Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 17 (1922-1923)
Heft: 3

Artikel: Mitteilungen über die Kalisalzlagerstätten in Katalonien
Autor: Schmidt, C.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-158097

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

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

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

Download PDF: 14.07.2025

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

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

Mitteilung über die Kalisalzlagerstätten in Katalonien.

Von C. Schmidt (Basel).

Mit zwei Tafeln (XVII und XVIII).

Seit der im Jahre 1912 erfolgten Entdeckung von *Kalisalzen* bei Suria, nördlich Manresa in der Provinz Barcelona (Spanien), sind über diese Vorkommen eine Anzahl von Mitteilungen veröffentlicht worden, von denen ich folgende anführe:

1914. D. César Rubio y D. Aug. Marin. Sales Potásicas en Cataluña. Bol. Inst. Geol. de España. Vol. 34, p. 173—230.

1914. E. Harbort. Diskussion zu dem Vortrag des Herrn Schmidt, Basel. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. Bd. 66, Monatsbericht Nr. 7.

1917. A. Born. Zur Geologie der spanischen Kalisalzlagerstätten. Zeitschr. f. prakt. Geologie. XXV. Jahrg. p. 159—163.

1918. (O. Gutzwiller). Les sals potássiques a Catalunya. Economia i Finances. Num. 10. 25 de Maig. Barcelona.

1918. D. César Rubio y D. Aug. Marin. Sales Potásicas de Cataluña. Bol. del Inst. Geol. de España. Vol. 39 p. 1—38.

1919. A. Born. Das Ebrobecken. Eine Skizze seiner Entstehung und seines geologischen Aufbaues. Neues Jahrb. für Mineralogie etc. Beilage-Band XLII p. 610—727. Tafel IX—XII.

1920. Hoyt S. Gale. Potash Deposits in Spain. U. S. A. Geol. Surv. Bulletin 715 A. (Vgl. Eng. et Min. Journ. vol. 108, No. 19 p. 758 bis 763.)

1921. J. Levaiville. Les gisements de potasse en Catalogne. Ann. Geographie t. XXX p. 396—399.

Unter den Verhandlungen des „Congrès Géologique International" (1922) in Brüssel war genannt: „Espagne (Service Géologique), Sur le bassin potassique espagnol", und am 18. August hat D. Augustin Marin über den Stand der Untersuchungen berichtet.

Im Mai 1913 hatte ich Gelegenheit, bei Suria den Schacht und die damit verbundene Galerie (Pozo Maëstro), in welchen zuerst Carnallit und Sylvin entdeckt worden waren, genau zu untersuchen, und im August 1913 konnte auf Grund weiterer Untersuchungen von Dr. A. TOBLER (20. Juni bis 20. Juli 1913) ein umfassender Bericht über die Geologie der Salzgebiete von Katalonien abgegeben werden. Die Untersuchungen wurden von mir im Herbst 1913 und im Herbst 1915 fortgesetzt und über Huesca hinaus ausgedehnt. Dr. L. BRAUN und Dr. O. GUTZWILLER führten geologische Detailaufnahmen durch. Die Bohrungen bei Vilanova de la Aguda und bei Sanahuya in den Jahren 1916/17 hat Dr. O. GUTZWILLER begutachtet. — Über unsere Untersuchungen habe ich am 15. Juli 1914 in der Sitzung der Deutschen Geologischen Gesellschaft in Berlin, am 18. November 1914 in der Naturforschenden Gesellschaft in Basel und am 18. August 1922 auf dem Geologen-Congress in Brüssel referiert. Für die Erlaubnis zur Veröffentlichung dieser Mitteilung sind wir der Sociedad Anónima Fodina in Barcelona zu Dank verbunden.

Die Entdeckung und eingehende Untersuchung der oligozänen *Kalisalzlager in Katalonien* ruft naturgemäss einer Vergleichung derselben mit den permischen Lagern in Mittel- und Norddeutschland einerseits, mit den tertiären im Elsass anderseits. Dieser Vergleich ist durchzuführen hinsichtlich des geologischen Alters, der Art des stratigraphischen Profiles und der stofflichen Natur der Kalisalze einerseits (I) — der Tektonik der Lagerstätte anderseits (II). Bezüglich Genesis der Salzlager von Katalonien ergibt ein Vergleich mit denjenigen von Algier und Tunis interessante Beziehungen (III).

I. Natürliche Aufschlüsse und Bohrungen im „*Ebrobecken*" zwischen Vich im E, Zaragoza und Logrono im W, auf 300 km Erstreckung (vgl. Taf. XVII), lassen die allgemeine stratigraphische Gliederung des Tertiärs und das Niveau der Salzformation deutlich erkennen. Wie die folgende Tabelle zeigt, gehört der untere Teil der im ganzen wohl bis 3000 m mächtigen Schichtserie dem marinen Ober-Eozän, der obere dem lagunären und terrestrischen Unter-Oligozän an. Die stellenweise bis 1000 m mächtige Salzformation liegt an der Basis des Oligozäns. Die Schichtfolge des Tertiärs im Salzgebiet des nordöstlichen Teiles des Ebrobeckens ist auf folgender Tabelle dargestellt (vgl. Taf. XVIII):

			Mächtigkeit ca.
Oligocän (Sannoisien)		1. **Obere Rote Mergel und Sandsteine, Melanienkalke.** Rote und graue Mergel und Sandsteine. Süsswasserkalke mit *Melanoides albigensis.* — Lignite von Calaf, Almatret, Mequinenza etc.	1000 m
	Salzformation	2. **Oberer Gips.** Graue Mergel mit Gips: Sallent, Cardona, Suria, Vilanova de la Aguda, Cubells. Bittersalz von Rubinat. — Steinsalz von Remolinos, Valtierra, Alcanadre	50—100 m
		3. **Graue Mergel.** Graue und bunte Mergel, rote Sandsteine, bituminöse Schiefer, dolomitische Plattenkalke mit *Cyrena* und *Planorbis*	100—300 m
		4. **Unterer Gips:**	
		a) Graue Mergel mit Gips, Sandstein, Anhydrit und Steinsalzlagen	50—200 m
		b) **Steinsalzlager** von Cardona, Suria, Segues, Vilanova de la Aguda. **Kalisalze** von Suria, Cardona, Vilanova de la Aguda	100—800 m
		c) Graue Mergel mit Gips und Anhydrit	
Eocän (Lutétien, Bartonien, Ludien)		5. **Untere Rote Mergel.** Mergelige Kalke, rote Mergel und Sandsteine, Conglomerate	200—800 m
		6. Graue und rote Mergel mit Gips. Salzige Quellen, Steinsalz von Vich	50 m
		7. Rote Sandsteine, Conglomerate und bunte Mergel mit *Orthophragmina*, Kalke mit *Velates*	1000—2000 m
		8. Graue Mergel mit *Serpula spirulaea* . .	
		9. Alveolinenkalke	

Die *Salzführung des Tertiärs* im Ebrobecken ist seit Alters bekannt. Wie überall ist das Steinsalz an mächtig entwickelte Gipsformationen gebunden. — In der NE-Ecke des Ebrobeckens, bei Vich, sind im oberen Teil des marinen *Obereozäns* Gipslagen von 20—30 m Mächtigkeit aufgeschlossen, denen salzhaltige Quellen entströmen. Bei Tona, ca. 8 km südlich von Vich, entspringt eine K_2SO_4-haltige Mineralquelle. — Alle andern Salzvorkommen des Ebrobeckens gehören ins *Oligozän*. Im nordwestlichen Teile des Beckens tritt die Salzformation (2. Oberer Gips, 3. Graue Mergel, 4. Unterer Gips) in Antiklinalkernen zutage, in welchen das Salz selbst entblösst ist, wie bei Cardona und bei Suria, oder wo die Anwesenheit des Salzes durch salzhaltige Quellen sich dokumentiert (Sta. Maria d'Oló, Claret, Segues, Torente del Ars, Vilanova de la Aguda, Peralta de la Sal). — Im südlichen und

östlichen Teil des Beckens liegt das Tertiär vorzugsweise flach gelagert. Steinsalz ist hier am Rande des Ebro-Tales, westlich Zaragoza, in den Salinen von Remolinos, Valtierra und Alcanadre aufgeschlossen, und in dem weiten Gebiet zwischen Lerida und Logrono finden sich „Salzseen" vorzugsweise auf einer N–S gerichteten Linie bei Almudevar und Sariñena (Huesca), bei Bujaraloz (Zaragoza) und bei Alcañiz (Teruel). (Vgl. Taf. XVII.)

Bemerkenswert ist, dass in fast allen Solen ein merklicher Kaligehalt gefunden wird. Die den Antiklinalkernen im NE des Beckens entstammenden Solen sind fast sulfatfrei, während die Solen von Remolinos, Sariñena, Bujaraloz und Alcañiz reichlich $MgCl_2$ und Na_2SO_4 enthalten. Wir finden z. B. folgende Zusammensetzung der aus den Solen erhaltenen Salze:

	Na Cl %	K Cl %	$Mg Cl^2$ %	$Na^2 SO^4$ %	$Mg SO^4$ %	$Ca SO^4$ %
Vilanova de la Aguda I . .	95,94	2,36	—	—	—	1,70
„ „ „ „ II . .	95,84	1,98	0,37	—	—	1,81
Peralta de la Sal	92,42	2,42	0,32	—	0,39	4,45
La Joyosa b. Remolinos . .	93,22	0,43	0,62	5,04	—	0,69
F. Ojo Salada b. Remolinos	73,61	1,39	2,91	12,44	—	9,65
Bujaraloz (Zaragoza) . . .	57,10	4,12	16,18	22,21	—	0,39
Alcañiz (Teruel)	29,58	0,88	12,26	55,66	—	1,62

Die *bergmännische Erschliessung der Kalisalze* im Tertiär des Ebrobeckens ist bis heute auf den nordwestlichen Teil (Suria–Vilanova de la Aguda, Cardona) beschränkt geblieben, und hier hat sich nicht nur bezüglich des geologischen Alters, sondern auch hinsichtlich der mineralogischen Zusammensetzung die Analogie der Kalisalze Kataloniens mit denjenigen des Elsasses erwiesen.

Die Bohrungen, deren wesentliche Resultate im folgenden kurz skizziert werden sollen, haben hauptsächlich bei Suria, bei Vilanova de la Aguda und bei Cardona Kalisalze erschlossen.

1. Bei Cardona hat man innerhalb des Gebietes des anstehenden Steinsalzes kalireiche Solen nachgewiesen. Sylvin wurde in dünnen Lagen im Steinsalz aufgefunden und in den beiden Pozos „Manuela" und „Nieves" hat man ebenfalls Kalisalze konstatiert. Eine Bohrung bei Llardella (Sondeo No. 2), 7 km südwestlich von Cardona, soll ebenfalls fündig geworden sein.

2. Bei Suria sind am Salzaufbruch, im Kern und auf den Schenkeln der gedoppelten Antiklinale, sowie in der südwärts sich anschliessenden Synklinale Kalisalzschichten erbohrt worden. Im Jahre 1912 sind südlich von Suria bei einem altbekannten Salzvorkommen (vgl. Bull. Soc. géol. de Fr. 1898. (3) XXVI, p. 727) durch einen Schacht (Pozo Maëstro 1) in nur 66 m Tiefe Kalisalze entdeckt worden. Die Schichten fallen steil nach S und sind stark gefältelt. Im Liegenden von Gips, Anhydrit und Steinsalz fanden sich erst, auf 60 m verteilt, Schichten von *Carnallit* in 22 m Gesamtmächtigkeit mit einem Gehalt von 20% KCl; dann, auf 20 m verteilt, *Sylvinit* in 8 m Gesamtmächtigkeit, mit einem Gehalt von 34% KCl. In einem benachbarten Bohrloch (G) wurde späterhin noch das liegende, kalifreie Steinsalz in ca. 100 m Mächtigkeit erbohrt. — Im Umkreis von Suria sind weiterhin auf dem *Antiklinalenscheitel* eine grössere Anzahl von Bohrungen ausgeführt worden, welche die direkte Fortsetzung der Kalisalzschichten des Pozo Maëstro in Tiefen von 40—130 m erschlossen haben (Bohrungen z. B. 2, 3, 4). — Von besonderer Wichtigkeit ist die Reihe der Bohrungen: 10., 11., 8 VI., 7 V., 6 IV. und 5 III. Diese Bohrungen haben die Schenkel der Doppelantiklinale, ferner die an den normalen *S-Schenkel* der Antiklinale sich anschliessende *Mulde* bis zur Antiklinale von Callús erschlossen auf eine Länge von 7 km (vgl. Profil 2, Taf. XVIII).

In der Reihenfolge von N nach S ergaben sich folgende Resultate:

Bohrung 10	Tiefe: ca. 600 m.	Kalisalze: 200—300 m (100 m)		N- und S-Schenkel der nördlichen Teilantiklinale von Suria
„ 11	Tiefe: 1186 m.	Kalisalze: 817—925 m (108 m)		
„ 8 (VI)	Tiefe: 660 m.	Kalisalze: 380—550 m (170 m)		S-Schenkel der südlichen Teilantiklinale von Suria
„ 7 (V)	Tiefe: 878 m.	Kalisalze: 423—550 m (127 m)		
„ 6 (IV)	Tiefe: 887 m.	Kalisalze: 525—625 m (100 m)		Muldentiefstes
„ 5 (III)	Tiefe: 668 m.	Kalisalze: 450—490 m (40 m)		N-Schenkel der Antiklinale von Callús

In den Bohrlöchern 6 (IV) und 5 (III) liegt die Salzformation ganz flach. Im Liegenden von Gips erscheinen bis 50 m mächtige Mergel und Sandsteine mit Anhydrit, darunter folgt eine obere Steinsalzpartie, welche auf 50 bis 150 m Mächtigkeit Kalisalze enthält, wobei *Carnallit* durchweg in den höheren, *Sylvinit* in den tieferen Lagern erscheint. Unter den Kalisalzen folgt wieder Steinsalz bis 300 m mächtig, und dieses wird von Mergeln und Kalken unterteuft, die — den „Unteren Roten Mergeln" angehörend — das normale Liegende der Salzformation darstellen. — Auch im *N-Schenkel* der Doppel-Antiklinale von Suria sind Kalisalze nachgewiesen worden, so durch

die erwähnte Bohrung S 10, die in 200—300 m Tiefe Kalisalz antraf, während weiter im N und im NW die Bohrung S 12 im Cardoner-Tale und diejenige von Semis, 5 km westlich von Suria, nur Steinsalz angetroffen haben.

Im *S-Schenkel* der Doppel-Antiklinale von Suria steht die Bohrung von Segues, 16 km westlich von Suria, wo durch ein 857 m tiefes Bohrloch Steinsalz in zwei getrennten Lagern aufgeschlossen worden ist. Ein oberes Steinsalzlager von ca. 200 m Mächtigkeit ist hier durch ca. 250 m Mergel von einem unteren Lager getrennt, das mit 150 m Mächtigkeit noch nicht durchbohrt worden ist. Bei 783 m Tiefe, d. h. im unteren Lager, wurde eine Salzschicht angetroffen, die 1,56 % KCl enthielt.

3. Bei Vilanova de la Aguda, 30 km westlich von Suria, sind beiderseits eines steil aufgerichteten Antiklinalkernes, dessen Salzführung durch starke Solen angezeigt war, vier Bohrungen niedergebracht worden. Kalisalzfündig waren die beiden, nahe der Antiklinalachse, in steil nach SE einfallenden Schichten abgeteuften Bohrungen I und II. In der 751 m tiefen Bohrung I wurden Kalisalze in einem oberen Horizont, in 303—317 m Tiefe, in einem unteren Horizont, in 654—684 m Tiefe erbohrt[1]). Proben von rotem Salz aus dem oberen Horizont enthielten neben 43 % Steinsalz 52 % *Carnallit* und 2 % *Sylvin*; daneben wurde auch *Kainit* nachgewiesen. Eine Probe aus dem unteren Horizont enthielt neben 55 % Steinsalz 42 % *Carnallit* und 1,5 % *Sylvin*. — In Bohrung II wurden die Salze des oberen Horizontes von Bohrung I in Tiefen von 700—800 m erbohrt. In der Mächtigkeit von 10 m besteht die obere Lage vorzugsweise aus Carnallit und zeigt einen Durchschnittsgehalt an KCl von ca. 15 %. In den tieferen, weniger kompakten, auf eine Mächtigkeit von ca. 50 m verteilten Lagen herrscht *Sylvin* mit Spuren von Kieserit und Polyhalit.

Eine Bohrung bei Sanahuya, 6 km östlich von Vilanova de la Aguda, hat im steilstehenden N-Schenkel der Suria-antiklinale von 230—670 m Steinsalz mit Anhydrit angefahren, und bei 425 m Tiefe wurde graues Fasersalz mit 2,25 % KCl angetroffen.

Die katalonischen Kalisalzvorkommen (Carnallit und Sylvin) charakterisieren sich somit als niveaubeständige, unregel-

---

[1]) Über dem obern Kalisalzhorizont (303—317 m) fand sich bei 263 m ein rotes Fasersalz mit sehr geringem Kaligehalt, das absolut identisch ist mit einem im Schacht Marie bei Staffelfelde im Elsass ebenfalls im Hangenden der Kalischicht auftretenden Salz.

mässig schichtige Lager, die, auf Erstreckungen von mehreren Kilometern aushaltend, in einem Komplex von 20—100 m Mächtigkeit mit Steinsalz wechsellagern und in geologischem Verband mit einigen 100 m dicken, in Gips eingelagerten Steinsalzmassen auftreten. In mineralogischer Hinsicht ist zu betonen, dass die Chloride *Sylvin* und *Carnallit* die einzigen wesentlichen Kalisalze sind, dass Sulfate fast vollständig fehlen.

Geologisches Alter und Art des genannten Schichtprofiles, Besonderheiten des Einsetzens der Kalisalzhorizonte im Steinsalz, mineralogische Natur, Struktur und Sukzession der Kalisalzgesteine im Ebrobecken zeigen eine weitgehende Analogie mit den Verhältnissen, wie sie im Kalisalzbecken des Oberrheins, im Elsass und in Baden, angetroffen worden sind. Wie im Elsass sind auch in Katalonien stark bituminöse Schiefer in der Salzformation reichlich vorhanden[1]). Die Carnallit- und Sylvinitgesteine aus dem alten Schacht von Suria und aus den Bohrungen von Vilanova de la Aguda sind nicht zu unterscheiden von den entsprechenden Proben aus der Mine von Wittelsheim im Elsass. Und wie im Elsass bildet auch in Katalonien das Carnallitgestein die oberen, der Sylvinit die tieferen Schichten des Lagers.

II. In der Oberrheinischen Tiefebene, zwischen Vogesen und Schwarzwald, tritt das bis 2000 m mächtige Tertiär wesentlich nur an den Gebirgsrändern zutage; in der weiten Ebene ist es unter mächtigem Diluvium verborgen, und der Bergbau allein hat uns gezeigt, wie bis über 1000 m Tiefe die jurassischem Kalk aufliegende Schichtmasse in höher und tiefer liegende Schollen zerlegt ist, die längs geneigten Verwerfungsflächen aneinander verschoben sind.

Das Ebrobecken (vgl. Taf. XVII) hat die Gestalt eines rechtwinkligen, nach S gerichteten Dreieckes von 30000 km² Inhalt. Gegen N wird es von den pyrenäischen Sierren, gegen SE durch das katalonische Randgebirge und gegen SW durch

[1]) Eine Differenz zwischen Elsass-Baden und Katalonien besteht darin, dass das Salzgebirge, in welchem die Kalisalze des oberrheinischen Oligocaens liegen, nicht ein kompaktes Steinsalzlager ist, sondern eine stetige Wechsellagerung von wenig mächtigen Schichten von Steinsalz und Ton und Mergellagen darstellt, während in Katalonien ähnlich wie im Perm Norddeutschlands oder im Miocaen Galiziens mächtige, kompakte Salzstöcke auftreten. — Ich möchte ferner darauf hinweisen, dass das für die tertiären Kalisalzlager in Elsass-Baden und in Katalonien charakteristische Fehlen von Sulfaten nicht für die Lager des Tertiärs allgemein gilt, da z. B. in dem miocaenen Haselgebirge von *Kalusz* in Galizien das der Masse nach vorherrschende Kalisalz *Kainit* ist.

die ostiberische Randkette umgrenzt. Im NE und im SW des gegen SE fliessenden Ebro, bis an den Rand der Gebirge, sind über das ganze Land hin die Schichten des Tertiär entblösst, der Beobachtung zugänglich. In der NE-Ecke des Beckens, im Flussgebiet des Llobregat, des Cordoner und des Segre reihen sich in geschwungenem Verlauf EW-streichende Antiklinalzüge aneinander, in deren Kern das unteroligozäne Salzgebirge steckt. In solchen Antiklinalkernen ist bei Cardona und bei Suria das Steinsalz entblösst, und hier sind die dasselbe begleitenden Kalisalze entdeckt worden. Diese Steinsalzkerne sind es offenbar, welche den eigenartigen Bau der Antiklinalen bedingen. Aus breiten Synklinalzonen, in welchen die Schichten flach, wellig, fast ungestört liegen, richten sich unvermittelt die unteroligozänen, gipsführenden Schichten steil auf, mannigfach gefaltet und zerknittert, in der Tiefe den Salzkern umschliessend. Kaum 100 m im N und im S der steilstehenden Gipsschichten des Kernes liegen Mergel, Sandsteine und Kalke wieder ganz flach (vgl. Taf. XVIII, Prof. 2). Die Faltenachsen sind *Durchspiessungsantiklinalen;* sie repräsentieren den Typus der „*Ejektiven Faltung*" (STILLE); es sind „*plis diapirs*" (MRAZEC). Die Salzstöcke erscheinen in Form von *Ekzemen* (LACHMANN). In fast kontinuierlichen Aufschlüssen lassen sich die Faltenzüge auf bis 200 km Länge verfolgen. Dabei konstatieren wir im Verlauf der Falten axiales Gefälle; in den aufgepressten Kernen zeigen sich Überschiebungen und Verdoppelungen. Die Falten verzweigen sich.

Nördlich der Eisenbahnlinie Manresa, Cervera, Lerida lassen sich von S nach N fortschreitend folgende Antiklinalen feststellen:

1. *Antiklinale von Barbastro-Almenara.* Im W des Gebietes, von Barbastro bis Balaguer, auf ca. 100 km Länge, verläuft die Antiklinale hart am S-Rande der pyrenäischen Sierren, und von Balaguer aus lässt sie sich bis nördlich Cervera, gegen ESE noch auf 50 km Länge verfolgen. Die Schichtgruppe des „Unteren Gipses" ist nur im westlichen Teil entblösst, und in einer kurzen, nördlichen Seitenantiklinale, 20 km östlich von Barbastro, tritt eine Salzsole bei Peralta de la Sal zutage.

2. *Antiklinale von Callús-Oló.* Im Tale des Cardoner bei Callús, ca. 7 km nördlich von Manresa, bei Sallent im Llobregat-Tale, und von da in NW-Richtung über Sta. Maria d'Oló gegen Vich ist die Antiklinale auf 40 km Länge zu verfolgen. Prachtvoll ist in derselben der diapire Gipsaufbruch von Sta. Maria d'Oló, mit schwach salzigen Quellen.

3. *Antiklinale von Artesa-Tora-Suria-Balsareny.* Die Antiklinale beginnt bei Artesa in zwei Teilstücken und von Pons aus, konvex nach S ausbiegend, erreicht sie eine Länge von über 70 km. In ihrer westlichen Hälfte ist der Gipskern fast kontinuierlich aufgeschlossen. Die Faltenachse ist meist gedoppelt, und in der S-Falte sind nordwärts gerichtete Überschiebungen vorhanden. — Im westlichen Teile dieser Antiklinale, bei Sanahuya, 12 km östlich von Pons, wurde im steilen N-Schenkel Steinsalz mit schwachen Kalisalzspuren in 230—780 m Tiefe erbohrt; bei Segues, 25 km weiter gegen W, ist im S-Schenkel derselben Antiklinale Steinsalz in 350 m Mächtigkeit mit geringen Spuren von Kalisalzen erbohrt worden. — Bei Suria tritt der Steinsalzkern mit Kalisalzen bis nahe an die Oberfläche. (Vgl. Taf. XVIII, Prof. 2.) Die Antiklinalenachse ist auch hier gedoppelt, und der südliche Kern ist über den nördlichen überschoben. Im Kern des südlichen Aufbruches ist die Verbreitung der Kalisalze bei Suria auf 5 km Länge und 2 km Breite durch Bohrungen nachgewiesen worden. In der nördlichen Teilantiklinale sind Kalisalze einerseits im steilen S-Schenkel (S. 11. 817—925 m), andrerseits im N-Schenkel (S. 10. 200—300 m) erbohrt worden, während 2 km nördlich von Suria im Cordonertale, bei Polá Nuevo, eine über 1000 m tiefe Bohrung (S 12) nur mächtiges Steinsalz antraf. Auch 3 km westlich des Cardonertales, bei Casa Semis, ist im N-Schenkel der Suria-Antiklinale in Tiefen von 655 bis 686 m nur Steinsalz angetroffen worden. — Reichhaltiger an Kalisalzen ist offenbar die Doppel-Antiklinale bei Suria, der die fündigen Bohrungen 10., 11., 8 (VI), 7 (V), 6 (IV) und 5 (III) angehören. Von besonderer Bedeutung sind die Bohrungen 6 und 5, welche bis 6 km südlich von Suria in den flachliegenden Schichten der an die Antiklinale von Suria südlich sich anschliessenden Synklinale Kalisalze in Tiefen von 500—600 m erschlossen haben. — Westlich von Suria sinkt die Antiklinalachse, und im Llobregattale bilden die Melanienkalke ein flaches Gewölbe.

4. *Antiklinale von Vilanova de la Aguda.* Von der grossen Antiklinale Artesa-Suria zweigt sich fast rechtwinklig gegen NNE, östlich Pons am Segre, die kurze Antiklinale von Vilanova de la Aguda ab, in welcher auf ca. 8 km Länge der steinsalzführende Untere Gips in steiler Diapire aufgebrochen ist. Weiter nordwärts schliessen sich Oberer Gips und Melanienkalke domförmig über dem Salzkern. In dem steilen E-Schenkel der Antiklinalachse sind in Tiefen von 300—800 m Kalisalze erbohrt worden.

5. *Antiklinale von Tora-Cardona-Puigreig.* Ebenfalls von der grossen Antiklinale Artesa-Suria zweigt bei Tora spitzwinklig gegen NE eine Antiklinale ab, die über Pinos nach Cordona und bis Puigreig am Llobregat auf 50 km Länge sich verfolgen lässt. Bei Cardona zeigt dieselbe im altberühmten Salzstock ihre stärkste Aufpressung. Das Vorhandensein von Kalisalzen ist hier ebenfalls nachgewiesen.

Da, wo in den Antiklinalkernen nur der „Untere Gips" aufgeschlossen ist, verraten die tiefer liegenden Salze ihr Vorhandensein durch das Auftreten von Quellen. Während bei Cardona auftretende Quellen 81,65 und 17,35 gr KCl i. Ltr. enthalten sollen, wurde in den salzigen Quellen bei Vilanova de la Aguda ein Gehalt von 7,37 und von 6,10 gr KCl i. Ltr. nachgewiesen. Quellen, die dem Gips von Sta. Maria Oló entspringen, enthalten neben 13,9 und 23,3 gr NaCl i. Ltr. nur 0,1 gr KCl, und ähnlich verhält sich eine bei Segues entspringende Quelle, in welcher neben 16,12 gr NaCl i. Ltr. ebenfalls nur 0,1 gr KCl gefunden wurde. Die Solen von Peralta de la Sal hingegen enthalten neben 138,19 und 83,6 gr NaCl 3,62 resp. 1,2 gr KCl i. Ltr., sind also genau gleich kalihaltig wie diejenigen von Vilanova de la Aguda. Bemerkenswert ist, dass die zwei Bohrungen bei Vilanova de la Aguda Kalisalze tatsächlich erschlossen haben, während die Bohrung bei Segues nur mächtiges Steinsalz fand.

Wenn hinsichtlich geologischen Alters und mineralogischer Zusammensetzung sich eine weitgehende Analogie der Kalisalzlager Kataloniens mit denjenigen von Elsass - Baden zeigt, weist die geschilderte Tektonik der katalonischen Vorkommen auf einen Vergleich mit den altbekannten permischen Kalisalzlagern von Mittel- und Norddeutschland. Im nördlichen *Vorland des Harzes* liegt unter flachgelagertem Oligozän und Oberer Kreide ein kompliziert gebautes Faltengebirge verborgen, an dessen Aufbau die ganze Schichtfolge des Mesozoikum bis zum Unteren Rotliegenden und Oberkarbon sich beteiligt, einem paläozoischen Gebirgskern auflagernd. (Vgl. Taf. XVIII, Prof. 1.) Zwischen Oberem und Mittlerem Zechstein liegt das von Kalisalzen begleitete, mächtige Steinsalz; in Durchspiessungsantiklinalen ist der Zechstein emporgepresst. Mit Steinsalz und Gips stehen die Kalisalzlager steil in und an den diapiren Antiklinalkernen, bis nahe der Oberfläche emporsteigend — und in flacher Lagerung, 1000 m unter der Oberfläche, verfolgen wir sie in den Muldenzonen von Sattel zu Sattel. Der Bau dieses versenkten vortertiären Gebirges

mit seinen permischen Salzstöcken spiegelt in allen Einzelheiten sich wieder in dem an der Oberfläche sich ausdehnenden tertiären Gebirge Kataloniens mit seinen oligozänen Salzstöcken. Die von eozänen und oligozänen Schichten erfüllte Muldenzone des Ebrobeckens, zwischen den Sierren der Pyrenäen und dem katalonischen Randgebirge in NS-Richtung, entsprechen tektonisch genau der von Mesozoikum erfüllten Muldenzone zwischen N-Rand des Harzes bei Ballenstedt und dem Flechtinger Höhenzug bei Magdeburg in SN-Richtung. Die nördlich des Harzes aus der mit Perm und Trias erfüllten Mulde aufsteigenden Sättel von Aschersleben und von Egeln-Stassfurt mit ihren diapiren permischen Salzstöcken finden in ihrem Bau und ihren Dimensionen die genauen Äquivalente in den beiden aus der Mulde des Ebrobeckens aufsteigenden, von oligozänem Salz erfüllten Sätteln von Cardona und von Suria. (Vgl. Taf. XVIII.)

Als man im Jahre 1912 die Kalisalze im Salzaufbruch bei Suria entdeckt hatte, wusste man vorerst über die Verbreitung der Kalisalze in Katalonien kaum so viel, als man etwa im Jahre 1856 über das Auftreten und die Ausdehnung der Kalisalze bei Stassfurt wusste. Die 80 m mächtige kalisalzhaltige Schicht im „Pozo Maëstro" bei Suria entspricht einem ganz kleinen Fetzen von Abraumsalzen am Salzaufbruch bei Stassfurt. Die genaue Untersuchung dieses Aufschlusses, ein Einblick in die stratigraphische Gliederung und den tektonischen Bau des Tertiärs im Ebrobecken führten uns sofort zu der Anschauung, dass die neu entdeckten Kalisalze von Suria, zwischen Melanienkalken und Gipsen im Hangenden, Steinsalz, Mergeln und Sandsteinen im Liegenden, einem bestimmten *stratigraphischen Niveau des katalonischen Oligozäns* angehören, am Salzaufbruch selbst kontinuierlich nach der Tiefe sich fortsetzen in die Synklinale und weiter sich verbreiten, mit gelegentlichem Unterbruch, durch die Mulden von Sattel zu Sattel, wie das im Zechstein Norddeutschlands der Fall ist[1]). Die in den letzten Jahren ausgeführten Bohrungen haben die Richtigkeit dieser Anschauung erwiesen; überzeugend sind namentlich

[1]) Als ich im Juli 1914 in Berlin (vgl. Zeitschr. d. deutsch Geol. Ges. Monatsber. 1914 S. 340) an Hand geologischer Profile die Niveaubeständigkeit der Kalisalze von Suria darlegte, wurde mir erwidert, dass die Salzlager aus tieferliegender Trias ins Tertiär hinein aufgestiegen sein könnten (vgl. z. B. auch Bull. Soc. géol. de Fr. (3), XXVI, 1898, p. 728) und dass die bei Suria entdeckten, hochprozentigen Kalisalze wohl nur lokale Absätze auf verheilten Spalten oder ähnliche sekundäre, lokale Neubildungen wären.

Bohrungen, die südlich von Suria, in der Mulde zwischen der Suria- und der Callús-Antiklinale, die Kalisalzschichten genau in der durch das geologische Profil prognostizierten Tiefe mit ihrem Liegenden erbohrt haben.

Es ist auf die relative quantitative Geringfügigkeit des Kalisalzes im oberrheinischen Tertiär im Vergleich zu demjenigen im Perm von Mittel- und Norddeutschland hingewiesen worden. Dasselbe zeigt sich naturgemäss auch beim Vergleich der tertiären spanischen mit den permischen deutschen Kalisalzlagern. (Vgl. Taf. XVIII, Prof. 1 und 2.)

III. Die Genesis der Steinsalz- und Kalisalzlagerstätten im Tertiär vom Ober-Elsass und von Baden hat E. HARBORT[1]) zu erklären versucht, indem er sie als deszendente Bildungen, stammend von ausgelaugten Zechsteinsalzlagern der Gebiete zwischen Vogelsgebirge, Rhön und Eichsfeld deutete. Von N her in das oberrheinische Tertiärbecken einströmende Flüsse hätten in den Binnensee kalisalzhaltige Laugen eingeführt, die zu periodischer Eintrocknung gelangten und den Absatz der oligozänen Salzlager ermöglichten. Die Argumente, die HARBORT für seine Anschauung in der stofflichen und strukturellen Ausbildung der oberrheinischen Kalisalzlager fand, können bei der Analogie beider Vorkommen auch für die katalonischen Lager geltend gemacht werden. Für die Erklärung der Genesis der Steinsalz- und Kalisalzlagerstätten im Oligozän des Ebrobeckens scheint es mir nun aber von grösster Wichtigkeit zu sein, dass *salzführende Trias* an der Zusammensetzung der Randgebirge des Beckens: Pyrenäische Sierren im N, Ostiberische Randkette im SW und Katalonisches Randgebirge im SE hervorragenden Anteil nimmt. Die Salzführung dieser, in germanischer Fazies entwickelten Trias, haben wir im nördlichen Randgebirge auf 250 km Länge von San Juán de las Abadesas im E bis Lobera im W geprüft. In den meist nach S überfalteten Ketten des Hochlandes von Berga, sowie der Sierra de Mosech, de Guara und de Loarre erscheint die meist als rote Keupermergel entwickelte Trias, als ältestes Formationsglied, häufig in Form von aufgepressten Antiklinalkernen, überlagert von Lias, Oberer Kreide und marinem Eozän. Diese Triasaufbrüche sind oft nur wenige Kilometer vom N-Rand des Ebrobeckens entfernt. (Vgl. Taf. XVIII, Prof. 2.) In seiner ganzen Erstreckung ist der Keuper der pyrenäischen Randketten salzhaltig, von E nach W treten Salzsolen an

[1]) Vgl. Zeitschr. f. prakt. Geologie, XXI. Jahrg., S. 189.

folgenden Punkten zutage: Brocà, Saldes (Barcelona), Gosol, Coma y Pedra, Cambrils, Rubio de dalt bei Artesa (Lerida), Trago de Noguera, Camporels, Estadilla, Puebla de Castro, El Grado, Clamosa, Naval, Boléa und Jaca (Huesca). Steinsalz selbst ist bei Gosol und bei Trago de Noguera aufgeschlossen. Während in diesen beiden Steinsalzvorkommen aber bis jetzt keine Kalisalze nachgewiesen werden konnten, sind die Salzsolen durchweg kalihaltig, und wie oben für die Salze der aus dem Oligozän stammenden Solen gebe ich hiermit die Zusammenstellung der Analysenresultate der Salze der untersuchten Triassolen[1]):

	$NaCl$ %	KCl %	$MgCl^2$ %	Na^2SO^4 %	$MgSO^4$ %	$CaSO^4$ %
Brocà (Barcelona)	77,8	1,0	—		21,3	
Cambrils (Lerida)	91,9	1,6	—		6,5	
Rubio de dalt (Lerida)	73,62	1,09	0,47	—	4,50	20,32
Trago de Noguera (Huesca) . .	88,22	1,65	4,57	4,82	—	0,74
Camporels (Huesca)	78,44	1,70	—	9,59	—	10,27
Estadilla (Huesca)	88,66	3,43	2,55	4,58	—	0,78
Puebla de Castro (Huesca) . .	87,61	1,30	2,69	4,17	—	4,23
El Grado (Huesca)	89,88	1,82	2,90	4,23	—	1,17
Clamosa (Huesca)	92,37	1,29	—	—	1,08	5,26
Ariba, Naval (Huesca)	94,62	2,71	0,84	—	—	1,83
Saline Naval (Huesca)	92,80	3,94	1,07	1,02	—	1,17
Cuerta Monzón Naval (Huesca)	92,75	1,53	2,23	2,15	—	1,34
Saline Hoz, Naval (Huesca) . .	93,1	1,9	1,0	3,1	—	0,9
Boléa (Huesca)	88,21	1,53	2,72	3,0	—	4,54
Salinas de Jaca (Huesca) . . .	91,64	2,20	2,72	2,49	—	0,95

Die Salze der untersuchten sieben oligozänen Solen (s. oben p. 270) sind hinsichtlich des Gehaltes an KCl kaum verschieden von den Salzen dieser 15, dem Triassalz entstammenden Solen, indem die ersteren im Mittel 1,95 %, die letzteren 1,91 % KCl enthalten. Wir sind wohl berechtigt, die Salze des katalonischen Oligozäns nicht als primäre, durch atmophärilische Auslaugung alkalihaltiger Gesteine entstandene Absätze im Binnensee aufzufassen, sondern anzunehmen, dass das in den Randgebirgen auftretende Triassalz aufgelöst wurde und dass so dem benachbarten oligozänen Binnensee zufliessende Laugen entstanden sind, aus denen die mächtigen Lager der unteroligozänen Salz-

[1]) Die Analysen sind mit wenigen Ausnahmen von Dr. F. Hinden im Mineralogischen und geologischen Institut der Universität Basel ausgeführt worden.

formation sich absetzen konnten. Die tertiären Salze des Ebrobeckens sind descendente, umgelagerte Triassalze.

Es mag darauf hingewiesen werden, dass ein ähnlicher Ursprung für das Salz der meisten rezenten Salzseen angenommen werden kann: Das Salz des *Urmia-Sees* im nördlichen Persien entstammt miozänen Salzstöcken. Am S-Ufer des *Toten Meeres* steht der 180 m hohe Salzberg *Djebel-Usdum*, dessen Entstehung in die Diluvialzeit fallen soll. Der *Elton-See* in Russland erhält sein Salz durch Auslaugung permischer Salzlager. — Zahlreiche neuere geologische Untersuchungen haben gezeigt, dass in der Nähe der grossen Salzseen (Chotts) in Algier und Tunis da und dort in allgemeiner Verbreitung Steinsalzlager in Trias und Tertiär nachweisbar sind; das Salz der Chotts ist als umgelagertes Triassalz zu erklären.[1]) 30 km westlich von Gabes im südlichen Tunis beginnen die E-W sich erstreckenden Chotts El Fedjedj und Djerid. Beiderseits des Chotts El Fedjedj ziehen Gebirgskämme von E nach W, die aus N- bezw. S-fallenden Kreideschichten bestehen. Am S-Fusse des nördlichen Kammes liegt die salzführende Trias des *Djebel-Hadifa*[2]), und unter den mächtigen Salzschichten des ausgetrockneten Chotts selbst fand ich (1913) Triasmergel mit *Myophoria laevigata*. Der Chott el Fedjedj liegt auf salzführender Trias, die den aufgebrochenen, diapiren Kern einer Kreideantiklinale darstellt.[3]) — Algier-Tunis und Katalonien lassen somit eine auffallende Parallelität im Auftreten des Steinsalzes erkennen: beiderorts ist die älteste salzführende Formation die Trias, dann erscheinen die Salzlager wieder im Tertiär, und schliesslich sammeln sich die Laugen von Neuem in den heutigen Salzseen.

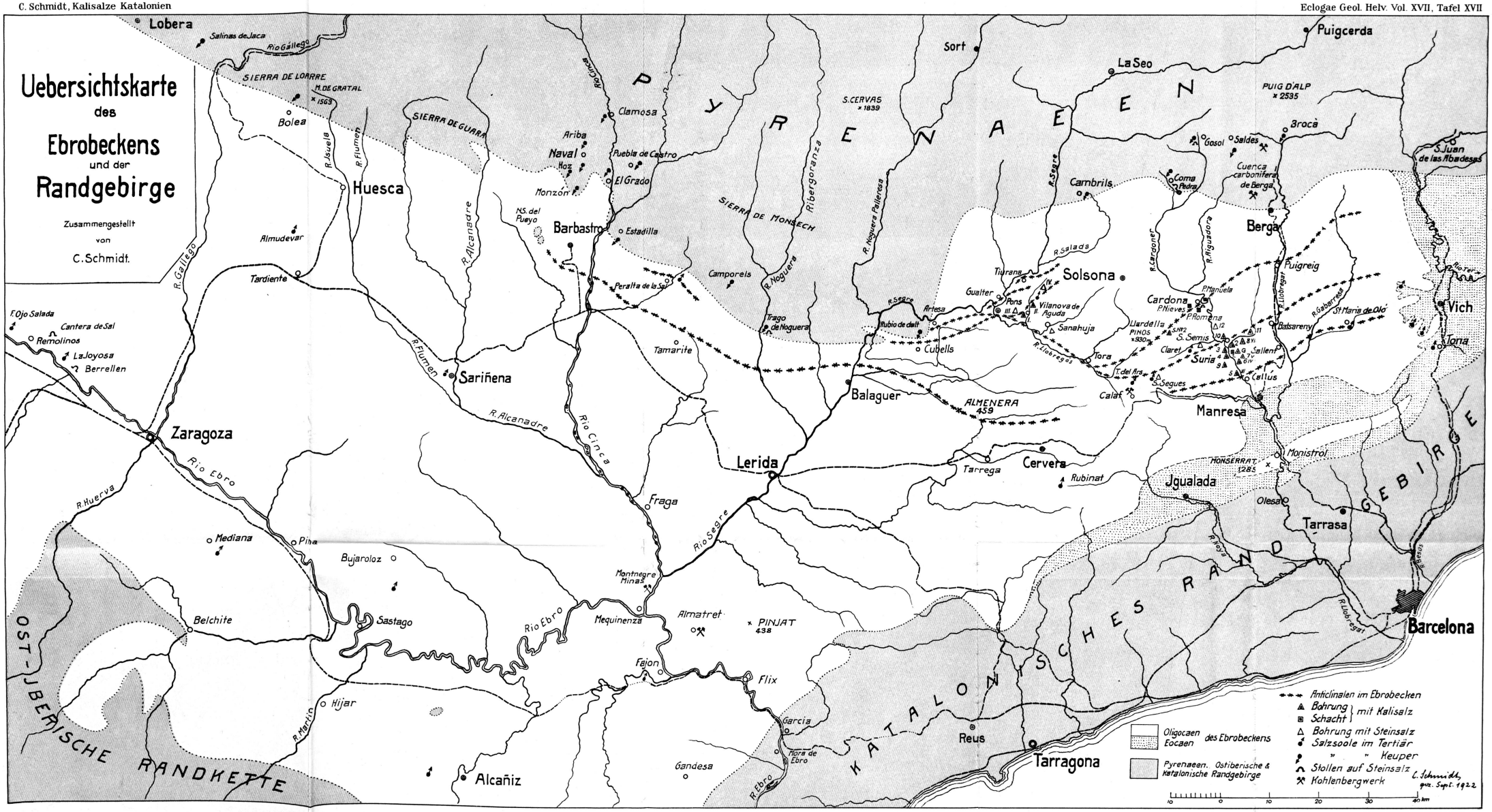
---

[1]) Vgl. H. Coquand, Sur l'âge des gisements de sel gemme (Djebel-Melah), sur l'origine des ruisseaux salés (Oued-Melah) et des lacs salés (Chotts et Sebkha) de l'Algérie. — Bull. Soc. géol. de Fr. (2). XXV, 1868. p. 431.

[2]) Vgl. Vanney, Carte géologique de la Tunisie. 1:50000.

[3]) Vgl. L. Joleaud, Sur la géologie du Sahel et de l'Extrême-Sud tunisiens. — Bull. Soc. géol. de Fr. (4). XVIII, 1918. p. 178.

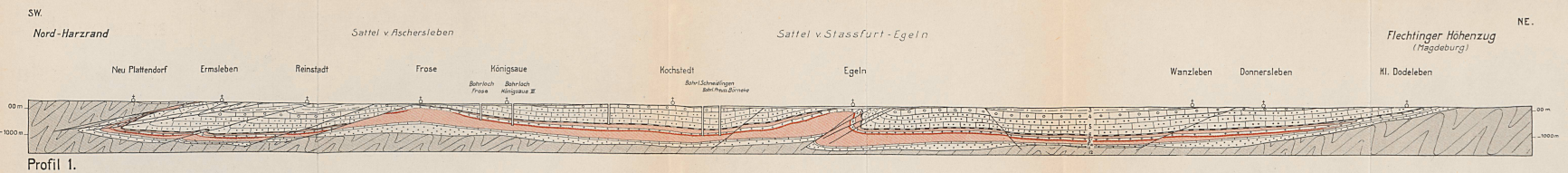
Manuskript eingegangen am 2. Oktober 1922.


Uebersichtskarte
des
Ebrobeckens
und der
Randgebirge
Zusammengestellt
von
C. Schmidt.
PYRENAEEN
KATALONISCHES RANDGEBIRGE
OST-IBERISCHE RANDKETTE
Lobera
Salinas de Jaca
Rio Gallego
SIERRA DE LOARRE
M. DE GRATAL
x 1563
Bolea
SIERRA DE GUARA
Huesca
Almudevar
Tardiente
Barbastro
Naval
Ariba
Hoz
Monzón
N.S. del Pueyo
Estadilla
Clamosa
Puebla de Castro
El Grado
SIERRA DE MONSECH
Peralta de la Sal
Camporels
Trago de Noguera
Tamarite
Sariñena
Zaragoza
Rio Ebro
Mediana
Pina
Bujaroloz
Belchite
Sastago
Hijar
Alcañiz
Fraga
Lerida
Balaguer
Cubells
Artesa
Tubio de dalt
Tiurana
Gualter
Pons
Vilanova de Aguda
Sanahuja
Solsona
Cardona
P. Nieves
P. Manuela
P. Romana
Llardella
PINOS
x 930
S. Semis
Claret
Suria
Sallent
Cellus
Tora
T. del firs
S. Segues
Calaf
Manresa
Balsareny
St. Maria de Oló
Vich
Torà
Puigreig
Berga
Cuenca carbonifera de Berga
Coma Pedra
Cambrils
Gosol
Saldes
Broca
S. Juan de las Abadesas
Sort
La Seo
Puigcerda
PUIG D'ALP
x 2535
S. CERVAS
x 1839
ALMENERA
459
Tarrega
Cervera
Rubinat
Jgualada
Olesa
Monistrol
MONSERRAT
1285
Tarrasa
Barcelona
Montnegre
Minas
Mequinenza
Almatret
PINJAT
438
Fajon
Flix
Garcia
Mora de Ebro
Gandesa
Reus
Tarragona
R. Gallego
R. Sauela
R. Flumen
R. Alcanadre
R. Huerva
R. Martin
R. Ebro
Rio Cinca
Rio Segre
R. Noguera
R. Noguera Pallaresa
R. Ribergoranza
R. Segre
R. Salada
R. Cardener
R. Riguadora
R. Llobregat
R. Gaberrera
R. Foix
R. Besos
Anticlinalen im Ebrobecken
Bohrung
Schacht
mit Kalisalz
Bohrung mit Steinsalz
Salzsoole im Tertiär
" " Keuper
Stollen auf Steinsalz
Kohlenbergwerk
Oligocaen
Eocaen
des Ebrobeckens
Pyrenaeen. Ostiberische & Katalonische Randgebirge
C. Schmidt, gez. Sept. 1922
10 0 10 20 30 40 km
GRAPH. ANSTALT W. WASSERMANN, BASEL

1. Generalprofil durch Aschersleben & Stassfurt

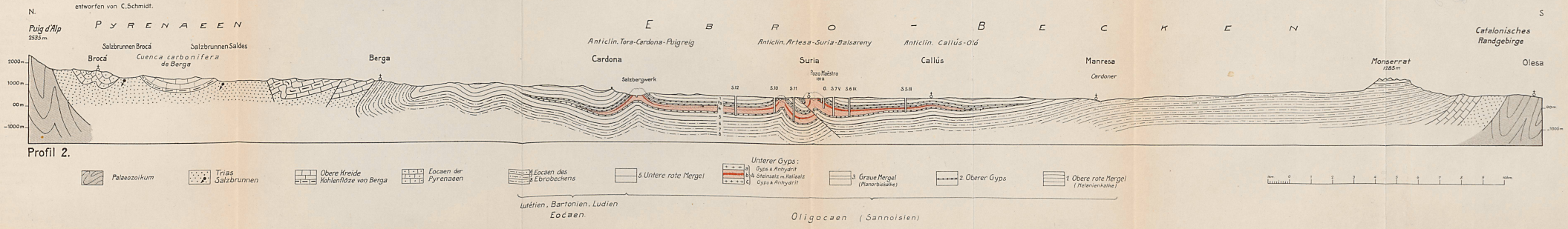
am Nordrand des Harzes

(Nach H. Everding & G. Einecke 1907.)



2. Generalprofil durch das Katalonische Mittelland

entworfen von C. Schmidt.



Graph. Anst. W. Wassermann, Basel