat es auch östlich *Yverdon* nicht mehr so grosse Mächtigkeit. Die geosynklinale Senkung und Ausfüllung der Aarwangerwanne scheint also im Aquitan abgeschwächt fortgedauert zu haben.

Über die Fazies sind wir noch ungenügend unterrichtet. Dass das Aquitan teilweise eine Süsswasserbildung ist, bezeugt z. B. die typische Seeuferbildung von *Haut-de-Baume* bei *Cuarny* (pag. 34), mit ihren tausenden von Mollusken und Resten von *Chara*, die nicht ins Meer verschwemmt sein können. Andererseits sind aus der Gegend von *Yverdon (Epautheyres)* brackische *Cerithien* aus ähnlichem Niveau bekannt¹⁾ (vielleicht aus dem Niveau des transgressiven Cuarny-sandsteins?). Von Glaukonit ist mir einzig das Vorkommen von *Orbe* (pag. 32) bekannt geworden, das noch mikroskopisch überprüft werden sollte, und Foraminiferen sind noch unbekannt. Die häufigen Vorkommnisse von Gips in der Westschweiz im mittleren bis oberen Teil des Aquitan und die Fossilarmut deuten ebenso auf Brackwasser²⁾. Auf die Entstehung der Ölsande kommen wir zurück.

Burdigalien.

Die Hauptmasse dieser Abteilung besteht aus grauem, mürbem Sandstein (molasse grise). An seiner Basis stellt sich hie und da eine Geröllbank ein („Unterer Muschelsandstein“ *Gerber's*). Diese ist am auffallendsten im Berner Seeland entwickelt (*Jolimont* bis 30 m, *Brüttelen, Schnottwil* 10 m). Gelegentlich findet man auch Gerölle im mittleren Teil der Stufe eingelagert (*Jensberg*). Der obere Teil wird durchweg von dem sog. „Oberem Muschelsandstein“ gebildet, der auch bei Fossilarmut an seinem feinkristallinen Kalkzement und den Glaukonitkörnchen leicht von den andern Molassestufen unterscheidbar ist, und von *La Crausaz* östlich *Yverdon* bis *Dielsdorf* an der *Lägern* verfolgt werden kann, wo er ganz erfüllt ist mit *Cardium commune*. Stellenweise scheint dieser obere Horizont auf der unteren lockersandigen „Molasse grise“ leicht diskordant zu liegen. Diagonalschichtung ist durch die ganze Stufe verbreitet. In Übereinstimmung mit *Baumberger* und *Gerber* betrachten wir das Burdigalien als grösstenteils oder ganz marin entwickelt. Die Mächtigkeit schwankt meist zwischen 100 und 200 m, und nimmt, wenigstens im Berner Seeland, mit der Entfernung vom Jura zu. Olimprägnation ist unbekannt.

Vindobon.

Diese dem Burdigalien ebenbürtige Stufe ist am Jurarand meist abgetragen, dagegen in den tiefen Synklinalen östlich *Biel* erhalten: nach *Baumberger* und *Gerber* vorwiegend marine Mergel mit Konglomeratsand. Im Aargau beginnt das Vindobon mit grobem Quarzitschotter, und die Mergel sind versandet (Fig. 36).

Sarmatien.

Die obere Süsswassermolasse stellt sich erst weiter entfernt vom Jurarand ein und fällt ausserhalb unseres Untersuchungsgebietes.

Die Molasse-Ölsande und die Entstehung ihres Erdöls.

Die Untersuchung der subjurassischen Molasse-Ölsande hat folgende allgemeine Resultate ergeben:

1. Alle bis jetzt bekannten Vorkommnisse gehören zum unteren Teil der bunten, aquitanen Molasse, und bilden, von Frankreich bis ins Aargau, geradezu einen Leit-horizont für deren untere 200 m. Im Jura, wo der unterste Teil des Aquitan fehlt, kommen die Ölsande der mesozoischen Unterlage am nächsten (*Orbe, Couvet*).

¹⁾ Vergl. *Alb. Heim*, Geologie der Schweiz, Bd. I pag. 122.

²⁾ Dünne Gipsschichten entstehen auch in reinem Süsswasser (Ufer von Zürichsee, Rotsee), werden aber meist wieder durch Schwefelbakterien reduziert (Mitteilung von Dr. *H. Gans*).

2. Die Unterschiede von „toten“ asphalthaltigen und „lebenden“ benzinreichen Ölsanden (vergl. pag. 13—14) sind nicht primärer Art, sondern durch die Tiefe des Anschnittes und den Grad der Verwässerung oder des Luftabschlusses bedingt. Dafür spricht auch die einheitliche chemische Zusammensetzung des Öles (vergl. Abschn. II).

3. Zum Unterschied anderer Petrolländer fehlen in der subjurassischen Molasse vollständig bituminöse Mergel und Schiefer. Die Petrolimprägation findet sich ausschliesslich in Sandstein (oder Konglomerat) oft innerhalb von Sandsteinkomplexen.

4. Von einzelnen Vorkommnissen abgesehen, wo eine gewisse Wanderung wahrscheinlich ist, (z. B. *Orbe, La Plaine*) findet sich in den Ölsanden das Erdöl an der Stelle seiner Entstehung aus den dem Sande beigemischten organischen Substanzen. Ölführende Sandschichten und Schichtchen bis zur Feinheit des Sandkornes findet man entsprechend ihrer primären Einschwemmung parallel oder diagonal geschichtet in ölfreiem Sandstein ohne Tonabgrenzung eingelagert, dessen Gehalt an Kalk, Ton, Porenvolumen etc. in keinem bestimmten Sinne von demjenigen der Ölsandstreifen abweicht. An den Stellen feinsten Schichtung sind die Erdölsubstanzen selbst nicht um einen Millimeter gewandert; denn der Sandstein ist massig und ein Wandern quer zur Schichtung ebenso leicht möglich wie in der Schichtung, die überhaupt oft nur durch den Wechsel von sapropelhaltigen und sapropelfreien Sandlagen zu Stande gekommen ist (Taf. IV, XII). Unsere Versuche, die Ölsandschichtchen auf sekundäre Imprägation oder auf Auslaugung der Zwischenschichten zurückzuführen, haben ein negatives Resultat gebracht. Dass es sich auch im grossen nicht um sekundäre Imprägation auf Spalten aus der Tiefe (Trias oder Gault!) handeln kann, wie *Schardt*¹⁾ noch 1911 zu beweisen versuchte, noch irgend welcher Zusammenhang mit dem Urganasphalt besteht, geht auch mit aller Klarheit aus dem stratigraphisch konstanten Niveau hervor, wobei weder die mächtigen tieferen porösen Sandsteine von *Aarwangen*, noch diejenigen der jüngeren Molasse Imprägation aufweisen.

Die Ölsande des subjurassischen Aquitan bilden den denkbar klarsten Typus primärer Ölsande, deren Erdölsubstanzen an Ort und Stelle aus Faulschlamm-Beimengung hervorgegangen sind. Es wechselten primär sapropelhaltige mit sapropelfreien Sandlagen, oft in wirren Kreuzschichten von den Wasserströmungen übereinander gehäuft.

5. Nach diesem Ergebnis wird die Frage um so wichtiger, ob das ölführende Aquitan eine Süss- oder Brackwasserbildung sei; denn bis jetzt sind meines Wissens noch keine sicher primären Ölsande in Süsswasserablagerungen bekannt geworden. Bestimmbare Fossilien kennt man noch keine aus den schweizerischen Ölsanden und auch nicht aus den begleitenden ölfreien Sandstein- und Mergelschichten des ölführenden unteren Aquitan. Die Fossilarmut ist auch den meisten primären Ölformationen der grossen produktiven Petrolländer eigen, denn es sind eben nicht die hart beschalteten Organismen, sondern der sich völlig zersetzende, zum grossen Teil aus feinen Algen bestehende Faulschlamm, welcher sich in den sauerstoffarmen, den meisten Lebewesen unerträglichen Wassergründen ansammelt und zu Bitumina zersetzt. Schon oft hat man Ölformationen als Salzwasserablagerungen erklärt wegen ihres Ölgehaltes, weil man annimmt, das Salz sei zur Konservierung der organischen Substanz und Verhinderung der Verwesung notwendig. Ist dies nur ein Vorurteil? Es ist zu hoffen, dass sich jemand einmal diesem Problem in der Schweiz durch systematische biologisch-mikroskopische Studien annimmt, wie dies mit grossem Erfolg im Elsässer Petrolgebiet geschehen ist²⁾.

Nach diesen klaren schweizerischen Beispielen vom Nichtwandern des Erdöls muss man den Theorien über Diffusion ganzer Erdöllagerstätten quer durch Schichten mit Tonen und Mergeln von hunderten von Metern, wie sie von namhaften Forschern angenommen werden, mit besonderem Misstrauen gegenüber stehen.

Die Frage schweizerischer Erdölgewinnung.

Wir stehen vor drei Möglichkeiten: 1. Erdölgewinnung durch Abbau und Extraktion der Ölsande. 2. Gewinnung flüssigen Öles durch Tiefbohrungen. 3. Gewinnung von Gas.

1) Vergl. Literatur Seite 26.

2) Vergl. *Andreae* und *v. Werveke*, Lit. zit. pag. 23.

Hierzu kommen einzig in Betracht die subjurassische und die subalpine Randzone des schweizerischen Molasselandes. Wie die grossen tertiären Petrolfelder (Kalifornien, S-Sumatra, Mesopotamien-Persien, Kaukasus, Rumänien, Galizien) liegen diese am Rande einer tektonischen Ebene, wo die grossen Gebirgsstauungen mit steiloffenen Antiklinalen in sanfteren geschlossenen Wellen ausklingen.

Subalpine Zone.

Nach den überraschenden Befunden des Rickentunnels ist es nicht ausgeschlossen, dass auf der nördlichen Antiklinalzone der subalpinen Molasse einmal durch Tiefbohrungen grosse Gasmengen für Beleuchtung und Industrie und vielleicht auch begleitendes Öl erschlossen werden könnte. In petrologischer Hinsicht ist diese Zone noch nicht näher studiert.

In der Gegend von St. Gallen ist die Antiklinalbiegung zu steil und zu eng gepresst. Am Ricken folgt statt dessen eine diskordante Bruchüberschiebung; zu dem grandiosen, etwa 10 km langen und 2 km hohen NW-Schenkel fehlt die antiklinale Umbiegung. Im Vierwaldstätterseegebiet kommt nach *Baumberger* das Aquitan als steile Doppelantiklinale auf über 5 km Breite in Form von bunter Nagelfluh und granitischer Molasse zum Vorschein (Horwerschichten); von Ölspurens ist darin nichts bekannt. Eine stratigraphische Nachprüfung würde die von *Kaufmann* untersuchte steile Antiklinalzone roter Molasse von *Entlebuch* bis *Escholzmatt* verdienen. An der Aare nördlich *Thun* folgt eine nördlichere Vorwelle aus polygener Nagelfluh, die ein prachtvoll sanftes, breitscheiteliges, vielleicht etwas domförmiges Gewölbe bildet (*Linden*). Am NE-Ufer des Genfersees verdient die von *Schardt* beschriebene Überschiebung der Molasse rouge von *Lutry* mit ihrem grandiosen, 8 km langen, im Mittel etwa 15° geneigten und etwa 2 km hohen SE-Schenkel nähere Beachtung, um so mehr als wir uns hier nur noch 18 km SE der subjurassischen Ölsandzone (*Eclépens*) befinden, und vom nahen *Semsaies* Ölspurens gemeldet werden.

Subjurassische Zone.

Für allfälligen bergmännischen Abbau der Ölsande kommt vorerst nur *La Plaine* und *Dardagny* in Betracht. Die Methoden rationeller Extraktion in grossem Stil sind aber erst noch zu ergründen.

Die zur Gewinnung flüssigen Öls mit Gasen durch Bohrungen besten Bedingungen haben wir leider nicht innerhalb eines bestimmten kleinen Feldes beisammen gefunden: Die schönen Genfer Ölsande bei flauer Tektonik, und die schönen geschlossenen Antiklinalen (*Cuarney*, *Jens*, *Lyss*), inmitten der fast 100 km weiten Strecke zwischen *Onnens* und *Wolfwil*, auf der keine Ölsande bekannt sind. Aus den stratigraphischen Befunden geht nun aber hervor, dass das Ölsandniveau auf dieser Strecke doch in der Tiefe durchgeht (Fig. 36), wenn auch nicht mit solch mächtigen und reichen Ölsanden wie in Genf zu rechnen ist.

Zur endgültigen Aufklärung sind spezielle Petrol-Sondierbohrungen notwendig und zwar einerseits in *La Plaine-Dardagny* (vergl. pag. 21, 25) und anderseits in *Cuarney* und *Jens*. Sie sind bei geologischer Kontrolle im schlimmsten Falle doch von hohem wissenschaftlichem Wert. Mögen sie bald zur Ausführung gelangen!

II. Chemisch-physikalische Untersuchung

von

Adolf Hartmann.

Bestimmungsmethoden.

Erkennung von Erdölprägnationen.

Die Erkennung von Erdölprägnationen ist in unserem Lande nicht so leicht, wie in den produktiven Erdölgebieten, wo die Gesteine häufig Erdöl ausschwitzen, sich mit einer Asphaltschicht überziehen, wo sich in Tümpeln und Bächlein farbenschillernde Ölhäutchen bilden, wo stark riechende Gase aus dem Boden treten und somit Auge und Nase eines Laien schon genügen, um eine Erdölprägnation zu erkennen.

Die schweizerischen Imprägnationen zeigen zum Teil weniger auffällige Erscheinungen, und ihre Erkennung erfordert ein geübtes Auge und einige Hilfsmittel. In erster Linie hat man das Augenmerk auf braune Sandsteine zu richten. In den meisten Fällen ist aber die braune Farbe durch Humussubstanzen und Eisen- oder Manganverbindungen bedingt, und hat mit Erdöl nichts zu tun. Um ein braunes Gestein auf Bitumen zu prüfen, bricht man ein winziges Stück los, zerreibt es und übergiesst es auf einem Uhrglas oder in einer weissen, kleinen Porzellanschale mit einem Lösungsmittel von Bitumen, am besten Schwefelkohlenstoff oder Chloroform. Färbt sich das Lösungsmittel gelb bis braun, so ist die Anwesenheit von Kohlenwasserstoffen oder deren Oxydationsprodukten nachgewiesen. Die Farbenintensität der Lösung ist aber kein sicheres quantitatives Mass für den Bitumengehalt des Gesteines, denn wenig oxydierte Kohlenwasserstoffe färben sehr schwach und stark oxydierte, also asphaltierte, färben sehr intensiv.

Ein gutes, doch weniger empfindliches Erkennungsmittel für Bitumen ist der Geruch. Jedoch zeigen imprägnierte Steine, die lange Zeit an der Oberfläche gelegen haben, nur sehr schwachen oder gar keinen Geruch, weil keine flüchtigen Bestandteile mehr anwesend sind.

Die stärker imprägnierten schweizerischen Ölsande zeigen beim Benetzen mit Wasser farbige Häutchen und kleine Öltröpfchen und geben an die Finger leicht Öl ab.

Quantitative Bestimmung des Gesamtbitumens in einem ölhaltenden Gestein.

Die Bestimmung beruht auf einer Extraktion des Bitumens mit einem Lösungsmittel; als solches eignet sich am besten Chloroform. Da dessen Preis aber ausserordentlich hoch ist, so kann man als Ersatz auch Schwefelkohlenstoff verwenden. Sehr gute Erfahrung habe ich mit einer Mischung der beiden gemacht. Petroläther, Benzin, Benzol oder Äther besitzen eine weit geringere Lösungskraft als Chloroform und Schwefelkohlenstoff und sind deshalb zur Extraktion viel weniger geeignet.

Das fragliche Gestein, sofern es nicht ein lockerer Ölsand ist, wird zerrieben; vom Pulver verwendet man je nach der Extraktionsmethode 20—50 gr.

Am raschesten geht die Extraktion in einem *Erlenmeyer*-Kölbchen, indem man den Sand 6 bis 10 mal mit dem Lösungsmittel übergiesst, jeweilen umschüttelt, Sand und Schlamm absitzen lässt und die Lösung vorsichtig abgiesst. Nach sechsmaliger Behandlung ist das Lösungsmittel nur noch eine Spur gefärbt und hinterlässt kaum merkliche Ölmengen. Die Extrakte werden durch ein trockenes oder mit dem Lösungsmittel benetztes Filter gegossen, um Schlammteilchen zurückzuhalten. Die letzten Güsse reinigen das durch die ersten dunkel gefärbte Filter.

Weit bequemer ist die Extraktion unter Verwendung eines Extraktionsapparates nach *Soxhlet*, wie man ihn zur Fettbestimmung in Nahrungsmitteln gebraucht. Die Dauer des Extraktions-

prozesses ist zwar viel länger, doch arbeitet der Apparat selbsttätig. Dieser besteht aus drei Teilen, einem gewogenen auf einem Wasserbad stehenden Kölbchen, einem mittleren Extraktionszylinder mit Steigrohr für den Dampf des Lösungsmittels, seitlichem Heberröhrchen und einem oberen, mit der Wasserleitung verbundenen Kühler. Man füllt je nach der Grösse des Apparates 25—50 gr des Ölsandes in eine fettfreie Hülse ein, setzt den Kühler auf, giesst Lösungsmittel hinein, bis der Extraktionszylinder soweit gefüllt ist, dass ein automatisches Abfliessen in das untere Kölbchen erfolgt. Nun verdampft man das Lösungsmittel; der Dampf kondensiert sich im Kühler, die Tropfen fallen auf den Ölsand und lösen das Bitumen auf. Die Lösung fliesst, wenn der mittlere Zylinder wieder gefüllt ist, durch den Heber nach unten und der Prozess beginnt von neuem. Diese automatische Extraktion ermöglicht eine restlose Auflösung des Bitumens.

Die durch beide Extraktionsmethoden erhaltenen Bitumen-Lösungen enthalten immer kleine Mengen Feuchtigkeit, die man bei ganz genauen Bestimmungen durch Schütteln und Stehenlassen mit etwas Chlorkalzium beseitigen kann. Die trockene Lösung wird auf dem Wasserbade verdampft und es hinterbleibt das Bitumen. Durch mehrmaliges Erwärmen und Durchblasen von Luft werden die letzten Spuren des Lösungsmittels vertrieben. Nach dem Erkalten im Exikator bestimmt man das Gewicht des Bitumens.

Da die meisten Imprägnationen auch leichtflüchtige Bestandteile enthalten, so kann man das Trocknen nicht bis zur Gewichtskonstanz fortsetzen, ohne Benzinverluste befürchten zu müssen. Die in nachfolgender Tabelle angegebenen Zahlen über Gewichtsprocente des Bitumens sind meistens durch Extraktion im Automat bestimmt.

Es erscheint wünschenswert, den Bitumengehalt auch in Volumverhältnissen auszudrücken. Ich führte deshalb nach folgender Methode die

Umrechnung der Gewichtsprocente in Volumprocente

durch, deren Resultate in der zweiten Kolonne angegeben sind.

Mit Hilfe eines Pyknometers bestimmte ich das spez. Gewicht von vier schweizerischen Rohölen und vier extrahierten Sanden, und fand:

Erdöl	ölfreier Sand
0,9063	2,66
0,9050	2,63
0,9310	2,66
0,9380	2,61
Mittelwert 0,920	2,64

Der gehaltsreichste Ölsand der Schweiz enthielt 7,64 Gewichtsprozent Gesamtbitumen. 1000 gr Ölsand enthalten also 76,4 gr Bitumen und 923,6 gr reinen Sand.

Dividiert man diese Gewichtszahlen durch die spez. Gewichte, so erhält man das Volumen.

76,4 : 0,92	83 cc
923,6 : 2,64	350 cc
zusammen	433 cc.

Unter der Voraussetzung, dass der Ölsand weder Wasser noch freie Poren enthält, nimmt das Kilogramm 433 cc ein, und das Volumen des Bitumens beträgt 83 cc. In 100 cc des Ölsandes sind somit $\frac{83 \times 100}{433} = 19,2$ cc Bitumen enthalten. Der gehaltreichste Ölsand enthält somit 19,2 Volumprozent Bitumen. In ähnlicher Weise wurden auch die andern Gewichtsprocentzahlen umgerechnet.

Obige Umrechnung darf nicht auf grosse Genauigkeit Anspruch machen, weil die Ölsande mit Wasser und sogar mit Luft gefüllte Poren enthalten, wie aus den Untersuchungen über das Porenvolumen und den Sättigungsgrad (Seite 86) hervorgeht. Es wäre jedoch eine sehr umständliche Arbeit, für jede Sandprobe die Volumprocente experimentell zu ermitteln. Die gemachten Fehler bedingen alle, dass die Zahlen für Volumprocente zu hoch ausfallen; das gilt ganz besonders für die bitumenarmen Ölsande, die mehr Wasser und auch mehr freie Poren enthalten können.

Tabelle über den Gesamtbitumengehalt.

Ort der Probeentnahme	Gewichtsprozent	Volumprozent
Fulenbach (Kt. Solothurn), unterer Teil in Schürfschacht 22	7,64	19,2
Beste Probe vom Roulavaz (Kt. Genf), erhoben von Arn. Heim	6,64	16,92
Fulenbach, Schacht 2 aus Kluftwand	6,06	15,60
Fulenbach, Schacht 22, oberer Teil	5,97	15,37
Fulenbach, beste Stelle aus Einzelblock	5,35	14,23
La Plaine, beste Probe auf Nordufer der Rhone	4,0	10,70
Fulenbach, Ölsandstein beim Haus A. Jäggi, Aaretränke . .	3,97	10,60
Sand vom Roulavaz (Kt. Genf), erhoben von H. Morgenthaler	3,84	10,20
Dardagny, westlich vom Dorf	3,39	9,14
Mittelprobe von La Plaine	2,42	6,80
Ufer des Allondon nordöstlich Granges (Kt. Genf)	2,30	6,20
Gönhard, Aarau, Stück aus dem Naturhistorischen Museum .	1,84	5,10
Ufer des Allondon bei der Mündung in die Rhone	1,80	5,0
Göuhard, Aarau, Stollen der jetzigen Wasserleitung	1,11	3,12

Alle genannten Ölsandsteine sind hellbraun bis dunkelbraun oder braunschwarz gefärbt. In allen Imprägnationsgebieten gibt es Sandsteinpartien, die noch weit weniger Bitumen enthalten. Vom gehaltreichsten Ölsand im Schacht 22 in *Fulenbach* finden sich leider nur kleine Mengen in unmittelbarer Nähe einer Kluft (vergl. pag. 57).

Untersuchung des Bitumens.

Die bei obiger Gesamtbitumenbestimmung erhaltenen Ölmengen betragen je nach der verwendeten Ölsandmenge und der Imprägnationsstärke nur 0,25 bis 2,5 gr. Sie hätten für eine qualitative Untersuchung über die Natur des Bitumens, wie sie für eine technologische Bewertung notwendig ist, nicht ausgereicht. Es mussten deshalb grössere Ölmengen gewonnen werden, was auf folgende zwei Arten möglich ist:

1. Durch Extraktion mit Lösungsmitteln. Diese ist oben Seite 74 schon beschrieben. Dabei wäre aber der Verbrauch an teuren Lösungsmitteln sehr gross, die Extraktion würde viel Zeit erfordern und die Resultate könnten nicht direkt als Grundlage für die Berechnung einer technischen Ausbeutung gebraucht werden, weil im Grossen die Extraktion auf viele Schwierigkeiten stossen würde.

2. Durch direkte Destillation. Diese wurde in einem schmiedeisernen Rohr von 1 m Länge und 3,3 cm lichter Weite, das 1 kg Ölsand zu fassen vermag, ausgeführt. Das eine Rohrende trug einen Schraubenverschluss mit einer 13 cm langen und 1,1 cm weiten Ansatzröhre, die durch einen Gummizapfen mit dem weiten Ende eines Liebig'schen Kühlers verbunden war. Durch den Kühlmantel floss stets kaltes Wasser und brachte alle der Röhre entweichenden Dämpfe zur Kondensation.

Das mit dem Sand beschickte Eisenrohr wurde in einem Verbrennungsofen, wie man ihn für die organische Elementaranalyse gebraucht, erhitzt. Zuerst wurden einige Brenner in der Nähe des Kühlerendes angezündet und dann langsam die Erhitzung über die ganze Röhre ausgedehnt und bis auf beginnende Rotglut gesteigert. Da der Ölsand beträchtliche Wassermengen enthält und sich Wasserdampf bis zum Ende des Prozesses entwickelt, so ist der Vorgang bis zu einem gewissen Grade als eine Destillation mit überhitztem Wasserdampf zu betrachten, wobei der Wasserdampf zur Verflüchtigung der Öle wesentlich beiträgt.

Zuerst entweichen beim geringen Erhitzen farblose Dämpfe, die sich zu einer Benzinwasser-Emulsion kondensieren. Bald folgen gefärbte Dämpfe von eigenartigem Geruch, die ein gelblich gefärbtes Destillat geben. Gegen das Ende des Prozesses geht die Wasserdampfbildung stark zurück; es tritt Zersetzung und Bildung eines gelbbraunen, riechenden, teilweise nicht kondensierbaren Gases ein. Das zuletzt austretende Öl ist sehr schwerflüssig und bleibt schon im kurzen Ansatzrohr und am obern Kühlerende liegen.

Der geglühte Sand ist durch Kohlenstoff schwarz gefärbt.

Im Destillat scheidet sich aus der Emulsion nach einiger Zeit eine gelbbraun gefärbte Ölschicht über dem Wasser ab, die nach Benzin, aber besonders nach Zersetzungsgasen riecht. Die im Kühlrohr anhaftende Ölmasse wurde mit Äther herausgelöst und das Öl im Destillat mit Äther aufgenommen; die durch Filtration geklärte ätherische Lösung mit etwas Chlorkalzium getrocknet und dann abdestilliert.

Wenn man das Trocknen der ätherischen Lösung unterlässt, so entweicht nachher das Wasser bei der fraktionierten Destillation und verursacht ein so heftiges Stossen und Schäumen, dass die Destillation kaum möglich ist. In allen Fällen hinterblieben dunkelbraune bis schwarze, mehr oder weniger zähflüssige Öle von etwas grünlicher Fluoreszenz.

Ich bestimmte in denselben mit einem Pyknometer das spez. Gewicht bei 15° Temp. Die Verwendung eines Aräometers gab bei den zähflüssigen Ölen keine zuverlässigen Resultate. Am besten eignet sich ein Pyknometer mit Thermometerstopfen und seitlichem Überlaufröhrchen, das nach dem Füllen mit Äther gereinigt wird.

Durch die organische Elementaranalyse bestimmte ich den Gehalt an Kohlenstoff und Wasserstoff. Dabei erwies sich das übliche Abwägen der Substanz in einem kleinen Analysenkügelchen als unzweckmässig, weil der Kohlenstoff trotz Anwendung reinen Sauerstoffes nicht vollständig verbrannte, sondern teilweise als glänzender Wandbelag zurückblieb. Ich liess deshalb das Rohöl in einem Porzellanschälchen durch feinkörniges Kupferoxyd aufsaugen und erhielt so gute Resultate.

Mit einigen Ölen führte ich die Prüfung auf Paraffin durch, was später näher ausgeführt wird.

Zur Prüfung auf Schwefel wurde eine kleine Rohölprobe mit Soda und Salpeter in einem Porzellanschälchen vollständig verbrannt, wobei Schwefel zu Schwefelsäure oxydiert werden musste. In der gelösten Schmelze konnte nur eine Spur Schwefelsäure nachgewiesen werden. Die Öle enthalten also nur Spuren von Schwefel, was übrigens auch aus den Kohlenwasserstoffbestimmungen hervorgeht.

Der grösste Teil der Rohöle wurde zur Bestimmung ihrer Qualität einer fraktionierten Destillation unterworfen, um den Gehalt an Benzin, Leuchtpetroleum und Schmierölen zu ermitteln. Die Fraktionen Benzin und Leuchtpetroleum wurden unter Atmosphärendruck, die andern im luftverdünnten Raume unter Verwendung einer Wasserstrahlluftpumpe destilliert. Die Resultate der Elementaranalysen und Destillationen sind weiter hinten aufgeführt.

Das Erdöl von La Plaine.

Der als Ausgangsmaterial für die Untersuchung dienende Ölsand wurde am nördlichen Brückenkopf von *La Plaine*, bei b der Figur 2 auf Seite 5 entnommen.

Die beste Probe des Ölsandes enthielt 4,0 Gew. % oder 10,7 Vol. % Bitumen. Der mittlere Bitumengehalt ist 2,42 Gew. % des feuchten Sandes oder 2,75 Gew. % des trockenen Sandes.

Da der Sand sehr feucht ist, wurde sein Wassergehalt bestimmt.

Bestimmung des Wassergehaltes.

Zwei Proben von 20 gr des Ölsandes wurden in flachen Quarzschalen im Trockenschrank während drei Stunden auf 120° erhitzt. Die eine zeigte einen Gewichtsverlust von 12,36, die andere 12,08 %. Der mittlere Gewichtsverlust betrug somit 12,22 %. Die bei 120° flüchtigen Bestandteile bestehen aus Wasser und Benzin. Nach der unten stehenden Analyse beträgt der Benzingealt im Vergleich zum Ölsand 0,07 Gew. %, sodass der Wassergehalt der Probe 12,15 Gew. % ausmacht.

Bestimmung des durch Destillation gewonnenen Bitumens.

9 kg des feuchten Sandes ergaben beim Destillieren in 9 Portionen im Eisenrohr wie oben beschrieben 136 gr Rohöl. Dieses besass ein spez. Gewicht von 0,9036, eine dunkelbraune bis schwarze Farbe mit schwachgrünlicher Fluoreszenz, eine mittlere Beweglichkeit und intensiven Benzingeruch.

Die Rohölausbeute betrug somit 1,51 Gew. % des feuchten oder 1,71 Gew. % des trockenen Ölsandes.

Elementaranalyse des Rohöles.

	I. Bestimmung	II. Bestimmung	Mittelwert
Abgewogenes Rohöl	0,5963 gr	0,6255 gr	
Gefundenes Kohlendioxyd	1,8994 „	2,0565 „	
Gefundenes Wasser	0,6255 „	0,6642 „	
Die Umrechnung ergibt:			
Kohlenstoff	86,87 %	86,98 %	86,92 %
Wasserstoff	11,65 „	11,45 „	11,55 „
Andere Elemente	1,48 „	1,57 „	1,53 „

Fraktionierte Destillation des Rohöles.

100 gr des Öles wurden einer fraktionierten Vakuumdestillation unterworfen und ergaben:

Fraktionen	Temp. C.	Druck mm	Spez. Gew.	Gewicht gr u. %
Rohbenzin (mit einer Spur Äther) . . .	60—120	725	—	4,55
Rohligroin	120—150	725	—	1,90
Rohleuchtpetroleum	150—300	725	0,878	26,05
Rohschmieröle	190—360	60	0,926	54,00
Rückstand im Kölbchen	—	—	—	13,50
				100,—

Bemerkungen zu den Fraktionen.

Die ersten drei Fraktionen sind unter gewöhnlichem Druck destilliert, das Schmieröl dagegen im luftverdünnten Raume, um eine Zersetzung möglichst zu verhindern. Gegen das Ende der Destillation trat teilweise Zersetzung und Bildung eines Rauches ein, der sich im Kühler nicht mehr kondensierte.

Das Rohbenzin und Rohligroin sind hellgelbgefärbte, leicht bewegliche Flüssigkeiten von typischem Benzingeruch. Die Menge reichte nicht aus zur Bestimmung des spez. Gewichtes. Beim Stehen am Licht wurde die anfangs hellgelbe Farbe rötlich.

Das bei 150—300° siedende Leuchtpetroleum war anfangs eine rötlich gefärbte Flüssigkeit, die auch dunkler wurde beim Stehen am Licht. Der grösste Teil dieser Fraktion destilliert in der Nähe von 300°. Das Öl gehört mit seinem spez. Gewicht von 0,878 zu den schweren Leuchtölartern; es nähert sich schon den leichten Schmierölen.

Der bei 300° nicht mehr siedende Ölrest wurde in demselben Destillierkölbchen mit der Wasserstrahlluftpumpe in Verbindung gesetzt und weiter destilliert. Zuerst ging ein leicht bewegliches Spindelöl von hellrötlicher Farbe und schwacher, grünlicher Fluoreszenz über, dann bei 300° und darüber unter einem Druck von 60 mm ein Maschinenöl von geringerer Beweglichkeit und prächtiger rotgrüner Fluoreszenz. Zum Schlusse folgte ein dickes, im Kühlröhrchen fast stockendes Öl von grüner Fluoreszenz und rötlicher Farbe, das einem Zylinderöl entspricht. Des geringen Quantum wegen konnten diese drei Schmieröle nicht getrennt aufgefangen werden. Die weiter nicht raffinierte Mischung besitzt einen im offenen Tiegel bestimmten Flammpunkt von 155° und ein spez. Gewicht von 0,926. Der Heizwert des Rohöles, nach der Gleichung von Mendelejeff berechnet, beträgt 10465 W.E.

Prüfung auf Paraffin.

Zum Nachweis des Paraffins benutzte ich die in *Lunge-Berl*, chemisch-technische Untersuchungsmethoden, 3. Band, Seite 486 erwähnte Methode von *Holde*. Eine Probe des Rohöles wurde bis auf 300° erhitzt und so von den leichtflüchtigen Bestandteilen befreit. Der Rückstand enthält noch die Schmieröle, eventuell Paraffin und asphaltartige Substanzen.

10 gr dieses Rückstandes wurden in 30 cc eines Gemisches von gleichen Volumteilen Äther und absolutem Alkohol vollkommen aufgelöst und als klare, schön fluoreszierende Lösung während 30 Minuten in einer Kältemischung auf -18° abgekühlt. Dabei schieden sich helle feste

Schüppchen von Paraffin aus. Die Lösung wurde durch ein ebenfalls gekühltes Filter gegossen und mit der Luftpumpe abgesaugt. Es blieb auf dem Filter wenig Paraffin zurück, dessen Quantum aber zu klein war, um von dem anhaftenden Öl befreit, gereinigt und bestimmt zu werden. Immerhin ist die Anwesenheit von kleinen Mengen Paraffin nachgewiesen.

Untersuchung des extrahierten Sandes.

Der mit Chloroform extrahierte und getrocknete Sand stellt ein lockeres, grünliches, grobkörniges Pulver dar. Sein spez. Gewicht, im Pyknometer ermittelt, ist 2,66, das einer analogen Probe von der Mündung des Allondon 2,61.

2 gr des Sandes wurden mit 50 cc $\frac{1}{1}$ n Salzsäure erwärmt bis die Kohlensäureentwicklung ganz aufgehört hatte und somit aller Kalk aufgelöst war. Die überschüssige Salzsäure wurde mit $\frac{1}{1}$ n Natronlauge zurücktitriert. Aus der verbrauchten Salzsäure ergab sich ein Kalkgehalt des La Plaine-Ölsandes von 13,75 %, bezogen auf den ölfreien trockenen Sand. Die Feinerde enthielt wenig Kalk; dieser bildete meistens Körnchen.

Eine weitere Probe wurde zur Bestimmung des Rohtones mit Wasser aufgeköcht, um etwaige Verklebungen zu lösen, und dann im Schlämmsylinder nach Kühn abgeschlämmt, bis das Schlämmswasser vollkommen klar blieb.

Die Schlämmanalyse ergab in Gew. % des ölfreien Sandes:

	Probe La Plaine	Probe Allondonmündung
Schlämmsrückstand	92,8	92,0
Abgeschlämmtes Material, Rohton	7,2	8,0

Der nicht abschlämmbare Teil besteht aus Körnern von Quarz, Feldspat, Glimmer und Kalk. Durch Kombination und Umrechnung aus obigen Angaben ergibt sich folgende

Zusammensetzung des Ölsandes von La Plaine:

Gehalt an Wasser	12,15 Gew. %
Gehalt an Bitumen und Mineralstoffen	87,75 „ „

Rechnet man die wasserfreie Masse zu 100 %, so ergeben sich folgende Gehaltszahlen:

A. Organische Bestandteile:

Rohbenzin (Siedepunkt bis 150°)	$\frac{6,45 \% \times 1,71}{100}$	= 0,110 Gew. %
Leuchtöl (150—300°)	$\frac{26,05 \times 1,71}{100}$	= 0,445 „ „
Schmieröle	$\frac{54 \times 1,71}{100}$	= 0,924 „ „
Rückstand A nicht aus Sand destilliert	2,75—1,71	= 1,040 „ „
Rückstand B im Destillierkölbchen	$\frac{13,5 \times 1,71}{100}$	= 0,231 „ „
Summe der organischen Bestandteile		2,75 Gew. %

B. Anorganische Bestandteile:

Kieselsäure und Silikate	$(92,8 - 13,75) \times 0,9725$	= 76,876 „ „
Kohlensaurer Kalk	$13,75 \times 0,9725$	= 13,372 „ „
Rohton, abschlämmbare	$7,2 \times 0,9725$	= 7,002 „ „
Summe der anorganischen Bestandteile		97,25 Gew. %
	Summa	$\frac{100,00 \%}{100,00 \%}$

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass der bei der Sanddestillation sich bildende organische Rückstand mit 1,04 Gew. % der trockenen Masse verhältnismässig hoch ist. Ohne Zweifel ist der hohe Verlust eine Folge der starken Erhitzung und könnte wahrscheinlich bei einer Wasserdampfdestillation bedeutend herabgemindert werden.

Das Erdöl von Dardagny.

Eine von Herrn Dr. *Hans Morgenthaler* in der obersten Galerie (Taf. III, Fig. 3) erhobene grössere Ölsandprobe diente als Untersuchungsmaterial. Im Mittel enthielt die Probe 3,84 Gew. % oder 10,2 Vol. % Gesamtbitumen, war von dunkelbrauner Farbe und färbte die Lösungsmittel für Bitumen ausserordentlich stark. Der Bitumengehalt des trockenen Sandes beträgt 4,021 Gew. %.

Wasserbestimmung.

Zwei Proben zeigten bei dreistündigem Erhitzen in flachen Quarzschalen auf 120° Gewichtsverluste von 4,3 resp. 4,9 %, also im Mittel 4,60 %. Ein Erhitzen bis zur Gewichtskonstanz war des Bitumenverlustes wegen nicht möglich. Die gefundenen Zahlen sind deshalb nicht absolut genau. Dieser Gewichtsverlust ist bedingt durch das Entweichen von Wasser und Benzin. Nach der unten folgenden Analyse des organischen Teiles beträgt der Benzingealt $\frac{2,93 \cdot 2,87}{100} = 0,084$ Gew. % des feuchten Sandes. Für den Wassergehalt bleibt somit $4,60 - 0,084 = 4,516$ Gew. %.

Bestimmung des durch Destillation zu gewinnenden Rohöles.

9,5 kg des feuchten Sandes wurden in 10 Portionen im schmiedeisernen Rohre destilliert und ergaben 272,8 gr Rohöl. Dieses besass ein spez. Gewicht von 0,905, eine rotbraune Farbe im durchfallenden und eine grünlich fluoreszierende im auffallenden Lichte; es ist etwas weniger beweglich als das La Plaine-Öl. Die Ausbeute beträgt somit 2,872 Gew. % des feuchten und 3,007 Gew. % des trockenen Sandes; $\frac{3}{4}$ des Gesamtbitumens ist durch Destillation im Eisenrohr zu gewinnen.

Elementaranalyse des Rohöles.

	I. Bestimmung	II. Bestimmung	Mittelwert
Abgewogenes Rohöl	0,3850 gr	0,4065 gr	
Gefundenes Kohlendioxyd	1,2272 „	1,3020 „	
Gefundenes Wasser	0,4225 „	0,4489 „	
Die Umrechnung ergibt:			
Kohlenstoffgehalt	86,94 %	87,38 %	87,16 %
Wasserstoffgehalt	12,19 „	12,27 „	12,23 „
Andere Elemente	0,87 „	0,35 „	0,61 „
	100,00 %	100,00 %	100,00 %

Das Öl besteht fast nur aus Kohlenwasserstoffen und enthält sehr geringe Mengen anderer Elemente. Der Heizwert des Rohöles, berechnet nach der Gleichung von Mendelejeff, beträgt 10713 W. E.

Fraktionierte Destillation des Rohöles.

187,5 gr des Rohöles wurden in einem Glaskölbchen einer fraktionierten Destillation unterworfen, die folgendes Resultat ergab:

Fraktionen	Temp. Cels.	Druck mm	Spez. Gew. d. Frak.	Gewicht in gr	Gewicht in %
1. Rohbenzin	70—150	730	—	5,5	2,93
2. Rohleuchtöl	150—300	730	0,852	38,1	20,32
3. Spindelöl	200—280	100	0,887	22,0	11,74
4. Maschinenöl	280—360	120	0,914	67,4	35,95
5. Zylinderöl	360—400	120	0,921	41,2	21,97
6. Rückstand	über 400	—	—	13,3	7,09
				187,5	100,00

Bemerkungen zu den einzelnen Fraktionen.

Das Rohöl von *Dardagny* ist demjenigen von *La Plaine* sehr ähnlich; doch zeigt es bedeutend weniger leichtflüchtige Bestandteile; diese wurden deshalb in eine Fraktion zusammengekommen.

Das Rohbenzin ist sehr hochsiedend, destillierte meist über 120° , steht dem Leuchtöl sehr nahe, ist jedoch leicht beweglich, besitzt hellgelbe Farbe, die am Lichte bald dunkler wird wie übrigens alle Destillate.

Das Rohleuchtpetroleum ist ebenfalls hochsiedend, hat ein hohes spez. Gewicht und schwach bräunliche Farbe. Zu einer Reinigung, wie sie die Technik mit dem rohen Leuchtöl vornimmt, reichte auch hier das Quantum nicht aus. Die Fraktion steht den leichten Spindelölen sehr nahe.

Um eine Zersetzung infolge der hohen Temperatur zu vermeiden, wurde die Destillation im luftverdünnten Raume fortgesetzt.

Das Spindelöl, die nächstfolgende Fraktion, besitzt ein spez. Gewicht von 0,887, ist noch leicht beweglich, stark fluoreszierend und gleicht in diesen Eigenschaften technischen Spindelölen verschiedener Provenienz. Der Flammpunkt, durch Erhitzen im offenen Tiegel nach *Lunge-Berl*, 3. Band, pag. 611, bestimmt, liegt bei 115° . Das Öl besitzt also trotz nur einfacher Destillation ohne weitere Reinigung einen hohen Flammpunkt.

Das Maschinenöl zeigt ein ähnliches spez. Gewicht, wie die Maschinenöle galizischer, russischer oder amerikanischer Provenienz. Es hat eine intensiv grüne Farbe und prachtvolle Fluoreszenz. Es ist schwerflüssig und zeigt beim Erhitzen im offenen Tiegel einen Flammpunkt von 184° .

Das Zylinderöl, die letzte noch übergehende Fraktion, ist sehr dickflüssig, tief dunkelrot und ebenfalls noch fluoreszierend. Sein spez. Gewicht 0,921 stimmt mit den technisch gebrauchten Zylinderölen überein. Der Flammpunkt ist etwas niedriger, weil gegen das Ende der Destillation noch Zersetzungsgase übergingen und vom Destillat aufgenommen wurden. Ohne Zweifel würde nach einiger Reinigung, die bei technisch verwendeten Ölen immer vorgenommen wird, der Flammpunkt noch bedeutend in die Höhe gerückt.

Der Destillierrückstand ist eine blasig aufgetriebene, schwarze, pechartige Masse, die beim Erkalten sofort zu einer harten, spröden Masse erstarrte und zu einem grossen Teil aus Petroleumkoks besteht.

Das durch Destillation zu gewinnende Bitumen besteht also zu 70% aus wertvollen Schmierölen, unter denen die schwerflüssigen Maschinenöle und Zylinderöle vorherrschen. Leider konnte die Viskosität der Fraktionen nicht bestimmt werden; doch besteht gar kein Zweifel, dass es sich um brauchbare Produkte handelt, weil die festgestellten Eigenschaften der Fraktionen mit Schmierölen anderer Herkunft übereinstimmen.

Prüfung auf Paraffin.

Die Untersuchung wurde in gleicher Weise ausgeführt, wie sie im vorigen Abschnitt beschrieben ist. Das vom Benzin und Leuchtöl befreite Bitumen zeigte eine etwas stärkere Paraffinausscheidung als das *La Plaine* Öl, doch konnte in dieser Probe der Paraffingehalt nicht genau ermittelt werden. Um über diesen doch einen Anhaltspunkt zu bekommen, wiederholte ich den Versuch mit 10 gr Zylinderöl, in dem eine bedeutend grössere Paraffinmenge enthalten sein musste, die sich ausschied und, auf einem Filter gesammelt, wenigstens teilweise mit einer auf -18° gekühlten Mischung von Äther und Alkohol von anhaftenden flüssigen Kohlenwasserstoffen befreit werden konnte. Das Rohparaffin wurde mit Äther vom Filter weggelöst, die Lösung eingedampft und der hellbraun gefärbte Rückstand auf dem Wasserbad getrocknet. Er erstarrte nach dem Erkalten zu einem Rohparaffin. Dieses könnte bei Versuchen in grösserem Masstabe durch weitere Reinigung ohne Zweifel in weisses Hartparaffin umgewandelt werden. Die Menge des erhaltenen Rohparaffins betrug 21% des Zylinderöles. Somit enthält das Rohöl 4,6% Paraffin. Die Bestimmung konnte der geringen Materialmenge wegen nur einmal ausgeführt werden und bietet deshalb keine Gewähr für absolute Richtigkeit.

Neben Paraffin findet sich in den schweren Destillaten ohne Zweifel auch Vaseline. Die Genfer Ölsande enthalten also alle Erdölprodukte: Benzin, Ligroin, Leuchtöl, Spindelöl, Maschinenöl, Zylinderöl, Vaseline und Paraffin.

Untersuchung des extrahierten Sandes.

Die extrahierten Sande sehen ganz ähnlich aus wie die La Plaine-Sande. Eine Probe ergab ein spez. Gewicht von 2,66, eine andere 2,63. Die Kalkbestimmung, in gleicher Weise wie oben ausgeführt, ergab 13 und 17% des trockenen, ölfreien Sandes.

Die Schlämmanalyse zur Tonbestimmung ergab bei den beiden Proben 4,3 und 6,9% Ton. Der Sand zeigt somit folgende mineralische Zusammensetzung:

Kieselsäure und Silikate	82,7 %	76,1 %
Kohlensaurer Kalk	13,0 "	17,0 "
Rohton, abschlämmbares Material	4,3 "	6,9 "
Summa	100,0 %	100,0 %

Durch Kombination und Umrechnung ergibt sich folgende

Zusammensetzung der Ölsande von Dardagny:

Gehalt an Wasser	4,51 Gew. %
Gehalt an Bitumen und Mineralstoffen	95,49 " "

Rechnet man die wasserfreie Masse zu 100%, so erhält man folgende Gehaltzahlen:

A. Organische Bestandteile:

Rohbenzin (70 bis 150°)	$\frac{3,007 \times 2,93}{100}$	= 0,088 Gew. %
Rohleuchtöl (150 bis 300°)	$\frac{3,007 \times 20,32}{100}$	= 0,611 " "
Schmieröle (zusammen)	$\frac{3,907 \times 69,66}{100}$	= 2,095 " "
Rückstand A nicht aus dem Sand destilliert	4,021 - 3,007	= 1,014 " "
Rückstand B im Destillierkölbchen	$\frac{3,007 \times 7,09}{100}$	= 0,213 " "
Summe der organischen Bestandteile		4,021 Gew. %

B. Anorganische Bestandteile:

Kieselsäure und Silikate	$82,7 \times 0,9598$	= 79,372 Gew. %
Kohlensaurer Kalk	$13,0 \times 0,9598$	= 12,480 " "
Rohton, abschlämmbares Material	$4,3 \times 0,9598$	= 4,127 " "
		95,979 Gew. %
Summa	100,0 %	100,0 %

Über die Bestimmung des Porenvolumens und der Sättigung des Dardagny-Ölsandes siehe pag. 87.

Das Erdöl von Fülenbach und Murgental.

Es kamen drei verschiedene Proben dieses Imprägnationsgebietes zur Untersuchung.

1. Erdöl aus dem zuerst aufgefundenen vereinzelt Block.
2. Erdöl aus dem anstehenden Sandstein am Waldrande bei *Aaretränke*.
3. Erdöl aus dem Ölsandkomplex beim Haus *Aaretränke* am Aareufer (vergl. Taf. XIII und pag. 56—58).

Die beiden ersten Proben wurden in ähnlicher Weise durch Destillation der Sande im eisernen Rohr des Verbrennungsofens gewonnen, die dritte grösste Probe in einem etwas grösseren Apparate der Werkstätten der Firma *Schmid & Hallauer* in *Suhr*.

1. Das Erdöl aus dem Einzelblock.

Dieser ca. 50 kg schwere Block soll lange Zeit Bestandteil einer Jauchelochmauer gewesen sein und wurde vor einigen Jahren nach der „Kirschmatt“ verbracht, um dort zur Einfassung eines Bächleins zu dienen. Auf einer Exkursion im Mai 1917 fand ich zufällig diesen Block, nahm eine grössere Probe mit und untersuchte sie auf Gehalt und Qualität des Bitumens, was dann zu den weiteren Untersuchungen, Konzessionserteilungen, Grabungen und Bohrungen Veranlassung gegeben hat.

Der Block hatte einen graubraunen, aus dem Wasser niedergeschlagenen Sinterkalküberzug; die Innenfarbe war jedoch dunkelbraun bis schwarz. Einzelne Stellen bestanden aus harten Kalkkonkretionen und waren ganz ölfrei. Auf frischer Bruchfläche war ein deutlicher Benzin- und Petroleumgeruch wahrnehmbar. Der Sand färbte Chloroform tiefdunkelbraun und bildete Ölhäutchen auf dem Wasser. Das Mittel zweier Gesamtbitumenbestimmungen ergab 5,35 Gew. % oder 14,23 Vol. %. Ein anderer Block beim obern Aaretränkehaus am Waldrand zeigte 4,87 Gew. % oder 13,27 Vol. % Bitumen.

3 kg des zuerst gefundenen Blockes wurden im Eisenrohr destilliert und lieferten 55 gr Rohöl. Die Ausbeute an flüchtigem Öl betrug somit nur 1,83 %. Der zurückbleibende Sand war von ausgeschiedenem Kohlenstoff schwarz gefärbt. Es verflüchtigten sich somit nur 34 % des Bitumens, und 66 % blieben als Zersetzungsprodukte zurück oder verwandelten sich in nicht kondensierbaren Rauch. Das so gewonnene Rohöl ist im auffallenden Lichte dunkel rotbraun gefärbt, schwach fluoreszierend und etwas weniger leicht beweglich als die Genfer Öle. Es deponierte nach kurzer Zeit einen schwarzen Niederschlag. Das spez. Gewicht beträgt 0,9213; das Öl ist also bedeutend schwerer als die westschweizerischen.

Elementaranalyse.

Abgewogene Menge	0,3444 gr
Kohlendioxyd gefunden	1,1085 „
Wasser gefunden	0,3660 „

Daraus ergibt sich durch Umrechnung:

Kohlenstoff	0,30232 gr oder	87,78 %
Wasserstoff	0,040667 „ „	11,81 „
Andere Elemente	0,001413 „ „	0,41 „
Summa	0,3444 gr oder	100,00 %

Fraktionierte Destillation.

Fraktionen	Siedepunkt Cels.	Druck mm	Gewicht gr	Gewicht %
Benzin	90 ^a —150	728	2,05	6,6
Leuchtpetroleum	150—300	728	6,80	21,9
Schmieröle	300—400	28—45	16,50	53,2
Rückstand im Kölbchen			5,65	18,3
Summa			31,0	100,0

Das Benzin ist wieder hellgelb und leicht beweglich, das Leuchtpetroleum hellbräunlich gefärbt; diese beiden Fraktionen dunkelten beim Stehen rascher als die andern. Der relativ hohe Gehalt an leichtflüchtigen Bestandteilen ist überraschend, da der Block schon sehr lange Zeit der Luft und dem Licht ausgesetzt war. Der Befund beweist, wie ausserordentlich zähe ein Sandstein das Öl festhält und wie das Bitumen chemisch enorm widerstandsfähig ist.

Das Schmieröl ist auch wieder eine Mischung von leicht- und schwerflüchtigen Bestandteilen, zeigt prächtige Fluoreszenz, ein spez. Gewicht von 0,938, ist sehr zähflüssig und enthält offenbar sehr viel Zylinderöl. Bei der Reaktion auf Paraffin trat eine sehr starke Ausscheidung von braunen Schuppen ein. Der Paraffingehalt des Schmieröles ist bedeutend höher als bei den westschweizerischen Ölen und kann bis 30 % des Schmieröles betragen.

2. Das Erdöl aus dem anstehenden Sandstein im alten Steinbruch bei Aaretränke, Waldrand.

Die Stelle der Probeentnahme liegt bei Grube I der Kartenskizze Taf. XIII. Die Sandprobe wurde der obersten Imprägnationsschicht entnommen, bevor die Grube geöffnet war. Der Sand war rötlichbraun gefärbt, gab starke Chloroformreaktion, immerhin viel geringer als der einzelne Block der vorhergehenden Probe und ohne irisierende Ölhäutchen auf dem Wasser zu bilden. Er war ein schwach bituminös riechender, eingetrockneter toter Ölsand und enthielt auch nur ca. 1,36 Gew. % Bitumen. Die 3 m tiefer gelegenen, durch die spätere Grabung Nr. 1 freigelegten Ölsande zeigten dann dunkle Farbe, gaben intensive Reaktion, rochen nach Benzin und Petroleum und erzeugten Farbenhäutchen auf dem Wasser, enthielten auch 3—4 % Bitumen und in einzelnen kleinen Stücken noch etwas mehr.

Der gehaltsarme Oberflächensand wurde einer Destillation unterworfen. Aus 8 kg gewann ich in 8 Portionen im Eisenrohr nur 56 gr Rohöl, also nur eine Ausbeute von 0,7 Gew. % des Gesteines. Das Rohöl war dunkler als das obige, zeigte nur sehr geringe Fluoreszenz, liess noch mehr eines kohlenstoffreichen Depots fallen, besass ein spez. Gewicht von 0,9381 und war sehr wenig beweglich, das schwerflüssigste von allen.

Elementaranalyse.

Abgeworfene Menge	0,3370 gr
Kohlendioxyd gefunden	1,0461 „
Wasser gefunden	0,3204 „

Daraus ergibt sich durch Umrechnung:

Kohlenstoff	0,2853 gr	oder	84,66 Gew. %
Wasserstoff	0,0356 „	„	10,56 „ „
Andere Elemente	0,0161 „	„	4,78 „ „
Summa	0,3370 gr	oder	100,00 %

47 gr dieses Rohöles wurden in gleicher Weise wie oben einer fraktionierten Vakuumdestillation unterworfen und ergaben:

Fraktionen	Temp. Cels.	Druck mm	Gewicht in gr	Gewicht in %
Rohbenzin	90—150	728	2,5	5,3
Rohleuchtpetroleum	150—300	728	8,2	17,4
Schmieröle	210—350	14—28	21,0	44,7
Rückstand im Kölbchen			15,3	32,6
Summa			47,0	100,0

Die Fraktionen zeigen ähnliche Eigenschaften wie die aus dem einzelnen Block. Das Petroleum ist noch stärker gefärbt, das Schmieröl besteht wieder aus einer Mischung von schweren und leichten Bestandteilen, denen sich Vaseline und Paraffin in noch grösseren Mengen beigesellen; es zeigt infolgedessen das sehr hohe spez. Gewicht von 0,9484 und besitzt prächtige Fluoreszenz.

3. Das Erdöl am Aareufer beim Haus Jäggi, Aaretränke.

Die Herren *Schmid & Hallauer*, kunstgewerbliche Metallwerke in *Suhr*, hatten eine grössere Probe des frischen Ölsandes von 3,5—4 Gew. % Bitumengehalt aus dem Schürfgraben Nr. 35 (Taf. XIII und Fig. 29, pag. 57) mitgenommen und in einem grösseren, eigens konstruierten Apparate destilliert. Sie gewannen dadurch mehrere Liter eines Rohöles von dunkler, fast schwarzer Farbe mit schwach grüner Fluoreszenz, einem spez. Gewicht von 0,9232, das nach kurzer Zeit an der Glaswand und auf dem Boden der Flasche einen schwarzen Niederschlag gab.

Elementaranalyse.

	I. Bestimmung	II. Bestimmung	Mittelwert
Abgewogene Ölmenge	0,4733 gr	0,4639 gr	
Gefundenes Kohlendioxyd	1,4971 „	1,4662 „	
Gefundenes Wasser	0,5033 „	0,4865 „	

Die Umrechnung ergibt:

Kohlenstoff	86,27 %	86,19 %	86,23 %
Wasserstoff	11,81 „	11,65 „	11,73 „
Andere Elemente	1,92 „	2,16 „	2,04 „
Summa	100,00 %	100,00 %	100,00 %

Eine Probe dieses Öles wurde im Vakuum destilliert, zeigte aber dabei viel weniger Benzin als alle bisherigen Proben, was offenbar auf mangelhafte Kühlung bei der Sanddestillation und damit verbundene Verflüchtigung des Benzines zurückzuführen ist. Ohne Zweifel steht dieses Erdöl demjenigen von La Plaine am nächsten, denn der Sand war ein Live-oilsand. Der Leuchtpetroleumgehalt vom Siedepunkt 150—300° der Probe beträgt 23 %, ist also sehr hoch und steht in Einklang mit dem Aussehen des Ölsandes.

Der grösste Teil des Ölrestes besteht aus Schmierölen, die nicht weiter durch Destillation getrennt wurden. Der Heizwert des Rohöles berechnet sich zu 10127 W.E.

Zusammenstellung der Analysen schweizerischer Erdöle und Vergleiche mit Ausländischen.

Elementaranalysen.

Herkunft des Öles	Spez. Gew.	% C	% H	% O
La Plaine, nördlicher Brückenkopf	0,9036	86,92	11,55	1,53
Dardagny—Roulavaz, oberste Galerie	0,9050	87,16	12,23	0,61
Fulenbach, Einzelblock	0,9213	87,78	11,81	0,41
Fulenbach, alter Steinbruch Aaretränke	0,9381	84,66	10,56	4,78
Fulenbach, Aareufer beim Haus Jäggi	0,9232	86,23	11,73	2,04
Mittelwert	0,9182	86,56	11,56	1,88

Zum Vergleiche seien Analysenresultate einiger ausländischer Erdölsorten angegeben, die dem Werke von Höfer, „Das Erdöl und seine Verwandten“, entnommen sind.

	Spez. Gew.	% C	% H	% O (S)
Mittelwert von 10 Proben aus Galizien	0,878	84,14	13,69	2,22
Mittelwert von 10 Proben aus Deutschland	0,899	84,86	12,23	2,91
Mittelwert von 10 Proben aus Südrussland	0,912	86,10	12,65	1,25
Mittelwert von 10 Proben von Pensylvanien u. Ohio	0,8354	84,89	13,75	1,36
Mittelwert von 4 Proben aus Kansas und Texas	0,907	85,29	12,40	2,31
Mittelwert von 4 Proben aus Kalifornien	0,948	85,83	11,92	2,25
Mittelwert der 48 Proben ausländischer Erdöle	0,8966	85,18	12,77	2,05

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass die schweizerischen Erdöle kohlenstoffreicher sind als alle andern, dafür aber auch etwas weniger Wasserstoff enthalten. Diese Tatsache steht offenbar mit der Ölgewinnung aus dem Sand im Zusammenhange. Es ist eine bekannte Erscheinung, dass Kohlenwasserstoffe durch starkes Erhitzen Wasserstoff verlieren und kohlenstoffreicher werden. So erklärt sich auch die Bildung von Benzol, Naphtalin und Anthrazen in der Steinkohlenretorte. Ähnliche Prozesse werden im erhitzten Eisenrohr stattfinden. Alle so gewonnenen Rohöle verlieren

auch beim Stehen Kohlenstoff, der sich in dunklen, kohlenstoffreichen Niederschlägen zu Boden setzt. Selbst die einzelnen Fraktionen zeigen dieselbe Erscheinung; sie werden beim Stehen dunkler und erhalten Bodensätze.

Würden die Öle aus reinen Kohlenwasserstoffen der Paraffinreihe bestehen, so könnte der Kohlenstoffgehalt nie 87 % erreichen, auch wenn gar kein Sauerstoff vorhanden wäre; denn

der Kohlenwasserstoff C ₁₀ H ₂₂ besitzt nur	84,41 % C	und	15,49 % H
" " C ₂₀ H ₄₂ " " " "	85,00 " " "	" " "	15,00 " "
" " C ₄₀ H ₈₂ " " " "	85,31 " " "	" " "	14,69 " "

Die Kohlenwasserstoffe der Äthylenreihe enthalten alle 85,62 % C und 14,38 % H.

Einzig die Kohlenwasserstoffe der Reihe C_n H_{2n-6} enthalten mehr als 87 % C, so der C₂₀ H₃₄ 87,50 % C und 12,50 % H. Da einige Schweizeröle 87 und mehr % Kohlenstoff und daneben noch etwas Sauerstoff enthalten, so müssen sehr wasserstoffarme, ungesättigte Verbindungen zugegen sein.

Zusammenstellung nach Fraktionen.

Herkunft des Erdöles	Spez. Gewicht	% Benzin bis 150°	% Leuchtöl 150-300°	% Schmieröl über 300°
La Plaine	0,9036	6,45	26,05	54,00
Dardagny	0,905	2,93	20,32	69,66
Fulenbach, Block	0,9213	6,60	21,9	53,2
Fulenbach, Steinbruch . .	0,9381	5,30	17,4	44,7
Travers-Asphalt	0,948	2,2	9,0	64,0
Mittelwert	0,9232	4,7	18,93	57,11

Die Menge der einzelnen Fraktionen ist vermutlich stark von der Art der Rohölgewinnung aus dem Sand und dann auch wieder von der Rohöldestillation abhängig, weil dabei immer Zersetzungen vorkommen.

Ein Vergleich schweizerischer Erdöle mit den ausländischen ergibt, dass erstere ein viel höheres spez. Gewicht, einen viel geringeren Gehalt an leichtflüchtigen und einen viel höheren an schwerflüchtigen Bestandteilen aufweisen. Diese Abweichung ist aber nur bedingt durch die Art der Probeentnahme. Die zur Ölgewinnung verwendeten imprägnierten Sandsteine sind alle oberflächlichen Bodenformationen entnommen und waren lange Zeit der Verdunstung, Oxydation, Belichtung und Verwässerung ausgesetzt. Ohne Zweifel würden die primär gleich imprägnierten Sande in grösserer Tiefe viel dünnflüssigere Öle mit mehr leichtflüssigen Bestandteilen liefern.

Bestimmung von Porenvolumen und Sättigung.

Diese hat beim Studium der Erdölfrage einige praktische Bedeutung, weil das Porenvolumen eines Ölsandes gleich sein muss dem maximalen Bitumengehalt eines vollkommen gesättigten Ölsandes, der weder verwässert ist, noch durch Verdunstung oder Oxydation Bitumenbestandteile verloren hat. Einen solchen Ölsand wird man im Tagbau selten finden, wohl aber in grösserer Tiefe, die durch Schächte oder Bohrungen erreicht werden kann.

Ich wählte zur Bestimmung des Porenvolumens den Ölsand von *Dardagny-Roulavaz*, weil er in grösster Mächtigkeit vorkommt und mir in schönen Stücken von gleichmässiger Imprägnation zur Verfügung stand. Über die analytischen Daten dieses Sandes siehe pag. 82.

A. Bestimmung des Porenvolumens im extrahierten Sand.

Im automatisch arbeitenden Extraktionsapparat extrahierte ich eine Ölsandprobe vollkommen, sodass das Wasser den Sand gut benetzte. Die bitumenfreie und gut getrocknete Probe füllte ich in zwei Glasröhrchen von 2,5 cm lichter Weite und ca. 10 cm Höhe, die oben zu einem Röhrchen aus-

gezogen und unten mit einer feinen Seidengaze abgeschlossen waren. Durch längeres Aufschlagen auf eine weiche Unterlage suchte ich die Körner so dicht als möglich zu lagern und bestimmte dann das Gewicht des trockenen Sandes. Hierauf stellte ich die Röhren in Bechergläser mit Wasser, sodass dieses von unten eindrang und die Luft nach oben drängte. Nachdem der Sand sich vollgesogen hatte, stellte ich die Röhren samt Bechergläsern und Wasser in einen Vakuumexikator und verband diesen mit einer guten Wasserstrahlluftpumpe. Wie der Luftdruck abnahm, stiegen noch viele Luftbläschen aus dem durchnässten Sande heraus. Nachdem alle Luft vertrieben war, liess ich die Röhren einige Tage in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre hängen, sodass das überschüssige Wasser abtropfen konnte, und wog dann den feuchten Sand.

Eine erste Bestimmung ergab	$\frac{\text{feuchter Sand} - \text{trockener Sand}}{\text{trockener Sand}}$	= 32,9 % Porenvolumen
Eine zweite „ „	analog	= 34,1 % „
	Mittleres Porenvolumen	= 33,5 % „

Dieses Resultat stimmt überein mit den Befunden von *Wintgens* (siehe Beitrag zur Geologie von Nordholland, 1911, pag. 68, oder *Keilhack*, Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde, pag. 108), die für lockere Sande ein Porenvolumen von 29 bis 37% ergeben hatten.

B. Bestimmung des Porenvolumens der imprägnierten Sandsteine und Berechnung des Gesamtporenvolumens.

Ich versuchte zunächst ein Stück Ölsand mit einer plastischen Tonmasse dicht zu umschliessen und dann den Sand mit Petroleum zu durchtränken und die Aufnahmefähigkeit für letzteres zu bestimmen. Allein die Umschliessung gelang nicht befriedigend und die Methode führte nicht zum Ziel. Bessere Resultate, die wenigstens annähernd richtig sein können, lieferte folgendes Verfahren:

Ich legte ein gewogenes Stück Ölsand von nicht zu unregelmässiger Oberfläche auf ein Uhrglas in einen grossen Vakuumexikator. Über dem Ölsandstück befestigte ich ein mit Petroleum gefülltes Fläschchen derart, dass beim Neigen des Exikators das Petroleum auf das Ölsandstück tröpfeln musste. Ich evakuierte das Gefäss, wobei Luftblasen aus dem Steinstück austraten, dann neigte ich den Exikator und liess so lange Petroleum ausfliessen, als der Ölsand aufzusaugen vermochte. Nachdem er gesättigt war, liess ich die Luft wieder eintreten und diese presste das Petroleum aus der Peripherie des Steines ins Zentrum. Hierauf wiederholte ich die Operation mehrmals bis der Stein mit Öl gesättigt war, trocknete das überflüssige Öl mit Filterpapier auf und bestimmte die Gewichtszunahme:

Die Resultate von 2 Bestimmungen sind:

	I	II
Gewicht des Ölsandstückes	83,95 gr	98,10 gr
Gewicht des mit Petroleum gesättigten Sandes	87,60 „	101,80 „
Gewicht des absorbierten Petroleums (spez. Gew. 0,802)	3,65 „	3,70 „
Volumen des absorbierten Petroleums (Division durch 0,802)	4,55 cc	4,63 cc
Porenvolumen auf 100 gr Ölsand	5,42 „	4,72 „

Mittelwert der beiden Bestimmungen 5,07 %

Das freie Porenvolumen des untersuchten Ölsandes von *Dardagny* betrug also 5,07 cc auf 100 gr Ölsand.

Mit Hilfe dieses Wertes und den analytischen Daten auf pag. 82 lässt sich nun das gesamte Porenvolumen des nicht aufgelockerten, trockenen Ölsandes bestimmen. Das Porenvolumen setzt sich zusammen aus dem Volumen des Wassers, des Bitumens und dem Luftvolumen des Ölsandes, das 5,07% ausmacht.

Die Zusammenstellung ergibt:

100 gr Dardagny-Ölsand enthalten . . .	gr	cc	
Wasser	4,51	4,51	
Gesamtbitumen	3,84	10,20	
Luft	0,00	5,07	
Zusammen Gesamtporenvolumen . . .	—		19,78
Sandmaterial vom spez. Gewicht 2,64 .	91,65	34,72	
Summa	100,00	54,50	

Aus diesen Daten berechnet sich das Gesamt-Porenvolumen $54,5 : 19,78 = 100 : x = 36,3$ Vol.-%.

Auf 100 cc Ölsand fallen somit 36,3 cc des gesteinsfreien Raumes. Der Sand könnte also bei maximaler Sättigung auf einen m³ 363 Liter Erdöl enthalten.

Diese Zahl ist nicht direkt mit der unter A gefundenen vergleichbar, denn jene 33,5 % bedeuten cc Poren auf 100 gr Sand. Zu direktem Vergleich führt folgende Umrechnung:

In 100 gr des Ölsandes sind 19,78 cc vom Gestein nicht ausgefüllt. Die Tonne Ölsand könnte somit bei maximaler Sättigung 197,8 Liter Erdöl enthalten.

Das Porenvolumen von 19,78 cc auf 100 gr Ölsand ist noch nicht direkt vergleichbar mit dem unter A bestimmten Porenvolumen. Um Vergleichswerte zu erhalten, muss man das Porenvolumen auf 100 gr des trockenen Gesteines berechnen. $91,65 : 19,78 = 100 : x$; $x = 21,58$ %.

100 gr des trockenen ölfreien Sandes ohne Auflockerung besitzen somit ein Porenvolumen von **21,58** cc. Dass dieses wesentlich kleiner ist als dasjenige des durch Extraktion aufgelockerten Sandes, war von vornherein zu erwarten, denn durch ein Schütteln kann die Sandlagerung nicht so dicht werden wie durch natürliche Sedimentation und Diagenese. Das 21,58 % betragende Porenvolumen des Dardagny-Sandsteines stimmt mit den von der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt in Zürich gefundenen Maximalwerten von 19,30 für scheinbare und 22,14 für absolute Porosität bei schweizerischen Sandsteinen recht gut überein. (Siehe Beiträge zur Geologie der Schweiz, geotechnische Serie, 5. Lfg. Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz, pag. 73, II. Teil).

Nach diesen Ausführungen können 100 gr des trockenen ölfreien Sandes 21,58 cc Bitumen aufnehmen. Nach den obigen Zusammenstellungen enthalten 100 gr des feuchten und 3,84 Gew. % Bitumen enthaltenden Sandes dagegen 10,2 cc Bitumen. Diese 100 gr enthalten aber nur 91,65 gr Sand, somit würden 100 gr Sand

$$\frac{10,2 \times 100}{91,65} = 11,13 \text{ cc}$$

Bitumen enthalten. Der Ölsand von Dardagny ist somit nur etwa zur Hälfte gesättigt, sofern man das Wasser als einen Fremdkörper betrachtet. Der fast 50 % ausmachende Fehlbetrag an Bitumen ist wahrscheinlich zum grössten Teil auf Verwässerung, Oxydation und Verflüchtigung einzelner Bitumenbestandteile zurückzuführen.

Es ist sehr wohl möglich, ja sogar wahrscheinlich, dass derselbe stratigraphische Ölhorizont in grösserer Tiefe, wo geringere Verwässerung möglich, Oxydation und Verdunstung sogar ausgeschlossen sind, der Sättigungsgrad viel grösser und der Bitumengehalt viel höher, im Maximum sogar doppelt so hoch ist. Wegen der fehlenden Verdunstung und Oxydation wäre dann die Qualität des Erdöles noch viel besser.

Die Sättigungsverhältnisse anderer, an der Oberfläche getroffener schweizerischer Ölsande sind ähnlich, meistens noch viel ungünstiger als im Ölsand von *Dardagny*, weil deren Bitumengehalt noch bedeutend geringer und der Wassergehalt höher ist.

Eine Ausnahme macht der in sehr geringen Mengen vorkommende, bitumenreichste schweizerische Ölsand von *Fulenbach*, der 7,64 Gew. % oder 19,2 Volum % Bitumen enthält. Nehmen wir an, der Sand enthalte kein Wasser, dann besitzt er auf 100 gr des ölfreien Sandes

$$\frac{19,2 \times 100}{92,36} = 20,8 \text{ cc Bitumen.}$$

Dieser Sand ist also nahezu mit Bitumen gesättigt, obwohl er nur ca. 3 m unter der Bodenoberfläche liegt. Er hat aber auch ein ganz anderes Aussehen als die andern Ölsande, ist viel dunkler, schwarz, zäh, beinahe pechglänzend, und die einzelnen Sandkörner sind durch das Bitumen vollständig miteinander verklebt.

Vergleichende Untersuchung von ölfreiem und ölhaltigem Sandstein der gleichen Lokalität.

An allen Fundstellen schweizerischer Erdölvorkommnisse konnte eine ausgesprochene, teilweise äusserst feine Ölsandschichtung festgestellt werden (Tafel IV, XII), bei der dünne, imprägnierte und nicht imprägnierte Schichtlamellen mehr oder weniger parallel aufeinanderliegen. Die makroskopische Untersuchung ergab keinen Unterschied in der Sandzusammensetzung; auch liegen zwischen imprägnierten und nicht imprägnierten Schichten keine Tonhäutchen. Durch folgende Untersuchung soll festgestellt werden, ob sich etwa in der Zusammensetzung der Sande wesentliche Unterschiede finden.

Die acht untersuchten Sandproben sind vier Handstücken entnommen, die eine teilweise Imprägnation aufwiesen. Die Stücke wurden mit dem Messer so zerteilt, dass die imprägnierten und die ölfreien Parteien gesondert untersucht werden konnten. Die imprägnierten wurden mit Schwefelkohlenstoff extrahiert und alle Sandproben getrocknet. Die imprägnierten mögen etwas weniger verwittert sein als die andern, sind aber sonst einander nach der Extraktion sehr ähnlich. Mit den acht Sandproben wurden folgende vier Bestimmungen ausgeführt:

1. Bestimmung des Sandgehaltes durch Abschlämmen im Schlämmzylinder.
2. Bestimmung des Rohtones aus dem Schlammverlust.
3. Bestimmung des Gesamtgehaltes an Ca CO_3 im Sand + Ton durch Titration mit H Cl.
4. Bestimmung des Kalkgehaltes im ausgeschlammten Sand durch gleiche Titration.

Die Ergebnisse lauten:

	Sand %	Ton %	Ca CO_3 in Sand + Ton %	Ca CO_3 im Sand %
Sand vom <i>Roulavaz</i> , Galerie 7:				
ölfrei	95,1	4,9	14,1	13,97
ölhaltend	95,7	4,3	14,0	13,4
Sand vom <i>Charmille</i> -Bach, Dardagny:				
ölfrei	93,1	6,9	17,0	12,15
ölhaltend	96,4	3,4	16,0	18,87
Sand von <i>Murgental</i> unterhalb Brücke: (Taf. XII, Fig. 1):				
ölfrei	95,2	4,8	12,4	11,25
ölhaltend	96,8	3,2	11,5	11,25
Sand vom <i>Gönhard</i> , <i>Aarau</i> :				
ölfrei	90,2	9,8	10,2	12,13
ölhaltend	92,0	8,0	12,2	13,15

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass zwischen den imprägnierten und nicht imprägnierten Sanden kein wesentlicher Unterschied besteht, was mit aller Deutlichkeit gegen eine sekundäre Imprägnation spricht. Wäre das Bitumen aus einer primären Lagerstätte in den Sand eingeflossen, so müsste ein gleichmässig beschaffener Sandstein gleichmässig imprägniert sein. Die ausgesprochene und teilweise äusserst feine Schichtung und mehrfache Übereinanderlagerung von imprägnierten und nicht imprägnierten Schichten von gleicher Sandbeschaffenheit schliesst eine sekundäre Imprägnation vollständig aus. Die chemisch-physikalische Untersuchung führt also zu dem gleichen Resultat wie die geologische (vergl. pag. 72).

Untersuchung des Travers-Asphaltes auf Erdölbestandteile.

Da während des Krieges die Preise für Benzin, Leuchtpetroleum und besonders Schmieröle ausserordentlich hoch waren, längere Zeit sogar ein gefährlicher Mangel an solchen Materialien herrschte und die Vorräte aufgezehrt waren, so untersuchte ich im Jahre 1917 auch den Asphaltkalk des *Val de Travers* im Neuenburger Juragebirge auf Erdölbestandteile¹⁾.

Ein 830 gr schweres, bei einem Baumeister bezogenes Stück Bauasphalt lieferte bei der Destillation im Eisenrohr wie auf Seite 76 angegeben 54,2 gr eines dunkelbraunen bis schwarzen, zähflüssigen Öles vom spez. Gewicht 0,939. Die Ausbeute an flüchtigem Öl war somit 6,53 Gew. %.

Bei einer fraktionierten Destillation lieferte das Öl

Rohbenzin von hellgelber Farbe,	Siedepunkt 100—150°	4,4 %
Rohleuchtöl von hellbrauner Farbe,	„ 150—300°	14,8 %
Rohschmieröle mit pechartigen Verunreinigungen		80,8 %
	Summa	100,0 %

Da voraussichtlich das Ausgangsmaterial nicht aus reinem Travers-Asphalt bestand, sondern wahrscheinlich eine Mischung von Travers-Asphalt mit Trinidad-Asphalt war, so wiederholte ich den Versuch mit einer Probe von reinem Travers-Asphaltkalk.

2730 gr des Ausgangsmateriales lieferten 191,5 gr eines ähnlichen Öles vom spez. Gewicht 0,948. Die Ausbeute betrug somit 7 %. Auch dieses Öl wurde einer fraktionierten Destillation unterworfen und ergab

Rohbenzin von gelblicher Farbe	Siedepunkt 120—150°	2,2 %
Rohleuchtöl, schwach bräunlich	„ 150—300°	9,0 %
Schmieröle bei 34—45 mm Druck dest.	„ 215—360°	64,0 %
Rückstand, zähe, noch Schmieröl haltend		24,8 %
	Summa	100,0 %

Die Schmieröle beider Proben waren sehr zähflüssig und noch braun gefärbt. Behufs weiterer Reinigung wurden sie vereinigt und noch einmal destilliert bei einem Druck von 34—45 mm und einer Temperatur von 215—360°.

Unter diesen Bedingungen liessen sich 80 % des Schmieröles verflüchtigen. Zuerst destilliert wenig Öl vom Typus eines schweren Maschinenöles. Weit aus die Hauptmenge besteht aus sehr schwer flüchtigen Teilen, die sich zu einem dickflüssigen Öl kondensieren, das gegen Ende der Destillation kaum mehr aus dem Röhrchen floss. Das Gesamtdestillat besitzt ein spez. Gewicht von 0,954, und gleicht in allen seinen Eigenschaften einem Zylinderöl. Es zeigt prächtige grüne Fluoreszenz und im offenen Tiegel einen Flammpunkt von 165°. Selbstverständlich würde der Flammpunkt nach einer Reinigung, wie sie mit technischen Schmierölen vorgenommen wird, bedeutend in die Höhe getrieben.

Ohne Zweifel wäre die Ölausbeute aus dem Asphalt noch erheblich grösser, wenn man die Destillation mit Wasserdampf ausführen könnte, denn bei der direkten Gasfeuerung bildeten sich bei der Gesteins- wie bei der nachherigen Öldestillation nicht kondensierbare Zersetzungsgase.

Man könnte also damit rechnen, aus einem Kilogramm Asphalt 70 gr Rohöl, aus diesem 40 gr Schmieröl vom Typus des Zylinderöls und daneben noch kleine Mengen Benzin und Brennpetroleum zu erhalten.

Da die Asphaltlager im Traverstal grosse Dimensionen besitzen, so repräsentieren sie einen grossen Vorrat an leicht zu gewinnendem Schmieröl, auf den in Zeiten der Not gegriffen werden könnte.

Chemische Untersuchung der Gasquelle von Cuarny.

Wie schon auf Seite 38—39 mitgeteilt ist, trat im Winter 1917 diese Gasquelle aus einem 4 m tiefen, in die vorherrschend blauen Aquitanmergel gegrabenen Schacht heraus. Am 10. März 1917, dem Tage der nachfolgenden Untersuchung, waren die Seitenwände des Schachtes teilweise unterhöl,

¹⁾ Über die Geologie des Travers-Asphaltlagers vergl. *Arn. Heim* in *Albert Heim*, Geologie der Schweiz, Bd. I, pag. 522—529, erschienen 1918.

der Schacht etwas eingefallen und bis 1,5 m unter die Terrainoberfläche mit Wasser gefüllt. Dieses hatte eine Temperatur von 0° und trug eine dünne Schicht von schmelzendem Schnee, der während der Nacht gefallen war. Das meiste Gas perlte in haselnussgrossen Blasen beständig auf einer etwa handgrossen Fläche aus dem Wasser; kleinere, spärlichere Bläschen stiegen seitwärts der Hauptentwicklungsstelle auf. Das Gas verbreitet einen deutlichen Schwefelwasserstoffgeruch und brennt beim Hineinhalten eines brennenden Spanes lebhaft mit farbloser, nicht leuchtender Flamme.

Um das Gas aufzufangen, stellte ich eine Leiter in den Schacht hinunter und befestigte an derselben mittelst eines Stockes einen Glastrichter. Das nach oben gekehrte Trichterende verband ich mit einer Gummischlauchleitung, die bis auf die Terrainoberfläche reichte. Als Aspirator zum Ansaugen des Gases diente eine graduierte 4,0 l fassende Flasche mit einem doppeltdurchbohrten Gummizapfen, der in einem Loch eine bis auf den Grund der Flasche gehende Glasröhre, im andern eine kurze Röhre mit Quetschhahnschlauchverschluss trug. Die lange Glasröhre wurde mit der Schlauchleitung in Verbindung gesetzt, der Trichter direkt über den aufsteigenden Gasblasen ins Wasser getaucht und dann die kurze Röhre des beinahe auf den Kopf gestellten Aspirators geöffnet. Jetzt stieg das Gas durch die Schlauchleitung nach oben; es konnten an Ort und Stelle Quantum und Schwefelwasserstoffgehalt bestimmt und einige Gasprobenröhren gefüllt werden.

Bestimmung des Ergusses.

Mit der so getroffenen Einrichtung wurden drei Messungen gemacht:

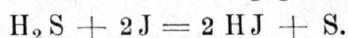
- | | | | | |
|----|--------------------|----------|----------------|--------|
| 1. | Gasmenge in 4 Min. | 3000 cc, | also in 1 Min. | 750 cc |
| 2. | " " 3 " | 2100 " | " " 1 " | 700 " |
| 3. | " " 3 " | 2300 " | " " 1 " | 767 " |

Um Fehler, hervorgerufen durch undichte Stellen in der Gasleitung, zu erkennen, wurde zur Kontrolle eine vierte Messung direkt mit Flasche und Trichter unten im Schacht ausgeführt. In 40 Sekunden füllte sich eine 500 cc-Flasche mit dem Gas, was wieder 750 cc pro Minute entspricht.

Der Erguss betrug somit bei einer Wasser- und Lufttemperatur von 0° 770 cc pro Minute, Dabei war es nie möglich, alles Gas aufzufangen, weil neben der Hauptentwicklungsstelle immer noch kleine Gasblasen aufstiegen; jedoch kann der Gesamterguss nicht mehr als 1000 cc in der Minute betragen.

Bestimmung des Schwefelwasserstoffes.

Der Schwefelwasserstoff wird in Gasen und Wassern am einfachsten und genauesten mit einer genau eingestellten Jodlösung bestimmt. Die Bestimmung gründet sich auf folgende Reaktion:



Zur Ausführung bringt man eine genau abgemessene Jodlösung in ein Gefäss, setzt das Schwefelwasserstoffwasser hinzu oder leitet das Schwefelwasserstoff haltende Gas hindurch. In beiden Fällen soll ein Überschuss von freiem Jod bleiben. Diesen Überschuss titriert man mit einer genau eingestellten Natriumthiosulfatlösung zurück und subtrahiert die Anzahl der gebrauchten cc-Thiosulfatlösung von der ursprünglichen Jodlösung. Die Differenz, also die durch Wasser oder Gas gebrauchte Jodlösung ist ein Äquivalent des Schwefelwasserstoffes.

1000 cc $\frac{1}{100}$ Jodlösung entsprechen 11,2 l Schwefelwasserstoff.

Es wurden vier Schwefelwasserstoffbestimmungen ausgeführt, bei denen in die Schlauchleitung eine U-Röhre mit drei kugelförmigen Erweiterungen (Peligotsche Röhre) eingesetzt wurde. In die Kugelhöhre hinein brachte ich 10 cc einer $\frac{1}{100}$ Normal-Jodlösung. Das Gas wurde durchgeleitet, bis die Jodlösung blass geworden war, aber noch deutlich die Jodfarbe zeigte. Das überschüssige Jod wurde mit einer $\frac{1}{100}$ Normal-Natriumthiosulfatlösung unter Verwendung von Stärkelösung als Indikator zurücktitriert.

Die Bestimmungen ergaben:

- | | | | | | | | | |
|----|-------------|-----------|--------|----------------------|--------------|---------|---------|----------------------|
| 1. | 3750 cc Gas | brauchten | 9,0 cc | $\frac{1}{100}$ Jod, | also braucht | 1 Liter | 2,40 cc | $\frac{1}{100}$ Jod. |
| 2. | 3000 " | " " | 7,4 " | " " | " " | 1 " | 2,47 " | " " |
| 3. | 2300 " | " " | 5,7 " | " " | " " | 1 " | 2,48 " | " " |
| 4. | 2100 " | " " | 5,4 " | " " | " " | 1 " | 2,57 " | " " |

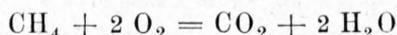
1 l Gas braucht im Mittel 2,48 cc 1/100 Jodlösung.

1 l enthält somit $2,48 \times 0,112 \text{ cc} = 0,278 \text{ cc}$ Schwefelwasserstoffgas bei 0° und 728 mm Druck.

Fassung von Gasproben und Untersuchung im Laboratorium.

In die Gasleitung vom Schacht nach dem Aspirator wurden einige Gasfassungsröhren aus leicht schmelzbarem Glase mit ausgezogenen Enden eingeschaltet und der Gasstrom längere Zeit durchfließen gelassen, sodass die Luft sicher aus der Leitung vertrieben war. Hierauf wurden die Gasröhren an den Enden mit der Flamme einer Lötlampe zugeschmolzen und einige Tage später unter Wasser wieder geöffnet, um den Gasinhalt in die Messröhre einzufüllen.

Die Vorprüfung ergab, dass Sauerstoff vollständig fehlte, was bei der Anwesenheit von Schwefelwasserstoff von vorneherein zu erwarten war. Kohlensäure konnte nur in Spuren wahrgenommen werden. Das Gas konnte also nur aus Wasserstoff, Methan und Stickstoff bestehen. Zur weiteren Untersuchung wurde ein abgemessenes Quantum mit überschüssigem Sauerstoff gemengt und durch eine glühende Platinkapillare geleitet. Dabei geriet sie in starkes Glühen und es trat eine bedeutende Volumverminderung ein, wobei sich Wasser kondensierte. Der Gasrest bestand aus Kohlendioxyd, Sauerstoff und Stickstoff. Es mussten somit bedeutende Mengen Methan vorhanden sein. Da die Methanverbrennung nach der Gleichung:



vor sich geht, so ist das Methanvolumen gleich dem Kohlendioxydvolumen. Man bestimmt somit im Gasrest die Menge des Kohlendioxydes durch Absorption mit Lauge und ermittelt den Rest des zugesetzten Sauerstoffes in einer Phosphorpipette. Der übrig bleibende Gasrest kann nur aus Stickstoff bestehen. Da der verwendete Sauerstoff nicht rein war, sondern 5 % Stickstoff enthielt, so ist 5 % von der zugesetzten Sauerstoffmenge abzuziehen. Der jetzt noch bleibende Gasrest ist der Stickstoffgehalt der Gasprobe. Beträgt der Gehalt an Stickstoff + Methan + Schwefelwasserstoff nicht 100 %, so ist das Manko als Wasserstoff zu betrachten. Das Manko war in der Analyse kleiner als die möglichen Analysenfehler, der sichere Nachweis des Vorhandenseins von freiem Wasserstoff somit nicht erbracht.

In folgender Zusammenstellung sind die gasanalytischen Daten von drei Prüfungen in cc zusammengestellt:

	I	II	III
Abgemessene Gasmenge	30,0	30,0	30,0
Gas + Sauerstoff (5 % N haltend)	97,6	96,0	99,4
Somit Sauerstoff (mit 5 % N)	67,6	66,0	69,4
Volumen nach der Verbrennung (CO ₂ , O, N)	37,4	36,2	39,8
Volumen nach der Absorption mit KOH	10,8	9,4	13,0
Somit Volumen des Kohlendioxyd = Methanvolumen	26,6	26,8	26,8
Volumen nach Absorption des Sauerstoffrestes	6,8	6,3	6,2
Stickstoff, der im Sauerstoff war	3,38	3,30	3,47
Stickstoff aus dem Gas	3,42	3,00	2,73

Die Resultate der Analysen sind:

	I	II	III
Methangas CH ₄	$\frac{26,6 \times 100}{30} = 88,67 \%$	$\frac{26,8 \times 100}{30} = 89,33 \%$	$\frac{26,8 \times 100}{30} = 89,33 \%$
Stickstoff N ₂	$\frac{3,42 \times 100}{30} = 11,4 \%$	$\frac{3,0 \times 100}{30} = 10,00 \%$	$\frac{2,73 \times 100}{30} = 9,10 \%$

Daraus ergeben sich folgende Mittelwerte:

Methangas . . .	CH ₄	=	$\frac{88,67 + 89,33 + 89,33}{3}$	= 89,11 %
Stickstoff . . .	N ₂	=	$\frac{11,4 + 10,0 + 9,1}{3}$	= 10,12 %
Schwefelwasserstoff	H ₂ S	nach B oben		<u>0,0278 %</u>
		Summa		99,2578 %

Das Gas von *Cuarny* ist ein ausserordentlich methanreiches Naturgas und hätte grosse technische Bedeutung, wenn das Quantum grösser wäre.

Über Ausbeutung der Ölsande und Rentabilität.

Vorliegende Untersuchungen über das Vorkommen von Erdöl in der Schweiz wurde verursacht durch die enorm hohen Preise für Erdöl und seine Produkte während des Krieges und die sehr bedrohten Zufuhren aus dem Auslande. Ein gänzlich Versagen der Zufuhren hätte in unserem Lande eine Katastrophe hervorgerufen, deren Folgen kaum abzusehen wären. Das Fehlen von Benzin und Leuchtpetroleum könnte zur Not noch ertragen werden, nicht aber das Fehlen von Schmierölen, weil dadurch unsere Elektrizitätswerke und ein grosser Teil der Industrie ausser Betrieb gesetzt worden wären.

Ohne Zweifel hätte man im äussersten Falle auf unsere eigenen Rohmaterialien zur Herstellung von Schmierölen und den andern Erdölprodukten gegriffen. Nach den obigen Untersuchungen könnten die an der Oberfläche unseres Landes festgestellten Erdölvorkommnisse unser Land auf einige Zeit mit Schmierölen versorgen und auch einen kleinen Teil des nötigen Benzines und Brennpetroleums liefern.

Der Jahresverbrauch der Schweiz an Schmierölen betrug vor dem Kriege ca. 12 000 Tonnen. Dieses Quantum ist enthalten in 400 000 Tonnen oder 200 000 Kubikmetern eines *Dardagny*-Ölsandes von einem mittleren durch Destillation zu gewinnenden Bitumengehalt von 3 Gew. %. Nun ist die Mächtigkeit des Ölsandes am *Roulavaz* nach Seite 8 rund 10 Meter, also müsste er auf einer Fläche von 2 Hektaren ausgebeutet werden, damit unser Land auf ein Jahr mit Schmieröl versorgt wäre. Ohne Zweifel beträgt die Flächen-Ausdehnung des *Dardagny*-Ölsandes weit mehr als die genannte Fläche.

Noch grösser scheint die Ölsandausdehnung in *La Plaine* zu sein, und auch dieses Gebiet könnte bedeutende Ölmengen liefern; freilich ist dort der Bitumengehalt geringer, und die bergmännische Ausbeutung wäre des Wasserandranges wegen schwieriger.

Endlich käme als weiterer Schmieröllieferant der *Travers*-Asphalt in Frage, der pro Tonne 40 kg Rohschmieröl liefern könnte.

Selbstverständlich würde dieses schweizerische Öl viel teurer zu stehen kommen als das aus entfernten Ländern eingeführte, das dort als flüssiges Öl aus dem Boden fliesst oder gepumpt werden kann.

Sollte es gelingen nach den Vorschlägen von *Arnold Heim* in der welschen Schweiz, im Kanton Bern oder Aargau flüssiges Öl zu erbohren und in beträchtlichen Mengen abzupumpen, so wäre dies für das Wirtschaftsleben unseres Landes von grossem Wert. Wenn auch die eigene Produktion nicht den ganzen Landesbedarf decken könnte, so würde sie doch preisregulierend wirken und uns beim Abschluss von Öllieferverträgen eine gute Waffe gegen Preisüberforderungen in die Hand geben.

Die Verwendung des erbohrten flüssigen Öles würde sich nach der Qualität des Öles, den Verhältnissen des Ölmarktes und den eigenen Bedürfnissen richten.

Das Öl könnte direkt als Dieselmotorenöl zur Unterstützung der Kraftwerke dienen, um die hohen Konsumspitzen zu kompensieren; durch Erhitzen auf 150—200° könnte Benzin gewonnen und der Rest wieder als Dieselöl gebraucht werden. Endlich wäre der Fall denkbar, wo das Öl einer vollständigen fraktionierten Destillation unterworfen und auf Benzin, Leuchtöl, Schmieröle, Vaseline und Paraffin verarbeitet würde. Ohne Zweifel wäre eine schweizerische Erdölindustrie sehr vorteilhaft, wenn man flüssiges Öl erbohren könnte.

In den folgenden Ausführungen soll gezeigt werden, mit welchen Faktoren man zu rechnen hätte, wenn eine Erbohrung von flüssigem Öl nicht möglich sein sollte und man auf die Verarbeitung

der imprägnierten Sande angewiesen wäre. Selbstverständlich ist eine brauchbare Kostenberechnung nicht durchführbar ohne gründliches Studium der Frage vom Standpunkte des Bau- und Maschineningenieurs aus.

Die Hauptaufgabe würde darin liegen, das Bitumen aus dem Gestein herauszuholen, wie das früher im Elsass, in Rumänien geschah und in neuester Zeit in grossem Masstabe auch in Amerika, dem Lande mit der grössten Ölproduktion geschehen soll. Es kommen folgende Verfahren in Frage:

I. Auswässerung.

Diese Gewinnung gestaltet sich relativ einfach, wenn der Sand locker und mit viel flüssigem Öl gefüllt ist. Das Öl wird in diesem Falle mit Wasser aus dem Sande verdrängt und sammelt sich als spezifisch leichtere Schicht auf dem Wasser an. Die schweizerischen Ölsande, soweit man sie bis jetzt beobachtet hat, lassen sich durch einfache Verwässerung nicht verarbeiten. Wohl zeigen die Ölsande von *La Plaine* und *Fulenbach* sofort mit Wasser farbige Häutchen und dünne Ölschichten, allein es wird nur eine Spur des Öles abgegeben. Wäre eine Auswässerung denkbar, so würden diese beiden Lokalitäten überhaupt kein Öl mehr erhalten, denn über die Sande von *La Plaine* floss während Jahrtausenden die Rhone und über die *Fulenbacher* die Aare. Die schweizerischen Ölsande sind zu kompakt, zu ölarm, und zudem ist das Bitumen durch Oxydation zu dickflüssig, um ausgewässert werden zu können.

II. Extraktion.

Als Extraktionsmittel kommen Schwefelkohlenstoff, Benzol und Benzin in Frage. Nach meinen Beobachtungen löst das Benzin das Bitumen sehr schlecht auf und hätte auch einen zu hohen Siedepunkt. Das Benzol löst etwas besser, doch bedingt sein Siedepunkt von 80° einen erheblichen Wärmeverlust beim Verdampfen der Lösung. Das beste und am niedrigsten (46°) siedende Extraktionsmittel ist ohne Zweifel Schwefelkohlenstoff. Da ein solches Extraktionsmittel mindestens so teuer ist wie das zu gewinnende Erdöl, so wäre die Extraktion so zu leiten, dass möglichst wenig Extraktionsmittel verloren geht. Besondere Vorsichtsmassregeln müssten getroffen werden, um der grossen bestehenden Feuergefahr zu begegnen.

III. Destillation.

A. Destillation mit direkter Feuerung unter dem Destillierkessel, also eine fabrikanische Vergrösserung der zur Probegewinnung angewandten Methode. Da der Sand ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, so könnten nur Kessel von kleinem Durchmesser in Anwendung kommen und auch dann müssten die äusseren Partien auf 400—600° erhitzt werden, wenn man alles flüchtige Bitumen aus dem Innern der Sandmasse austreiben wollte. Dies bedingt nun einen hohen Verbrauch an Heiz- und Kesselmaterial. Eine Vergrösserung des Laboratoriumsversuches auf Dimensionen, wie es die Fabrikation erfordert, ist also wegen zu hoher Kosten von vorneherein ausgeschlossen.

B. Destillation mit Wasserdampf. Dieses Verfahren käme besonders in Frage, wenn man in erster Linie Schmieröle gewinnen wollte, die bei der Wasserdampfdestillation gleichzeitig auch eine Reinigung erfahren würden. Es ist eine bekannte Erscheinung, dass die meisten Substanzen mit Wasserdampf viel leichter flüchtig sind als ohne Dampf. Ohne Zweifel würden auch die Schmieröle vom überhitzten Wasserdampf viel leichter fortgetragen. Die Überhitzung könnte elektrisch geschehen. Der Kessel- und Brennmaterialverbrauch wäre also viel geringer als bei der direkten Feuerung und die Energie des Abdampfes könnte noch ausgenützt werden.

Anhaltspunkte über die Kosten einer solchen Dampfdestillation gibt folgende Überschlagsrechnung, wobei aber die Auslagen für Arbeitslohn, Verzinsung und Amortisation der Anlagen nicht berücksichtigt sind.

Das Erhitzen einer Tonne Ölsand würde erfordern:

$$1000 \text{ kg} \times 300^\circ \times 0,2 \text{ spez. Wärme} = 60\,000 \text{ Kalorien.}$$

Nehmen wir den Heizwert der Kohle zu 6000 Kalorien an, den Nutzeffekt der Dampfkesselanlage zu 50 %, so brauchte es 20 kg Kohlen, um die 60 000 Kalorien zu liefern. Diese werden in normalen Zeiten ca. Fr. .2— kosten. Die Abdampfwärme ist dabei nicht berücksichtigt.

Eine weitere Ausgabe fordert der Transport des Sandes von der Grube in die Destillationsanlage und von dieser auf die Halde. Diese Transportkosten werden Fr. 3.— per Tonne nicht überschreiten, wenn man die Destillieranlage in der Nähe des Ölsandes errichtet. Die Kosten für Sandförderung und Destillation werden also per Tonne auf ca. Fr. 5.— zu stehen kommen.

Die Tonne Dardagny-Sand liefert nach obigen Untersuchungen 28,7 kg Rohöl, aus denen ca. 20 kg Rohschmieröl gewonnen werden könnten.

Vor dem Kriege hätte das Rohöl aus einer Tonne Sand nur einen Wert von Fr. 2.87 und das Schmieröl einen solchen von Fr. 6.— repräsentiert, wobei der Kilopreis des Rohöles zu 10 und des Schmieröles zu 30 Rp. angenommen ist. In normalen Zeiten könnte also eine Sanddestillation niemals rentieren.

Günstiger liegen die Verhältnisse bei extrem hohen Rohöl- und Schmierölpreisen, wie sie die zweite Hälfte des Krieges für die Schweiz brachte, wo das kg Rohöl mit Fr. 1.— und das kg Schmieröl mit Fr. 2.— und höher verkauft wurde. Der Bruttoerlös einer Tonne Ölsand wäre somit Fr. 28.70 für Rohöl und ca. Fr. 40.— für Schmieröle; dazu kämen noch kleinere Erträge für Leuchtpetroleum und Schwerbenzin. Es ist wahrscheinlich, dass bei andauernden extrem hohen Ölpreisen die Sanddestillation rentieren würde.

Unter diesen Umständen könnte auch der Travers-Asphalt als Ausgangsmaterial in Frage kommen, wie folgende Rechnung zeigt:

Eine Tonne Travers-Asphaltekalk kostet	Fr. 46.—
Auslagen für Förderung, Destillation (ohne Arbeitslohn, ohne Verzinsung der Anlagen) „	12.—
Zusammen	Fr. 58.—

Die Tonne Travers-Asphalt würde liefern 70 kg Rohöl zu Fr. 1.— Fr. 70.—

Eine solche Verarbeitung auf Rohöl könnte also nicht rentieren. Eine Rendite wäre aber möglich bei Verarbeitung des Rohöles. Die Tonne würde ergeben:

Schmieröle, besonders Zylinderöl, ca. 44 kg zu Fr. 2.50	Fr. 110.—
Leuchtpetroleum und etwas Benzin ca. 8 kg zu 80 Rp.	„ 6.40
Zusammen	Fr. 116.40

Dieser Ertrag für die Destillationsprodukte des Asphaltens wäre etwa doppelt so hoch als die wichtigsten Bruttoherstellungskosten; in extremen Fällen wäre also eine Rendite der Destillation möglich.

Aus diesen, wenn auch sehr unvollständigen Angaben geht hervor, dass in normalen Zeiten an einen rentablen bergmännischen Abbau der schweizerischen Ölsande, soweit wir sie jetzt kennen, nicht zu denken ist. Die Ölsande repräsentieren aber einen grossen natürlichen Vorrat an Schmieröl haltenden Materialien, der in aussergewöhnlichen Zeiten unser Land vor einer Katastrophe bewahren könnte, die eine Unterbindung der Schmierölaufuhr notwendig bringen müsste.

Die vorliegenden analytischen Untersuchungen wurden im Chemischen Laboratorium der aargauischen Kantonschule ausgeführt. Bei einzelnen Arbeiten haben die Kantonsschüler *Adolf Lüthy*, *M. Tottoli*, *Karl Laube*, *Karl Frey* und *Ernst Stirnemann* in verdankenswerter Weise mitgeholfen.

Geolog. Commission
der
Schweiz. naturforsch.
Gesellschaft