

Erläuterungen zur Geologischen und zur Lagerstätten-Karte 1:1,000.000 von Österreich

Von P. Beck-Mannagetta, R. Grill, H. Holzer und S. Prey

**Einführung
in die Geologie von Österreich**

Beitrag von Ch. Exner

Mit Übertragungen in die englische und französische Sprache

Wien 1966

**EIGENTÜMER, HERAUSGEBER UND VERLEGER: GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT
WIEN III, RASUMOFSKYGASSE 23
GESELLSCHAFTSBUCHDRUCKEREI BRÜDER HOLLINEK**

Alle Rechte für In- und Ausland vorbehalten.

INHALT

Zum Geleit

Von H. KÜPPER

1. TEIL

Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Republik Österreich 1 : 1,000.000

Ausgabejahr 1964

Von P. BECK-MANNAGETTA und S. PREY

(Seite 7)

2. TEIL

Stratigraphische Tabellen

Von S. PREY

(Seite 25)

3. TEIL

Erläuterungen zur Karte der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe der Republik Österreich

Zusammengestellt von H. HOLZER

Mit einem Beitrag von R. GRILL

(Seite 29)

4. TEIL

Geologie von Österreich

Von CH. EXNER

(Seite 67)

Geology of Austria

Edited by R. W. FAIRBRIDGE

(Seite 77)

La Géologie de l'Autriche

Traduction par A. AUTRAN et M. DEL MEDICO

(Seite 85)

Zum Geleit

Im folgenden werden drei erläuternde Texte zur Geologie von Österreich vorgelegt:

Zur Geologischen Übersichtskarte der Republik Österreich 1 : 1 Million, Ausgabejahr 1963 *) sind von P. BECK-MANNAGETTA und S. PREY jene Daten vereinigt worden, die zum Verständnis der Karte nötig sind, wenn man den Schritt von der Betrachtung zum näheren Studium machen will. Eine Erläuterung ist vor allem deshalb nötig, da aus Gründen des Maßstabes der Kartendarstellung wesentliche Leitvorstellungen zugrunde gelegt werden mußten.

Die Karte der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe der Republik Österreich 1 : 1 Million, Ausgabejahr 1964, von K. LECHNER †, H. HOLZER, A. RUTTNER und R. GRILL erfordert ebenfalls einen erläuternden Text, hier vor allem deshalb, weil das Auswahlprinzip aus einer sehr großen Anzahl kleiner Vorkommen das Bild der Karte beeinflusst hat, daneben aber auch die Inbezugsetzung der Einzelvorkommen zum geologischen Rahmen zu berücksichtigen war.

Der kurzgefaßte Text einer Geologie von Österreich, entworfen von Ch. EXNER, erweitert durch eine englische und französische Fassung, hat seine Aufgabe mit und neben den erstgenannten Kartenerläuterungen zu erfüllen: es ist letzten Endes doch so, daß in den Erläuterungstexten zu den Karten 1 : 1 Million sehr oft gar nicht alles gesagt sein kann, was mancher Leser zu Recht zu finden hofft; andererseits ist der interessierte Leser selbst wieder oft gar nicht in der Lage, für eine erste, übersichtliche Information gleich nach Fachhandbüchern zu greifen. Eine deshalb absichtlich einfach gehaltene Darstellung der größeren Zusammenhänge ist auch deshalb von größter Bedeutung, weil sie sehr oft erst den Weg zu der fast unübersehbaren Spezialliteratur möglich macht — in ganz ausgeprägtem Maße auch für das nicht deutsch sprechende Ausland, in welchem österreichische Geologenarbeit bisher oft nur in bescheidenem Ausmaß zur Kenntnis genommen wurde.

Die im folgenden zusammen erscheinenden Texte sind unabhängig voneinander, z. T. auch mit ursprünglich verschiedener Zielsetzung entstanden. Obwohl sie im Aussagewert und in großen Teilen der Ausdrucksweise einander angeglichen sind, so möge man dort, wo Ähnliches trotzdem noch etwas verschieden ausgedrückt ist, nicht nach fachlichen Differenzen suchen, sondern zur Kenntnis nehmen, daß in dem sehr großen und vielschichtig verzweigten Arbeitsgebiet der Geologie Ähnliches oder Gleichwertiges sich verschieden beschreiben läßt — bleibt doch alles letzten Endes ein Versuch, die, im wahren Sinne des Wortes unendliche Vielfalt der Natur in eine unserem Fassungsvermögen entsprechende Form zu gießen.

H. KÜPPER

Wien, Jänner 1966

*) Ausgabe im Rahmen des Österreich-Atlas 1963, herausgegeben von der Geologischen Bundesanstalt (gebilligter Fortdruck) 1964.

1. Teil

Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Republik Österreich 1:1,000.000 Ausgabejahr 1964

Von P. BECK-MANNAGETTA und S. PREY

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Vorwort	8
Erläuterung der Legende	8
Beziehung Legende — Übersichtsskizze	8
Tektonische Linien der Übersichtskarte	9
Quartär	9
Die Baueinheiten der Vorländer	9
Gruppierung	10
Mesozoikum im Vorland (1, 4) *)	10
Böhmische Masse:	10
Moldanubikum (2)	10
Moravikum (3)	11
Tertiärbecken (4, 5)	11
Die Baueinheiten der Alpen (Allgemeines)	12
Subalpine Molasse (4 ms, 5 mn) und Waschbergzone (6)	12
Helvetikum (7), Grestener Klippen- (8) und Flyschzone (9)	13
Pennin (10)	14
St. Veiter Klippenzone (11)	15
Ostalpin und Dinariden	15
Unterostalpin (12)	15
Zentralalpin (13)	16
Oberostalpin (14). Allgemeines	16
Die Kalkalpen des Oberostalpins (14)	17
Die Grauwackenzone; Paläozoikum des Oberostalpins und der Dinariden	18
Das Kristallin des Oberostalpins	18
Überblick	19
Literatur	20
Druckfehler-Berichtigung zur Karte 1:1,000.000	23

*) Zahlenhinweise in Klammern haben Bezug auf die Kolonnen der Legende auf der Buntdruckkarte.

Vorwort

Die geologische Erforschung des Raumes von Österreich fand ihren ersten Niederschlag in der geologischen Karte der Österreichischen Monarchie von W. HAIDINGER 1 : 864.000 (1845) und von F. HAUER (1864—1871, 1 : 576.000; 1878 1 : 2,016.000). Nach der Auflösung der Monarchie wurde sogleich an eine geologische Übersichtskarte der Republik Österreich gedacht (1919), die in der „Vetters-Karte“ 1933, 1 : 500.000 ihre Wiedergabe fand, die beispielgebend für die geologische Darstellung vieler Gebiete der angrenzenden Nachbarländer war. Für diese Karte wurden die gedruckten und handkolorierten geologischen Spezialkarten der Österreichisch-Ungarischen Monarchie (und der Republik) 1 : 75.000 verwendet, ihre stratigraphisch-petrographische Ausrichtung ermöglichte eine unübertroffene Genauigkeit der Darstellung, so daß Vergrößerungen der Vetters-Karte auf 1 : 100.000 immer noch eine brauchbare geologische Karte der betreffenden Region ergeben. Durch die ausgezeichnete Farbenwahl ist es möglich gewesen, trotz aller Feingliederungen eine übersichtliche Darstellung zu schaffen, die den Stand geologischer Forschung Österreichs für jedermann klar zugänglich machte.

Der Fortschritt der geologischen Erforschung des Ostalpenraumes seither in tektonischer Hinsicht machte aber den Mangel einer tektonischen Linienführung in der Kartendarstellung immer deutlicher bemerkbar. Deshalb wurde für den Österreich-Atlas (H. BOBEK, 1963) eine mehr tektonisch ausgerichtete Darstellung 1 : 1 Million gewählt, die weitgehende stratigraphische und petrographische Zusammenfassungen in der Legende notwendig machte, um den Aufbau des Gebirges in möglichster Klarheit aufzuzeigen. Die Wahl einer Legende in Profilform gibt daher die entsprechende fehlende Dimension nach der Tiefe, in der Anschauung des Autors (P. BECK-MANNAGETTA, 1963) wieder. Die im Teil II beigegebenen stratigraphischen Tabellen sollen den Gesteinsinhalt dieser Profile wiedergeben. Zur besseren Lesbarkeit von Karte und Legende scheinen jedoch nähere Erläuterungen angebracht zu sein:

Erläuterung zur Legende

Die Großeinheiten des Tafellandes im NW (1) mit mesozoischen Gesteinen, das Kristallin der Böhmisches Masse im N (2, 3) und der oberostalpin-dinarische Deckenstapel (14) lassen eine detaillierte stratigraphische Aufgliederung, für deren Auswahl die tektonische Bedeutung der Schichtglieder maßgeblich war, zu.

Beziehung Legende — Übersichtsskizze

Aus dem Vergleich der Zahlen der Legende (Baueinheiten 1—14) und der Übersichtsskizze auf der Karte ist ein Überblick gegeben, aus dem der Charakter der Legende als „Profil“ (vertikaler Schnitt durch die Erdkruste) in N—S-Richtung hervorgeht.

Die Reihung der Baueinheiten als Abfolge von Profilsäulen bringt es mit sich, daß sich Schichten in zeitlicher Gliederung (z. B. Ober-Mitteltrias, to) wie auch Gesteine (z. B. Granit, og, gr) jeweils in einigen Profilsäulen wiederholen können. Die Einteilung in Baueinheiten zeigt jedoch an, daß die Ausbildung von Schichten und Gesteinen je Baueinheit (z. B. Flysch in 9, 10c und 12c) verschieden ist. Jede Baueinheit umfaßt daher einen Schichtstoß bestimmter Ausbildung (Fazies) und bestimmten Schicksals in Raum und Zeit (Tektonik).

Damit ist aber auch der zeitliche Umfang der Baueinheiten festgelegt und die jüngeren Deckschichten können daher über verschiedene Baueinheiten übergreifen, ohne ihre Ausbildung zu ändern. Deshalb wurde das Jungtertiär auf den verschiedenen Baueinheiten in der Legende ohne Farbe als „mn“ angegeben. Entsprechend der Tiefendarstellung der Legende können Baueinheiten (z. B. Vorland-Molasse 4) aber auch so tief hinunterreichen, daß ihre tieferen Elemente nicht an die Oberfläche kommen, und daher auf der Übersichtsskizze und Karte nicht dargestellt werden können. Diese Gesteine oder Schichten und auch zu kleine Vorkommen wurden in der Legende daher ohne Farbe in Klammer angegeben [(4 j), (gr), (β, Pikrite)]. Zur Kennzeichnung der Alterszuteilung der Granite des Moldanubikums werden diese außerdem beim Jungpaläozoikum genannt (Granite).

In der Übersichtsskizze sind die räumlichen flächenmäßigen Verbreitungen der Baueinheiten und wichtige Störungen übersichtlich dargestellt. Die Dinariden als „südliche Kalkalpen“ wurden vom Oberostalpin abgetrennt. Die Reichweite der geschlossenen würmeiszeitlichen Vergletscherung möge man aus diesem Kärtchen ablesen.

Das inneralpine Tertiär (Wiener Becken, Pannonisches Becken) wurde nur in der Übersichtsskizze mittels einer gesonderten Farbe ohne Nummer vom außer-alpinen (Molassezone) unterschieden.

Tektonische Linien der Übersichtskarte

Die in der Karte 1 : 1 Million verwendeten Zeichen für Störungen (Verwerfungen i. w. S.) und ihre Anwendung wurden in Anlehnung an die Tektonische Karte der Tschechoslowakei (BUDAY usw., 1960) gewählt. Als „Transversalstörungen“ wurden Verstellungen von Blöcken bezeichnet, deren Ausmaß bedeutend ist und die eine vertikale und horizontale Verstellungskomponente aufweisen. Die Überschiebungen der Baueinheiten wurden als „Großdecken-Überschiebungen“, Überschiebungen innerhalb der Baueinheiten als „Teildecken-Über-(Ver-)schiebungen“ bezeichnet. In der Molassezone durch Bohrungen und Geophysik bekanntgewordene Störungen unter diskordanter Tertiärbedeckung wurden ebenfalls eingezeichnet. Eine weitere Untergliederung der Störungen, z. B. dem Alter nach, läßt sich derzeit in unserem Maßstab nicht durchführen.

Quartär

Entlang des heutigen Flußnetzes der Landschaften sind Ablagerungen durch Flüsse, Bäche und Seen in Tälern und Becken verbreitet. Diese bilden zusammen mit den Flugsanden im Marchfeld in Niederösterreich insgesamt das Alluvium (qa) der Karte. Als pleistozäne Ablagerungen (Diluvium qd) sind Schottermassen und Gletschermoränen, aber auch die aus windtransportiertem Staub gebildeten Löss zusammengefaßt.

Die Baueinheiten der Vorländer

Im Liegenden der tertiären Beckenfüllungen (4, 5) lassen sich ältere Schichtkomplexe und ihre kristallinen Unterlagen in getrennte „Baueinheiten“ unterteilen. Großeinheiten wie „Vorland“ (1, 4), Böhmisches Massiv (2, 3), ebenso wie Alpen (4 ms — 14) lassen sich noch in weitere Baueinheiten untergliedern.

Gruppierung

In ihrer Beziehung zu der Alpen-Karpatenkette bilden die Fränkisch-Schwäbische Alb (1) und die Böhmisches Masse (2, 3) gemeinsam das Grundgebirge des Tertiärs im Alpenvorland. Im W liegt das mesozoische Tafelland der Fränkisch-Schwäbischen Alb (1) dem Kristallin auf, das in der Böhmisches Masse (2, 3) in großen Flächen entblößt ist. E der Schwäbisch-Fränkischen Alb hat die Abtragung diese mesozoische Hülle (soweit sie überhaupt zur Ablagerung gekommen ist) entfernt und auch im Kristallin in verschiedenen tiefe Stockwerke hinabgegriffen. Süßwasserablagerungen der Oberkreide und des Tertiärs (BUDAY usw., 1960) in eigenartiger Ausbildung (2) liegen darauf. Trotz aller Ähnlichkeiten ist der Aufbau der Schichtglieder des mesozoischen Vorlandes nicht den nächstgelegenen Schichten gleichen Alters der Alpen (Helvetikum 7) direkt anzuschließen.

Mesozoikum im Vorland (1, 4)

Von den mesozoischen Schichtgliedern des Vorlandes [Trias in germanischer Fazies (1 to, 1 tm), Mergel und Kalke des Jura (1 j), Sandsteine und Mergel der Kreide (1 c)] reichen die jüngsten am weitesten gegen die Alpen heran. Das etappenweise Zurückbleiben der tieferen Schichtglieder ist durch Bohrungen verfolgt worden (SCHMIDT-THOMÉ, 1962). Im Untergrund der Molasse des Alpenvorlandes sind die mesozoischen Gesteine an (z. T. vortertiären?) Brüchen eingesenkte, verschieden große Erosionsreste auf dem Kristallin (E. BRAUMÜLLER, 1961; 4 c, 4 j, 4 po).

Böhmisches Masse (2, 3)

Moldanubikum

An Störungen tauchen E Regensburg die Granite des Bayrischen Waldes auf, die mit ihrer Hülle aus Schiefergneisen und Graphitgneisen die Verbindung zum Mühlviertel bilden. Der SW-vergente Faltenbau der variszischen kristallinen Schiefer wird durch die beiden großen „Transversal“-Störungen (Translations-Störungen) des Donaubruches und des Pfahles noch betont. Gegen SE drehen beide Störungen etwas gegen S ab und werden vom Becken von Ottensheim an von der NE-verlaufenden Rodelstörung abgelöst, ohne an sie heranzureichen. Von N her reichen in diesen Raum die vorvariszischen Gföhler Gneise noch bis nach Oberösterreich herein und werden weiter im N von Granuliten mit Eklogiten begleitet.

Die karbonen Granitstöcke des Waldviertels (2 gr) lassen sich dem Alter nach in den Weinsberger (Rastfelder) Granit mit bis 15 cm großen Kalinatronfeldspat-Kristallen, den feinkörnigen Mauthausener Granit und als jüngsten den quarz- und muskowitzreichen Eisgarner Granit (WALDMANN usw., 1958) gliedern. Den Mauthausener Granit vertritt gegen W der Schärdinger Granit. Nach ihrer abweichenden Zusammensetzung haben andere „Granitabarten“ vom Erscheinungstyp Mauthausen gesonderte Namen erhalten; z. B. der Titanitfleckengranit von Freistadt (Mühlviertel). Der alte Weinsberger Granit hat die bereits vorher als kristalline Schiefer vorliegenden Gneise in seiner Umgebung intensiv durchfeldspatet und aufgeschmolzen, während die anderen Granitmassen viel schmalere Kontakthöfe besitzen. Weiter ostwärts werden die Granitmassen des Mühlviertels und westlichen Waldviertels von einer bunten Serie mit Marmor, Graphit, Amphibolit und weiter gegen E von Gföhler Gneis und

Granulit (2 og) mit Schiefer- (2 kr) und Orthogneisen (Spitzer Gneis, Lengfelder Granit) des vorvariszischen Kristallins abgelöst. Die Summe dieser hochkristallinen Gesteine wird als *Moldanubikum* bezeichnet (2). Die Gesteine wurden mehrfach umgewandelt und der Mineralbestand der kristallinen Paraschiefer von Sillimanit, Disthen, Cordierit und anderen Mineralen ist für diese hohe Metamorphose typisch.

Das Süßwassertertiär der Wittingauer Seenplatte weist nach neueren Studien (BUDAY usw., 1960) einen beträchtlichen Anteil von Oberkreideschichten (2 c) auf. Es hat keine Verbindung mit den weiter im E und S auftretenden jungtertiären Becken (4 mn).

M o r a v i k u m

An der moldanubisch-moravischen Überschiebung taucht im E ein wesentlich anders geartetes Kristallin, das *Moravikum* (3), auf. Über einem kuppelförmigen Granitstockwerk (3 gr: Maissauer-, Retzer Granit, Thayabatholith) erscheinen mit gegen W abnehmender Kristallinität Staurolith-Granatglimmerschiefer, Fugnitzer Kalksilikatschiefer, Marmore und Phyllite usw. (3 kr). Die Decke des Bittescher Gneises (3 og) wird im W von den moldanubischen Gneisen und Glimmerschiefern überschoben (2 kr), die an der Überschiebungslinie eine Diaphthorese (rückschreitende Metamorphose) erlitten haben (F. E. SUSS, 1912). Die Pleißinger Bewegungsmasse (3 kr) — eine Paraserie mit Tonalit- und Stengelgneisen — wird im W vom Bittescher Gneis (3 og) überschoben (WALDMANN, 1951). Das Alter der Überschiebung wird als vorunterkarbon angenommen. Im NE wird die moravische Zone von der Boskowitz Furche durchschnitten, in der den moravischen Schiefern moldanubische Gneise und Glimmerschiefer aufliegen, die selbst wieder von der unterkarbonen (?) Mießlitzer Breccie (3 po) überlagert werden. Am W-Rand der Furche sind Devonkalke und Kulmgesteine (3 pu, 3 po) eingeklemmt. Diese N—S-verlaufende Grabensenke — sie ist mit karbon-permischen kohleführenden Schichten erfüllt — ist jünger als der moravische Bau, wurde voroberkarbon angelegt und vortriadisch ausgestaltet. Neue Studien in Mähren (DUDEK, 1962) machen die moldanubische Überschiebung im N unsicher. An der jungen Diendorfer Störung im S werden Moravikum und Moldanubikum in gleicher Weise zerschnitten und an ihr ist das Rotliegende von Zöbing eingesenkt.

Tertiärbecken (4, 5)

Diese stellen das spät- bis postalpidische Deckgebirge dar und greifen daher oft über die verschiedenen Baueinheiten hinweg ohne eine wesentliche Änderung der Schichtausbildung. Ein Großteil des landschaftlichen Formenschatzes der Alpen verdankt seine Entstehung der jungtertiären Abtragung (A. WINKLER-HERMADEN, 1957). Die Abtragungsprodukte findet man als Sedimente in den tertiären Becken wieder.

Das *Molassebecken* (4 mn) begleitet die Alpen von der Schweiz bis ins Vorland der Karpaten. Diese Schichten nehmen an Umfang und Mächtigkeit gegen die Alpen zu, von denen sie überfahren werden. Die Molassesedimentation beginnt im Obereozän mit Sandsteinen und Lithothamnienkalken, die einen komplex gebauten Untergrund diskordant übergreifen, während im N chattisch-aquitane Sande und Tone (4 mp) das Relief der südlichen Böhmisches Masse bedecken. Das Molassebecken ist von mehrere tausend Meter mächtigen Tonmergeln, Sanden, Schottern und Konglomeraten, die von den Alpen her geschüttet sind, erfüllt. Während im W ein mehrfacher Wechsel zwischen

marinen und Süßwassersedimenten stattfinden, weichen im E die dort marinen Schichten in den höheren Lagen (Oberhelvet) immer mehr einer Aussüßung (O. GANSS, 1954). Den Abschluß der Molasse des Alpenvorlandes bilden reine Süßwasserablagerungen. Teile des Außeralpinen Wiener Beckens (R. GRILL, 1958) wurden im Torton und Sarmat kurzfristig durch das Meer des Inneralpinen Wiener Beckens (5 mn) überflutet.

Große Verschiedenheiten zeigen die vielen inneralpinen Tertiärbecken im Schichtaufbau. Die Wechselwirkung von Tektonik und Sedimentation führt zur Ausbildung der asymmetrischen Kohlenmulden (vor allem in der Steiermark) (W. PETRASCHECK, 1924). Die Tektonik der Tertiärmulden kann derart gesteigert sein, daß es zu Verschuppungen, ja sogar zu Überschiebungen gekommen ist (z. B. Inntal—Kaisergebirge [O. AMPFERER, 1933, W. HEISSEL, 1956]; Karawanken-Nordrand [A. KIESLINGER, 1929, F. KÄHLER, 1953]). Im Inneralpinen Wiener Becken kam es vom Torton an zu einer synsedimentären Bruchtektonik, deren letzte Äußerungen bis ins ältere Diluvium angehalten haben (R. JANOSCHEK, 1964, F. BRIX, 1964, A. PAPP, 1964, A. KRÖLL, 1964, J. KAPOUNEK, 1964, 1965). Vom pannonischen Becken (5 mn) wird durch die südburgenländische Schwelle zwischen Rechnitz und Radkersburg das Grazer Becken im W teilweise abgetrennt. Weiter gegen S im Raum der Windischen Bühel streichen die pliozänen Savefalten ins pannonische Becken hinaus.

Mit den Einbrüchen der Tertiärbecken am Ostrand der Alpen steht der dazitisch-andesitische Vulkanismus des Miozäns (χ) und der basaltische (β) des Oberpliozäns in Verbindung (K. KOLLMANN, 1965).

Die Baueinheiten der Alpen

In den Alpen kann man folgende Großeinheiten unterscheiden:

Die Subalpine Molasse (4 ms) und Waschbergzone (6). Die Flyschzone (9) mit Helvetikum (7) und den beiden Klippenzonen (8, 11). Die Penninische Zone (10), (im E fraglich — Rechnitzer Schieferinsel).

Die Ostalpinen Einheiten (12, 13, 14) und Dinariden (14):

Die unterostalpine Zone (12), [als Fensterrahmen des Pennin (10) und hochtatische Zone der Karpaten].

Die Oberostalpine (14) und Zentralalpine (13) Zone mit den Nördlichen Kalkalpen, der Grauwackenzone und Kristallin, denen im S die südl. Grauwackenzone, der Drauzug und die nördl. Karawanken sowie die Dinariden mit dem dinarischen autochthonen Flysch (9) von N gegen S zu anzuschließen sind (schematische Übersichtsskizze von H. KÜPPER).

Daß diese Reihung im Sinne eines gewaltigen Deckenbaues (CORNELIUS, 1940; L. KOBER, 1955; R. STAUB, 1924; P. TERMIER, 1904) erfolgt ist, zeigt das beigefügte Profil (H. KÜPPER).

Subalpine Molasse (4 ms, 5 mn) und Waschbergzone (6)

Mit dem Nordrand der Subalpinen Molasse kann man den Alpenbau geologisch beginnen lassen. Als wechselnd breites Zwischenland verbindet noch die aufgerichtete Molasse im W und die gefaltete Molasse (4 mn) im E die ungefaltete Molasse des Vorlandes mit der subalpinen Molasse der Alpen. N Salzburg (Perwang) ist eine voroberaquitane erfolgte, mehrmalige Verschuppung von

einer vorwiegend tonmergeligen-sandigen Serie aus Oberkreide, Obereozän und Oligozän am Alpenrand durch Bohrungen bekanntgeworden. Dieser Faltenbau der unteren Molasse wird von aquitanen und burdigalen (bis helvetischen?) Schichten des Vorlandes z. T. diskordant überlagert, die ihrerseits nach Burdigal von Flysch und Helvetikum überschoben werden (Bohrung Texing bei Scheibbs, N.-Ö., S. PREY, 1957). Dieser vorhelvetische Anshub der östlichen Molasse wird N der Donau von einem voruntertortonischen Aufschub in der Waschbergzone (6) abgelöst. Diese ist ein im NE auf ein autochthones Tertiär des Vorlandes aufgeschobenes marines Molassepaket von der Art der Subalpinen Molasse mit mitgerissenen Schollen des Untergrundes, von denen die Oberjura-„Klippen“ (Jura-klippen der Legende) auch morphologisch deutlich hervortreten (R. GRILL, 1953). Am Karpatenrand in Polen sind noch tortone Schichten kilometerweit überschoben worden. Es tritt also von W gegen E eine eigentümliche Verjüngung der Tektonik am Südrand der Molasse ein. Dort, wo die Böhmisches Masse am weitesten gegen die Alpen vorstößt, treten Fenster der Molasse innerhalb der Flyschzone auf. Die Subalpine Molasse in Bayern wird durch einen verschuppten Muldenbau von 3—4 Mulden (mit durchspießten Antiklinalen) ausgezeichnet, der S des Chiemsees schüsselförmig gegen E aushebt (O. GANSS, 1954; E. VEIT, 1963).

Helvetikum (7), Grestener Klippenzone (8) und Flyschzone (9)

Von der Ostschweiz entlang der Ostalpen und Karpaten zieht das Deckensystem dieser drei alpinen Einheiten am Nordrand der Alpen durch. Besonders im W und E werden die Abfolgen und Beziehungen der ineinander verschuppten Kreide-Alttertiär-Baueinheiten am klarsten erfaßbar. Die St. Veiter Klippenzone wird im Sinne von S. PREY (1960) als eigene Einheit Seite 14 behandelt.

Das Helvetikum (7), bestehend aus kalkig-mergeligen fossilreichen mesozoischen und alttertiären Schichten, ist in der Ostschweiz noch mit seinem autochthonen Untergrund in einem gewissen erkennbaren Zusammenhang. Weiter gegen E zieht es als Säntisdecke — mit überlagernden ultrahelvetischen Schuppen (Liebensteiner Decke) — immer mehr eingeengt nach Österreich hinein. Die Schichtfolge umfaßt jedoch, abgesehen vom Oberjura der Canisfluh, nur noch Kreide und Alttertiär (R. OBERHAUSER, 1963).

Gegen S und E geht das Helvetikum infolge fazieller Veränderungen in die Buntmergelserie (8) (meist bunte Mergel, wenig Breccien und Sandsteine) über, deren Schichtausbildung bestimmten Serien des Ultrahelvetikums entspricht. Sie lagert außerdem den hauptsächlich jurassischen Klippengesteinen der sogenannten Grestener Klippenzone (Mergel und Kalke, sandige kohlenführende Grestener Schichten) auf und bildet deren „Klippenhülle“. E der Enns vertritt die Buntmergelserie nur mehr allein das Helvetikum.

Der Flysch der Ostalpen ¹⁾ (9) wurde, frühestens im Obereozän beginnend,

¹⁾ Flysch (ein Schweizer Name vom Hanggleiten abgeleitet) stellt eine Gesteinsausbildung mit Wechsel von z. T. brecciösen Sandsteinen, Mergel und Schieferen dar, dessen Ablagerungen ursprünglich mit Vorgängen der Gebirgsbildung zusammenhängen (submarine Ströme, Turbidity currents). Diese Fazies ist in verschiedenen Baueinheiten fast gleichzeitig im Zeitraum zwischen Unterkreide und Alttertiär entwickelt [helvetischer Flysch in der Schweiz, penninischer Flysch (9 und 10 c), unterostalpinen Flysch (12 c)]. Die Fossilarmut und spezielle fossilarme „Flyschmikrofauna“ sind charakteristische Unterschiede zum gleichalterigen Helvetikum (7) und der Buntmergelserie (8). Grobblockige Schuttmassen (bis über 100 m große Blöcke) der Flyschsedimentation werden als „Wildflysch“ bezeichnet (im Ultrahelvetikum).

über das Helvetikum als höhere Decke überschoben, die aus einer weiter im S abgelagerten charakteristischen mergelig-sandigen Schichtfolge besteht. In Vorarlberg liegt zwischen den beiden noch die geringmächtige Wildflyschzone bzw. Feuerstätter Decke (Kreide — Alttertiär), die vor allem durch grobe Blockschüttungen gekennzeichnet wird. Während das Helvetikum im W unter der Flyschdecke noch in großen Flächen auftaucht, erscheint es weiter im E nur mehr in Form schmal aufgeschuppter Fenster. Flysch und Helvetikum sind dann gemeinsam noch weit über die Vorlandmolasse überschoben worden, wie das Profil auf der Karte zeigt. Über die Einordnung des Flysches der Ostalpen in das Deckenschema der Schweizer Alpen, sowie die Verbindungen mit den Karpaten herrscht nicht überall völlige Klarheit. Er wird im W mit den hochpenninischen Decken in Zusammenhang gebracht. (F. ALLEMANN, 1956; R. OBERHAUSER, 1964).

Dieser gemeinsame Deckenstapel hat auch fensterartig eingeschuppte subalpine Molasse (4 ms) mit sich nach Norden transportiert (verfrachtete Fenster; Rogatsboden, Texing). Andererseits brechen in den Flyschfenstern innerhalb der Kalkalpen dieselben tektonischen Einheiten und Gesteinsgesellschaften von unten auf (H. VETTERS, 1938; S. PREY, 1957; J. KAPOUNEK, 1965; R. BRINKMANN, 1936; B. PLÖCHINGER, 1962; S. PREY, A. RUTTNER & G. WOLETZ, 1959; A. RUTTNER, 1960; Profil H. KÜPPER, 1961), allerdings ohne Molasse.

Die als Fenster auftretenden Gesteine mußten in der Größe gewaltig übertrieben werden, um sie auf der Karte darstellen zu können. Durch den Flysch wird die nördlicher gelegene Grestener Klippenzone mit ihren Beziehungen zum Helvetikum (7) — Buntmergelserie als „Klippenhülle“ (8) — deutlich von der St. Veiter Klippenzone (11) getrennt, die die Fortsetzung der pienidischen Klippenzone der Karpaten ist. Weder die Klippen von Balderschwang (8, Allgäu) im Wildflysch, noch die Grabser Klippen (NW Buchs, Ostschweiz; 8, unterostalpin ?) sind mit der Grestener Klippenzone (8) zu verbinden.

Die am Rhein noch über 20 km breite Flyschzone verschmälert sich gegen E bis S des Chiemsees und verbreitert sich weiter ostwärts ab Salzburg wieder stark.

Im Wienerwald gesellen sich den Kreideschichten Eozänsandsteine und Schiefer zu, die eine Gliederung in eine Greifensteiner- und Kahlenbergdecke im N und eine Laaber Decke im S ermöglichen (G. GÖTZINGER, 1954). Die nördlichen Flyschdecken setzen sich in den Karpaten möglicherweise in der Schlesischen Decke fort; die Laaber Decke hat ihre Fortsetzung in der Maguradecke der Karpaten (S. PREY, 1960, 1962). Äquivalente der Grestener Klippenzone finden sich erst wieder in der subsilesischen Decke SW von Krakau.

Als „autochthoner Flysch“ der Südalpen (Dinariden) wurde das (Mittel- und Ober-)Eozän der Südalpen (9) am Rande des adriatischen Vorlandes bezeichnet, das nur die Gesteinsausbildung in „Flyschfazies“ mit dem oben genannten (penninischen) Flysch der Ostalpen gemein hat.

Pennin (10)

Von den Schweizer Alpen gegen E taucht die penninische Zone unter den ostalpinen Deckenmassen in dem Engadiner- und Tauernfenster innerhalb der Zentralalpen wiederum auf. Der ursprüngliche Sedimentationstrog lag zwischen dem des Helvetikums (7) im N und dem des Ostalpins (12—14) im S. Dieses Auftauchen penninischer Fenster ist eine der wesentlichsten Stützen für die Auffassung der Ostalpen als Deckengebirge (P. TERMIER, 1903; R. STAUB, 1924;

L. KOBER, 1912, Profil). Für das Auftreten eines penninischen Fensters in der Rechnitzer Schieferinsel treten W. J. SCHMIDT (1956) und A. PAHR (1960) ein, während A. ERICH (1961) die Gesteinsserie für altpaläozoisch (Grauwackenzone) hält.

Die gesamte Gesteinsserie aus Zentralgneis (Zentralgranitgneis 10 gr) und Schieferhülle (10, Bündner Schiefer in der Schweiz) ist während der alpinen Gebirgsbildung bis zu einem mäßigen Grade umgewandelt worden (Tauernkristallisation, B. SANDER, 1921; F. ANGEL, 1940; Ch. EXNER, 1949) mit einem charakteristischen Mineralbestand. Die Abspaltung dünner Lamellen vom Zentralgneis in die Schieferhülle ist als ein Kennzeichen von Deckenbewegung unter hoher Belastung anzusehen. Im Zuge dieser Vorgänge wurde der Fossilinhalt größtenteils vernichtet, so daß man bei der Schichtgliederung auf Gesteinsvergleiche mit analogen Schichtfolgen des Schweizer Pennin (10) angewiesen ist. Bisher wurde nur ein einziger Jura-Ammonit aus dem Hochstegenkalk (Zillertal) bekannt (R. KLEBELSBERG, 1940). Die Schiefermassen (10) versuchte man in eine *U n t e r e* Schieferhülle als Dach der (karbonen?) Zentralgranitgneise aus Altpaläozoikum und schwarzen Phylliten (Oberkarbon, H. P. CORNELIUS & E. CLAR, 1939) und eine *O b e r e* aus Trias (Quarzite und Dolomite) und Jura (Kreide?) aus Kalkphylliten und Kalkglimmerschiefern mit Ophioliten (umgewandelte basische Eruptivgesteine) zu gliedern. In der Karte folgte man neueren Auffassungen (Ch. EXNER, 1957; G. FRASL, 1958), indem man einen Teil der schwarzen Phyllite ebenfalls als Jura mit der Oberen Schieferhülle vereinigte (Bündner Schiefer, Schistes lustrés in Graubünden).

Der Hinweis auf eine Verwandtschaft einiger Zentralgranitgneise zu den Tonaliten und Graniten der periadriatischen Intrusiva (14 gm) erfolgt nur hier im Text (F. KARL, 1960) bzw. ist in der Legende angedeutet (10 gm; 14 gm). Bei der Gliederung der penninischen Decken in Graubünden wurde den Darstellungen von R. STAUB (1958) und J. CADISCH (1953) gefolgt. Die Beziehungen des Vorarlberger Flysches zum penninischen Prätigauflysch sind noch nicht gänzlich aufgeklärt; doch nehmen die meisten Forscher penninische Herkunft an (F. ALLEMANN, 1956).

Die St. Veiter Klippenzone (11)

Die Stellung der St. Veiter Klippen (11) (vgl. S. 12) in Wien zwischen Flysch (9) und Kalkvorpalen (14) läßt eine Verbindung mit der pienidischen Klippenzone der Karpaten zu (S. PREY, 1960). Die Schichtfolge bei Wien reicht in die oberste Trias hinab. Eine Klippenhülle aus bunten Mergeln ist vorhanden, in denen bisher nur tiefe Oberkreide sicher nachgewiesen ist (R. JANOSCHEK, H. KÜPPER & E. ZIRKL, 1956 *); in den Karpaten ist Oberkreide bis Eozän vorhanden. Die basischen Gesteine (β, Pikrite) deuten vielleicht auf eine mögliche Beziehung zur West-Ostalpen-Grenze (Arosa-Schuppenzone) hin.

Ostalpin und Dinariden

Unterostalpin (12)

Im S des penninischen Geosynklinaltroges ist nach der Deckenlehre die Verbindung zum Ablagerungsraum des unterostalpinen Mesozoikums zu suchen. Über die Zuteilung bestimmter Decken des Grenzbereiches (Plattadecke, Falknis-

*) Nach neuesten Ergebnissen ist auch Oberkreide und Eozän nachgewiesen (H. KÜPPER, 1965).

Sulzfluhdecke, Arosa-Schuppenzone, Tasnadecke, Matreier Zone) gehen daher die Meinungen der Forscher auseinander, ob sie dem Unterostalpin (12) oder dem Pennin (10) zuzuordnen seien (R. STAUB, 1958; J. CADISCH, 1953; V. STREIFF, 1962). Der abschnittsweise starke Fazieswechsel und die geringere Mächtigkeit vor allem der triadischen Schichtglieder im Vergleich zu den oberostalpinen mesozoischen Ablagerungen kennzeichnet das Unterostalpin, das überdies eine bestimmte tektonische Position inne hat: In den penninischen Fenstern bildet es stets den (lückenhaften) Rahmen. Im W sind im Piz Scalotta Deckenreste der Err- und Berninadecke als Erosionsrelikte auf der Plattadecke zu finden. Basische Eruptiva (Ophiolite) sind nur in Graubünden und der Matreier Zone vorhanden. Die Deckenkerne bestehen aus diaphthoritischem Kristallin (12 kr) und Graniten (12 gr), die gegen E (Semmering, Wechsel) in die Wirkung der Tauernkristallisation teilweise einbezogen wurden. Die einzelnen Kristallindeckenkerne sind durch (permo-)mesozoische Deckenscheider- (Schichtreste) abgetrennt und unterteufen das oberostalpine Kristallin und die Grauwackenzone (14). In die Karpaten besteht eine Fortsetzung des Unterostalpins (12) über das Leithagebirge zur Hohen Tatra (hochtatische Zone), wobei Fazieswechsel mit bedeutenden Erosionslücken im Mesozoikum zu beobachten sind.

Zentralalpin (13)

Spärliche Reste einer uneinheitlichen mesozoischen Bedeckung, die dem oberostalpinen Kristallin in der Zentralzone aufruht und vorwiegend von der Grauwackenzone (pu, po) überschoben wird, wurden als „Zentralalpin i. e. S.“ von dem oberostalpinen Mesozoikum der Nördlichen Kalkalpen (14) unterschieden. Teilweise bestehen fazielle Anklänge an das Unterostalpin (12) der Radstädter Tauern (Stangalm-Mesozoikum: H. STOWASSER, 1956; H. FLÜGEL, 1960; A. TOLLMANN, 1959) teilweise zu der in ihrer Fazies süd- oder nordalpinen Trias an der Westalpengrenze [Ortler-Decke (13), Dukan-Trias (14)]. Von der Ortler-Trias besteht auch eine Verbindung über die Aeladecke (im Liegenden des Silvrettakristallins) zur Deckscholle des Piz Toissa, die dem penninischen Flysch (10c) und der Plattadecke Graubündens aufliegt. Zwischen den verschiedenen zentralalpinen Schollen ist keine durchlaufende Grenze zu ziehen, so daß es auch nur lokal zur Deckenbildung kam (Engadiner Dolomiten, Ortler, Tribulaun, Stangalm), wobei die kristalline Basis nur selten vollkommen abgetrennt wurde (Troiseckzug im Mürztal). Vielfach ist die stratigraphische Zuordnung zum Mesozoikum unsicher (Rannachserie, Raasbergserie, Köflach, Mühlen usw., A. TOLLMANN, 1963).

Oberostalpin (14); Allgemeines

Die Hauptmasse der Ostalpen bildet jedoch die oberostalpine Schubmasse, die sich in die Decken der Nördlichen Kalkalpen, die Grauwackenzone und die kristalline Zentralzone aufgliedern läßt und deren südlichster Teil durch die tiefgreifende Transversalstörung der periadriatischen Naht (F. KAHLER, 1936; N. ANDERLE, 1951) oder Narbe als „Dinariden“ (E. SUSS, 1909) vom ostalpinen Stamm abgegliedert werden kann (schematische Übersichtsskizze). Abgesehen von der teilweise verschiedenen faziellen Ausbildung der Schichtsysteme des Ostalpins und der Dinariden unterscheiden sich die beiden Gebirgskämme des gemeinsamen Orogens durch die Bewegungsrichtung: Das Ostalpin ist nordwärts, die Dinariden im S südwärts (R. STAUB, 1950) über die Flyschbildung-

gen (9) als Decken bewegt worden (Zweiseitigkeit des Orogens nach L. KOBER, 1915, 1955).

Die Kalkalpen des Oberostalpins (14)

Auf Grund der beträchtlichen Ausdehnung der Kalkalpen des Oberostalpins konnte das Mesozoikum eine weitgehende Unterteilung (F. TRAUTH, 1937) erfahren. Untertrias (14 tu) mit permischen Anteilen (W. KLAUS, 1953; S. PREY, 1958) wurde abgetrennt, Mittel- und Obertrias (14 to) zusammengezogen, ferner Jura mit Neokom (14 j) verbunden. In den Dinariden hingegen wurde die Unterkreide mit der Oberkreide vereinigt (14 c). Von der höheren Kreide (14 c) wiederum wurden die liegenden Anteile in geschlossenen Gebieten als Cenoman (14 ce) abgeteilt, wobei auch ältere Schichtglieder (Albien, Aptien) als „Cenoman“ (14 ce) bezeichnet werden. Cenomanvorkommen im Liegenden der Gosau (Oberkreide 14 c) SW Wien wurden nicht von dieser abgetrennt (B. PLÖCHINGER, 1964). Die neuen Untersuchungen in den Gosaubecken der Alpen (R. OBERHAUSER, 1963) ergaben, daß in vielen Fällen die Sedimentation bis in das Paleozän und Untereozän andauerte und der nachgosauische Deckenschub demnach erst nach Unter-(Mittel-?)Eozän und vor Obereozän stattfand. Das Obereozän wurde erst auf dem fast fertigen Deckengebirge abgelagert und ist nur an wenigen Stellen erhalten (Reichenhall, Muthmannsdorf, Kirchberg a. W., Pitten, Wimpassing). Die Überschiebung der Flyschzone (9) durch die Kalkalpen (14) fand nach Befunden in den Flyschfenstern in den Kalkalpen frühestens nach Mitteleozän statt. In vielen Fällen kann in den Kalkalpen ein vorgosauischer Deckenbau von einem nachgosauischen abgetrennt werden. Außerdem haben auch im Campan bedeutende gebirgsbildende Bewegungen innerhalb der Ablagerungszeit der Gosauschichten stattgefunden und haben Umstellungen der Sedimentlieferung hervorgerufen (G. WOLETZ, 1954). Eine Unterscheidung von vor- und nachgosauischen Störungslinien konnte in der Karte wegen mangelnder Unterlagen nicht vorgenommen werden.

Da in den meisten Fällen nur die Tatsache der Störung als solche in den Kalkalpen erwiesen ist, das Ausmaß und die Bedeutung der Störungen jedoch stark abweichende Bewertung erfährt, wurden in der Karte die Grenzen der Kalkalpendecken nur als „Teildecken-Überschiebungen“ angegeben. Eine weitere fazielle Aufgliederung der mesozoischen Räume unterblieb ebenfalls, so daß die stärker abweichenden Zonen wie z. B. die Hallstätter Zone unter den juvavischen Decken und die mehr Jura-Anteile umfassende Allgäu-Frankenfelder Decke nicht gesondert erscheinen. Tufflagen im Schichtverbande wurden nicht berücksichtigt, hingegen der Vulkanismus von Predazzo in den Südalpen (μ) etwas übertrieben betont, da er noch mit Tiefengesteinen (Granit, Monzonit) in Verbindung steht (S. VARDABASSO, 1930). Größere Flächen der Oberkreide in den Dinariden (14 c) sind mit Gosausignatur versehen; kleinere Vorkommen aber, die teilweise in den dinarischen Deckenbau einbezogen sind, vereinigte man mit dem Eozänflysch (9). Die deckenförmige Lagerung der Nördlichen Kalkalpen einerseits und die autochthone Verbundenheit der Südlichen Kalkalpen mit dem Untergrund andererseits kommt in dem Profil zum Ausdruck. Der Südrand der Nördlichen Kalkalpen wurde als eine einheitliche Verschiebungslinie angegeben (W. HEISSEL, 1958; P. BECK-MANNAGETTA, 1955) — lokal südgerichtete Bewegungen (F. TRAUTH, 1937) —, obwohl die Verbundenheit mit der Grauwackenzone an einigen Stellen (z. B. Eisenerz) bekannt ist. Die Kalkvoralpendecken setzen sich gegen NE in den subtratischen Decken (Teilen der Križna- und Chočdecke) der Kleinen Karpaten fort (H. KÜPPER, 1960). In den Dinariden

(Julischen Alpen und weiter SE) sind auch südwärts gerichtete Deckenüberschiebungen über die autochthonen Flyschbildungen bekannt geworden (W. MEDWENITSCH, 1965).

Auf Kristallin, vielfach Phylliten, liegt im Südteil der Nordalpen die Triasserie des Drauzuges (Gailtaler Alpen und Nordkarawanken) mit Faziesbeziehungen vor allem zu den Nordtiroler Kalkalpen und Engadiner Dolomiten. In der sehr starken Tektonik sehen wir die Wirkung kräftiger Einengung, keineswegs aber eines Zerrungs- und Schwerkraft-Gleitmechanismus, wie er von VAN BEMMELEN (1961) vorgeschlagen wird. Südlich dieses Zuges streicht die Grenzzone zwischen Nord- und Südalpen durch, die vor allem durch bedeutende Unterschiede in der Trias, aber auch im liegenden Jungpaläozoikum als sehr wesentliche Störung („Transversalstörung“) gekennzeichnet wird.

Die Grauwackenzone; Paläozoikum des Oberostalpins und der Dinariden

Die paläozoischen Schichtglieder der Ostalpen wurden in jungpaläozoische (14 po) und altpaläozoische (14 pu) gegliedert. Karbon (auch Unterkarbon, z. B. Nötsch, Veitsch) und damit stratigraphisch verbundenes Perm wurden als Jungpaläozoikum vereinigt. In den Südalpen berücksichtigte man den Bozener Quarzporphyr (π) und seine Äquivalente im Oberostalpin (Aroser Dolomiten). Die kalkigen Anteile des Altpaläozoikums wurden ausgegliedert (H. VETTERS, 1933).

Das Paläozoikum der Ostalpen bildet bzw. bildete den Untergrund der mesozoischen Kalkalpen. Grauwackenzone und Grazer Paläozoikum sind derart in die alpidische Tektonik einbezogen, daß voralpidische Strukturen derzeit mit Sicherheit nicht anzugeben sind (H. FLÜGEL, 1961). Die E der Enns bekannte Deckengliederung in eine Veitscher Decke (unten) mit Karbon und klastischem Altpaläozoikum und (oben) eine Norische Decke mit karbonatischem und schiefrigem Altpaläozoikum (CORNELIUS, 1952), getrennt durch die „Norische Linie“ (L. KOBER, 1912), tritt im Kartenbild deutlich hervor. Weitere Deckengliederungen sind durch die Zwischenschaltung Zentralalpinen Mesozoikums (13) in der südlichen Grauwackenzone (Gurktaler Decke, H. STOWASSER, 1956; Nözlacher Decke, O. SCHMIDEGG, 1956) gegeben. Für weitere Deckengliederungen voralpidischen Alters in der südlichen Grauwackenzone sind die stratigraphischen Belege noch zu mangelhaft (Sausalpe S; E. CLAR, 1963). In den Südalpen sind Reste eines variscischen Deckengebirges in den Karnischen Alpen (F. HERITSCH, 1936; F. KAHLER & S. PREY, 1963) erhalten, dem Teile transgredierenden Oberkarbons (Naßfeldschichten) aufliegen und das durch die alpidische Tektonik relativ wenig gestört wurde. Im Seeberger Aufbruch ist die Fortsetzung gegen E zu verfolgen. Im Grazer Paläozoikum wird neben einem variscischen auch ein alpidischer Deckenbau angenommen (H. FLÜGEL, 1961, 1963).

In den Nord- und Südalpen wird die normale Unterlage des Paläozoikums von dem Quarzphyllit gebildet (ph), in dem Anteile von tiefem Silur und Kambrium enthalten sein dürften. In der südlichen Grauwackenzone wurden petrographisch entsprechende Gesteine des Altpaläozoikums als Quarzphyllit ausgeschieden. Sein Auftreten im Oberostalpin (14), wie im Unterostalpin (12 kr) zeigt die Verbundenheit der ostalpinen Baueinheiten an.

Das Kristallin des Oberostalpins

Ohne stratigraphische Diskordanz geht das Altpaläozoikum (14 pu) in das

Kristallin der Ostalpen über. Ein Bindeglied bildet die Landecker Phyllitgneiszone in Tirol, die dem Quarzphyllit (ph) angeschlossen wurde. Die kristallinen Anteile des Oberostalpins wurden nach dem Grad der Metamorphose von schwacher bis starker Umwandlung in Phyllite (ph), Glimmerschiefer (gl), Paragneise (pg) und Ortho-Granitgneise (og) unterteilt. Die ihnen eingelagerten Schiefer anderen Ausgangsmaterials, wie Marmor, Porphyroide, Grünschiefer, Amphibolite, Serpentine, Quarzite wurden dem jeweils vorherrschenden Schiefertyp untergeordnet und scheinen daher nicht auf. Diese Reduktion konnte größtenteils unbeschadet der Struktur des Kristallins durchgeführt werden, da diese Einlagerungen nur geringe Mächtigkeit gegenüber dem gesamten Schieferkomplex erreichen und daher auf der Karte weit übertrieben werden müßten (H. VETTERS, 1933; W. SCHRIEL, 1931). In dem vorliegenden Maßstabe kommt die tektonische Reihung auch bei dieser Gliederung entsprechend zum Ausdruck (z. B. Schlingentektonik im Ötztal, O. SCHMIDEGG, 1936, 1937 usw.). In Sau- und Koralpe sind die Glimmerschiefergebiete von den Schiefergneisen (pg) nicht hinreichend abtrennbar.

Eine weitere Unterteilung in Meso- und Katakristallin unterblieb, da diese Gliederung eine rein subjektive Einteilung darstellt (W. FRITSCH, 1962).

Als wesentliches Moment ist das Kristallin als gemeinsame Unterlage des Mesozoikums und Paläozoikums anzusehen (K. METZ, 1962), da eine weitere Abtrennung nach „Deckengrenzen“ in der Natur nicht erkennbar und die Übergänge von altpaläozoischen Schichten (Metadiabasen) in höher kristalline Schiefer ohne durchgreifende Störung an bestimmten Stellen angenommen werden muß (E. CLAR, 1953; P. BECK-MANNAGETTA, 1960; W. FRITSCH, 1960).

Im Profil wurde jegliche Untergliederung des ostalpinen Kristallins unterlassen. Die Ausläufer des Kristallins der Cima d'Asta konnten der Gliederung des ostalpinen Kristallins angeschlossen werden.

Überblick

Die geologischen Verhältnisse Österreichs sind durch den Bau der Ostalpen und der südlichen Böhmisches Masse gekennzeichnet. Dem alpinen Kettengebirge steht der variscische Block des moldanubisch-moravischen Kristallins und seines westlichen Vorlandes gegenüber, dessen Abtragungsmaterial zum Aufbau der alpinen Sedimente wesentlich beitrug. Der Deckenbau der Ostalpen zwischen den Westalpen und den Karpaten hatte seinen „Motor“ in der Zentralzone der Alpen. In der penninischen Baueinheit (10) kam es zu einem Zusammenwirken eines horizontalen Deckenschubes mit einem aus der Tiefe aufsteigenden Wärmestrom, dessen Wirkung als Tauernkristallisation bezeichnet wird. Während die alpine Metamorphose auf die penninische Zone i. W. beschränkt blieb, wanderte die Deckenbildung in ungleichen Zeitabständen in den Ostalpen und Karpaten gegen N—NW, in den Dinariden gegen S und SW. In der letzten jungtertiären Phase des alpidischen Deckenbaues ist ein Wandern der Gliederung von W nach E zu erkennen. Von da ab ist der Zerfall der Kräfte im alpinen Orogen so stark, daß eine Zersplitterung in mobile Teilbecken und starre Rücken stattfand, deren Verlauf auch voralpidische Strukturen wiedererscheinen läßt. Die mit diesem Erlöschen der horizontalen Kräfte verbundene vertikale Hebung der Alpen seit dem Jungtertiär führt über die Vergletscherungsphase der Eiszeiten zum heutigen Erscheinungsbild unserer schönen Heimat.

Literatur

- ALLEMANN, F., 1956: Geologie des Fürstentums Liechtenstein unter besonderer Berücksichtigung des Flyschproblems. Verl. Hist. Ver. f. Liechtenstein, Vaduz, 244 S.
- AMPFERER, O., 1933: Geologischer Führer für das Kaisergebirge. Verl. Geol. B. A., 132 S. Wien.
- ANDERLE, N., 1949—1951: Zur Schichtfolge und Tektonik des Dobratsch und seine Beziehung zur alpin-dinarischen Grenzzone. Jb. d. Geol. B. A. Wien (Fest)bd. 94, Teil I, S. 195—236.
- ANDRUSOV, D., 1960: Gedanken über das alpin-karpatische Falten-Decken-System. Geol. Sbornik, Bd. 11, S. 161—178, Bratislava.
- ANGEL, F., 1940: Mineralfazien und Mineralzonen in den Ostalpen. Jb. d. Univ. Graz, S. 251—304.
- BECK-MANNAGETTA, P., 1955: Tektonische Karte von Niederösterreich. Atlas von Niederösterreich, Wien, Österr. Akademie d. Wiss., 5. Lfg.
- BECK-MANNAGETTA, P., 1960: Die Stellung der Gurktaler Alpen im Kärntner Kristallin. Int. Geol. Congr. XXI. Sess. Norden, Copenhagen, Part. XIII., S. 418—430.
- BECK-MANNAGETTA, P., 1960: Bemerkungen zu A. TOLLMANN's tektonischer Synthese der Ostalpen. Geol. Rdsch. Bd. 50, S. 517—524, Stuttgart.
- BECK-MANNAGETTA, P., & BRAUMÜLLER, E.: Geologische Übersichtskarte der Republik Österreich mit tektonischer Gliederung. Verl. Geol. B.-A., Wien 1964.
- VAN BEMMELEN, R. W., 1961: Beitrag zur Geologie der westlichen Gailtaler Alpen (Kärnten, Österreich), II. Jb. B.-A., Wien, Bd. 104.
- BOBEK, H., 1963: Atlas der Republik Österreich 1 : 1,000.000. Öst. Ak. Wiss., Wien.
- BRAUMÜLLER, E., 1961: Die paläogeographische Entwicklung des Molassebeckens in Oberösterreich und Salzburg. Erdöl Zeitsch. Heft 11, Nov., 14 S. Wien.
- BRINKMANN, R., 1936: Über Fenster von Flysch in den nördlichen Kalkalpen. Jb. d. Preuß. Ak. d. Wiss. Berlin.
- BRIX, F., & GÖTZINGER, K., 1964: Die Ergebnisse der ÖMV AG in der Molassezone Niederösterreichs in den Jahren 1957—1963; Teil I: Zur Geologie der Beckenfüllung und des Untergrundes. Erdöl-Z. 80/2, Wien, S. 57—76.
- BUDAY, T., KODYM, O., MAHEL, M., MAŠKA, M., MATEJKA, A., SWOBODA, J., & ZOUBEK, V., 1960: Tektonik Development of Czechoslovakia. Naklad. Českoslov. Ak. Věd. Praha.
- CADISCH, J., 1953: Geologie der Schweizer Alpen, II. Auflage mit E. NIGGLI, Verl. Wepf & Co., Basel, 480 S.
- CARLE, W., 1950: Erläuterungen zur geotektonischen Übersichtskarte der SW-Deutschen Großscholle. Württ. Staat. LA.
- CLAR, E., 1953: Metamorphes Paläozoikum im Raume Hüttenberg. Der Karinthin, F. 22, S. 225—230.
- CLAR, E., FRITSCH, W., MEIXNER, H., PILGER, A., & SCHÖNENBERG, R., 1963: Die geologische Neuaufnahme des Saualpen-Kristallins (Kärnten), VI. Car. II, Jg. 73/153, S. 23—51, Klagenfurt.
- CORNELIUS, H. P., 1940: Zur Auffassung der Ostalpen im Sinne der Deckenlehre. Z. d. D. Geol. Ges. 92, Berlin, S. 271—312.
- CORNELIUS, H. P., 1952: Die Geologie des Müürztalgebietes (Erläuterungen zu Blatt Mürtzzuschlag 1 : 75.000). Jb. Geol. B. A. Wien, Sdbd. 4, 94 S.
- CORNELIUS, H. P., & CLAR, E., 1939: Geologie des Großglocknergebietes (I. Teil). Abh. Zw. Wien, Reichst. f. B., Bd. 25, Wien, 305 S.
- DUDEK, A., 1962: Zum Problem der moldanubischen Überschiebung im Nordteil der Thayakuppel. Geologie, Jg. 11, S. 757—791, Berlin.
- ERICH, A., 1961: Die Grauwackenzone von Bernstein (Burgenland, Niederösterreich). Mitt. Geol. Ges. in Wien, Bd. 53, S. 53—115.
- EXNER, Ch., 1949: Tektonik, Feldspatausbildungen und deren gegenseitige Beziehungen in den östlichen Hohen Tauern. Tsch. Min. Mitt. F. 3, Bd. 1, S. 197—284, Wien.
- EXNER, Ch., 1957: Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Gastein 1 : 50.000. Geol. B.-A., Wien, 168 S.
- FLÜGEL, H., 1960: Die tektonische Stellung des „Alt-Kristallins“ östlich der Hohen Tauern. N. Jb. Geol. Mh. Stuttgart, S. 202—220.
- FLÜGEL, H., 1963: Das Steirische Randgebirge. Sammlg. Geol. Führer, Bd. 42, Borntraeger, Berlin, 153 S.
- FLÜGEL, H., und Mitarbeiter, 1961: Die Geologie des Grazer Berglandes (Erläuterungen zur Geologischen Wanderkarte des Grazer Berglandes 1 : 100.000). Mitt. d. Mus. f. Bergbau, Geol. u. Tech. am Landesmus. „Joanneum“ Graz, Heft 23, 212 S.
- FRASL, G., 1958: Zur Seriengliederung der Schieferhülle in den mittleren Hohen Tauern. Jb. Geol. B.-A., Wien, Bd. 101, S. 323—472.

- FRITSCH, W., MEIXNER, H., PILGER, A., & SCHÖNENBERG, R., 1960: Die geologische Neuaufnahme des Saualpen-Kristallins (Kärnten) I. Mitt. nat. Ver. Kärnten, Car. II, Jg. 150, S. 7—28.
- FRITSCH, W., 1962: Erläuterungen zu einer neuen geologischen Übersichtskarte von Kärnten 1 : 500.000. Car. II, Jg. 72/152, S. 14—20, Klagenfurt.
- GANSS, O., und Mitarbeiter, 1955: Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1 : 300.000. Bayr. Geol. LA., München, 106 S.
- GÖTZINGER, G., 1954: Die Flyschzone. In Erl. zur geol. Karte d. Umgeb. v. Wien. Verl. Geol. B.-A., Wien.
- GRILL, R., 1953: Der Flysch, die Waschbergzone und das Jungtertiär um Ernstbrunn (Niederösterreich). Jb. Geol. B.-A., Wien, Bd. 94, S. 65—116.
- GRILL, R., 1958: Über den geologischen Aufbau des außeralpinen Wiener Beckens. Verh. d. Geol. B.-A., Wien, S. 44—54.
- HAIDINGER, W., 1845: Geognostische Übersichtskarte der Österreichischen Monarchie 1 : 864.000. K. K. Montanistisches Museo Wien.
- HAIDINGER, W. v., 1864: Geologische Übersichtskarte der österreichischen Monarchie, red. v. Fr. R. v. HAUER 1852—1862, 1 : 576.000. K. K. Geologische R.-A. Wien.
- ITTER v. HAUER, F., 1878: Geologische Karte von Österreich-Ungarn auf Grundlage der Aufnahmen der k. k. Geologischen Reichsanstalt. 1 : 2,016.000, 3. Aufl. Verl. Hölder.
- HEISSEL, W., 1956: Zur Geologie des Unterinntaler Tertiärgebietes. Mitt. Geol. Ges. Wien, Bd. 48, 1955, Wien, S. 49—70.
- HEISSEL, W., 1958: Zur Tektonik der Nordtiroler Kalkalpen. Mitt. Geol. Ges. Wien, Bd. 50, 1957, S. 95—132.
- HERITSCH, F., 1936: Die Karnischen Alpen. Geol. Inst. d. Univ. Graz 1936, 205 S.
- JANOSCHEK, R., 1959: Oil exploration in the Molasse basin of western Austria. Proc. 5, World P. C. Sect. I, Heft 47, New York, S. 849—864.
- JANOSCHEK, R., 1964: Das Tertiär in Österreich. Mitt. Geol. Ges. in Wien, Bd. 56/2/1963, S. 319—360.
- JANOSCHEK, R., KÜPPER, H. & ZIRKL, E., 1956: Beiträge zur Geologie des Klippenbereiches bei Wien. Mitt. Geol. Ges. Wien, Bd. 47, S. 235—308.
- KAHLER, F., 1936: Über den Verlauf der periadriatischen Naht östlich von Villach. Anz. d. Ak. d. Wiss., Wien, S. 179—182.
- KAHLER, F., 1953: Der Bau der Karawanken und des Klagenfurter Beckens. Car. II, 16. Sonderh., Klagenfurt, 78 S.
- KAHLER, F., & PREY, S., 1963: Erläuterungen zur Geologischen Karte des Naßfeld-Gartnerkofel-Gebietes in den Karnischen Alpen. Verl. Geol. B.-A., Wien, 116 S.
- KAPOUNEK, J., KAUFMANN, A., KRATOCHVIL, H., & KRÖLL, A., 1964: Die Erdöllagerstätte Schönkirchen Tief im alpin-karpatischen Beckenuntergrund. Erdöl-Z., Jg. 80/8, S. 305—317.
- KAPOUNEK, J., KRÖLL, A., PAPP, A., & TURNOVSKY, K., 1965: Die Verbreitung von Oligozän, Unter- und Mittelmiozän in Niederösterreich. Erdöl-Z., Jg. 81/2, S. 109—116.
- KARL, F., 1960: Über das Alter der Granite der Hohen Tauern. Geol. Rdsch., Bd. 50, S. 499—505, Stuttgart.
- KIESLINGER, A., 1929: Karawankenstudien I. Die Tektonik in den östlichen Karawanken. Clb. f. Min. Abt. B, Stuttgart, S. 201—229.
- KLAUS, W., 1953: Mikrosporenstratigraphie der ostalpinen Salzberge. Vh. Geol. B.-A. Wien, S. 161—175.
- KLEBELSBERG, R. v., 1940: Ein Ammonit aus dem Hochstegen-Kalk des Zillertales (Tirol). Z. Dt. Geol. Ges. Bd. 92, S. 582—586, Berlin.
- KOBER, L., 1912: Bericht über die geotektonischen Untersuchungen im östlichen Tauernfenster und seiner weiteren Umrahmung. Sb. k. k. Ak. Wiss. Wien, Math. nat. Kl. I/121, VS. 425—458.
- KOBER, L., 1912: Der Deckenbau der östl. Nordalpen. Denkschr. d. Ak. Wiss. math. nat. Kl., Bd. 88, 1913, S. 345—396, Wien.
- KOBER, L., 1915: Alpen und Dinariden. Geol. Rdsch., Bd. 5, 1914, S. 175—204, Leipzig.
- KOBER, L., 1955: Bau und Entstehung der Alpen, II. Auflage. F. Deuticke, Wien, 379 S.
- KOLLMANN, K., 1965: Jungtertiär im Steirischen Becken. Mitt. Geol. Ges. in Wien, Bd. 57/2/1964, S. 479—632.
- KRÖLL, A., 1964: Die Ergebnisse der Aufschlußbohrungen der ÖMV AG in der Molasse Niederösterreichs in den Jahren 1957—1963, Teil IV: Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen. Erdöl-Z., Jg. 80/6, S. 221—227.
- KÜPPER, H., 1960: Erläuterungen zu einer tektonischen Übersichtsskizze des weiteren Wiener Raumes. Mitt. Geol. Ges. in Wien, Bd. 53, S. 91—103.
- KÜPPER, H., 1965: Geologie von Wien. Verl. Br. Hollinek — Gebr. Borntraeger, Wien-Berlin.

- MEDWENITSCH, W., 1965: Exkursion III/8 vom 19. bis 26. September 1964: Dinariden — Übersichtsexkursion. Mitt. Geol. Ges. in Wien, Bd. 57/2/1964, S. 689—702.
- METZ, K., 1962: Das ostalpine Kristallin der Niederen Tauern im Bauplan der NE-Alpen. Geol. Rdsch., Bd. 52, S. 210—226, Stuttgart.
- OBERHAUSER, R., 1963: Die Kreide im Ostalpenraum Österreichs in mikropaläontologischer Sicht. Jb. Geol. B.-A. Wien, Bd. 106, S. 1—86.
- OBERHAUSER, R., 1964: Zur Frage des vollständigen Zuschubes des Tauernfensters während der Kreidezeit. Vh. Geol. B.-A. 1964.
- PAHR, A., 1960: Ein Beitrag zur Geologie des nordöstlichen Sporns der Zentralalpen. Vh. d. Geol. B.-A., S. 274—283, Wien.
- PAPP, A., & TURNOVSKY, K., 1964: Die Ergebnisse der Aufschlußbohrungen der ÖMV AG in der Molassezone Niederösterreichs in den Jahren 1957—1963; Teil II: Paläontologisch-biostratigraphische Ergebnisse. Erdöl-Z., Jg. 80/3, S. 93—99.
- PETRASCHECK, W., 1921/22: Kohlengeologie der österreichischen Teilstaaten I u. II. Die kohleführenden Formationen, Allgemeine Kohlengeologie. Berg- u. hütt. Jb., Bd. 69/70, Leoben, Heft 2, S. 1—20, Heft 3, S. 1—30.
- PLÖCHINGER, B., 1962: Geologischer Führer für Strobl am Wolfgangsee, Salzburg. Strobl Gmdamt, 6 S.
- PLÖCHINGER, B., (OBERHAUSER, R., & WOLETZ, G.), 1964: Die Kreide-Paleozänablagerungen in der Gießhübler Mulde, zwischen Perchtoldsdorf und Sittendorf (N.-Ö.). Mitt. Geol. Ges. in Wien, Bd. 56/2/1963, S. 469—501.
- PREY, S., 1957: Ergebnisse der bisherigen Forschungen über das Molassefenster von Rogatsboden (N.-Ö.). Jb. Geol. B.-A. Wien 100, S. 299—358.
- PREY, S., & KAHLER, F., 1958: Beiträge zu einem Karawankenprofil. Mitt. Geol. Ges. in Wien, Bd. 50, 1957, S. 271—292.
- PREY, S., 1962: Flysch- und Helvetikum in Salzburg und Oberösterreich. Z. D. Geol. Ges., Bd. 113, Hannover.
- PREY, S., 1965: Vergleichende Betrachtungen über Westkarpaten und Ostalpen im Anschluß an Exkursionen in die Westkarpaten. Verh. Geol. B.-A., Wien.
- PREY, S., RUTTNER, A., & WOLETZ, G., 1959: Das Flyschfenster von Windischgarsten innerhalb der Kalkalpen Oberösterreichs. Vh. Geol. B.-A. Wien, S. 201—216.
- RUTTNER, A., 1960: Das Flyschfenster von Brettl am Nordrand der niederösterreichischen Kalkalpen. Vh. Geol. B.-A. Wien, S. 227—236.
- SCHMIDEGG, O., 1936: Steilachsige Tektonik und Schlingenbau auf der Südseite der Tiroler Zentralalpen. Jb. Geol. B.-A. Wien, S. 115—149.
- SCHMIDEGG, O., 1946: Der geologische Bau der Stainacher Decke mit dem Anthrazitkohlenflöz am Nößlacherjoch (Brenner Gebiet). Ver. Mus. Ferd. Bd. 26, Jg. 1946, S. 1—19, Innsbruck.
- SCHMIDEGG, O., 1956: Neues zur Geologie des Brennermesozoikums (Blaserdecke und Serleskamm). Mitt. Geol. Ges. in Wien, Bd. 48, Jg. 1955, Wien, S. 271—295.
- SCHMIDT, W. J., 1956: Die Schieferinseln am Ostrand der Zentralalpen. Mitt. Geol. Ges. in Wien, Bd. 47, Jg. 1954, S. 360—365.
- SCHMIDT-THOME, P., 1962: Zur Geologie der Alpenrandzone bei Füssen. Jber. u. Mitt. oberrrh. geol. Ver. N. F. 44, S. 121—144.
- SCHRIEL, W., 1933: Carte géologique int. l'Europe, 2. Ed. Bl. C 5, 1931. Preuß. Geol. L.-A. Berlin.
- STAUB, R., 1924: Der Bau der Alpen. Beiträge Geol. Karte Schweiz, Bd. 82, NF. 52, 272 S., Bern.
- STAUB, R., 1950: Betrachtungen über den Bau der Südalpen. Eclog. Geol. Helv. Bd. 42, 1949, Basel, S. 215—408.
- STAUB, R., 1958: Klippendecke und Zentralalpenbau, Beziehungen und Probleme. Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz NF. 103, Bern 1958, 184 S.
- STOWASSER, H., 1956: Zur Schichtfolge, Verbreitung und Tektonik des Stangalm-Mesozoikums (Gurktaler Alpen). Jb. Geol. B.-A. Wien, Bd. 99, S. 75—199.
- STREIFF, V., 1962: Zur östlichen Beheimatung der Klippendecken. Ecl. Geol. Helv. Bd. 55, 1. S. 77—134, Bern.
- Suess, E., 1909: Das Antlitz der Erde. Bd. III/2, S. 1—789 (121), Wien, Tempsky.
- Suess, F. E., 1912: Die moravischen Fenster und ihre Beziehung zum Grundgebirge des Hohen Gesenkes. Denk. d. Math.-Nat. Kl. d. Ak. Wiss., Bd. 78, S. 541—631.
- TERMIER, P., 1904: Les nappes des Alpes orientales et la synthèse des Alpes. Bull. Soc. Géol. Fr. 4. Ser. Tom. 3, Paris 1903, S. 711—765.
- TOLLMANN, A., 1959: Der Deckenbau der Ostalpen auf Grund der Neuuntersuchungen des zentralalpiner Mesozoikums. Mitt. Ges. Geol. Bergb.-Stud. Wien, Bd. 10, S. 3—62.
- TRAUTH, F., 1937: Über die tektonische Gliederung der östlichen Nordalpen. Mitt. Geol. Ges., Bd. 29, Wien 1936, S. 473—573.

- VARDABASSO, S., 1930: Carta geologica del territorio eruttivo di Predazzo e Monzoni nelle Dolomiti di Fiemme a Fessa, Padova.
- VEIT, E., 1963: Der Bau der südlichen Molasse Oberbayerns auf Grund der Deutung seismischer Profile. Bull. Ver. Schweiz. Petrol-Geol. u. -Ing., Bd. 30 II. 78, S. 15—52.
- VETTERS, H., 1933: Geologische Karte der Republik Österreich 1: 500.000 und der Nachbargebiete, 2 Bl. Verl. d. Geol. B.-A. Wien.
- VETTERS, H., 1938: Über die Möglichkeit von Erdölvorkommen in der nordalpinen Flyschzone Österreichs. Bohrtechnikerzeitung, Jg. 56, Nr. 5, Wien.
- VETTERS, H., 1947: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Österreich und seinen Nachbargebieten. Geol. B.-A., Wien, 343 S.
- WALDMANN, L., 1951: Das außeralpine Grundgebirge Österreichs. Geol. v. Österreich, F. X. Schaffer, F. Deuticke, Wien, S. 10—104.
- WALDMANN, L., GRILL, R., & WEINHANDL, R., 1958: Führer zu geologischen Exkursionen im Waldviertel. Verh. d. Geol. B.-A. Wien, Sdh. E., Wien, 26 S.
- WINKLER-HERMADEN, A., 1957: Geologisches Kräftespiel und Landformung. Springer Wien, S. 1—822.
- WOLETZ, G., 1954: Schwermineralanalysen von Gesteinen aus Helvetikum, Flysch und Gosau. Vh. Geol. B.-A. Wien, S. 151—170.

Druckfehler-Berichtigung zur Karte 1:1,000.000

Die Gliederung der Druckfehler-Berichtigung wurde nach Baueinheiten (1—14) und innerhalb dieser von W nach E verlaufend vorgenommen:

Am Westrand von Linz ist 2 km ca. 6 mm weiter gegen S zu ziehen und E davon ein Streifen von 1 mm 4 mp mit Farbe und Kontur einzutragen.

Auf der Insel im Chiemsee (weiß) ist im Südteil 4 mm mit Kontur im N und qd im Nordteil einzutragen.

W „Z“ Zöbing weißer Fleck in 4 mn + Farbe zu ändern.

E K. 536 bei Zöbing weißer Fleck in 4 mn + Farbe zu ändern.

N „E“ Ober Ennstal im Tertiär fehlen die blauen Punkte von 5 mn.

E Bled, N der Straße Aßling—Krainburg Farbe der Parzelle χ in Farbe 5 χ ändern.

Um den Basalt NW St. Paul i. L. 5 mn statt 14 c; Farbe + Signatur ändern.

Streifen bei „u“ Vaduz in 9 + Farbe ändern.

Streifen bei „ST“ LIECHTENSTEIN blaue Striche fortlassen; Signatur in 12 c + Punkte ändern.

E Poschiavo Farbfleck (12 gr) fortlassen.

Deckscholle von Unterostalpin W Marina (Engadiner Fenster) Signatur 12 eintragen.

ESE Stanz zur Signatur 12 Farbe 12 der Linse geben.

Linse N Prutz, E Landeck am Inn, Signatur und Farbe 13 versehen.

W K. 2396, Zirbitzkogel, Fleck 13 in 14 pu kalkig (Farbe, Aufdruck und Signatur) ändern.

Weißer Fleck to, E Bruneck mit Farbe 14 to versehen.

Weißer Fleck to, E Bruneck, N t Pustertal mit Farbe 14 to versehen.

Weißer Fleck to, N Toblach mit Farbe 14 to versehen.

Die drei Einschlüßlappen im Bösensteingranit (K. 2445), Obersteiermark, von pg in gl mit Farbe zu ändern; (SW, W und N K. 2445).

SW K. 2416 Hochreichart gl — Lappen in pg Farbe und Signatur ändern.

N Seckau dreieckige Fläche pg in gl samt Farbe ändern.

SSW Seckau Fleck pg in Farbe und Signatur og ändern.

„min“ Gaming überdruckt Fenster (14 j Urmansau).

Fläche zu N des Bachergebirges, S der Drau, in tu mit Farbe ändern.

NE Peggau (N Graz) tektonisch begrenzte Fläche mit Aufdruck 14 pu kalkig versehen.

Deckscholle S Prein (Semmering) mit pg Farbe und Signatur versehen.

2. Teil

Stratigraphische Tabellen

VON SIEGMUND PREY

(Die sechs Tabellen befinden sich am Ende des Heftes)

Die auf der Karte 1 : 1,000.000 von Österreich ausgeschiedenen Farben erfahren in der Legende zwar eine Aufgliederung nach Alter und Umfang, nicht aber nach Gesteinen oder Schichtfolgen. Das gilt hauptsächlich für die sedimentären Schichten, während bei kristallinen Gesteinen und Erstarrungsgesteinen schon häufiger Gesteinsbezeichnungen angeführt sind. Es ist aber andererseits auch nicht möglich, die Vielfalt von Gesteinen und Schichten im Text der absichtlich sehr kurz gehaltenen Erläuterungen auch nur annähernd darzustellen. Um nun demjenigen Benützer der Karte, der mit der Geologie von Österreich nur wenig oder nicht vertraut ist, gewissermaßen die durch die Farben der Legende dargestellte Gesteinswelt lebendig werden zu lassen, werden diesen Erläuterungen stratigraphische Tabellen beigegeben. Der Autor hofft aber, daß auch der Fachmann öfter danach greifen wird.

Die unmittelbare Beziehung zwischen den Tabellen und der Karte stellen die Zahlen her, die über den Säulen der Legende und den entsprechenden Sparten der Tabellen stehen.

An die Vollständigkeit der Tabellen möge man keine allzu hohen Anforderungen stellen. Es ist manches vereinfacht und minder wichtiges weggelassen worden. Wie es die Sache mit sich bringt, sind einmal Schichtnamen, dann wiederum nur Gesteine angeführt. Bei den Schichtnamen sagt ein Teil sogar etwas über den Gesteinsinhalt aus (z. B. Dachsteinkalk), während bei anderen wegen Platzmangels oft auf eine nähere Charakterisierung verzichtet werden mußte. Wer sich noch genauer unterrichten will, möge auf die Auswahl an (neuerer, nach Möglichkeit zusammenfassender) Literatur zurückgreifen, die im folgenden angeführt ist und eventuell von hier aus in die Spezialliteratur eindringen. Natürlich gibt es nicht selten Unsicherheiten, die nach bestem Wissen und Gewissen überbrückt werden mußten. Die Tabellen sind aber so beschaffen, daß in den meisten Fällen eine nicht nur generelle Information gegeben ist.

Die Ausarbeitung der Tabellen besorgte S. PREY, wobei auch Kollegen der Geologischen Bundesanstalt zu Rate gezogen wurden, insbesondere P. BECK-MANNAGETTA, R. GRILL, H. HOLZER, R. OBERHAUSER und B. PLÖCHINGER.

Literatur zu den stratigraphischen Tabellen

- ABERER, F.: Die Molassezone im westlichen Oberösterreich und in Salzburg. — Mitt. Geol. Ges., Bd. 50, Wien 1958.
- ABERER, F., & BRAUMÜLLER, E.: Über Helvetikum und Flysch im Raume nördlich Salzburg. — Mitt. Geol. Ges., Bd. 49, Wien 1958.
- ALLEMANN, F.: Geologie des Fürstentums Liechtenstein (südwestlicher Teil). — Verl. Histor. Ver. Liechtenstein, Vaduz 1957.
- ALLEMANN, F., BLASER, R. & NÄNNY, P.: Neue Untersuchungen der Vorarlberger Flyschzone. — Eclogae geol. Helv., Bd. 44, Basel 1951.
- ANDERLE, N.: Zur Schichtfolge und Tektonik des Dobratsch und seine Beziehung zur Alpindinarischen Grenze. — Jahrb. Geol. B.-A., Bd. 94, Wien 1950.

- BEITRÄGE ZUR PLEISTOZÄNFORSCHUNG IN ÖSTERREICH (Exkursionen zwischen Salzburg und March)
BRANDTNER, F., FINK, J., FRASL, E., GRILL, R., KOHL, H., KÜPPER, H., PAPP, A., PIFFL, L.,
PREY, S., & WEINBERGER, L.). — Verh. Geol. B.-A., Sonderheft D, Wien 1955.
- VAN BEMMELEN, R. W.: Die zentralen Gailtaler Alpen. — Jahrb. Geol. B.-A., Bd. 104, Wien
1961.
- BRINKMANN, R.: Abriß der Geologie, II. Bd. — Verl. F. Encke, Stuttgart 1959.
- BRIX, F. & GÖTZINGER, K.: Die Ergebnisse der Aufschlußarbeiten der ÖMV AG. in der Molassezone Niederösterreichs in den Jahren 1957—1963. Teil I; Zur Geologie der Beckenfüllung und des Untergrundes. — Erdöl-Zeitschr., H. 2, Wien—Hamburg 1964.
- CADISCH, J.: Geologie der Schweizer Alpen. — Verl. Wepf & Co., Basel 1953.
- CLAR, E.: Über Schichtfolge und Bau der südlichen Radstädter Tauern (Hochfeindgebiet). — Sitzber. Akad. Wiss., mathem.-natwiss. Klasse, Abt. I, Bd. 146, Wien 1937.
- CLAR, E.: Von der Tarntaler Breccie (Lizum). — Sitzber. Akad. Wiss., mathem.-natwiss. Klasse, Abt. I, Bd. 149, Wien 1940.
- CORNELIUS-FURLANI, M.: Beiträge zur Kenntnis der Schichtfolge und Tektonik der Lienzer Dolomiten. — Sitzber. Akad. Wiss., mathem.-natwiss. Klasse, Abt. I, Bd. 162, Wien 1953.
- DEL NEGRO, W.: Geologie von Salzburg. — Univ.-Verl. Wagner, Innsbruck 1950.
- DEL NEGRO, W.: Salzburg. — Geol. B.-A., Bundesländerserie, Wien 1960.
- ERLÄUTERUNGEN zur geologischen Karte der Umgebung von Wien, 1 : 75.000 (GÖTZINGER, G., GRILL, R., KÜPPER, H., LICHTENBERGER, E., & ROSENBERG, G.). — Geol. B.-A., Wien 1954.
- ERLÄUTERUNGEN zur Geologischen Karte der Umgebung von Korneuburg und Stockerau. — Geol. B.-A., Wien 1962 (R.GRILL).
- ERLÄUTERUNGEN zur Geologischen Karte des Naßfeld-Gartnerkofelgebietes in den Karnischen Alpen, 1 : 25.000 (KAHLER F., & PREY, S.). — Geol. B.-A., Wien 1963.
- ERLÄUTERUNGEN zur Geologischen Karte der Sonnblickgruppe, 1 : 50.000 (EXNER, CH., & PREY, S.). — Geol. B.-A., Wien 1964.
- ERLÄUTERUNGEN zur Geologischen Karte von Bayern, 1 : 500.000. — Bayr. Geol. Landesamt, München 1964.
- EXKURSIONSFÜHRER für das achte mikropaläontologische Kolloquium in Österreich. — Geol. B.-A., Sonderheft F., Wien 1963.
- FINK, J.: Zur Korrelation der Terrassen und Löss in Österreich. — Eiszeitalter und Gegenwart, H. 7, Ohringen/Würt. 1956.
- FINK, J.: Leitlinien einer österreichischen Quartärstratigraphie. — Mitt. Geol. Ges., Bd. 53, Wien 1960.
- FINK, J.: Die Gliederung des Jungpleistozäns in Österreich. — Mitt. Geol. Ges., Bd. 54, Wien 1961.
- FINK, J.: Die Südostabdachung der Alpen. — Mitt. Österr. Bodenkundl. Ges., Wien 1961.
- FLÜGEL, H.: Die Geologie des Grazer Berglandes. — Mitt. Mus. f. Bergbau, Geol. u. Techn. (Joanneum), H. 23, Graz 1961.
- FLÜGEL, H.: Das Paläozoikum in Österreich. — Mitt. Geol. Ges., Bd. 56, Wien 1964.
- FRASL, G.: Zur Seriengliederung der Schieferhülle in den mittleren Hohen Tauern. — Jahrb. Geol. B.-A., Bd. 101, Wien 1958.
- FUCHS, W.: Tertiär und Quartär der Umgebung von Melk. — Verh. Geol. B.-A., Wien 1964.
- GEOLOGIE VON ÖSTERREICH (SCHAFER, F. X., u. a.), 2. Aufl. — Verl. F. Deuticke, Wien 1951.
- GEOLOGISCHER FÜHRER zu Exkursionen durch die Ostalpen. — Mitt. Geol. Ges., Bd. 57, Heft 1, Wien 1964. — Insbesondere die Exkursionen I/2, I/5, II/1, II/5.
- HERITSCH, F., & KÜHN, O.: Die Südalpen. — In: Geologie von Österreich, 2. Aufl., F. Deuticke, Wien 1951.
- JANOSCHEK, R.: Das Tertiär in Österreich. — Mitt. Geol. Ges., Bd. 56, Wien 1964.
- JANOSCHEK, R., KÜPPER, H., & ZIRKL, J. E.: Beiträge zur Geologie des Klippenbereiches bei Wien. — Mitt. Geol. Ges., Bd. 47, Wien 1956.
- KAPOUNEK, J., KRÖLL, A., PAPP, A., & TURNOVSKY, K.: Die Verbreitung von Oligozän, Unter- und Mittelmiozän in Niederösterreich. — Erdöl-Erdgas-Zeitschr., 81. Jhg., Wien—Hamburg 1965.
- KLEBELSBERG, R. v.: Geologie von Tirol. — Berlin 1935.
- KÜBLER, H., & MÜLLER, W.-E.: Die Geologie des Brennermesozoikums zwischen Stubai und Pferschtal (Tirol). — Jahrb. Geol. B.-A., Bd. 105, Wien 1962.
- KÜPPER, H.: Zur Geschichte der Wiener Pforte. — Mitt. Geograph. Ges., Bd. 100, Wien 1958.
- KÜPPER, H.: Beobachtungen in der Hauptklippenzone bei Stollberg, N.-Ö. — Verh. Geol. B.-A., Wien 1962.

- KÜPPER, H.: Geologie von Wien. — Verl. Br. Hollinek & Gebr. Borntraeger, Wien-Berlin 1965.
- MEDWENITSCH, W., & SCHLAGER, W.: Exkursion I/5, Ostalpenübersichtsexkursion. — Mitt. Geol. Ges., Bd. 57, Heft 1, Wien 1964.
- METZ, K. & a.: Beiträge zur Geologie der Rottenmanner und östlichen Wölzer Tauern. — Verh. Geol. B.-A., Wien 1964.
- NÄNNY, P.: Zur Geologie der Prättigauschiefer zwischen Rhätikon und Plessur. — Gebr. Fretz AG, Zürich 1948.
- OBERHAUSER, R.: Neue Beiträge zur Geologie und Mikropaläontologie von Helvetikum und Flysch im Gebiet der Hohen Kugel. — Verh. Geol. B.-A., Wien 1958.
- OBERHAUSER, R.: Die Kreide im Ostalpenraum Österreichs in mikropaläontologischer Sicht. — Jahrb. Geol. B.-A., Bd. 106, Wien 1963.
- PICHLER, H.: Neue Ergebnisse zur Gliederung der unterpermischen Eruptivfolge der Bozener Porphyry-Platte. — Geol. Rundschau, Bd. 48, Stuttgart 1959.
- PILGER, A. & SCHÖNENBERG, R.: Der erste Fund mitteltriadischer Tuffe in den Gailtaler Alpen (Kärnten). — Zeitschr. Deutsch. geol. Ges., Bd. 110, Hannover 1958.
- PREY, S.: Gedanken über Flysch und Klippenzonen in Österreich anlässlich einer Exkursion in die polnischen Karpaten. — Verh. Geol. B.-A., Wien 1960.
- PREY, S.: Flysch und Helvetikum in Salzburg und Oberösterreich. — Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., Bd. 113, Hannover 1962.
- PREY, S.: Neue Gesichtspunkte zur Gliederung des Wienerwald-Flysches. — Verh. Geol. B.-A., Wien 1962.
- PREY, S.: Neue Gesichtspunkte zur Gliederung des Wienerwaldflysches (Fortsetzung). — Verh. Geol. B.-A., Wien 1965.
- PREY, S. & KAHLER, F.: Beiträge zu einem Karawankenprofil. — Mitt. Geol. Ges., Bd. 50, Wien 1958.
- REGIONAL GEOLOGY OF CZECHOSLOVAKIA. J. Svoboda et al., Part II. — Geological survey, Prague (In Vorbereitung. Der tschechische Text ist 1964 erschienen).
- RICHTER, M.: Die Allgäu-Vorarlberger Flyschzone und ihre Fortsetzungen nach Westen und Osten. — Zeitschr. Deutsch. geol. Ges., Bd. 108, Hannover 1957.
- RIEHL-HERWIRSCH, G.: Die postvariscische Transgressionsserie im Bergland östlich vom Magdalensberg (Kärnten—Österreich). — Mitt. Ges. d. Geologie- u. Bergbaustudenten, Bd. 14—15, Wien 1965.
- ROSENBERG, G.: Geleitworte zu den Tabellen der Nord- und Südalpinen Trias der Ostalpen. — Jahrb. Geol. B.-A., Bd. 102, Wien 1959.
- SCHLAGER, W.: Zur Geologie der östlichen Lienzer Dolomiten. — Mitt. Ges. d. Geologie- u. Bergbaustudenten, Bd. 13, Wien 1963.
- SCHMIDEGG, O.: Neues zur Geologie des Brennermesozoikums (Blaserdecke und Serleskamm). — Mitt. Geol. Ges. (R. v. Klebelsberg-Festschrift), Bd. 48, Wien 1957.
- SPENGLER, E.: Die nördlichen Kalkalpen, die Flyschzone und die Helvetische Zone. — In: Geologie von Österreich. 2. Aufl., F. Deuticke, Wien 1951.
- STOWASSER, H.: Zur Schichtfolge, Verbreitung und Tektonik des Stangalm-Mesozoikums (Gurktaler Alpen). — Jahrb. Geol. B.-A., Bd. 99, Wien 1956.
- THENIUS, E.: Niederösterreich. — Geol. B.-A., Bundesländerserie, Wien 1962.
- TOLLMANN, A.: Semmering und Radstädter Tauern. — Mitt. Geol. Ges., Bd. 50, Wien 1958.
- TOLLMANN, A.: Ostalpensynthese. — Verl. Deuticke, Wien 1964.
- TRAUTH, F.: Die fazielle Ausbildung und Gliederung des Oberjura in den nördlichen Ostalpen. — Verh. Geol. B.-A., Wien 1948.
- TRAUTH, F.: Zur Geologie des Voralpengebietes zwischen Waidhofen a. d. Ybbs und Steinmühl östlich von Waidhofen. — Verh. Geol. B.-A., Wien 1954.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Über weitere Beobachtungen in Nordslovenien (ehemalige Untersteiermark und Krain) und im österreichischen Anteil der Nordkarawanken. — Anzeiger Akad. Wiss., mathem.-natwiss. Klasse, Wien 1959.
- ZAPPE, H.: Das Mesozoikum in Österreich. — Mitt. Geol. Ges., Bd. 56, Wien 1964.

3. Teil

Erläuterungen zur Karte der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe der Republik Österreich

Von HERWIG HOLZER
Mit einem Beitrag von RUDOLF GRILL

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einführung und Zielsetzung	30
2. Gesichtspunkte zur Darstellung, Methodisches	30
3. Die benutzten Grundlagen	31
4. Zum Inhalt der Karte	32
A. Geologischer Untergrund	32
B. Lagerstätten	35
1. Erzvorkommen (a—o)	35
Allgemeines zur ostalpinen Vererzung	41
2. Industriemineralien — Steine und Erden (a—t)	42
3. Feste Brennstoffe und Bitumen (a—e)	47
4. Erdöl und Erdgas (von RUDOLF GRILL)	51
Anhang: Österreichs Bergbauproduktion 1962 und 1963	56
5. Literaturverzeichnis	57

(Manuskript abgeschlossen 1964)

1. Einführung und Zielsetzung

Österreich ist ein altes Bergbau-Land. Die Gewinnung von Kupfererzen und Steinsalz geht auf prähistorische Epochen zurück, während in keltisch-römischer Zeit der Bergbau auf Eisenerz und Edelmetalle seinen Anfang nahm. Der Fleiß alpiner Bergleute brachte im ausgehenden Mittelalter reichen Bergsegen. In der Neuzeit führte das Einsetzen der Industrialisierung zu einer neuen Blütezeit.

Heute sind von den einst zahllosen Gruben und Gewinnungsstätten in unseren Bergen nur mehr wenige Bergbaue in Betrieb, die auf den seltenen großen Lagerstätten bauen. In den letzten Jahren betrug die Wertschöpfung des österreichischen Bergbaues etwa 3% des Brutto-Sozialproduktes, woran der junge Zweig des Erdöl- und Erdgasbergbaues einen namhaften Anteil hat, gefolgt vom Bergbau auf „Steine und Erden“.

Die mit der „Karte der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe“ verfolgte Zielsetzung war zunächst eine kartographische Darstellung der zahlreichen, stofflich vielfältigen Anhäufungen nutzbarer Minerale und Gesteine; Mineralanreicherungen, die im Weltmaßstab gesehen nur zum geringen Teil als „Lagerstätten“ sensu strictu gelten können, deren Anzahl aber das alte Wort „Österreich ist reich an armen Lagerstätten“ verständlich macht. Die Lagerstättenkarte soll weiters die Betrachtung der Lagerstätten in ihrer Gebundenheit an die geologische Umgebung, die Bedeutung geologischer Einheiten oder tektonischer Linien für die räumliche Anordnung der Mineralisationen ermöglichen. Über eine annähernd lückenlose Darstellung dessen, was in Österreich beschürft und gewonnen wurde oder in Abbau steht hinaus, kann eine vergleichende Untersuchung der in den geologischen Baugliedern regellos oder gesetzmäßig angeordneten Vorkommen wissenschaftliche Aussagen ermöglichen. Schließlich mag eine früher beschürfte, heute unbauwürdig erachtete Lagerstätte in naher oder ferner Zukunft wieder wirtschaftliche Bedeutung bekommen, sei es durch einschneidende Verknappung an Rohstoffen, durch neuartige Gewinnungsmethoden oder neu entwickelte Verfahren zur Nutzbarmachung von Stoffen, die bislang keinen praktischen Wert besaßen.

2. Gesichtspunkte zur Darstellung, Methodisches

Die vorliegende Darstellungsform ergab sich aus dem vorgeschriebenen Maßstab 1 : 1 Mio, welcher für die umrissene Zielsetzung äußerst knapp ist. Der geologische Untergrund, der für die „alpinotype“ Betrachtung der Lagerstätten (W. E. PETRASCHECK, 1962), nämlich die Bodenschätze im Rahmen des geologischen Baues und der geologischen Geschichte ihrer Umgebung zu verstehen, von wesentlicher Bedeutung ist, mußte auf vorliegender Karte weitestgehend vereinfacht werden.

Aus technischen Gründen waren vielfarbige Symbole nicht verfügbar. In der Farbgebung der Lagerstätten-Symbole kommt nur das Hauptmineral bzw. Hauptmetall des Vorkommens zum Ausdruck. Es wurde weiters versucht, in den Farben der Symbole Verwandtes oder in der Verwendungsart Ähnliches mit verwandten Farben auszuführen. Die Karte enthält sämtliche mineralischen Rohstoffe, soweit diese unter die Aufsicht der Bergbehörden fallen: Erze, die meisten Steine und Erden — Industrieminerale, feste Brennstoffe, Erdöl und Erdgas. Eine Abstufung der Symbole nach der Größe oder wirtschaftlichen Bedeutung der Lagerstätte scheiterte am Kartenmaßstab. Die verwendeten zwei

Symbolgrößen deuten sehr relative Größenunterschiede an. Öl- und Gaslagerstätten wurden in Flächensignatur ausgeführt, wodurch ein Vergleich der Größenordnung der einzelnen Felder möglich ist.

Zur Verbesserung der Lesbarkeit wurden für alle Erze quadratische, für die Industriemineralien runde und für Kohlen und Ölschiefer dreieckige Symbole gewählt. Die verschiedene Intensität bzw. Wertigkeit der Aufdruckfarben gestattet eine — wenn auch sehr grobe — Reihung nach der Bedeutung des einzelnen Minerals. Zur Zeit nicht abgebaute Rohstoffe wie Flußspat oder Molybdänerze, die aber an Bedeutung gewinnen könnten, wurden in die Darstellung einbezogen. Im Jahre 1960 in Abbau stehende Lagerstätten (mit Ausnahme der Öl- und Gasvorkommen) tragen ein Schlägel-und-Eisen-Zeichen, wobei zu bemerken ist, daß dieses aus Rummangel nicht immer genau über dem entsprechenden Lagerstättensymbol zu liegen kommt. Eine Gliederung der Kohlenvorkommen nach ihrem erdgeschichtlichen Alter hätte einen größeren Kartenmaßstab verlangt, doch läßt der geologische Untergrund gewisse Rückschlüsse zu.

Es war a priori nicht beabsichtigt, in der Karte auf die Entstehung der Lagerstätten Bezug zu nehmen. Die Genesis bestimmter Lagerstättengruppen (z. B. der kalkalpinen Blei-Zink-Vererzungen) wird gegenwärtig lebhaft diskutiert. Unseres Erachtens nach liegt es nicht in der Zielsetzung einer kleinmaßstäblichen Übersichtskarte, die oft zu wenig abgeklärte Frage nach der Entstehungsweise entscheiden zu wollen, doch wird im folgenden Text stellenweise darauf Bezug genommen.

Der Vorschlag von W. E. PETRASCHECK (1963), im Lagerstätten-Symbol neben Merkmalen wie Stoffbestand, Größe, Alter und Entstehung auch die Form der Lagerstätte zum Ausdruck zu bringen, scheiterte daran, daß der Maßstab keine weitere Untergliederung der Symbole gestattete.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß die Faktoren Maßstab, angestrebte Vollständigkeit der Darstellung, Übersichtlichkeit und Lesbarkeit zahlreiche Kompromisse erforderten, die die mit solchen Arbeiten vertrauten Fachkollegen überblicken und verstehen werden.

3. Die benutzten Grundlagen

Die bisher veröffentlichten Lagerstättenkarten (H. TERTSCH, 1918, und O. M. FRIEDRICH, 1953) unterscheiden sich von vorliegender Karte durch ihre andere räumliche Begrenzung, Maßstab und durch den anders gewählten stofflichen Inhalt. Während der Karte von TERTSCH heute wohl nur mehr historische Bedeutung zugemessen werden kann, ist die „Erzlagerstättenkarte der Ostalpen“ (O. M. FRIEDRICH, 1953) die erste gründliche Darstellung der ungemein zahlreichen ostalpinen Erzvorkommen, gegliedert nach genetischen Gesichtspunkten. Unserer Darstellung analog ist die Karte „Lagerstätten von Erzen, Kohlen, industriell nutzbaren Mineralen, Erdöl und Erdgas in Niederösterreich und in den angrenzenden Gebieten“, 1 : 500.000, K. LECHNER, A. RUTTNER & R. GRILL, 1958. Sie wurde zum großen Teil mitverarbeitet.

Die vorliegende Karte zugrunde liegenden Unterlagen bildet das Archiv der Abteilung Lagerstätten und Bergbau der Geologischen Bundesanstalt, in seiner gegenwärtigen Form eine Frucht jahrlanger Arbeiten von Dipl.-Ing. K. LECHNER († 1958), der sich der Mühe unterzogen hatte, die österreichischen Mineralvorkommen möglichst lückenlos auf Manuskriptblättern im Maßstab 1 : 75.000 und

1 : 200.000 einzutragen. Hierzu kommen noch die unfertig verbliebenen Entwürfe einer Darstellung 1 : 500.000.

Die Bearbeitung der Erdöl- und Erdgaslagerstätten durch R. GRILL fußt auf den Unterlagen der Abteilung Erdöl der Geologischen Bundesanstalt.

Für den geologischen Untergrund konnte der Konturendruck der „Geologischen Übersichtskarte der Republik Österreich mit tektonischer Gliederung“, 1 : 1 Mio, von P. BECK-MANNAGETTA, Mitarbeit E. BRAUMÜLLER (1964), verwendet werden.

Eine Auswahl der reichen Literatur über österreichische Lagerstätten findet sich am Ende des Textes.

Für die Benützung der Lagerstättenkarte empfiehlt es sich, die „Geologische Übersichtskarte“ gleichen Maßstabes, ferner die „Geologische Karte der Republik Österreich und der Nachbargebiete“ 1 : 500.000 (H. VETTERS, 1933) sowie fallweise geologische Spezialkartenblätter zu verwenden. Da die letztgenannten Blätter vielfach im Maßstab 1 : 75.000 veröffentlicht sind, ferner die Geologische Karte 1 : 500.000 die Koordinaten der früheren topographischen Spezialkarte 1 : 75.000 trägt, sind diese Koordinaten auch auf vorliegender Karte eingetragen. In der Randleiste ist überdies der Schnitt der österreichischen Karte 1 : 50.000 in blauer Farbe angedeutet (je zwei Blätter 1 : 50.000 ergeben ein Blatt 1 : 75.000). Die topographische Grundlage unserer Karte bildet die von Freytag-Berndt und Artaria gelieferte „Arbeitskarte Österreich-Atlas“, 1 : 1 Mio.

4. Zum Inhalt der Karte

A. Geologischer Untergrund

Mit der „Geologischen Übersichtskarte“ 1 : 1 Mio stand eine, dem letzten Stand der Kenntnisse entsprechende Unterlage zur Verfügung. Neben dem Vorzug des gleichen Maßstabes konnten dabei die für eine Lagerstättenkarte wichtigen tektonischen Linien z. T. übernommen werden. Um die vielen Mineralvorkommen darstellen zu können, wurden die geologischen Ausscheidungen wesentlich vereinfacht. Außerdem fiel neben einer Lichtung des topographischen Inhaltes der Arbeitskarte (Verringerung der Ortsnamen, Löschung der Höhenschichtenlinien) auch das Eisenbahnnetz der Lesbarkeit zum Opfer. Daß die genannten Vereinfachungen vielfach gewaltsam durchgeführt werden mußten, war unvermeidbar, wenn die Anordnung der Lagerstätten in den geologischen Bauseinheiten deutlich hervortreten sollte. Maßstab und Ortsnamen gestatten nur eine grobe Lokalisierung der Vorkommen. Es ist bekannt, daß für die Eintragung der Einbaue eines Bergbaureviers meist auch großmaßstäbliche Karten nicht ausreichen. Die Lagerstättensymbole bezeichnen im allgemeinen die Haupteinbaue (Stollen, Schächte bzw. Tagbaue), wobei diese nicht immer in jenen geologischen Straten liegen, in welchen die Lagerstätte selbst aufsetzt. Manchmal mag ein Lagerstättensymbol noch teilweise in die angrenzende geologische Einheit hineinreichen.

Das Zusammenziehen zu geologischen Großeinheiten erfolgte u. a. auch vom Gesichtspunkt aus, die für die Lagerstättendarstellung weniger wichtigen Unterscheidungen zu vernachlässigen.

In der Großgliederung Böhmisches Massiv — Tertiäre Becken — Alpen werden auch dem Fernerstehenden die Hauptelemente des geologischen Aufbaues unseres Landes verständlich.

Im österreichischen Anteil am außeralpinen Grundgebirge der B ö h m i s c h e n M a s s e mußten die beiden tektonischen Hauptelemente Moldanubikum und Moravikum in gleicher Farbgebung gezeichnet werden. Die granitischen (und verwandten) Gesteine in beiden Einheiten sind in gleicher Farbe ausgeführt, in welcher auch der Bittescher Gneis zur Darstellung kam (Kaolinlagerstätten in beiden Gesteinsgruppen). Orthogneise (hauptsächlich Gföhler Gneis) und Granulite tragen eine gemeinsame Aufdruck-Signatur, ohne damit eine genetische Verwandtschaft dieser Felsarten andeuten zu wollen. Unter „Metamorphikum im allgemeinen“ verbergen sich vielfältige Gesteine (Gneise verschiedener Abkunft, Amphibolite, Marmore u. a.).

Tertiäre Becken: hierin sind neben den inneralpinen Tertiärbecken die tertiären Ablagerungen auf der Südost-Abdachung der Alpen, die Molassezone in Ober- und Niederösterreich und die tertiäre (z. T. stellenweise auch ältere) Bedeckung der Böhmisches Masse vereinigt. Zu diesen tektonisch wie stratigraphisch verschiedenartigen Bereichen wurde auch die Waschbergzone geschlagen. Wir sind uns bewußt, damit wichtige tektonische wie fazielle Gegebenheiten simplifiziert zu haben, wollen aber doch das lagerstättenmäßig Gemeinsame dieser Zonen hervorheben, in welchen sich die wirtschaftlich bedeutenden Erdöl-, Erdgas-, Kohlen-, Sand- und Tonlagerstätten befinden.

Hier ist zu erwähnen, daß manche Schürfe oder Baue auf Kohle in kleinen Tertiärmulden des Grundgebirges umgingen, wobei das Tertiär ob seiner geringen Ausdehnung in der Karte nicht mehr darstellbar war (so liegen z. B. die Symbole für Glanzkohlen nördlich von Amstetten, N.-Ö., in der Ausscheidung „Granite und verwandte Gesteine“).

Die vielfach mächtige Bedeckung mit quartären Ablagerungen wurde nicht eigens ausgeschieden; nur die bedeutendsten quartären (bis rezenten) Talfüllungen und Becken konnten dargestellt werden.

Flyschzone und Helvetikum, Klippenzonen: Auch in dieser Großeinheit verbergen sich stratigraphisch, faziell und tektonisch verschiedene Bauglieder. Vom lagerstättenkundlichen Standpunkt aus sind diese Bereiche mit Ausnahme der Phosphoritvorkommen des Bregenzer Waldes und der auflässigen Kohlengruben in den Grestener Schichten (Lias) bei Waidhofen und Gresten von geringer Bedeutung. Allerdings mag sich die Prospektion auf Erdöllagerstätten in Zukunft auf diese Zonen ausdehnen.

Einige der in letzter Zeit untersuchten Flyschfenster innerhalb der nördlichen Kalkalpen (Brettel, Windischgarsten, Wolfgangsee) sind in der Karte angedeutet.

Mesozoikum: Diese Großeinheit umfaßt die nördlichen und südlichen Kalkalpen, einschließlich der oberkretazischen Gosausedimente. Eine farbmäßige Untergliederung der vom Oberperm bis in die Oberkreide (stellenweise Alttertiär) reichenden Schichtfolge war nicht durchführbar, wenn auch diese auf der Karte einheitlich erscheinende Zone durch tektonische Linien aufgelockert wurde. Wichtige Lagerstätten im Mesozoikum sind Blei-Zink-Erze, Bauxit, Steinsalz, Gips-Anhydrit, Ölschiefer sowie die einst zahlreichen Steinkohlenbergbaue in den obertriadischen Lunzerschichten. Durch Einbeziehung der Gosausedimente fallen auch die beiden Steinkohlengruben in der Gosaumulde der Neuen Welt hierher.

Paläozoikum der Nord- und Südalpen: Hier wurde vereinigt: die nördliche Grauwackenzone mit ihren Lagerstätten von Eisenerz, Kupfer, Magnesit, Talk, Graphit, Schwespat u. a., das Grazer Paläozoikum (Blei-Zink), die paläozoischen Ablagerungen in Osttirol und Kärnten bzw. Steiermark

wie auch die Aufbrüche von Paläozoikum im südlichen Burgenland. Eine Untergliederung dieser durch das gehäufte Auftreten von Lagerstätten gekennzeichneten Abschnitte ließ der Kartenmaßstab nicht zu, obwohl eine Ausscheidung der Karbonatgesteine und der umgewandelten Erstarrungsgesteine (Diabase, Porphyroide) genetisch bedeutsam gewesen wäre.

Quarzphyllite und verwandte Gesteine: Diese Zusammenfassung ist eine Kompromißlösung. Einerseits handelt es sich hier um umgewandelte paläozoische Sedimentfolgen (und älter?), andererseits werden hier auch rückschreitend umgewandelte kristalline Gesteine (Phyllonite) vertreten sein.

Zu korrigieren ist der fälschlich in seiner Gesamtheit mit dem Quarzphyllit-Aufdruck versehene Komplex im Raume Steinach-Brenner mit den Anthrazitvorkommen des Karbons.

Metamorphikum im allgemeinen: Auch hier waren stärkste Vereinfachungen notwendig, um eine flächige Darstellung des Untergrundes zu wahren. Der Abschnitt umfaßt die weiten Gebiete des ostalpinen „Altkristallins“ mit seinen Glimmerschiefern, Gneisen, Amphiboliten usw. Wichtige Gesteinsgruppen wie Marmore und Serpentine, die Abgrenzung von Orthogneiskomplexen oder granitischer Körper mußten wegen des kleinen Maßstabes der Karte unberücksichtigt bleiben.

Metamorphes Mesozoikum: Seine Abgrenzung dient hauptsächlich einer gewissen tektonischen Gliederung des Untergrundes, ohne auf Begriffe wie Unter- und Mittelostalpin eingehen zu wollen. Nicht alle der hier zusammengezogenen Gesteinsgruppen sind metamorphe mesozoische Sedimente, da — stellenweise erzählende — Grünschiefer sowie Serpentine, wie z. B. in der „Matreier Zone“, hierherfallen.

Penninikum:

a) **Zentralgneise:** Im Bereich des Tauernfensters wurden die Zentralgneise einheitlich dargestellt, ohne auf die in letzter Zeit in den westlichen Tauern vorgenommene Gliederung in „alte“ und „junge“ Serien (F. KARL, 1960) einzugehen. Der Begriff Zentralgneis umfaßt in unserer Darstellung neben den granitischen und verwandten Gesteinen auch Migmatite.

b) **Schieferhülle:** Die „Bündner Schiefer“ des Engadiner Fensters, die Gesteine der „zentralen“ und „peripheren“ Schieferhülle (CH. EXNER) wurden ungeachtet ihrer z. T. verschiedenen stratigraphischen Stellung und petrographischen Beschaffenheit zusammengefaßt. Die Schieferinseln von Rechnitz und Bernstein (Bgld.), über deren Alter und Tektonik noch diskutiert wird, wurden ebenfalls mit der Schieferhüllen-Signatur gezeichnet, da ihre Gesteine immerhin gut mit höheren Anteilen der Schieferhüllserien der Hohen Tauern vergleichbar sind.

Intrusiva der alpin-dinarischen Narbe: Innerhalb der Staatsgrenzen zählen hierher die spätpaläozoischen Intrusiva des Hochgall-Rieserfernerstockes (Tonalite) und die granitischen bzw. tonalitischen Gesteine der Aufbruchszone von Eisenkappel. Leider verbot der Kartenmaßstab eine Ausscheidung des den Periadriatika zugeschriebenen Ganggefülles von Porphyriten u. ä. (z. B. Kreuzeck-, Schobergruppe).

Junge Vulkanite: Die jungtertiären Vulkanite am Alpenostrand erhielten die gleiche Farbgebung; eine Trennung in Trachyte, Andesite und Basalte erschien für unsere Darstellung unwesentlich.

B. Lagerstätten

Der verfügbare Raum gestattet es nicht, die auf der Karte verzeichneten Vorkommen einzeln zu besprechen, da dies über den Rahmen einführender Erläuterungen weit hinausginge. Wir müssen uns beschränken, eine allgemein gehaltene Übersicht zu geben, auch wenn damit eine Vergrößerung und Vereinfachung in Kauf genommen werden muß.

1. ERZVORKOMMEN

a) Eisenerze

Außeralpines Grundgebirge: Wirtschaftlich wenig bedeutende Eisenerzvorkommen wurden im vergangenen Jahrhundert hauptsächlich im nördlichen Waldviertel abgebaut. Die Erze finden sich als Magnetit in Skarngesteinen, als Brauneisenstein im „Eisernen Hut“ von Kiesanreicherungen in kristallinen Schiefern, gelegentlich als limonitisierte Quetschzonen in Gneisen oder Granit.

Flyschzone und Helvetikum sind erzleer, mit Ausnahme eines Vorkommens von Rot- und Brauneisenstein in eozänen Nummulitenkalken des Helvetikums (Rötelstein südl. Dornbirn), das zwischen 1580 und 1814 gebaut wurde.

Nördliche und südliche Kalkalpen: Die Eisenlagerstätten dieser Zonen erreichten mit wenigen Ausnahmen nur geringe wirtschaftliche Bedeutung. Zeitweise wurden oxydische Eisenerze (Limonit) in Verwitterungszonen von kiesführenden Gesteinen (meist Raibler Schichten) gebaut, z. B. Säuling nördlich Reutte.

Ein anderer Typus sind Lagerstätten oxydischer Erze, die als Schläuche bzw. Spalten- und Taschenausfüllungen in zerrütteten oder verkarsteten Triaskalken aus Verwitterungslösungen ausgeschieden wurden. Beispiele: Reichraming-Arzberg, Kleinzell. Wir kennen weiters chemisch-sedimentäre Ausscheidungen in Form von Toneisensteinen (Sphärosideriten) als Zwischenmittel in Kohleflözen und die unter „Bauxit“ später zu besprechenden, z. T. eisenreichen, bohnerzführenden Lagerstätten (z. B. Pechgraben, Unterlaussa-Sandl).

Die Eisenerzlagerstätten im Raume von Abtenau und Werfen führen hauptsächlich Limonit und karbonatische Erze in muldenförmigen Vertiefungen der untertriadischen Werfener Schichten. Diese Lagerstättengruppe wurde von W. HEISSEL (1955) für sedimentär gehalten, während O. M. FRIEDRICH (1953 und 1963) sie als azendent, an Überschiebungsbahnen aufgedrungen, beschreibt. Die Vorkommen bei Abtenau (Digrub) sieht FRIEDRICH als verbindende Glieder zwischen den Magnesit- und den Eisenspatlagerstätten.

Auf dem weitaus bedeutendsten dieser Vorkommen baute die Grube Schäferötz, die 1960 eingestellt wurde. Ihre Erze wurden im Werk Sulzau-Werfen verhüttet.

Auf die teilweise in den Sockel der Kalkalpen eingreifenden Eisenspatvererzungen wird anschließend eingegangen.

Eisenerze im Paläozoikum der Nord- und Südalpen, einschließlich im Quarzphyllit und verwandten Gesteinen: Der weitaus größte Anteil der Eisenerzlagerstätten in den paläozoischen Schichtgliedern der Alpen wird von metasomatisch entstandenen Stöcken und Lagern von Eisenspat, Ankerit und Eisendolomit gebildet. Sie sind hauptsächlich an Schollen und Züge paläozoischer Kalke und Dolomite geknüpft. Daneben sind hydrothermale Gänge mit Eisenspat und Ankerit sowie örtlich

reichlicher auftretenden Kupfererzen im Grenzbereich zu den tiefsten Schichtgliedern der Kalkalpen bzw. in phyllitischen Gesteinen bekannt.

Die Eisenspatlagerstätten sind im Streichen der „Grauwackenzone“ vom Semmering bis Liezen zu verfolgen. Schwerpunkt der Vererzung bildet der weitbekannte Eisenerzer Erzberg mit seinen Nebenbetrieben der beiden Radmer. Der steirische Erzberg, einer der bestmechanisierten Großbetriebe Europas, lieferte 1962 3,3 Mio t Eisenerz. Die tägliche Massenbewegung von Erzen und taubem Gestein beträgt rund 48.000 t. Etwa 7% der geförderten Erze sind Reicherze, die sofort weiterverarbeitet werden, 93% werden in einer Sink-Schwimmanlage aufbereitet. Das Erz wird im Etagenbau (Tagbau) und im Tiefbau gewonnen und hat einen Eisengehalt um 32%, zuzüglich 1,5 bis 2% Mangan.

Weiter im Westen setzen die Eisenspatlagerstätten im Bereich des Mandlingpasses wieder ein und ziehen bis in die Gegend von Kitzbühel. Weniger bedeutende Eisenerze wurden im Quarzphyllit südlich Schwaz und im Raum um Landeck in früherer Zeit gewonnen.

Im Paläozoikum südlich der Zentralalpen liegen analoge Erzvorkommen, so südlich Mauthen und bei Hermagor, wo auch Cu-Erze beibrechen. Schließlich sind bei Turrach, Metnitz und St. Veit a. d. Glan seinerzeit gebaute Siderit- bzw. Magnetit-Vererzungen bekannt.

Metamorphikum der Zentralalpen und metamorphes Mesozoikum: Im Kristallin der Zentralalpen treten zahlreiche Eisenspatvererzungen in Form metasomatischer Stöcke und Lager, geknüpft an Marmorzüge, auf. Daneben finden sich auch Gänge von Siderit und Eisenglimmer. Stellenweise ist der Siderit zu manganreichem „Blauerz“ (Limonit) umgewandelt. Bei den Eisenspatgängen treten örtlich Pyrit und andere sulfidische Minerale stärker hervor. Die bedeutendsten Eisenlagerstätten der Zentralalpen liegen im Raume von Hüttenberg (Kärnten). Die Erze des Hüttenberger Erzberges wurden bereits von den Kelten abgebaut und zu dem in römischer Zeit berühmten „norischen Eisen“ verarbeitet. Die Lagerstätte besteht aus einer großen Zahl mehr oder minder selbständiger Erzkörper. Das im Tiefbau gewonnene Erz ist heute Siderit; die reicheren Braunerze der Oxydationszone sind nur mehr in bescheidenen Resten vorhanden. Durch eingehende geologisch-mineralogische Untersuchungen sind in den letzten Jahren beachtliche Erfolge bei der Erschließung weiterer Erzreserven erzielt worden. Die Jahresförderung von Hüttenberg liegt bei 200.000 t Erz, welches in Donawitz verhüttet wird.

Im Raum von Waldenstein-Packalpe in Kärnten tritt schuppiger Hämatit an die Stelle des Eisenspates. Der Bergbau Waldenstein förderte 1962 über 3000 t Eisenglimmer, der zu hochwertigen Rostschutzfarben verarbeitet wird.

Im Gebiet von Innerkrems-Turrach wurden früher mehrere Siderit-Ankerit-Körper, untergeordnet auch Magnetit und Kiese führend, gebaut. Gegenstand des Bergbaues war hauptsächlich die manganreiche oxydische Hutzone. Nach FRIEDRICH setzt die Vererzung überwiegend im Reibungsgrus eingeklemmter Triasgesteine auf.

Lateritische, eisenreiche Verwitterungsprodukte von Serpentin wurden seinerzeit am Lichtensteiner Berg (bei Kraubath) abgebaut.

Magnetiterze in basischen Gesteinen treten selten in unbedeutenden Vorkommen auf (Platte bei Graz); Magnetit-Hämatit-Erze, meist gebunden an Grenzzonen zwischen Grünschiefern und Marmoren (z. B. Pöllau, Plankogel, Stmk.) gaben früher Anlaß zu kleineren Bergbaubetrieben.

Bei Pitten und am Semmering wurden Siderit, Magnetit und Eisenglimmer gewonnen. Die linsen- bis gangförmigen Vererzungen setzen zum Teil im metamorphen Mesozoikum, zum Teil in Glimmerschiefern auf.

Penninikum und Rechnitzer Serie: Eisenerze in diesen Bereichen sind selten. Sie wurden gelegentlich beschürft.

b) M a n g a n e r z e

In den nördlichen Kalkalpen treten an mehreren Stellen Züge von sedimentären, manganhaltigen Mergeln und Kieselkalken auf. Derartige, zum Komplex der Lias-Fleckenmergel gehörige Vorkommen in den Lechtaler Alpen wurden versuchsweise beschürft. Unbedeutende Manganschiefervorkommen gewann man östlich von Innsbruck vor etwa 100 Jahren in bescheidenem Umfange zur Erzeugung von Farben und Glasuren. Weitere Vorkommen liegen im salzburgisch-bayerischen Grenzgebiet (Kammerling Alm). Am Nordrand des Tennengebirges kennt man über 40 m mächtige, erzführende mergelige Kieselkalke. Sie gehören zu den jurassischen Strubbergsschichten und führen 10 bis maximal 25% Mn. Ähnliche Gesteine gibt es am Ostfuß des Untersberges bei Salzburg.

Kleinere Eisen-Mangan-Vererzungen wurden bei Bad Aussee (Röthelstein), Windischgarsten (Glöckel Alm), Altaussee (Blaa Alm) sowie im Paläozoikum der Nordalpen (Friedlkogel, Kaskögerl) in meist geringem Umfange gewonnen. Die hochwertigen Manganerze der letztgenannten Vorkommen liegen im Grenzbereich von paläozoischen Karbonatgesteinen zu Tonschiefern.

In den Südalpen ist das Mn-Vorkommen am Poludnig bei Hermagor zu nennen. Hier sind karstartig erweiterte Klüfte in paläozoischen Kalken mit oxydischen Mn-Erzen gefüllt.

Nächst Völkermarkt wurden an der Basis tertiärer Schichten Mn-Erzknollen erschürft.

Die Versorgung der inländischen Stahlindustrie mit Mangan stammt gegenwärtig zum Teil aus dem Mn-Gehalt der am Steirischen und Kärntner Erzberg geförderten Eisenerze (1,5 bis um 3%).

c) C h r o m e r z e

Chromerze in Form von Chromit sind in Österreich nur sehr spärlich in mehr oder minder umgewandelten ultrabasischen Gesteinen bekannt. Eine derartige Lagerstätte wurde bei Kraubath (Stmk.) abgebaut, während analoge Vorkommen am Hochgrössen bei Oppenberg bislang nur Gegenstand von Schurfarbeiten waren.

d) W o l f r a m e r z e

Die einzige in Abbau stehende Lagerstätte von Wolframerzen ist das Scheelitvorkommen im Bereich des Magnesitbergbaues Hintertux. Es wurde erst in neuester Zeit entdeckt. Die Scheelitvererzung tritt im Kontaktbereich von Magnesit zu Phylliten und Glanzschiefern in Form von Imprägnationen und Nestern auf. 1961 wurden 11.260 t Roherz mit einem durchschnittlichen Gehalt von 2,32% WO_3 gefördert und zu 246 t Konzentrat mit 70,3% WO_3 verarbeitet.

Weitere Wolframerze sind aus der Ankogelgruppe (Scheelitführung an Salbändern jüngerer Quarzgänge), bei Badgastein (Scheelit in Granosyenitgneisen) sowie aus der früher gebauten Goldlagerstätte von Schellgaden (westl. Katschbergpaß) bekannt, erreichen jedoch keine bauwürdige Ausdehnung.

Die genannten Vorkommen gehören Gesteinsserien des Penninikums an.

e) Bauxit

Die Bauxitlagerstätten sind auf den Raum der Gosauablagerungen in den nördlichen Kalkalpen beschränkt. Das westlichste, das Vorkommen von Brandenburg (nördlich Rattenberg, Tirol) wurde vor wenigen Jahren erschlossen. Der Bauxit liegt an der Basis oberkretazischer Gosauschichten, diskordant auf einer brecciöskonglomeratisch entwickelten alten Oberfläche von triadischem Hauptdolomit. Am Untersberg bei Salzburg tritt Bauxit in Taschen von Dachsteinkalk auf, überlagert von Konglomeraten der Gosauschichten. Das Vorkommen wurde in den zwanziger Jahren abgebaut, in den letzten Kriegsjahren neuerlich beschürft. Bei Hieflau, Stmk., wurde 1928 ein Bauxitvorkommen minderer Qualität mit geringem Erfolg untersucht. Bauxit ist ferner im Raum von Wien, bei Dreistetten, zeitweise abgebaut worden. Die Erze des unbedeutenden Vorkommens fanden früher als Zuschlagstoff zum Hochofen in Pitten Verwendung. Die wichtigsten Lagerstätten liegen im Raum von Weißwasser-Unterlaussa, O.-Ö. Mehrere linsenartig verformte Bauxitlager an der Basis von Gosauschichten wurden ab 1939 aufgeschlossen und stehen seither in Abbau. Zuletzt betrug die Jahresförderung rund 20.000 t.

Die kalkalpinen Bauxite werden als echte chemische Sedimente gedeutet, die aus schwach alkalischen Lösungen ausgeschieden wurden. Die Umwandlung des lockeren und größtenteils amorphen Ausgangsmaterials in Bauxit fand an Ort und Stelle statt (G. BARDOSSY, 1961).

f) Blei- und Zinkerze

In der Böhmisches Masse sind zwei unbedeutende und vor langer Zeit beschürfte Vorkommen zu nennen. Westlich Drosendorf wurden um 1539 Bleierze gewonnen; die Erzföhrung ist dort an Marmore gebunden. Bei Lauterbach (Bez. Gmünd) wurde silberhaltiger Bleiglanz, in Granit aufsetzend, beschrieben.

Nördliche Kalkalpen: Eine große Zahl von Blei-Zink-Erzlagerstätten ist im Westabschnitt aus dem Raum des Arlberges bis ins Gebiet um Jenbach zu verfolgen. Von den vielen, z. T. in früheren Jahren recht ausgedehnten Bergbauen ist heute nur mehr die Lagerstätte Lafatsch (östlich Scharnitz) von Bedeutung, die in den letzten Jahren durch die Bleiberger Bergwerks-Union weitgehend aufgeschlossen wurde. Im mittleren und östlichen Teil der Kalkalpen treten Blei-Zinklagerstätten dagegen nur selten auf; die Gruben sind seit langem verlassen.

In den südlichen Kalkalpen ist der Abschnitt der Gailtaler Alpen von Oberdrauburg bis Bleiberg durch ein gehäuftes Auftreten von Blei-Zinkvererzungen auffallend. Zentrum des heimischen Blei-Zinkbergbaues bildet der Bergbau von Bleiberg-Kreuth mit dem Schurfbau des Reviers von Rubland.

Die Gruben südlich Ferlach (Windisch-Bleiberg) und im Raum Hochobir-Petzen sind heute außer Betrieb.

Nachrichten von vorgeschichtlichen und römischen Funden bei Bleiberg sind unsicher. Um 1300 wird der Bergbau im Bleiberger Gebiet erstmals urkundlich erwähnt. Nach wechselvoller Geschichte wurde 1868 die Bleiberger Bergwerks-Union gegründet. Aus dem sehr ausgedehnten Grubengebäude von Bleiberg-Kreuth werden jährlich rund 200.000 t Roherze mit durchschnittlich 3,8% Pb und 4,7% Zn gewonnen. Die an Ort und Stelle erzeugten Konzentrate werden in Gailitz weiter verarbeitet.

Die Blei-Zinkerze der kalkalpinen Lagerstätten (Bleiglanz und Zinkblende in wechselndem Mengenverhältnis) setzen vorwiegend im ladinischen Wettersteinkalk auf; daneben sind Vererzungen eines Teiles der karnischen Cardita-Schichten im Bleiberger Gebiet wirtschaftlich wichtig geworden. In den östlichen Kalkalpen Niederösterreichs werden stellenweise auch Vererzungen im anisischen Muschelkalk angegeben. Die Blei-Zinkerze sind einerseits an Schichtflächen gebunden („edle Flächen“), andererseits an ein System von Spalten und Kluftflächen, an welchen größere Erzkörper taschen-, schlauch- oder nesterartig aufsetzen.

Blei-Zinklagerstätten außerhalb der Kalkalpen: Von Bedeutung waren früher die Lagerstätten im Grazer Paläozoikum (Übelbach, Frohnleiten, Peggau usw.), die neben Schwespat als Gangart einen gewissen Silbergehalt aufweisen. Ähnliche Lagerstätten liegen in paläozoischen Gesteinen des Metnitztales, ferner bei Meiselding und an einigen anderen Kärntner Lokalitäten.

Im Raum südlich Schladming beherbergen metamorphe Gesteine silberreiche Bleierze, die in früherer Zeit lebhaft gebaut wurden. Lagerstätten von silberhaltigem Bleiglanz setzen auch im Ötztaler Kristallin auf (Tösens). Kleine Pb-Zn-Lagerstätten kennt man ferner in Gesteinen des metamorphen Mesozoikums bei Fischbach und am Rande des Wechselstockes.

Bei Obernberg (südlich Innsbruck) wurde silberhaltiger Bleiglanz gewonnen, die Vererzung erfaßte die Randzone der Tribulaun-Trias. Auch Pb-Zn-Lagerstätten im Umkreis des Engadiner Fensters, in der Schieferhülle der Hohen Tauern (z. B. Achselalm im Hollersbachtal) und geringmächtige Gänge im Zentralgneis des Zillertales standen zeitweise in Abbau.

g) Molybdänerze

Gelbbleierze (Wulfenit) begleiten verschiedene kalkalpine Blei-Zinklagerstätten und wurden dort auch zeitweise gewonnen (z. B. Raum Nassereith, Bleiberg, Hochobir).

Die Molybdänglanzvorkommen der Alpeiner Scharte (südlich des Olperer) sind an vergreiste Aplitgänge im Zentralgneis gebunden. Geologische und bergmännische Untersuchungen zwischen 1939 und 1945 ergaben, daß die Erzführung stark wechselnd und absätzig ist.

h) Silbererze

Das in früheren Zeiten in den Alpen in beträchtlicher Menge gewonnene Silber stammt vorzüglich aus Bleiglanz bzw. Fahlerz verschiedener sulfidischer Lagerstätten. Beispiele: Annaberg, N.-Ö., Obertal südlich Schladming, Meiselding in Kärnten, Oberzeiring nördlich Unzmarkt (ausgedehnter mittelalterlicher Silberbergbau, später auf Eisenerze), Silberpfenning westlich Gastein, Revier Schwaz in Tirol.

i) Kupfererze

Kupferbergbau wurde in den Alpen bereits in prähistorischer Zeit betrieben; er stand auch im Mittelalter in hoher Blüte. Um das Jahr 1556 war z. B. im Kupfer-Silberrevier Schwaz eine Belegschaft von etwa 10.000 Mann beschäftigt.

Die überwiegende Anzahl der Kupferervorkommen liegt in paläozoischen Gesteinen der Grauwackenzone. Ein Schwerpunkt der Vererzung ist der Abschnitt zwischen Schwaz und Brixlegg bzw. bei Rattenberg, wo Gänge von Fahlerz im Schwazer Dolomit aufsetzen. Im Raume von Kitzbühel liegt eine

weitere Anhäufung von Kupfervererzungen, wo zu den im Schwazer Raume vorherrschenden Fahlerzen bereits Kupferkies tritt. Das östlicher gelegene Revier um Mitterberg bei Bischofshofen zeichnet sich durch das völlige Überwiegen von Kupferkies als Hauptmineral aus.

Als einziger heimischer Kupferbergbau förderte die Grube Mitterberg im Jahre 1961 rund 130.000 t Roherze mit einem durchschnittlichen Gehalt von 1,56% Cu. Das Erzvorkommen ist an einen auf längere Erstreckung bekannten Gangzug in phyllitischen Grauwackengesteinen gebunden. Die Anfänge dieses Bergbaues datieren in illyrischer Zeit; die in prähistorischer Zeit gewonnene Metallmenge wird auf rund 17.000 t Kupfer geschätzt.

Weitere Kupfererzvorkommen sind in den Zentralalpen, in den Grünschiefern des Penninikums und der Rechnitzer Serie bekannt.

j) Nickel-Kobalterze

Nickel-Kobalterze kennt man als Nebenminerale auf den Eisenspatlagerstätten von Hüttenberg—Lölling—Waldenstein, ferner im Raume Kitzbühel—Schwaz—Mitterberg und von einigen anderen Punkten. Ni-Co-Erze wurden früher im Raume Zinkwand—Vöttern (Schladminger Tauern) und bei Nöckelberg (westlich Saalfelden) gefördert. Kleinere Vorkommen wie z. B. im Haibachgraben bei Mittersill erreichten keine größere Bedeutung.

Eine Untersuchung der Serpentine (und ihrer Verwitterungsprodukte) im außeralpinen Grundgebirge und in den Zentralalpen brachten keine wirtschaftlich interessanten Ergebnisse.

k) Quecksilbererze

Als Quecksilberträger kommen in den Ostalpen Zinnober und Quecksilberfahlerze in Betracht. Ersterer ist aus einigen kleinen Lagerstätten im Drauzug, südlich von Ferlach und vom Nordfuß der Steiner Alpen (Vellacher Kotschna) bekannt. Weitere Zinnobervorkommen liegen um Gratwein (Stmk.) und auf der Turrach. Auch auf einigen Eisenspatlagerstätten vom Typus Erzberg sowie von der Antimonlagerstätte von Maltern an der burgenländisch-niederösterreichischen Grenze werden Quecksilbererze beschrieben.

Im Gebiet von Schwaz treten vorwiegend Quecksilberfahlerze auf. Gegenwärtig wird in Österreich kein Quecksilber gefördert.

l) Antimonit

Bergbaue auf Antimonit als Haupterz bestanden im Drautal zwischen Sachsenburg und Nikolsdorf sowie bei Obertilliach (Abfaltersbach).

Der wirtschaftlich wichtige Bergbau Schlaining im Burgenland baut auf Antimonit, der in Gangspalten bzw. als Lagergang in schwach metamorphen Gesteinen der Rechnitzer Serie auftritt. Die Roherzförderung liegt bei 16.000 t pro Jahr bei einem Hauwerksgehalt von rund 6% Sb. Das Erz wird an Ort und Stelle aufbereitet.

m) Schwefelkieslagerstätten

Eine sehr große Anzahl von Pyritlagerstätten in fast allen Teilen der Zentralalpen stand verschiedentlich in Abbau, wobei die Erze nicht allein der Schwefel, sondern auch der Kupfer- und Edelmetallgewinnung dienten. Es ist hier nicht möglich, diese Vorkommen einzeln zu besprechen. Zu den größeren Lagerstätten zählen Walchen und Öblarn (Niedere Tauern), Kallwang (nördlich des Liesingtales), Panzendorf und Tessenberg (Osttirol), Brenntal und Rettenbach (Oberpinzgau), Hüttschlag im Pongau u. a. m.

n) Arsenerze

Arsenkies ist von zahlreichen alpinen Lagerstätten bekannt. Genannt seien die Lagerstätten von Rotgülden westlich St. Michael im Lungau (in den oberen Teufen Anreicherung von Gold). Realgar- und Auripigmentvorkommen im Draumesoöikum südlich Greifenburg wurden gelegentlich beschürft. Die meisten Arsenkiesgänge in den Hohen Tauern wurden wegen ihres Goldgehaltes ausgebeutet.

o) Golderze

Die Gebiete des in den Alpen früher sehr ausgedehnten Goldbergbaues sind:

Im Westen der Raum südlich Zell am Ziller mit den im Quarzphyllit aufsetzenden goldführenden Arsenkies- und Pyritgängen von Alt- und Neu-Rohr und Heinzenberg, die hauptsächlich im 15. und 16. Jh. gebaut wurden.

In den östlichen Hohen Tauern das berühmte Goldbergbauggebiet der Ankogel-Sonnblickgruppe mit den bekannten Lagerstätten um Gastein. Die goldführenden Gänge treten sowohl im Zentralgneis als auch in der Schieferhülle auf, wobei sie beim Übertreten von der einen in die andere Gesteinsgruppe eine Veränderung ihres Mineralbestandes erfahren. Die golderzführenden Gänge schlagen diskordant, z. T. an im Gelände weithin verfolgbaren Störungszonen („Fäulen“) durch das Nebengestein.

Neben den erwähnten goldführenden Arsenkieslagerstätten von Schellgaden und Rotgülden sind die zahlreichen, edelmetallhaltigen Kieslagerstätten der Kreuzeckgruppe zu nennen, weiters das Revier von St. Leonhard im Lavanttal—Kliening. Die dortigen Gänge stehen in Glimmerschiefern und Gneisen des zentralalpinen Kristallins.

Sämtliche Goldbergbaue liegen heute still. Der Bergbau Radhausberg bei Badgastein wurde bis vor kurzem bauhaft gehalten. Der während des 2. Weltkrieges vorgetriebene Unterfahrungs(„Pasel“)stollen findet heute wegen des Gehaltes der Stollenluft an Radiumemanation als Heilstollen Verwendung.

Allgemeines zur ostalpinen Vererzung (Einführung)

Die Vielzahl der Erzvorkommen in den Ostalpen, wie sie die Lagerstättenkarte von O. M. FRIEDRICH (1953) und unsere Darstellung zeigt, führt zur Frage, ob diese Lagerstätten miteinander verwandt sind, aus welchem Ursprung sie stammen und warum sie auf so viele Kleinvorkommen verzettelt sind (FRIEDRICH, 1962).

Ab 1926 entwarf W. PETRASCHECK (1926, 1928, 1945) die Idee einer einheitlichen alpinen Metallogenese: die im großen symmetrische und zonare Anordnung der Erzlagerstätten in den Ostalpen (Gold in der Zentralzone, Siderit, Kupfer und Magnesit weiter außen, Blei-Zink in den äußersten Anteilen) sei die Folgeerscheinung einer abnehmenden Bildungstemperatur um einen geologisch jungen Magmenherd unter der Achse der Zentralalpen. Die Verwandtschaft der Eisenspat- und Magnesitlagerstätten wird hervorgehoben.

In der Folgezeit wurden obige Vorstellungen weiter ausgebaut. E. CLAR & O. M. FRIEDRICH leiten 1933 die vererzenden Lösungen nicht so sehr von einem Magmen-Zentrum, sondern von jungen Kristallisationshöfen im Zuge regional-metamorpher Vorgänge ab.

Abweichende Gedankengänge werden von R. SCHWINNER (1942, 1949) vorgebracht, der sich gegen eine solche „unitaristische“ Theorie der alpinen Vererzung wendet.

Über den engeren ostalpinen Raum hinausgehende Vorstellungen über die Beziehungen zwischen Großtektonik und Erzverteilung im mediterranen Ketten-system entwickelt W. E. PETRASCHECK (1955, 1956). Auf den Arbeiten von E. CLAR, G. HIESSLEITNER und F. HUTTENLOCHER aufbauend werden als gemeinsame Merkmale der westkarpatisch-alpinen Erzprovinz hervorgehoben: „Kaum und nur in Ausnahmefällen erkennbare Beziehung zu Magmatismus, deutliche Verbindung mit der alpinen Regionalmetamorphose und deutliche Verknüpfung mit alpinotypen, sehr viel seltener mit germanotypen Störungslinien.“

Während FRIEDRICH besonders auf Überschiebungsbahnen als Wege der Vererzung hinweist (1948), leitet H. SCHNEIDERHÖHN (1952) die Metalle der alpinen Lagerstätten von variszischen Graniten ab, wobei diese älteren Stoffkonzentrationen während der alpidischen Orogenese mobilisiert worden wären und als „durchgepauste“ Lagerstätten aufscheinen.

E. CLAR, O. M. FRIEDRICH und W. E. PETRASCHECK vertreten eine im wesentlichen einheitliche ostalpine Vererzung. Dagegen wurden für einzelne Lagerstättengruppen, insbesondere für die kalkalpinen Blei-Zinkvererzungen abweichende Ansichten geäußert. O. SCHULZ und andere Forscher führen sie auf einen mitteltriadischen submarinen Vulkanismus zurück. H. HOLLER, E. CLAR und W. E. PETRASCHECK stehen dagegen auf dem Standpunkt einer epigenetisch-hydrothermalen Vererzung.

E. SCHROLL (1955, 1961) erhebt auf Grund von Spurenelement-Untersuchungen und absoluten Altersbestimmungen an ostalpinen Bleiglanzen Einwände gegen eine einheitliche alpine Vererzung, die von O. M. FRIEDRICH (1962) zurückgewiesen werden.

FRIEDRICH gibt 1962 neuerlich eine zusammenfassende Darstellung der ostalpinen Vererzung, aus welcher hervorgeht, daß Bewegungsbahnen und Brüche als Leitlinien und Wege der vererzenden Lösungen anzusehen sind. Wenn schon nicht als Metallspender, so doch als Motor der Stoffwanderungen wird die alpidische Metamorphose („Tauernkristallisation“) angesehen. Ein Großteil der Vererzungen wird dem alpidischen Zyklus, der alpidischen Orogenese mit ihrer tiefreichenden Tektonik, ihrem Magmatismus und ihrer Metamorphose zugeordnet.

Hierbei denkt man gegenwärtig nicht mehr an einen einmaligen Vererzungs-akt während des Tertiärs, sondern deutet die Vererzung der Ostalpen als zeitlich und stofflich mehrphasigen Vorgang.

2. INDUSTRIEMINERALE — STEINE und ERDEN

a) Magnesit

Ein wesentlicher Zweig des heimischen Bergbaues ist die Gewinnung von Magnesit. Neben der Ausfuhr von Rohmagnesit ist der Export von feuerfesten Formsteinen und anderen Produkten ein wichtiger Faktor der Montanindustrie.

Die Magnesitlagerstätten der Ostalpen liegen als metasomatisch entstandene Stöcke innerhalb der Grauwackenzone vom Semmering bis Hochfilzen, am Rande des Penninikums (Tux-Lanersbach), im Grazer Paläozoikum (Breitenau) und im Metamorphikum der Zentralalpen (Radenthein—Millstätter Alpe). Neben diesen Lagerstätten von Spatmagnesit sind die bis vor kurzem gebauten Vorkommen von dichtem Magnesit in Serpentin (Kraubath, Stmk.) unbedeutend. Über Alter und Entstehung der alpinen Spatmagnesite besteht eine umfangreiche Literatur (siehe Literaturverzeichnis).

Die Gesamtförderung an Magnesit betrug 1962 1,607.409 t, welche sich auf 11 Bergbaubetriebe verteilt. Die höchste Förderung wies die Grube Hochfilzen (Tirol) auf, gefolgt vom Bergbau Radenthein (Kärnten).

b) Disthen

Eine Gewinnung des für hochfeuerfeste Produkte verwendeten Tonerdesilikates Disthen fand bisher nicht statt. Die Lagerstätte vom Wolfendorn am Brenner wurde in den Nachkriegsjahren beschürft; ein bisher unverritztes Vorkommen von bedeutender Ausdehnung stellten F. KARL und O. SCHMIDEGG im Untersulzbachtal (Pinzgau) fest. Beide Lagerstätten liegen innerhalb der Schieferhülle der Tauern.

Disthenführende Gneise werden vom Gipfelgebiet der Koralpe beschrieben. Das Vorkommen vom Gablergraben bei Admont liegt in Grauwackenschiefern. Auch im Bereiche der Böhmisches Masse kennt man von einigen Stellen disthenführende Glimmerschiefer (bei Horn). Über ihre eventuelle Bauwürdigkeit ist nichts Näheres bekannt.

c) Schwerspat

Im Bergbau Großkogel bei Brixlegg, einer alten, bereits im Mittelalter gebauten Kupferlagerstätte, wird Schwerspat, der an der Grenze von Triaskalken zu Schiefen vorkommt, gewonnen und naßmechanisch aufbereitet. Förderung 1962: 585 t.

Linsen, Nester und Kluftfüllungen von Baryt in paläozoischen Dolomiten des Kitzbüheler Hornes wurden zeitweise beschürft. Der alte Silberbergbau Oberzeiring bei Judenburg wurde vor wenigen Jahren wiedergewältigt, die Produktion der in den alten Zechen als Versatz vorhandenen bzw. als Gangart anstehenden Schwerspatvorräte lief 1958 an. 1962 lag die Förderung bei 100 t. Auch der als Gangart der Blei-Zinkvererzungen im Grazer Paläozoikum vorkommende Baryt gab gelegentlich zu bergmännischer Tätigkeit Anlaß. Einige Schwerspatvorkommen im Paläozoikum des Unterkärntner Raumes sind von geringer Bedeutung.

Die Schwerspatlagerstätten des Semmeringgebietes, die an der Grenze von Quarziten zum Semmeringkalk aufsetzen, wurden zwischen 1949 und 1961 abgebaut und lieferten einige Tausend Tonnen Baryt. Einen unverritzten Barytgang in Gesteinen der Rechnitzer Serie beschreibt A. PAHR (1959).

d) Feldspat und Quarz

Zahlreiche, im Kristallin der Alpen und der Böhmisches Masse anstehende Pegmatitgänge sind in der Karte eingetragen. Sie werden verschiedentlich zur Gewinnung von Feldspat und — oder — Quarz herangezogen. Der Feldspatbruch bei Spittal a. d. Drau lieferte 1962 über 5000 t Rohspat. Quarzgänge und -linsen im Kristallin des Alpenostrandes und der Koralpe stehen zeitweise in Abbau.

e) Quarzit

Eine Auswahl der verschiedenen Quarzitlagerstätten ist dargestellt; die Quarzite werden an manchen Stellen zur Deckung des Bedarfes der Hütten- und der keramischen Industrie abgebaut. Hauptsächlich sind es Gesteine des zentralalpiner Mesozoikums (Semmeringquarzit), der Grauwackenzone (bei Trofaiach) und des Wechselkristallins (Festenburg, Oststmk.). Gesamtförderung 1962: rund 75.000 t.

f) Glimmer

Zahlreiche, an Pegmatite gebundene Glimmervorkommen (Muskowit) liegen im Bereich von Sau-, Kor- und Stubalpe. Sie werden zeitweise von verschiedenen Kleinbetrieben gebaut. Zur Zeit fördert nur der Bergbau St. Leonhard bei St. Andrae (Kärnten): 1962 wurden 15 t Haldenglimmer gewonnen und auf Glimmermehl verarbeitet.

g) Flußspat

Flußspat ist ein Begleiter zahlreicher Erzlagerstätten, beispielsweise der Kärntner und Nordtiroler Blei-Zinklagerstätten. Fluorit-Fundorte liegen ferner in den nördlichen Kalkalpen (Raum Altenmarkt—St. Gallen) und im Mesozoikum der Radstädter Tauern. Größere Vorräte soll die auflässige Blei-Zinkerzgrube Achselalm im Oberpinzgau enthalten. Eine Gewinnung des für die Hütten- und chemische Industrie wichtigen Minerals findet nicht statt.

h) Smaragd

Geringe Mengen dieses wertvollen Schmucksteines wurden früher im Habachtal (Oberpinzgau) bergmännisch gewonnen. Der Smaragd findet sich in relativ kleinen Kristallen von ausgezeichneter Farbe in Biotitschiefern am Kontakt der dortigen Zentralgneiszone.

i) Talk und Asbest

Die zahlreichen Talkvorkommen der Alpen lassen sich ihrer Entstehung nach in folgende Gruppen trennen:

a) Talklagerstätten, die genetisch an Magnesitvorkommen geknüpft sind. Hierher gehören die wirtschaftlich bedeutenden Lagerstätten am Rabenwald, bei Oberndorf (westlich Bruck a. d. Mur) und in Mautern im Liesingtal (Stmk.).

b) Talklagerstätten in Randzonen von Serpentin Körpern: Zahlreiche Vorkommen liegen in der Schieferhülle und in der Rahmenzone des Tauernfensters (häufig auch Asbest führend). Z. B.: Talkbergbau Hirt bei Friesach und der „Mikroasbestbergbau“ von Rechnitz im Burgenland.

Vorkommen von vertalkten Quetschschiefen in der Störungszone der „Rodelinie“ in Oberösterreich wurden in geringem Umfange abgebaut.

Die auf der Karte als Talkvorkommen verzeichnete Lagerstätte von Kleinfestritz südlich Zeltweg baut glimmerähnliche Leukophyllite ab (siehe „Weißerde“).

1962 wurden insgesamt rund 75.000 t Rohtalk gefördert, wovon größere Mengen in veredeltem Zustand zum Export gelangen.

j) Phosphorit

Phosphoritführende Anteile der oligozänen „Linzer Sande“ sind aus dem Raum von Eferding und Linz bekannt. Sie wurden mehrfach untersucht, eine regelmäßige Gewinnung fand nicht statt.

In Vorarlberg treten in Kreidesedimenten an zahlreichen Lokalitäten Lagen und Knollen von Phosphorit auf. Auch hier ist es bislang zu keinem Abbau gekommen.

k) Farberden

Eine Auswahl der in Österreich von Zeit zu Zeit in geringem Ausmaß genutzten Vorkommen von Eisenerz, Raseneisenerz, Rot-, Gelb- und Grünerden ist auf der Karte dargestellt. Die meisten dieser Gruben hatten nur lokale Bedeutung.

Im einzelnen handelt es sich um lateritische Bodenbildungen, zersetzte Brauneisensteinlager, Anreicherungen von Eisenocker, grünliche Lehme tertiären Alters, die als Farbträger verwendet wurden, sowie um durch Eisenoxyde verfärbte Kalktuffe, Raseneisenerz und ähnliches.

l) Quarzsande, Formsande

(soweit ihr Abbau unter die Aufsicht der Bergbehörden fällt)

In Österreich fehlen die Vorkommen von hochwertigen Quarzsanden für reinere Glassorten. Hingegen werden tertiäre Sande des Alpenvorlandes (Linzer-, Melkersande) und des südlichen Wiener Beckens an verschiedenen Stellen zu industriellen Zwecken genutzt. Auch Abfallsande (Aufbereitungsrückstände) von Kaolinbetrieben kommen zum Verbrauch. Als Formsande und zur Erzeugung von Stampfmassen (Gießereiindustrie) werden Sande im Raum von Litschau (Rottal), vor allem aber am Außenrand der Böhmisches Masse im St. Pöltner Bergland gefördert. Im Wolfsegg-Traunthaler Kohlenrevier werden industriell nutzbare Sande mit hereingewonnen. Ein bedeutendes tertiäres Sandvorkommen liegt im Raum von Wiener Neustadt. Tektonisch zerriebene Semmeringquarzite (Permotrias) finden stellenweise als Quarzsand Verwendung (Gebiet Mürzzuschlag, Pfaffensattel).

Gesamtförderung 1962: ca. 200.000 t.

m) Kieselgur

Dieses hauptsächlich aus Diatomeenresten bestehende Sediment tritt im Umkreis von Eggenburg (Limberg und Oberdürnbach) in helvetischen Schichten des Jungtertiärs in bauwürdigen Lagern auf. 1962 wurden rund 5000 t Rohgur gefördert und zu Isoliermaterial, Mörtelstoffen, Wärmeschutzmassen und anderen Zwecken verarbeitet.

n) Steinsalz

Die Gewinnung von Steinsalz ist einer der ältesten Zweige des Bergbaues in den Alpenländern („Hallstätter Kultur“ — illyrisch-keltischer Salzbergbau). Die alpinen Salzlagerstätten liegen an der Basis der mesozoischen kalkalpinen Schichtfolge. Aus dem salzföhrnden Haselgebirge konnten Sporen des deutschen Zechsteins bestimmt werden (W. KLAUS, 1953). Das Haselgebirge besteht aus Tonen, Salz, Anhydrit und anderen Salzmineralen. Die ursprüngliche Wechselagerung liegt heute in stark verkneteter Form vor. Die alpinen Salzlagerstätten sind in den Deckenbau der Kalkalpen einbezogen worden, sie sind mit Ausnahme des Salzstockes von Hall in Tirol an die sogenannte „Hallstätter Fazies“ gebunden.

Das in den Salzstöcken mit Tonen und anderen Salzmineralen vermengte Steinsalz wird in bergmännisch angelegten Hohlräumen („Sinkwerkern“) durch Auslaugung gewonnen, die gesättigten Salzlösungen in Sudhütten verarbeitet.

1962 erzeugten 5 Salzbergbaue (Hall, Hallstatt, Hallein, Ischl, Aussee) über 1 Mio m³ Sole.

o) Gips-Anhydrit

Die überwiegende Anzahl der Gips-Anhydritlagerstätten liegt in den nördlichen Kalkalpen. Stratigraphisch gehören sie an die Basis der Trias, verschiedentlich auch in das karnische Niveau der Obertrias. Außer den zur Zeit in Betrieb stehenden 16 Bergbauen sind zahlreiche weitere, z. T. noch unverritzte Lagerstätten bekannt. Der Bergbau Grundlsee wies 1962 die höchste Förderung auf.

Unbedeutende Gipsvorkommen liegen in den Karawanken und im Drauzug; die Schichtglieder des metamorphen Mesozoikums bergen am Semmering und im Stanzertal hochwertige Gipslager, die der Obertrias zugeordnet werden.

Meistens bestehen die Lagerstätten aus einem unregelmäßig geformten Anhydritstock mit einem „Hut“ von Gips in wechselnder Mächtigkeit. Abgesehen von den Auswirkungen der alpidischen Tektonik treten bei der Umwandlung von Anhydrit zu Gips Volumsvergrößerungen auf, die zu einer stellenweise komplizierten Interntektonik führen. 1962 wurden in Österreich etwa 500.000 t Rohgips und 190.000 t Anhydrit gefördert.

p) T r a s s

Durch thermale Lösungen umgewandelte Anteile des Gleichenberger Andesitkörpers — „Trass“ — werden bei Gossendorf tagbaumäßig zur Erzeugung von hydraulischem Kalk und anderen Baustoffen abgebaut. Die Förderung liegt bei 30.000 jato.

q) G r a p h i t

In den letzten Jahren lag Österreich an 2. Stelle in der Weltproduktion an Graphit. Im Bereich der Grauwackenzone treten an vielen Stellen Graphitlager auf, die aus oberkarbonen pflanzenführenden Sedimenten entstanden sind. Bedeutende Lagerstätten liegen bei Kaisersberg (südlich Leoben) und Trieben (Sunk) und werden hier bergmännisch gewonnen. Die steirischen Graphite zeichnen sich durch ihre tiefschwarze Farbe aus; ihre Struktur ist mikro- bis kryptokristallin. Die hochwertigsten Partien der Lagerstätte Sunk haben einen natürlichen Kohlenstoffgehalt bis zu 80%. Kaisersberg besitzt als einziges Werk in Europa eine Anlage zur flotativen Anreicherung der mikrokristallinen Graphite.

In der Böhmisches Masse sind kleine Vorkommen von makrokristallinen Flinzgraphiten (Raum Persenbeug—Dunkelsteiner Wald) abgebaut worden; die Gruben sind auflässig. Kieselsäurereiche, kristalline Graphite werden zwischen Drosendorf und Spitz a. d. Donau an zahlreichen Stellen gefördert und finden in beträchtlicher Menge als Zuschlag zum Hochofenmüller der Donawitzer Hütte Verwendung, wodurch eine Einsparung an Hüttenkoks und sauren Zuschlägen erzielt wird. Derzeit wurde in Trandorf nördlich Spitz a. d. Donau eine Flotationsanlage zur Veredelung der anfallenden Feingraphit-Mengen in Betrieb genommen. Die Graphite des außeralpinen Grundgebirges sind durch mehrfache Umwandlung (Metamorphose) von vorpaläozoischen Faulschlammbildungen entstanden; sie liegen in einer Schiefergneis-Marmorserie.

1962 wurden rund 90.000 t Rohgraphit gewonnen.

r) K a o l i n

Die bedeutenden Kaolinlagerstätten (Weinzierl und Schwertberg, O.-Ö., und Mallersbach bei Retz, N.-Ö.) sind „primäre“, das ist an Ort und Stelle durch Umwandlung feldspatreicher Muttergesteine (Mauthausener Granit bzw. Bitte-scher Gneis) entstandene Kaoline. Der Kaolinisierungsprozeß fand im Tertiär (Oligozän) statt. Förderung 1962: über 200.000 t Rohkaolin.

s) W e i ß e r d e

Im Nordostsporn der Zentralalpen liegen einige Vorkommen sogenannter „Weißerde“ oder Leukophyllits; die bedeutendste Lagerstätte befindet sich südlich Aspang. Zwischen Phylliten und Semmeringquarziten im Hangenden treten

hier ausgedehnte Lager eines überwiegend aus Serizit, daneben aus Chlorit und Tonmineralen bestehenden Gesteins auf, das vermutlich durch hydrothermale Umwandlungsvorgänge an Störungszonen entstanden ist. Die Weißerde wird gleichen Verwendungszwecken zugeführt wie Kaolin. Förderung 1962: über 86.000 t.

t) Feuerfeste Tone und Keramiktone, Bentonit

Feuerfesttone sind in unserem Raume selten. Die wichtigsten Vorkommen liegen am Rande der Böhmisches Masse im Gebiet von Herzogenburg an der Basis der kohleführenden Melker Schichten, dem zertalten Grundgebirge (Granulit) auflagernd. Kaolintone baut man bei Melk a. d. Donau; im Wolfsegg-Traunthaler Revier werden Tone gewonnen, die die dortigen Kohlenflöze begleiten.

Neben einer Reihe von tertiären Tönen, die zu keramischen Zwecken ausgebeutet werden (z. B. Stooß, Burgenland) soll am Rande das aus mylonitisiertem Quarzphyllit entstandene Tonvorkommen südlich Innsbruck genannt werden.

Bei Fehring (Stmk.) fördert man Illit-Tone (aus jungtertiären Kratersee-Ablagerungen entstanden) zur Herstellung von Blähton-Leichtbaustoffen („Lecca“).

Die aus vulkanischen Tuffen hervorgegangenen Bentonitvorkommen sind am Alpenostrand und im steirischen Tertiärbecken von verschiedenen Punkten bekannt und auch abgebaut worden. Zur Zeit wird nur bei Gleichenberg Bentonit gefördert (1962: rund 3300 t).

3. FESTE BRENNSTOFFE und BITUMEN

a) Braunkohlen

Diluviale Schieferkohlen standen bei Hopfgarten (Tirol), Klaus-Pichl bei Schladming (Stmk.), bei Steyr (O.-Ö.) und im Kärntner Gailtal in Notzeiten gelegentlich in Abbau.

Pliozäne Lignite (Pannon) im Wiener Becken (z. B. Zillingdorf), im steirisch-burgenländischen Tertiär (Höll-Deutsch Schützen, Bachselten, Ilz-Mutzenfeld, Paldau) bilden zum Teil nicht unbedeutende Lagerstätten. Auch die Kohlen von Penken-Turiawald (Ktn.) gehören altersmäßig hierher.

Miozäne Braunkohlen: Hierher fallen die wichtigsten Braunkohlenlagerstätten Österreichs.

Sarmat:

Die xylitischen Weichbraunkohlen des Hausruck-Reviers (Thomasroith, Ampflwang, O.-Ö.) gehören stratigraphisch in den Zeitabschnitt Obersarmat-Unterpannon (Obermiozän-Unterpliozän). Drei flach gelagerte Flöze von 2—6 m Mächtigkeit haben helvetischen Schlier im Liegenden und unterpliozäne Hausruckschotter im Hangenden. Die ersten Kohlenfunde wurden 1763 gemacht; 1854 kam es zur Gründung der „Wolfsegg-Traunthaler Kohlenbergwerksgesellschaft“. Die Förderung erfolgt heute aus 7 Grubenbetrieben, die sich auf eine Fläche von rund 80 km² erstrecken. Seit Bestehen des Bergbaues wurden etwa 50 Mio. t Kohle gefördert. Zur Zeit liegt die Jahresproduktion bei knapp 1 Mio. t; dazu werden 3000—4000 t Rohton gewonnen.

Eine Reihe kleinerer Lagerstätten von Obersarmatischer Braunkohle ist heute auflässig (Feldbach, Oberdorf, Klein-Semmering u. a.). Die Kärntner Vor-

kommen von Rosenbach, Oberloibach u. a. werden derzeit nicht ausgebeutet; sie gehören in das höhere Untersarmat.

Im Lavanttaler Revier gewinnt man aus Liegend- und Hangendflöz untersarmatische Mattbraunkohlen. Das Vorkommen zählt zu den größten Braunkohlenlagerstätten Österreichs. Die Flözmächtigkeit schwankt zwischen 1,5 und 3 m; die Lagerstätte hat die Form einer einseitigen, langgestreckten Mulde. Die Zentralschachtenanlage in Wolkersdorf (365 m tief) förderte 1962 über 800.000 t Kohle. Das früher gebaute Kuchler Flöz wird ins Obersarmat gestellt.

Torton:

In den brakischen Basisschichten des Torton liegen die früher gebauten Flöze von Neusiedl-Grillenbergr (N.-Ö.), Ritzing, Bubendorf sowie die Grube von Tauchen (Burgenland).

Der Kohlenbergbau Tauchen baut auf 3 Flözen von 3—28 m Mächtigkeit, die durch tuffitische Mittel getrennt sind. Die stückige Weichbraunkohle der flachen, stellenweise steileren und gestörten Flöze überlagert Sinnersdorfer Konglomerat. Der 235 m tiefe Förderschacht in Mariasdorf hat eine Kapazität von 60 t pro Stunde. 1962 wurden 170.000 t gefördert. Mit der anfallenden Feinkohle wird seit neuestem das Fernheizwerk in Pinkafeld beheizt.

Kohleführende Süßwasserschichten des Torton bergen an mehreren Stellen Kohlenlager, so z. B. bei Rein und Mantscha (Stmk.), die gelegentlich gebaut wurden. Eine bedeutende Lagerstätte befindet sich im Raume Wildshut — Trimelkam — Ostermething (Salzach-Kohlen-Bergbau Ges. m. b. H.). Unter-, Mittel- und Hangendflöz von 1,5—3 m Mächtigkeit sind flach gewellt und durch tonige Zwischenmittel wechselnder Stärke getrennt. Jährlich werden rund 400.000 t stückige Weichbraunkohle gewonnen.

Bei Wiesenau im Lavanttal wurde bis 1959 eine Flözfolge verschieden mächtiger Braunkohlen aus vermutlich tortonischen Süßwasserschichten abgebaut.

Helvet:

Im Köflach-Voitsberger Revier liegen in kleinen Randmulden des Tertiärs örtlich begrenzte, aber mächtige oberhelvetische (mittelmiozäne) stückige Weichbraunkohlen. 1 bis 3 flache Flöze von 10—70 m Mächtigkeit werden hier seit 1783 abgebaut. Die bedeutendste Anlage ist der Karlschacht bei Köflach, wo ein an der tiefsten Stelle der Tertiärmulde 70 m mächtiges Flöz in Tag- und Grubenbau gewonnen wird. Der Zentralsortierung in Bärnbach sind ferner die Gruben Marienschacht, Oberdorf und Zangtal (die Marienschachtenanlage ist seit 1963 ausgekohlt) angeschlossen. Die vermutlich ältesten Bergbaue des Reviers sind der Franz- und der Friedrichschacht westlich Köflach (1766 entdeckt). Der Friedrichschacht ist inzwischen wegen Auskohlung aufgelassen worden. Die Gesamtförderung dieses bedeutendsten heimischen Braunkohlenreviers betrug 1962 über 2.230.000 t.

Der 1960 stillgelegte Bergbau Ratten bei St. Kathrein am Hauenstein baute auf einem stellenweise verfalteten und gestörten, im großen muldenförmig gelagerten Hauptflöz, welches durch tuffitische Lagen von Grund- und Mittelflöz getrennt wird. Die helvetischen Mattbraunkohlenflöze liegen in einer isolierten Tertiärmulde.

Burdigal:

Die Lagerstätte Langau bei Geras (N.-Ö.) besteht aus einem liegenden Hauptflöz (0,5—4 m mächtig) und einem Oberflöz (1—1,5 m, nur stellenweise

bauwürdig), die in einer flachen, unregelmäßig begrenzten Tertiärmulde dem Kristallin auflagern. Die Langauer Weichbraunkohle ist burdigalen (untermiozänen) Alters; sie wurde von 1948 bis 1963 im Tagbau gebaut. Die Grube lieferte insgesamt rund 2,6 Mio. t.

b) Glanzkohlen

Glanzkohlen sind schwarz glänzende, splitterig brechende Braunkohlen, die sich von Weich- bzw. Mattbraunkohle durch ihren höheren Heizwert und abnehmenden Wassergehalt unterscheiden.

Sarmat:

Wenig bedeutende Glanzkohlenvorkommen sarmatischen Alters liegen in Lobnig bei Eisenkappel, bei Lischia und an einigen anderen Kärntner Lokalitäten.

Helvet:

In der subalpinen Molasse Vorarlbergs kennt man das meist in Notzeiten gebaute Glanzkohlenflöz des Wirtatobels. Gleichen Alters ist die Lagerstätte Brennborg (Burgenland und Ungarn), die als ein dem Kristallin auflagerndes Grundflöz entwickelt ist. Brennborg bildet das Gegenstück zu den zeitweise abgebauten Glanzkohlen im Raume von Pitten und Hart bei Gloggnitz (N.-Ö.).

Die Glanzkohlen von Parschlug, Trofaiach und Seegraben (Stmk.) sind ebenfalls unterhelvetischen Alters. Der 1964 heimgesagte Bergbau Seegraben bei Leoben baute auf einem 2—16 m mächtigen Flöz, das einer gestauchten Mulde eingelagert ist. Am Nordrand der Tertiärmulde ausbeißend, fällt das Flöz im Durchschnitt mit 20° Neigung bis zu Tiefen von 300 m ein, wo es durch einen Sprung nahezu senkrecht aufgestellt bzw. abgeschnitten wird. Der Bergbau Seegraben wird urkundlich bereits 1606 erwähnt. In seiner langen und wechselvollen Geschichte wurden bedeutende Mengen Glanzkohle gefördert (seit 1882 etwa 30 Mio. t!). 1962 förderte man noch 215.000 t zutage.

Revier Fohnsdorf: Helvetischen Tertiärablagerungen ist in Fohnsdorf ein mächtiges Glanzkohlenflöz eingeschaltet. Das im Westen bis zu 16 m starke Flöz verdünnt sich gegen Osten auf 1—1,5 m und fällt stetig mit etwa 22° gegen Süden ein. Der tiefste Punkt der Flözablagerung wurde bisher nicht erreicht, obwohl die tiefste Grundstrecke derzeit 1133 m unter dem Tagkranz des Wodzicki-Schachtes liegt. Fohnsdorf ist der tiefste und wegen der hohen Temperaturen, der Methanabgasung und der Brandgefahr auch der gefährlichste Braunkohlenbergbau Österreichs. Die Jahresförderung 1962 lag bei 560.000 t.

In einer tektonischen Teilmulde SW Fohnsdorf, bei Feeberg, baute man früher auf einem bis 20 m mächtigen Glanzkohlenflöz. In der südlichen Fortsetzung, am Obdacher Sattel (nördlich Reichenfels), treten steilgestellte Glanzkohlenflöze auf, die ebenfalls früher in Abbau standen.

Wies-Eibiswälder Revier: Die hier seit längerer Zeit abgebaute Kohle ist in Form eines flach einfallenden Flözes von 1—4 m Stärke ausgebildet; daneben sind einige kleinere und isolierte, z. T. bereits abgebaute Flöze vorhanden. Das größte in Betrieb stehende Werk Pölfing-Bergla fördert eine schwarze, feste Glanzkohle helvetischen Alters, die einen weniger weit fortgeschrittenen Inkohlungsgrad aufweist als die Seegrabener und Fohnsdorfer Kohle. 1962 wurden 139.000 t gewonnen. Hierzu kommen kleinere Kohlenmengen, die von einigen privaten Gruben (Gregori, Tombach, Weidenbach, Josefi- und Franzstollen) gefördert werden.

Oligozän:

Oligozäne Glanzkohlen sind im Gebiet von Statzendorf, Oberwölbling und Thallern (N.-Ö.) abgebaut worden. Die Kohle liegt nahe dem Grundgebirge der böhmischen Masse im Liegenden der Melker Sande. Von wirtschaftlicher Bedeutung sind heute in erster Linie die die Kohle begleitenden Tone. Auch die kleinen Kohlenvorkommen von Mursberg und Haizing in Oberösterreich sind oligozän. Bei Neulengbach wurde ein Glanzkohlenvorkommen im Liegenden der Melker Sande (Starzing-Hagenau) mit geringem Erfolg beschürft.

Eozän:

Eozäne Glanzkohlen (Priabon) im Liegenden unteroligozäner Zementmergel, ein 2—20 m mächtiges Flöz bildend, wurden bei Häring, Tirol, zwischen 1766 und den fünfziger Jahren zeitweise bergmännisch gewonnen.

Die Glanzkohlenflöze von Sittenberg und Guttaring (Kärnten) sind ebenfalls eozänen Alters. Die Grube Guttaring wurde 1939, Sittenberg 1961 eingestellt.

Zu erwähnen bleibt, daß die Tiefbohrungen Puchkirchen 2, 3 und 4 (O.-Ö.) der Rohöl-Gewinnungs A. G. in limnischen obereozänen Sedimenten Glanzkohlen von 1—5 m Mächtigkeit, allerdings in Teufen von über 2600 m, durchsanken.

c) Steinkohlen

Oberkreide:

Die wichtigste heimische Steinkohlenlagerstätte liegt in einer steilen bis überkippten Mulde von Oberkreidesedimenten (Gosau) am Fuße der Hohen Wand. Im Bergbau Grünbach (N.-Ö.) sind von den vorhandenen Flözen acht abbauwürdig. Ihre Mächtigkeit liegt bei 0,5—2,5 m. Der Abbau ist durch tektonische Störungen der Flöze erschwert, und bewegt sich derzeit bis zu einer Tiefe von 1100 m. Die geförderte Kohle ist eine magere Flammkohle (Heizwert bis 6800 Kal.), die Jahresproduktion liegt bei rund 100.000 t. Die kohleflözführende Serie in Grünbach und im benachbarten Bergbau Hohe Wand, der zur Zeit weitgehende Aufschlußarbeiten tätigt, wird in das Campan eingeeordnet.

Die anderen oberkretazischen Steinkohlenvorkommen (Brandenberg, Tirol, St. Wolfgang, O.-Ö., Weißwasser-Sandl, O.-Ö., Geistthal östlich Kainach, Stmk.) wurden früher ausgebeutet. Sie sind heute wirtschaftlich ohne Bedeutung.

Lias:

In den niederösterreichischen Kalkvorpalen ging eine Reihe meist kleinerer Bergbaue auf Steinkohlenflözen des tieferen Lias (Grestener Schichten der Klippenzone) um. Die Gruben von Gresten, Hinterholz, Pechgraben bei Weyr und andere liegen heute still.

Trias:

Die kohleführenden Lunzer Schichten des Karn (julische Unterstufe) bergen an zahlreichen Stellen der östlichen Nordalpen Kohlenflöze, die bergbaulich gewonnen wurden. Die geförderte hochwertige, als Schmiedekohle besonders geschätzte Steinkohle lieferte den Brennstoff für die Schmiedewerke der „Eisenwurzten“. Zu den bedeutenderen Lagerstätten gehören Garming (1962 stillgelegt; Förderung 1944 bis 1962 rund 200.000 t) und Schrambach bei

Lilienfeld. Die Flöze der Lunzer Schichten sind meist stärker verfaltet, wobei die Kohle in den Faltenschenkeln oft größere Mächtigkeiten erreicht.

d) Anthrazit

Oberkarbon:

Nößlach am Brenner: Stark tektonisch beanspruchte und durchbewegte Flöze der „Ottweiler Stufe“. Der Abbau wurde 1950 eingestellt; Förderung 1948: rund 5000 t.

Ähnliche Anthrazitvorkommen auf der Turrach (Stangalpe) wurden zuletzt 1959 abgebaut. Die Anthrazitlinsen und -lager sind stark durchbewegt und zerrieben. Sie wurden stratigraphisch als „Westfal D“ eingestuft.

Bei Watschnig, Karnische Alpen, kennt man mehrere geringmächtige Anthrazitflöze, die ebenfalls zum „Westfal D“ gestellt werden. Benachbarten Vorkommen östlich der Naßfeldhütte und am Domritsch südlich Tröppolach wird eine ähnliche Altersstellung zugeschrieben.

e) Ölschiefer

Die an manchen Stellen der Nord- und Südalpen auftretenden bituminösen Mergel („Ölschiefer“) sind hauptsächlich Einlagerungen im norischen Hauptdolomit, daneben Zwischenlagen in Jurakalken und auch in eozänen Mergeln. Sie werden verschiedentlich zu pharmazeutischen Zwecken abgebaut („Tiroler Steinöl“). Der Ölschieferbergbau Seefeld (Revier Ankerschlag) baut Bitumenmergel im Hauptdolomit (bekannt durch zahlreiche Fischabdrücke). 1962 wurden 216 t gewonnen und in der Schwelanlage Maximilianshütte in Reith bei Seefeld verarbeitet. Ein jurassisches Vorkommen wird im Bächental bei Pertisau ausgebeutet. Förderung 1962: 400 t.

4. ERDÖL und ERDGAS

Von Rudolf Grill

Übersicht

In Österreich wurden bis Ende 1963, 47,591.703 t Erdöl produziert und über 9 Milliarden m³ Erdgas aus Erdgasfeldern oder reinen Gashorizonten in Ölfeldern. Dazu kommen noch mehrere Milliarden m³ Erdgas, die als Entlösungsgase bei der Ausbeutung der Erdölhorizonte anfielen. 47,226.665 t der angeführten Erdölproduktion stammen aus dem Wiener Becken, wo der erste Fund im Jahre 1930 gemacht wurde und die erste wirtschaftliche Fündigkeit im Jahre 1934 verzeichnet werden konnte. Der Rest der angegebenen Menge wurde aus den seit 1956 entdeckten Feldern des oberösterreichischen Anteils der Molassezone gefördert und aus dem seit 1906 bekannten kleinen Schwerölfeld Leoprechting, das in der Zeit von 1946 bis 1952 eine Produktionsmenge von 4311,5 t auswies. Auch von den genannten Erdgasmengen entfällt der weitaus größte Anteil auf das Wiener Becken. In Oberösterreich produziert das kleine Erdgasfeld Wels nun schon seit 1892, also über 70 Jahre, und im niederösterreichischen Teil der Molassezone wurde im Jahre 1960 ein bedeutendes Gasfeld im Laaer Becken entdeckt. Seit 1962 zählt durch den Erdgasfund bei Ameis neben dem Wiener Becken und der Molassezone auch noch die Waschbergzone zu den geologischen Einheiten mit wirtschaftlich interessanten Kohlenwasserstoff-Vorkommen.

Die verschiedenen Lagerstätten wurden in Tiefen von 120 m (Schwerölfeld Leoprechting) bis unter 3000 m gefunden und sind zum größten Teil an marine und brackische Sande und Sandsteine der tertiären Beckenfüllungen gebunden. Im Wiener Becken wird dazu noch aus dem Flysch des Beckenuntergrundes produziert und als wesentliche neuere Entwicklung aus dem Mesozoikum des kalkalpinen Untergrundes. Ebenso ist in der Molasse Oberösterreichs neben dem Tertiär auch das Mesozoikum des Beckenuntergrundes ölführend. Maximale Bohrtiefen gegen 5000 m spiegeln das Bestreben nach Auffindung immer neuer Stockwerke wider, nachdem die Aussichten auf Entdeckung weiterer seichtgelegener Lagerstätten immer geringer werden.

Im Hinblick auf die Erfolge im kalkalpinen Untergrund des Wiener Beckens gelten seit einigen Jahren neben den tertiären Becken und der Flyschzone auch die Nördlichen Kalkalpen als Erdölhoffnungsgebiet; Explorationsarbeiten sind im Gange. Durch diese Entwicklung sind nunmehr bereits rund 23.000 km² unseres Staates mit Aufsuchungsgebieten für Erdöl und Erdgas belegt. Aufschlußarbeiten werden seit Jahren auch im Grazer Becken durchgeführt, wo vorläufig aber noch keine Kohlenwasserstoff-Lagerstätte gefunden werden konnte. Ebenso führten die Arbeiten in Vorarlberg bisher zu keinem Erfolg.

Inneralpines Wiener Becken

Die Felder des „Zistersdorfer Reviers“

Mit dem Feld Gösting bei Zistersdorf wurde im Jahre 1934 ein Lagerstättentyp entdeckt, der sich an den großen Steinbergbruch knüpft. In den sogenannten Schleppstrukturen liegen Aufwölbungen vor, die durch örtlich ungleiche Intensität des Absenkungsvorganges am Bruch entstanden. Unmittelbar südwestlich der Gösting-Domung wurde 1937 die ähnlich gebaute „R A G“-Domung erschlossen. Beide zusammen werden auch als Feld Zistersdorf bezeichnet. SW dieser Stadt liegt die 1938 aufgefundene bedeutende Schleppstruktur Gaiselberg, und noch weiter gegen SW folgen die noch nicht näher untersuchte Gaslagerstätte Niedersulz und das kleine Ölfeld Hohenrappersdorf, aus dem vorläufig nicht mehr produziert wird. Gegen NE folgt auf das Zistersdorfer Feld die bis zur Entdeckung des Matzener Feldes bedeutendste Öllagerstätte Österreichs, das Feld St. Ulrich — Hauskirchen — van Sickle bei Neusiedl a. d. Zaya, weiters das kleine Gasfeld Alt-Lichtenwarth und schließlich das Ölfeld Mühlberg, wo sich an der Grenze Pannon—Sarmat auch bedeutende Gas Horizonte fanden.

Im Gegensatz zu den übrigen genannten Feldern stammt die Hauptproduktion des Feldes St. Ulrich—Hauskirchen—van Sickle nicht aus den vorwiegend sarmatisch-tortonischen Horizonten der Tiefscholle östlich des Steinbergbruches, sondern aus dem Flyschuntergrund der Hochscholle. Eine W—E-streichende Antiklinale desselben ist im begrabenen vorhelvetischen Flyschrelief als Rücken abgeprägt, der in Sandsteinlagen und auf Klüften ölführend ist. Darüber hinaus sind auch sandige Lagen des überlagernden helvetischen Schliers öl- und gasführend. Diesem Lagerstättentypus der begrabenen Berge gehört auch das kleine Ölfeld Maustrenk — Kreuzfeld — Pionier am Steinberg westlich von Zistersdorf an und das schon seit Jahren aufgelassene kleine Ölfeld Scharfeneck SW Maustrenk. Es wurde ebenso wie kleine neue Gasfunde bei Alt-Höflein, Ginzersdorf und Maxbergen W und NW Neusiedl in die Karte nicht aufgenommen.

Die produktiven Horizonte der Schleppestrukturen liegen vorwiegend zwischen 900—2000 m Tiefe. Wesentlich ist, daß jedes Feld eine ganze Anzahl untereinander gelegener Lager besitzt, die getrennt, im allgemeinen von unten nach oben fortschreitend, ausgebeutet werden. Am seichtesten wird das unterpannonische Öl des Feldes van Sickle angetroffen, bei 500 m, am tiefsten, bei 3147 m, das Erdöl der Bohrung Zistersdorf 3 an der Ostflanke der Gösting-Domung. Auf der Hochscholle von St. Ulrich—Hauskirchen—van Sickle wird aus Tiefen von 900—1200 m gefördert und in Maustrenk aus durchschnittlich 1000 m Tiefe.

Alle diese älteren Felder sind heute schon zum größten Teil ausproduziert. Im nachfolgenden bedeutet die erste Zahl die Gesamtproduktion der Lagerstätte bis Ende 1963 und die zweite, in Klammer gesetzte Zahl die Produktion des Jahres 1963: Mühlberg 4,509.242 t (89.427 t), St. Ulrich—Hauskirchen—van Sickle 5,800.672 t (96.192 t), Gösting-RAG 2,720.640 t (35.377 t), Gaiselberg 3,156.784 t (85.102 t), Maustrenk—Kreuzfeld—Pionier 289.790 t (15.532 t). Statistisches Material kann im einzelnen dem jährlich erscheinenden Österreichischen Montan-Handbuch entnommen werden.

In zeitlich bedeutendem Abstand von der Erschließung dieser alten Felder wurde im Jahre 1957 noch eine weitere an den Steinbergbruch gebundene Lagerstätte gefunden, das Feld Pirawarth, das ebenfalls aus sarmatisch-tortonischen Horizonten in Tiefen von 750—2000 m produziert. Schließlich wurde im Jahre 1964 noch eine Sonde bei Bernhardsthal ölfündig, in einer Tiefe von 2085 m.

Die Felder im zentralen Anteil des Wiener Beckens

Die Explorationsarbeiten in den zentralen Teilen des Wiener Beckens zwischen Steinbergbruch und March führten 1942 zur Entdeckung einiger Gas Horizonte im Helvet der Struktur Aderklaa, einer breiten, von Brüchen begrenzten Aufwölbung. Die Erschließung dieser Struktur war mit bedeutenden technischen Schwierigkeiten verbunden und man scheute daher von einer weiteren Explorierung des Beckeninneren zunächst zurück. So wurden die Ölhorizonte im Torton von Aderklaa erst 1950 erschlossen, in Tiefen von 1700—1800 m. Die Entdeckung des größten österreichischen Ölfeldes, Matzen, gelang 1949 und 1952 wurde die größte österreichische Gaslagerstätte, Zwerndorf, gefunden. In beiden Aufwölbungen stammt die Hauptproduktion aus dem Torton, in Matzen hauptsächlich aus Horizonten in 1300—1700 m Tiefe, in Zwerndorf aus dem mächtigen Zwerndorfer Sand in 1450 m Tiefe. Das Zwerndorfer Gaslager erstreckt sich auch auf tschechoslowakisches Gebiet und die Exploitation wurde durch ein Regierungsabkommen zwischen den beiden Staaten geregelt. In dem 1960 entdeckten zwischen Matzen und Zwerndorf gelegenen Feld Tallesbrunn wird Erdgas hauptsächlich aus dem Sarmat, aus einer Tiefe von 950 m gefördert. Weiters wurden nördlich der Donau kleinere Öl- und Gaslager noch in tiefer abgesenkten Bruchschollen SW Aderklaa gefunden (Süßenbrunn—Kagran) und in Rabensburg, hart an der tschechoslowakischen Staatsgrenze.

Mit der Entdeckung des reichen Gaslagers im kalkalpinen Untergrund von Aderklaa durch die Österreichische Mineralölverwaltung AG im Jahre 1959 (Tiefe 2650—2800 m) war der entscheidende Schritt zur Erschließung dieses tieferen erdölgeologischen Stockwerkes im Zentralteil des Wiener Beckens getan. Systematisch werden die hauptsächlich geophysikalisch ermittelten

Hochlagen der begrabenen Fortsetzung unserer Kalkalpen durch tiefreichende Aufschlußbohrungen untersucht und im Bereiche des Feldes Matzen stellte sich ein weiterer großer Erfolg ein, die Entdeckung eines großen Erdöllagers in einem Dolomit und einem darüber gelegenen Dolomit-Schutt in Tiefen um 2800 m (Schönkirchen Tief).

Der Hauptteil der österreichischen Erdölproduktion 1963 (2,619.856 t) entfällt auf das Feld Matzen, das sind 1,956.852 t, wozu noch 190.639 t aus Schönkirchen Tief kommen. Die Gesamtproduktion von Matzen bis Ende 1963 beträgt 28,651.854 t und inklusive Schönkirchen Tief 28,855.894 t. Diesen Zahlen entsprechend entfällt auch der Großteil der gewinnbaren österreichischen Erdölreserven, die Ende Dezember 1963 mit 38,5 Mio. t beziffert wurden, auf das Gebiet von Matzen. Das ungleich kleinere Feld Aderklaa erbrachte bis Ende 1963 1,739.882 t Rohöl und produzierte 1963 noch 26.539 t. Von den Ende 1963 ausgewiesenen rund 20 Mrd. m³ gewinnbaren Gasvorräten aus Gasfeldern oder reinen Gashorizonten in Ölfeldern entfallen bedeutende Teile auf das Feld Zwerndorf und den kalkalpinen Untergrund von Aderklaa. Aus Zwerndorf wurden bis Ende 1963 5,8 Mrd. m³ Gas gewonnen. Die Produktion 1963 betrug hier 965 Mio. m³. Die österreichische Gesamt-Trockengasproduktion 1963 erreichte mehr als 1,3 Mrd. m³. Die bei der Erdölförderung in Österreich angefallene Gasmenge wurde im Jahre 1963 mit über 350 Mio. m³ ausgewiesen und die Vorräte per Ende 1963 wurden mit 11,5 Mrd. m³ errechnet.

In geologisch ähnlicher Position wie Zwerndorf liegt südlich der Donau das kleine Gasfeld Fischamend-Enzersdorf, wo seit 1951 hauptsächlich aus dem Sarmat, aus Tiefen von rund 700 m, produziert wird. Ein kleines Erdgasvorkommen wurde 1959 in der Bohrung Humberg 1 festgestellt. Größere Gasfelder oder ein Ölfeld konnten im Wiener Becken südlich der Donau bisher nicht gefunden werden. Auch das 1932 entdeckte Gasvorkommen Oberlaa im südlichen Randbereich des Wiener Gemeindegebietes war nach wenigen Monaten erschöpft, ebenso wie das Gas in der Sonde St. Marx 2 im elften Wiener Gemeindebezirk.

Molassezone

Das Schweröl von Leoprechting bei Taufkirchen am Massivrand und das Welser Erdgas, das aus durchschnittlichen Tiefen von 200—300 m stammt, ließen wohl durch Jahrzehnte hindurch das oberösterreichische Alpenvorland als öl- und gashöfzig erscheinen, aber erst 1956 war der Schlüssel zur Erschließung größerer Lagerstätten gefunden. Erst mittels der modernen reflexionsseismischen Meßmethoden war die Auflösung des geologischen Baues der alpenwärts gelegenen Beckenteile möglich, wo sich in der Tiefe begrabene Rücken und Bruchstrukturen fanden, die sich im geologischen Oberflächenbild nicht abtrügen. Auf einem solchen begrabenen Rücken wurde im genannten Jahr die Rohoel-Gewinnungs AG mit der Sonde Puchkirchen 1 (NW Timelkam) in 2580 m Tiefe fündig. Das Öl wird aus einer Sandlage des Obereozäns produziert, mit dem die Molassesedimentation hier beginnt. Aus dem Obereozän produzieren auch die beiden Felder Ried und Kohleck, die 1959 bzw. 1960 entdeckt wurden und sich an antithetische, N-fallende Brüche knüpfen. Das Vorkommen von Steindlberg zwischen den beiden genannten Lagerstätten wurde vorläufig erst durch drei Sonden untersucht. Der entscheidende weitere Erfolg im oberösterreichischen Anteil der Molassezone, die Entdeckung von Öllagern in der Oberkreide des Beckenuntergrundes, glückte

im Jahre 1962. Das Feld Voitsdorf S Kremsmünster ¹⁾ hat ölführende Horizonte in der Oberkreide und im Obereozän. Auch in dem 1961 gefundenen Feld Schwanenstadt ist nebst dem Obereozän die Oberkreide ölführend. Im Aquitan und Burdigal fanden sich hier auch reine Gashorizonte.

Im Feld Ried liegen die obereozänen ölführenden Lithothamnienkalke und Sandsteine in rund 1400 m Tiefe, in Kohleck bei 2500 m. Die beiden Lagerstätten erbrachten bis Ende 1963 eine Gesamtproduktion von 212.257 t bzw. 58.074 t, die Produktion 1963 betrug 41.658 t bzw. 26.140 t. Im Gegensatz zu diesen beiden Lagerstätten sind die Abmessungen des Feldes Voitsdorf derzeit noch nicht ganz bekannt. Hinsichtlich der gewinnbaren Reserven liegt das Feld Voitsdorf um ein Mehrfaches über der Gesamtheit der übrigen oberösterreichischen Felder.

Als Erfolg des Jahres 1964 ist noch das Fündigwerden der Bohrung Lindach 1 SE Schwanenstadt festzuhalten. Die Sonde produziert aus dem Obereozän und es wird die Aufgabe weiterer Bohrungen sein, die Größe der Lagerstätte zu ermitteln.

Mit der während des Druckes dieses Artikels in Abteufung befindlichen Bohrung Kirchham 1 der Rohoel-Gewinnungs AG in der Flyschzone S Vorchdorf wird erstmals in Oberösterreich der vom Flysch überschobene Molassebereich und dessen mesozoischer Untergrund geprüft. Öl wurde im Obereozän in einer Tiefe von 3000 m angetroffen.

Im niederösterreichischen Anteil der Molassezone wurde von der Österreichischen Mineralölverwaltung AG im Jahre 1960 das bedeutende Gasfeld Wildendürnbach östlich Laa a. d. Th. entdeckt, das sich an eine Aufwölbung im Gefolge der Aufschiebung der Waschbergzone knüpft. Der gasführende Sandhorizont liegt im Unterhelvet, in einer Tiefe von rund 750 m.

Viele Aufschlußbohrungen wurden im übrigen Teil des Vorlandes zwischen Enns und Thaya abgeteuft, ohne daß weitere Lagerstätten hier gefunden worden wären. Mit den Bohrungen Texing 1 bei Scheibbs, Perschenegg 1 S St. Pölten und Mauerbach 1 im Wienerwald wurde die Flyschzone durchteuft und der überschobene Anteil der Molassezone untersucht.

Waschbergzone

Die in Fortsetzung der gestörten subalpinen Molasse gelegene, durch Schuppenbau ausgezeichnete breite Waschbergzone nördlich der Donau liefert in den Bohrungen Ameis W Poysdorf Erdgas aus Sanden des Burdigals. In der entscheidenden Aufschlußbohrung Ameis 1, die eine Endteufe von 3195 m erreichte, wurden zwei Schuppen durchbohrt und sodann die überschobene autochthone Molasse und deren autochthoner mesozoischer Untergrund angefahren. Der produktive Ameiser Sand liegt im Burdigal der zweiten Schuppe, in einer Tiefe von 1326 m und steigt gegen W an. In den obersten Metern trafen die Ameiser Sonden teilweise noch Torton an, das den Schichten der Waschbergzone diskordant aufliegt und hier zum Wiener Becken gerechnet wird.

¹⁾ Beim Feld Voitsdorf ist bei der Ausfertigung der Karte die Umgrenzung ausgeblieben. Inzwischen wurde eine Längserstreckung des Feldes von etwa 10 km festgestellt.

ANHANG

Österreichs Bergbauproduktion 1962 und 1963

(in metrischen Tonnen), nach H. KERN 1964

	1962	1963
FESTE BRENNSTOFFE		
Steinkohle	99.355	103.522
Glanz- und Braunkohle	5,711.592	6,053.033
ERDÖL und ERDGAS		
Erdöl	2,393.688	2,619.857
Erdgas (in 1000 Nm³)	1,634.850	1,698.975
BITUMEN		
Ölschiefer	616	325
ERZE		
Eisenerze	3,751.400	3,734.400
Eisenglimmer	3.308	4.120
Blei-Zinkerze	194.446	187.907
Wolframerze	12.959	7.222
Kupfererze	142.721	138.093
Antimonerze	16.977	17.550
Bauxit	16.961	17.830
INDUSTRIEMINERALE — STEINE und ERDEN		
Gips und Anhydrit	684.140	584.625
Schwerspat	1.081	2.050
Graphit	89.282	99.589
Magnesit	1,607.409	1,312.788
Talk	75.771	65.644
Rohkaolin	336.393	349.346
Ton, Bentonit, Illit	121.813	118.012
Quarzit, Quarzsand	263.524	265.279
Feldspat	5.056	2.110
Kieselgur	4.185	3.963
Trass	27.847	21.182
Salzsohle (in m³)	1,014.508	1,210.537
Steinsalz	5.114	5.085

Gewinnbare Reserven wichtiger Rohstoffe per 1961

(nach W. E. PETRASCHECK 1962)

	Vorräte 1937	Förderung seit 1937	Vorräte 1961
Blei-Zinkerze	0,275 Mio. t	2,7 Mio. t	0,707 Mio. t
Kupfererze	0,581 Mio. t	1,8 Mio. t	2,050 Mio. t
Eisenerz	383,0 Mio. t	63,0 Mio. t	326,0 Mio. t
Kohle	300,0 Mio. t	128,0 Mio. t	220,0 Mio. t
Erdöl	3,0 Mio. t	42,0 Mio. t	32,0 Mio. t

Literaturverzeichnis

Zum leichteren Auffinden einzelner Schriften wurde das nachstehende, nur einen Teil der umfangreichen Literatur über österreichische Lagerstätten beinhaltende Verzeichnis in folgender Weise gegliedert:

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Allgemeines — Erze 2. Allgemeines — Nichterze 3. Niederösterreich und Burgenland 4. Oberösterreich 5. Salzburg | <ol style="list-style-type: none"> 6. Steiermark — Erze 7. Steiermark — Nichterze 8. Kärnten 9. Tirol und Vorarlberg 10. Erdöl und Erdgas
(zusammenfassende Arbeiten) |
|---|--|

1. Allgemeines — Erze

- BECK, H., 1926: Die Schwefelkiesvorräte Österreichs. Les Reserves mondiales en Pyrite. — XIV. Congres géol. internat. Espagne Madrid 1926, 89—127, 1 Karte, Tab.
- BECK-MANNAGETTA, P., Mitarbeit E. BRAUMÜLLER, 1964: Geologische Übersichtskarte der Republik Österreich mit tektonischer Gliederung 1 : 1 Mio. — Geol. B.-A. Wien 1964.
- CANAVAL, R., 1920: Das Goldfeld der Ostalpen und seine Bedeutung für die Gegenwart. — Berg- u. hüttenm. Jb. 68, 67—110, Wien 1920.
- CLAR, E., 1945: Ostalpine Vererzung und Metamorphose. — Verh. Geol. B.-A. 1945, 29—37, Wien 1945.
- CLAR, E., 1953: Geologische Begleitbemerkungen zu O. M. FRIEDRICH's Lagerstättenkarte der Ostalpen. Radex-Rdsch. H. 7/8, 408—416, Radenthein 1953.
- CLAR, E., 1954: Über die Herkunft der ostalpinen Vererzung. — Geol. Rdsch. 42, 107—127, Stuttgart 1954.
- CZERMAK, F., & J. SCHADLER, 1933: Das Vorkommen des Elements Arsen in den Ostalpen. Tscherm. miner. petr. Mitt. 44, 1—67, Leipzig-Wien 1933.
- EXNER, CH., 1953: Zum Zentralgneis-Problem in den östlichen Hohen Tauern. — Radex-Rdsch. H. 7/8, 417—433, Radenthein 1953.
- FRIEDRICH, O. M., 1937: Überblick über die ostalpine Metallprovinz. — Z. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im Deutschen Reich 85, 241—253, Berlin 1937.
- FRIEDRICH, O. M., 1942: Tektonik und Erzlagerstätten in den Ostalpen. Berg- u. hüttenm. MH. 90, 131—136, Wien 1942.
- FRIEDRICH, O. M., 1948: Überschiebungsbahnen als Vererzungsflächen. — Berg- u. hüttenm. MH. 93, 13—15, Wien 1948.
- FRIEDRICH, O. M., 1953: Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen. — Radex-Rdsch. H. 7/8, 371—407, Radenthein 1953.
- FRIEDRICH, O. M., 1962: Neue Betrachtungen zur ostalpinen Vererzung. — Karinthin F. 45/46, 210—228, Knappenberg 1962.
- HABERFELNER, E., 1937: Die Geologie der österreichischen Eisenerzlagerstätten. — Z. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im Deutschen Reich 85, 226—240, Berlin 1937.
- HABERFELNER, E., 1951: Zur Genesis der Bauxite in den Alpen und Dinariden. Berg- u. hüttenm. MH. 96, 62—69, Wien 1951.
- HEGEMANN, F., 1960: Über extrusiv-sedimentäre Erzlagerstätten der Ostalpen, II. Teil: Blei-Zinkerzlagerstätten. — Z. f. Erzbergbau u. Metallhüttenwesen 13, 79, 122, Stuttgart 1960.
- HEGEMANN, F., 1960: Die Entstehung der kalkalpinen Blei-Zinkerzlagerstätten. — N. Jahrb. Miner. MH. Stuttgart 1960, 170.
- HERMANN, F., 1947: Die Antimonerzvorkommen Mittel- und Südosteuropas, ihre lagerstättenkundliche Stellung und wirtschaftliche Bedeutung. — Verh. Geol. B.-A. 1947, 57—83, Wien.
- HIESSELEITNER, G., 1947: Die geologischen Grundlagen des Antimonbergbaues in Österreich. — Jb. Geol. B.-A. 92, 1—92, Wien 1947.
- HOCHSTETTER, C., & F. KIRNBAUER, 1962: Der österreichische Bergbau. Sdh. „Leobner Bergmannstag“ Montan-Rdsch. Wien 1962, 5—50.
- KARL, F., 1960: Über das Alter der Granite in den Hohen Tauern. — Geol. Rdsch. 50, 499—505, Stuttgart 1960.
- KERN, A., 1952: Die Eisenerzlagerstätten der Oesterreichisch-Alpine Montangesellschaft. XIXe Congr. Géol. Intern. Alger 1952, Tom. II.
- KERN, H., 1964: Der österreichische Bergbau im Jahr 1963. — Berg- u. hüttenm. MH. 109, 224—228, Wien 1964.
- KOZŁOWSKI, C., 1956: Der Mineralbestand österreichischer Bauxite. — Karinthin F. 33, 156—161, Knappenberg 1956.

- LECHNER, K., & B. PLÖCHINGER, 1956: Die Manganerzlagertstätten Österreichs. XX. Congr. Intern. Geol. Mexico, Tom. 5, 299—313, Mexico 1956.
- LECHNER, K., A. RUTTNER & R. GRILL, 1958: Karte der Lagerstätten von Erzen, Kohlen, industriell nutzbaren Mineralen, Erdöl und Erdgas in Niederösterreich und in den angrenzenden Gebieten. — 1 : 500.000, Niederösterreich-Atlas, Freytag-Berndt u. Artaria, Wien 1958.
- LECHNER, K., HOLZER, H., RUTTNER, A., & GRILL, R., 1964: Karte der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe der Republik Österreich; 1 : 1 Mio. Geol. B.-A., Wien 1964.
- LEITMEIER, H., 1953: Orogenese und Vererzung im Raume der Ostalpen. — „Kober“-Festschr. „Skizzen zum Antlitz der Erde“, 228—254, Wien 1953.
- MAUCHER, A., 1957: Die Deutung des primären Stoffbestandes der kalkalpinen Pb-Zn-Lagerstätten als syngenetisch-sedimentäre Bildungen. — Berg- u. hüttenm. MH. 102, 226—229, Wien 1957.
- MEIXNER, H., 1953: Mineralogische Beziehungen zwischen Spatmagnetit- und Eisenspatlagerstätten der Ostalpen. — Radex-Rdsch. H. 7/8, 445—458, Radenthein 1953.
- MEIXNER, H., 1953: Mineralogisches zu FRIEDRICH's Lagerstättenkarte der Ostalpen. — Radex-Rdsch. H. 7/8, 434—444, Radenthein 1953.
- Montanhandbuch, Österreichisches, 37. Jg., Verfaßt im Bundesministerium f. Handel u. Wiederaufbau, Oberste Bergbehörde, Montan-Verl. Wien 1963.
- PETRASCHECK, W., 1926: Das Alter alpinen Erze. — Verh. Geol. B.-A. 1926, 108—109, Wien 1926.
- PETRASCHECK, W., 1928: Metallogenetische Zonen in den Ostalpen. — Compt.-Rend. XIVe Congr. Géol. Intern. 1926, 1243—1253, Madrid 1928.
- PETRASCHECK, W., 1945: Die alpine Metallogenese. — Jb. Geol. B.-A. 90, 129—149, Wien 1945.
- PETRASCHECK, W. E., 1955: Großtektonik und Erzverteilung im mediterranen Kettensystem. — Sitzber. Österr. Akad. Wiss. math.-natwiss. Kl., Abtl. I, 164, 109—130, Wien 1955.
- PETRASCHECK, W. E., 1956: Die ostmediterrane und die alpine Erzprovinz. — Berg- u. hüttenm. MH. 101, 29—30, Wien 1956.
- PETRASCHECK, W. E., 1957: Die Gesichtspunkte für eine hydrothermale Entstehung der kalkalpinen Blei-Zinklagerstätten. — Berg- u. hüttenm. MH. 102, 229—233, Wien 1957.
- PETRASCHECK, W. E., 1958: Bemerkungen zur Altersfrage der alpinen Spatvererzungen. — Berg- u. hüttenm. MH. 103, 255—256, Wien 1958.
- PETRASCHECK, W. E., 1962: Die österreichische Lagerstättenforschung in den letzten 25 Jahren. — Montan-Rdsch., Sdh. „Leobner Bergmannstag“, 3—8, Wien 1962.
- PETRASCHECK, W. E., 1963: Zur Diskussion über die internationale metallogenetische Karte. — Z. f. Erzbergbau u. Metallhüttenwesen 16, 325, Stuttgart 1963.
- POŠEPNY, F., 1870, 1873: Über alpine Erzlagertstätten. — Verh. Geol. B.-A. 1870, 124—126 und Jb. Geol. R.-A. 23, 407, Wien 1873.
- REDLICH, K. A., 1907: Zur Genesis der Pinolithmagnetit, Siderit etc. — Tscherm. miner.-petr. Mitt. 26, 53—59, Leipzig-Wien 1907.
- REDLICH, K. A., 1931: Zur Geologie der innerösterreichischen Eisenerzlagertstätten. — 1—165, Wien-Berlin 1931.
- SCHNEIDER, J. H., 1953: Neue Ergebnisse zur Stoffkonzentration in Blei-Zinklagertstätten der nördlichen Alpen. — Fortschr. d. Miner. 32, Berlin 1953.
- SCHNEIDERHÖHN, H., 1952: Genetische Lagerstättengliederung auf geotektonischer Grundlage. — N. Jb. Min. MH. 47—89, Stuttgart 1952.
- SCHROLL, E., M. BRANDENSTEIN & I. JANDA, 1955: Über das Vorkommen einiger Spurenmetalle in Blei-Zinkerzen der ostalpinen Metallprovinz. — Tscherm. min. Mitt. 5, Wien 1955.
- SCHROLL, E., N. GRÖGLER & M. GRÜNENFELDER, 1961: Bleiisotopenhäufigkeit in Bleiglanzen der Ostalpen. — Sitzber. Österr. Akad. Wiss. math.-natwiss. Kl. 9, Wien 1961.
- SCHWINNER, R., 1942: Tektonik und Erzlagertstätten in den Ostalpen. — Z. d. Deutschen Geol. Ges. 94, 69—75 und 180—183, Berlin 1942.
- SCHWINNER, R., 1949: Gebirgsbildung, magmatische Zyklen und Erzlagertstätten in den Ostalpen. — Berg- u. hüttenm. MH. 94, 134—143, Wien 1949.
- TERTSCH, H., 1917: Die Erzbergbaue Österreich-Ungarns. — Kriegswirtschaftl. Schr., Wien 1917.
- TSCHERNIG, E., 1963: Probleme des Buntmetallbergbaues. — Berg- u. hüttenm. MH. 108, 358, Wien 1963.
- VETTERS, H., 1933: Geologische Karte der Republik Österreich und der Nachbargebiete. — Geol. B.-A., Wien 1933.

2. Allgemeines — Nichterze

- ANGEL, F., & F. TROJER, 1955: Zur Frage des Alters und der Genesis alpinen Spatmagnetit. — Radex-Rdsch. 374—392, Radenthein 1955.

- CLAR, E., 1956: Zur Entstehungsfrage der ostalpinen Spatmagnesite. — Carinthia II, „Angel-Festschr.“, 22—31, Klagenfurt 1956, 22 Sdh.
- FRIEDRICH, O. M., 1951: Zur Genesis ostalpiner Spatmagnesite und Talklagerstätten. — Radex-Rdsch. H. 1, 281—298, Radenthein 1951.
- JANDA, I., & E. SCHROLL, 1960: Geochemische Untersuchungen an Graphitgesteinen. — 21. Session Norden Intern. Geol. Congr. Pt. I, 1960.
- KLAR, G., 1957: Die wichtigsten Graphitvorkommen der Welt. — Z. f. Erzbergbau u. Metallhüttenwesen 10, 294—297, Stuttgart 1957.
- KLAUS, W., 1953: Mikrosporen-Stratigraphie der ostalpinen Salzberge. — Verh. Geol. B.-A., 161—175, Wien 1953.
- „KOHLE.“ Hg. v. Fachverband der Bergwerke, Montan-Verl. Wien 1963.
- LECHNER, K., 1952: Ergebnisse aus dem Gebiete „Steine und Erden“. — Verh. Geol. B.-A. Sdh. C, 39—45, Wien 1952.
- MATZ, K., 1953: Genetische Übersicht über die österreichischen Flußspatvorkommen. — Karinthin F. 21, 199—217, Knappenberg 1953.
- MOHR, H., 1930: Der Nutzglimmer. Berlin 1930.
- PETRASCHECK, W., 1922/29: Kohlengologie der österreichischen Teilstaaten. — 1. Teil Wien 1922/24, 2. Teil Katowice 1926/29.
- PETRASCHECK, W., 1937: Lagerstätten nutzbarer Minerale, Steine und Erden in Österreich. — Z. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Deutschen Reich 85, 266—273, Berlin 1937.
- PETRASCHECK, W. E., 1940: Das tektonische Gefüge alpiner Glanzkohlen. — Z. d. Deutschen Geol. Ges. 92, 1940, Berlin.
- PFEIFFER, J., 1961: Vorkommen, Aufbereitung und Verwendung von Talk und Leukophyllit in Österreich. — Montan-Rdsch. Sdh. „Steine u. Erden“, 162—169, Wien 1961.
- SCHAUBERGER, O., 1958: Die Geologie der alpinen Salzlagerstätten im allgemeinen und des Altaussee Salzberges im besonderen. — Montan-Rdsch. H. 5, 94, Wien 1958.
- ZAPFE, H., 1956: Die geologische Altersstellung österreichischer Kohlenlagerstätten nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnisse. — Berg- u. hüttenm. MH. 101, 71—81, Wien 1956.

3. Niederösterreich und Burgenland

- BARDOSSY, G., 1961: Mineralogisch-petrographische Untersuchung einiger Bauxite aus den niederösterreichischen Kalkalpen. — In: B. PLÖCHINGER, Die Gosaumulde von Grünbach und der Neuen Welt. — Jb. Geol. B.-A. 104, 359—464, Wien 1961.
- FISCHER, H., 1955: Formsande im Raum von Statzendorf. — Montan-Rdsch. 3, 327—329, Wien 1955.
- HIESSLEITNER, G., 1933: Das Grubenfeld Kurt des Antimonbergbaues Schlaining im Burgenland. — „Metall u. Erz“ 30, 403—406, 1933.
- HOLZER, H., 1960: Die Vorkommen von Erzen, Steinen und Erden im Burgenland. — Burgenländ. Heimatblätter 22, 161—166, Eisenstadt 1960.
- HOLZER, H., mit einem Beitrag von E. J. ZIRKL, 1963: Über einige weitere niederösterreichische Graphitvorkommen. — Verh. Geol. B.-A., 79—91, Wien 1963.
- HOLZER, H., & K. NEUWIRTH, 1962: Über den ehemaligen Eisensteinbergbau Kottaun bei Geras, Niederösterreich. — Montan-Rdsch. 191—193, Wien 1962.
- KÖBL, L., 1927: Vorkommen und Entstehung des Kaolins im niederösterreichischen Waldviertel. — Tscherm. min. petr. Mitt. 37, 173, Leipzig-Wien 1927.
- MOHR, H., 1952, 1954: Die Schwespatlagerstätten des Semmeringgebietes. — Montan-Ztg. Wien 1952, 31 und Berg- u. hüttenm. MH. 99, 101, 132, Wien 1954.
- NEUBAUER, W., 1949: Die steinkohleführenden Lunzer Schichten von Schrambach-Lilienfeld und ihre bergmännische Bedeutung. — Berg- u. hüttenm. MH. 94, 319—333, Wien 1949.
- PLÖCHINGER, B.: siehe unter BARDOSSY, G.
- POLLAK, A., 1955: Neuere Untersuchungen auf der Antimonerzlagerstätte Schlaining. — Berg- u. hüttenm. MH. 100, 137—145, Wien 1955.
- REDLICH, K. A., 1914: Das Karbon auf dem Semmering und seine Magnesite. — Mitt. Geol. Ges. in Wien 7, 205—222, Wien 1914.
- ROSENBERG, H., 1928: Das Mikroasbestvorkommen in Rechnitz im Burgenland. — Berg- u. hüttenm. Jb. 76, 55—57, Wien 1928.
- RUTTNER, A., 1952: Zur Geologie niederösterreichischer und burgenländischer Kohlenvorkommen. — Verh. Geol. B.-A. Sdh. C, 67—71, Wien 1952.
- SCHMIDEGG, O., 1939: Bericht über die geologische Aufnahme des Bergbaubereiches von Pitten. — Verh. Geol. B.-A., 80—81, Wien 1939.
- TAUBER, A., 1955: Die Talkschieferlagerstätten von Glashütten bei Langeck, Burgenland. — Wissenschaftl. Arbeiten aus dem Burgenland, H. 8, Eisenstadt 1955.

- TAUBER, A., 1959: Der Braunkohlenbergbau Bubendorf. — Burgenländ. Heimatbl. 21, 243—255, Eisenstadt 1959.
- TUFAR, W., 1963: Die Erzlagerstätten des Wechselgebietes. — Miner. Mitteil.blatt Joanneum, 1—50, 1/1963, Graz.
- VETTERS, H., 1923: Die Braunkohlenvorkommen in Neulengbach, Starzing und Hagenau in Niederösterreich. — Jb. Geol. B.-A., 39—61, Wien 1923.
- WALDMANN, L., 1952: Studien über ältere Eisensteinbaue im nördlichen Waldviertel. — Verh. Geol. B.-A. Sdh. C, 49—55, Wien 1952.
- WIEDEN, P., 1959: Der Kaolin von Mallersbach (Niederösterreich). — Ber. d. Deutschen keramischen Ges. 36, 463—466, 1959.
- WIEDEN, P., 1961: Die Tonlagerstätte von Stoob im Burgenland. — Tschermin. petr. Mitt. 487—488, Wien 1961.
- WIEDEN, P., & G. HAMILTON, 1952: Die Weißerde von Aspang. — Tschermin. petr. Mitt. 3. F., 45—50, Wien 1952.
- ZAPFE, H., 1953: Zur Altersfrage der Braunkohle von Langau bei Geras in Niederösterreich. — Berg- u. hüttenm. MH. 98, 12—16, Wien 1953.

4. Oberösterreich

- GÖTZINGER, G., 1945: Das Kohlengebiet von Neu-Wildshut. Verh. Geol. B.-A., 37—46, Wien 1945.
- GÖTZINGER, G., 1962: Kohlenlagerstättenstudien im Bereich des Bergbaues Trimmelkam bei Wildshut, O.-Ö. — Verh. Geol. B.-A., A 89, Wien 1962.
- MEDWENITSCH, W., 1958: Die Geologie der Salzlagerstätten von Bad Ischl und Alt-Aussee (Salzkammergut). — Mitt. Geol. Ges. in Wien 50, 133—190, Wien 1958.
- RUTTNER, A., 1954: Gefügestudien im Bereich des Bauxitbergbaues Unterlaussa (südliche Weyererbögen). — Tschermin. petr. Mitt. 145—158, Wien 1954.
- RUTTNER, A., & G. WOLETZ, 1956: Die Gosau von Weißwasser bei Unterlaussa. — Mitt. Geol. Ges. in Wien 48, 1956, 221—256, Wien.
- SCHADLER, J., 1934: Phosphoritvorkommen in Oberösterreich. — Tschermin. petr. Mitt. 45, 466—469, Leipzig 1934.

5. Salzburg

- CORNELIUS, H. P., & B. PLÖCHINGER, 1952: Der Tennengebirgs-Nordrand mit seinen Manganerzen und die Berge im Bereich des Lammertales. — Jb. Geol. B.-A. 95, 145—225, Wien 1952.
- EXNER, CH., 1950: Die geologische Position des Radhausberg-Unterbaustollens bei Badgastein. — Berg- u. hüttenm. MH. 95, 92, 115, Wien 1950.
- FRIEDRICH, O. M., 1953: Die Goldlagerstätte Schellgaden. — Carinthia II, 63, 129—131, Klagenfurt 1953.
- FRIEDRICH, O. M., 1963: Zur Genesis des Magnesits vom Kaswassergraben und über ein ähnliches Vorkommen (Digrub) im Lammertal. — Radex-Rdsch., 421—432, Radenthein 1963.
- HEISSEL, W., 1945: Die geologischen Verhältnisse am Westende des Mitterberger Kupfererzganges (Salzburg). — Jb. Geol. B.-A. 90, 117—127, Wien 1945.
- HEISSEL, W., 1955: Die „Hochalpenüberschiebung“ und die Brauneisensteinlagerstätten von Werfen-Bischofshofen (Salzburg). — Jb. Geol. B.-A. 98, 183—201, Wien 1955.
- IMHOF, K., 1938: Neuer Bergbaubetrieb im Goldfeld der Hohen Tauern. — Z. d. Österr. Ingenieur- u. Architektenver. 90, 29—33, Wien 1938.
- KARL, F., 1956: Ein abbauwürdiges Disthenvorkommen in den Hohen Tauern. — Z. f. Erzbergbau u. Metallhüttenwesen 9, 599, Stuttgart 1956.
- KIESLINGER, A., 1937: Die geologischen Grundlagen des Goldbergbaues in den Hohen Tauern. — Berg- u. hüttenm. Jb. 85, 286, Wien 1937.
- KIESLINGER, A., 1964: Die nutzbaren Gesteine Salzburgs. — Verl. „Das Bergland-Buch“, Salzburg-Stuttgart 1964.
- LEITMEIER, H., 1929: Das Smaragd-vorkommen im Habachtal. — Tschermin.-petr. Mitt. 40, 245—368, Leipzig 1929.
- LEITMEIER, H., 1936: Die Blei-Zinkvorkommen der Achselalpe im Hollersbachtal in Salzburg. — Tschermin.-petr. Mitt. 47, 376—382, Leipzig-Wien 1936.
- MATZ, K., & H. MEIXNER, 1953: Die Kupfererzlagerstätte Mitterberg (Mühlbach am Hochkönig, Salzburg). — Miner. Mittl.-Bl. Joanneum, Sdh., Graz 1953.
- MEDWENITSCH, W., 1960: Zur Geologie des Halleiner Salzberges. — Mitt. Geol. Ges. in Wien 51, 197—218, Wien 1960.
- PETRASCHECK, W. E., 1949: Die geologische Stellung der Salzlagerstätte von Hallein. — Berg- u. hüttenm. MH. 94, 60—65, Wien 1949.

- POSEPNY, F., 1880: Die Goldbergbaue der Hohen Tauern mit besonderer Berücksichtigung des Rauriser Goldberges. — Archiv f. prakt. Geol. I, Wien 1880.
- REDLICH, K. A., 1917: Das Bergrevier des Schwarzleotales. — Z. f. prakt. Geol., 41—49, Berlin 1917.
- WEISS, F., 1951: Die Blei-Silberlagerstätte Ramingstein. — Berg- u. hüttenm. MH. 96, 141—151, Wien 1951.
- ZSCHOCKE, K., & E. PREUSCHEN, 1932: Das urzeitliche Bergbauegebiet von Mühlbach-Bischofshofen. Materialien z. Urgeschichte Österr. H. 6, Wien 1932.

6. Steiermark — Erze

- ANGEL, F., 1939: Unser Erzberg. — Mitt. naturwiss. Ver. f. Stmk. 75, 227, Graz 1939.
- CLAR, E., O. M. FRIEDRICH & H. MEIXNER, 1963, 1964: Steirische Lagerstätten. — Karinthin F. 49/1963 und F. 50/1964, 74—80, Knappenberg.
- FLÜGEL, H., 1952, 1953: Geschichte, Ausdehnung und Produktion der Blei-Zinkabbaue des Grazer Paläozoikums. — Berg- u. hüttenm. MH. 97, 1952, 61—71 und 98, 217—218, Wien 1953.
- FLÜGEL, H., & V. MAURIN, 1952: Geschichte, Ausdehnung und Produktion der Blei-Zinkabbaue des Grazer Paläozoikums. — Berg- u. hüttenm. MH. 97, 227—237, Wien 1952.
- FLÜGEL, H., 1961: Die Geologie des Grazer Berglandes. — Mittl. Joanneum, H. 3, Graz 1961.
- FRIEDRICH, O. M., 1933: Die Erze und der Vererzungsvorgang der Kobalt-Nickel-Lagerstätte Zinkwand-Vöttern in den Schladminger Tauern. — Berg- u. hüttenm. Jb. 81, 1—14, Wien 1933.
- FRIEDRICH, O. M., 1933: Die Kupfererzlagertstätten der Schladminger Tauern. — Berg- u. hüttenm. Jb. 81, 54—61, Wien 1933.
- FRIEDRICH, O. M., 1936: Über die Vererzung des Nockgebietes. Sitzber. Akad. Wiss. Wien math.-natwiss. Kl. 145, 227—258, Wien 1936.
- FRIEDRICH, O. M., 1954: Zur Vererzung um Pusterwald. — Mittl. Joanneum 2/1954, 25—39, Graz.
- FRITSCH, W., 1960: Eine tektonische Analyse des steirischen Erzberges. — Berg- u. hüttenm. MH. 105, 225, Wien 1960.
- HEGEMANN, F., 1939: Erzmikroskopische und geothermische Untersuchungen zur Bildungsweise der Kieslagerstätte Obfarn (Steiermark). — Fortschr. d. Miner. 23, 124, Jena-Berlin 1939.
- HIESSLEITNER, G., 1931, 1935: Zur Geologie der Erz führenden Grauwackenzone etc. — Jb. Geol. B.-A. 81, 49—80 und Jb. Geol. B.-A. 85, 81—100, Wien 1935.
- HIESSLEITNER, G., 1958: Zur Geologie der Erz führenden Grauwackenzone zwischen Admont—Selzthal—Liesen. — Jb. Geol. B.-A. 101, 35—78, Wien 1958.
- KRAJICEK, E., 1954: Der Quecksilberschurfbau Dallakogel bei Gratwein. — Mittl. Joanneum, 15—21, Graz 1954.
- METZ, K., 1938: Über die tektonische Stellung der Magnesit- und Erzlagertstätten in der steirischen Grauwackenzone. — Berg- u. hüttenm. MH. 86, 105—113, Wien 1938.
- NEUBAUER, W., 1952: Geologie der Blei-Zink-Silber-Eisenlagertstätte von Oberzeiring. — Berg- u. hüttenm. MH. 97, 5—15 und 21—27, Wien 1952.
- PETRASCHECK, W. E., 1928: Gefügestudien an der metamorphen Kieslagertstätte von Kallwang. — Berg- u. hüttenm. Jb. 76, Wien 1928.
- REDLICH, K. A., 1902—1907: Bergbaue Steiermarks. — Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen. Leoben, Nüssler, 9 Hefte, 1902—1907.
- RUTTNER, A., 1942: Die Eisenerze auf dem Kraubather Serpentinzug (Steiermark). — Archiv f. Lagerstättenforsch., 58—60, Berlin 1942.
- TURNER, A., 1955: Die Geologie des Erzfeldes westlich Pusterwald ob Judenburg. — Jb. Geol. B.-A. 98, 203—251, Wien 1955.

7. Steiermark — Nichterze

- ANGEL, F., 1954: Die Entstehung des österreichischen Trass = Gossendorfit und seine Stellung im Gleichenberger Vulkanismus. — Mittl. Joanneum, 9—11, Graz 1954.
- BLÜMEL, W., 1951: Die Grünerde von Wetzelsdorf bei Graz. — Mittl. Joanneum 3/1951, Graz.
- BUDIN, F., & E. MATHIAS, 1954: Die Graphitlagertstätte Sunk bei Trieben in der Steiermark. — Berg- u. hüttenm. MH. 99, 95—99, Wien 1954.
- FLÜGEL, H., 1951: Das flächige und lineare Parallelgefüge der Breitenauer Magnesitlagertstätte. — Berg- u. hüttenm. MH. 96, 205—209, Wien 1951.
- FRIEDRICH, O. M., 1936: Über den Aufbau und das Gefüge steirischer Graphite. — Berg- u. hüttenm. Jb. 84, Wien 1936, H. 3.
- FRIEDRICH, O. M., 1947: Die Talklagertstätten des Rabenwaldes (Oststeiermark). — Berg- u. hüttenm. MH. 92, 66—85, Wien 1947.
- GROSS, G., 1958: Überblick über den Gips- und Anhydritbergbau Grundlsee (Steiermark). — Montan-Rdsch., 95—97, Wien 1958.

- HAUSER, A., 1953: Die Lagerstätten lichtbrennender bzw. feuerfester Tone in der Steiermark. — Österr. Chemiker-Ztg. 54, 74—76, Wien 1953.
- HAUSER, A., & E. NEUWIRTH, 1959: Die vulkanischen Tuffe und ihre tonigen Abkömmlinge in der Nordoststeiermark. — Berg- u. hüttenm. MH. 104, 243—253, Wien 1959.
- KLAUS, W., 1954: Braunkohlenpalynologie einiger weststeirischer Lagerstätten. — Verh. Geol. B.-A., 170—179, Wien 1954.
- KOPETZKY, G., 1961: Die Bentonitlagerstätte von Gossendorf, Steiermark. — Mittlbl. Joanneum 2/1961, 46, Graz.
- LACKENSCHWEIGER, H., 1937: Die Braunkohlenmulde von Leoben. — Z. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im Deutschen Reich 85, 209—213, Berlin 1937.
- LESKO, I., 1960: Geologische und lagerstättenkundliche Untersuchungen im Raume Oberdorf/Laming, Steiermark. Mittl. Ges. Geol. u. Bergbaustudenten 11, 3—65, Wien 1960.
- MEIXNER, H., & E. CLAR, 1953: Die Magnesitlagerstätte im Sunk bei Trieben (Obersteiermark). — Mittlbl. Joanneum 1/1953, 1—6, Graz.
- METZ, K., 1949: Die Geologie der Talklagerstätte von Mautern im Liesingtale. — Berg- u. hüttenm. MH. 94, 149—157, Wien 1949.
- PAHR, A., 1959: Bericht über Aufnahmen auf Blatt Oberwart (137), kristalliner Anteil. — Verh. Geol. B.-A. 1959, A 46—47, Wien.
- SCHROLL, E., 1958: Über das Barytvorkommen von Oberzeiring, Steiermark. — Anz. Akad. Wiss. math.-natwiss. Kl. 95, 30—31, Wien 1958.
- VOHRYZKA, K., 1960: Zur Genese des dichten Magnesits von Kraubath. — Berg- u. hüttenm. MH. 105, 12—16, Wien 1960.
- WIEDEN, P., & W. J. SCHMIDT, 1956: Der Illit von Fehring. Tscherm. min. petr. Mitt. F. 3, 5, 284—302, Wien 1956.
- ZSCHUCKE, W., 1956: Die Magnesitlagerstätten von Breitenau bei Mixnitz, Steiermark. — Berg- u. hüttenm. MH. 101, 1, Wien 1956.

8. Kärnten

- ANGEL, F., und Mitarbeiter, 1953: Die Magnesitlagerstätte bei Radenthein. Carinthia II, 63, 98—118, Klagenfurt 1953.
- ANGEL, F., & H. MEIXNER, 1953: Die Pegmatite bei Spittal an der Drau. — Carinthia II, 63, 165—168, Klagenfurt 1953.
- BECK-MANNAGETTA, P., 1960: Eisenvererzung und Tektonik in den östlichen Zentralalpen. Ein Deutungsversuch. — Montan-Rdsch. 1—3, Wien 1960.
- BECK-MANNAGETTA, P., 1949: Über das Oppersdorfer Flöz bei Wolfsberg in Kärnten. — Berg- u. hüttenm. MH. 94, 157—161, Wien 1949.
- BECK-MANNAGETTA, P., und Mitarbeiter, 1952: Zur Geologie und Paläontologie des Tertiärs des unteren Lavantales. — Jb. Geol. B.-A. 95, 1—102, Wien 1952.
- CLAR, E., & H. MEIXNER, 1953: Die Eisenspatlagerstätte von Hüttenberg und ihre Umgebung. — Carinthia II, 63, 77—92, Klagenfurt 1953.
- CZURAY, E. J., 1951: Die Antimonglanzlagerstätten Rabant bei Oberdrauburg. — Montan-Ztg., 45—47, Wien 1951.
- FRIEDRICH, O. M., 1953: Die Eisenglimmerlagerstätte Waldenstein bei Twimberg im Lavanttal. — Carinthia II, 63, 93—95, Klagenfurt 1953.
- FRIEDRICH, O. M., 1955: Die Kärntner Erzlagerstätten I/2—5. — Carinthia II, 65, 25—38, Klagenfurt 1955.
- FRIEDRICH, O. M., 1963: Die Lagerstätten der Kreuzeckgruppe. — Archiv f. Lagerstättenforschung in den Ostalpen, 1, Leoben 1963.
- HABERFELNER, H., K. A. REDLICH & F. SELLNER, 1928: Die Eisenerzlagerstätten im Zuge Lölling—Hüttenberg—Friesach in Kärnten. — Berg- u. hüttenm. Jb. 76, 87—114 und 117—127, Wien 1928.
- HADITSCH, J. G., 1963: Bemerkungen zur Arsenkies-Gold-Vererzung im oberen Lavanttal. — Carinthia F. 48, 6—16, Knappenberg 1963.
- HOLLER, H., 1953: Der Blei- und Zinkerzbergbau Bleiberg, seine Entwicklung, Geologie und Tektonik. — Carinthia II, 63, 35—46, Klagenfurt 1953.
- HOLLER, H., 1960: Zur Stratigraphie des Ladin im östlichen Drauzug und in den Nordkarawanken. — Carinthia II, 22. Sdh., 63—74, Klagenfurt 1960.
- KAHLER, F., 1938: Die Kohlenlagerstätten der Karawanken und ihres Vorlandes. — Berg- u. hüttenm. Jb. 86, 201—205, Wien 1938.
- KAHLER, F., 1951: Über das Kohlenvorkommen des Turiawaldes südlich Velden am Wörthersee. — Carinthia II, 61, 44—45, Klagenfurt 1951.

- KIESLINGER, A., 1956: Die nutzbaren Gesteine Kärntens. — Carinthia II, 17. Sdh., 1—384, Klagenfurt 1956.
- KLAUS, W., 1956: Mikrosporenhorizonte in Süd- und Ostkärnten. — Verh. Geol. B.-A., 250—255, Wien 1956.
- KOSTELKA, L., 1960: Windisch-Bleiberg. — Carinthia II, 75—85, Klagenfurt 1960.
- KRAJICEK, E., 1940: Notiz zu einem Kupfererzvorkommen im Obojnikgraben (Karawanken). — Berg- u. hüttenm. MH. 88, 47—53, Wien 1940.
- MEIXNER, H., 1953: Vererzung und Minerale von Olsa bei Friesach. — Carinthia II, 63, 149—151, Klagenfurt 1953.
- MEIXNER, H., 1957: Die Minerale Kärntens. — Carinthia II, 21. Sdh., Klagenfurt 1957.
- MEIXNER, H., 1960: Stoffwanderungen bei der Eisenspatmetamorphose des Lagerstättentypus Hüttenberg. — Fortschr. d. Miner. 38, 152—154, Berlin 1960.
- PREY, S., 1961: Der ehemalige Großfraganter Kupfer- und Schwefelkiesbergbau. — Mitt. Geol. Ges. in Wien 54, 164—200, Wien 1961.
- SCHULZ, O., 1960: Beispiele für synsedimentäre Vererzungen und paradiagenetische Formungen im älteren Wettersteindolomit von Bleiberg-Kreuth. — Berg- u. hüttenm. MH. 105, 1—111, Wien 1960.
- SCHULZ, O., 1960: Die Blei-Zinkvererzung der Raibler Schichten im Bergbau Bleiberg-Kreuth. — Carinthia II, 22. Sdh., Klagenfurt 1960.
- STABER, R., 1935: Die Ockergruben bei Görriach (Reißeckgruppe, Kärnten). — Carinthia II, 81—84, Klagenfurt 1935.
- STERK, G., 1955: Zur Kenntnis der Goldlagerstätte Klienig im Lavanttal. — Carinthia II, 65, 39—59, Klagenfurt 1955.
- TSCHERNIG, E., 1951: Das Schwespatvorkommen bei Thörl-Maglern. — Carinthia II, 61, 35—38, Klagenfurt 1951.
- WIEBOLS, J., 1948: Zur Geologie des Bleibergbaues Matschiederlernalpe im Gailtal. — Carinthia II, 57, 17—24, Klagenfurt 1948.
- WIESSNER, H., 1950, 1951: Geschichte des Kärntner Bergbaues. 1. Teil: Geschichte des Kärntner Edelmetallbergbaues. 2. Teil: Geschichte des Kärntner Buntmetallbergbaues mit besonderer Berücksichtigung des Blei- und Zinkbergbaues. — Archiv f. Vaterländische Geschichte u. Topographie, 32, Klagenfurt 1950 und 36/37, Klagenfurt 1951.
- ZADORLAKY-STETTNER, N., 1962: Die Erzlagerstätten zwischen Metnitz- und Gurktal, westlich von Friesach in Kärnten. — Berg- u. hüttenm. MH. 107, 342, Wien 1962.

9. Tirol und Vorarlberg

- AMPFERER, O., 1921: Über die kohleführenden Gosauschichten des Brandenberger- und Thierseetales in Tirol. — Jb. Geol. B.-A. 71, 149—158, Wien 1921.
- AMPFERER, O., 1922: Zur Geologie des Unterinntaler Tertiärs. Mit einem Beitrag von B. SANDER: Zur Petrographie der Häringer Bitumenmergel. — Jb. Geol. B.-A. 72, 105—147, Wien 1922.
- ANGEL, F., & P. WEISS, 1953: Die Tuxer Magnesitlagerstätten. — Radex-Rdsch. 7/8, 335—352, Radenthein 1953.
- BLUMRICH, J., 1948: Die Wirtatobelkohle. — „Montfort“ 3, 163—166, Bregenz 1948.
- CLAR, E., 1929: Über die Blei-Zinklagerstätte St. Veit bei Imst (Nordtirol). — Jb. Geol. B.-A. 79, 333—356, Wien 1929.
- FEUCHTER, A., 1935: Die Erzlagerstätten der Bergbaue „Kupferplatte“ und „Kelchalpe“ bei Kitzbühel in Tirol. Mont.-Rdsch. 27, H. 12 u. 13, Wien 1935.
- HAMMER, W., 1915: Über einige Erzvorkommen im Umkreis der Bündnerschiefer des Oberinntales. — Veröffentl. Museum Ferdinandeum 3. F., 59. H., 63—94, Innsbruck 1915.
- HELFRICH, H., 1960: Die Ergebnisse der praktisch-geologischen Untersuchungen im alten Bergbau Röhrenerbühel (Tirol) anlässlich der Schurfarbeiten in den Jahren 1952—1955. — Jb. Geol. B.-A. 103, 205—234, Wien 1960.
- HIESSLEITNER, G., 1934: Über die Vererzungsfolge auf der Blei-Zinkerzlagerstätte Lafatsch in Nordtirol. — Verh. Geol. B.-A., 49—58, Wien 1934.
- HRADIL, G., & H. v. FALSER, 1930: Die Ölschiefer Tirols. — A. Barth, Leipzig 1930.
- HRADIL, G., 1953: Der Ölschiefer von Häring in Tirol. — „Erdöl u. Kohle“, 6, 189—191, Hamburg 1953.
- KLEBELSBERG, R. v., 1939: Nutzbare Bodenvorkommnisse in Nordtirol. — Veröffentl. Museum Ferdinandeum H. 19, 1—56, Innsbruck 1939.
- LEITMEIER, H., 1935: Die Barytvorkommen am Kitzbüheler Horn in Tirol. — Tscherm. Min.-petr. Mitt. 47, 1—25, Leipzig-Wien 1935.
- MATHIAS, E. P., 1961: Die metallogenetische Stellung der Erzlagerstätten im Bereich Engadin-Arlberg. — Berg- u. hüttenm. MH. 106, 1 u. 45, Wien 1961.

- MATZ, K., 1957: Das Molybdänglanzvorkommen von der Alpeinerscharte im Olperergebiet (Zillertaler Alpen). — *Karinthin F.* 34/35, 192—197, Knappenberg 1957.
- PIRKL, H., 1961: Geologie des Trias-Streifens und des Schwazer Dolomits südlich des Inn zwischen Schwaz und Wörgl (Tirol). — *Jb. Geol. B.-A.* 104, 1—150, Wien 1961.
- SCHADLER, J., 1925: Ausbildung des Phosphorits im Gault Vorarlbergs. — *Tscherm. Min.-petr. Mitt.* 38, Festschr. BECKE, 206—209, Leipzig-Wien 1925.
- SCHMIDEGG, O., 1949: Der geologische Bau der Steinacher Decke mit dem Anthrazitflöz am Nößlachjoch (Brenner Gebiet). — *Veröffentl. Museum Ferdinandeum* 26, 1—19, Innsbruck 1949.
- SCHMIDEGG, O., 1951: Die Erzlagerstätten des Schwazer Bergbaugebietes, insbesondere des Falkensteins. — *„Schlern-Schr.“* 85, 36—58, Innsbruck 1951.
- SCHMIDEGG, O., 1951: Die Stellung der Haller Salzlagerstätte im Bau des Karwendelgebirges. — *Jb. Geol. B.-A.* 94, 159—205, Wien 1951.
- SCHMIDEGG, O., 1953: Die Erzlagerstätten am Reiter Kopf und am Reiter Kogel. — *„Schlern-Schr.“* 101, 17—25, Innsbruck 1953.
- SCHMIDEGG, O., 1953: Die Siltalstörung und das Tonvorkommen bei der Stefansbrücke (südlich Innsbruck). — *Verh. Geol. B.-A.* 136—138, Wien 1953.
- SCHULZ, O., 1954: Gefügekundlich-tektonische Analyse des Blei-Zinkbergbaugebietes Lafatsch (Karwendelgebirge, Tirol). — *Berg- u. hüttenm. MH.* 99, 85, Wien 1954.
- SCHULZ, O., 1955: Montangeologische Aufnahme des Pb-Zn-Grubenreviers Vomperloch, Karwendelgebirge, Tirol. — *Berg- u. hüttenm. MH.* 100, 259—269, Wien 1955.
- SCHULZ, O., 1960: Bauxit in den Gosauschichten von Brandenburg (Tirol). — *Berg- u. hüttenm. MH.* 105, 347—349, Wien 1960.
- TORNQUIST, A., 1935: Die hochmetamorphe Kieslagerstätte von Tessenberg-Panzendorf in Osttirol. — *Anz. Akad. Wiss. math.natwiss. Kl.* 72, 27, Wien 1935.

10. Erdöl und Erdgas

- BRIX, F., & K. GÖTZINGER, 1964: Die Ergebnisse der Aufschlußarbeiten der ÖMV-AG in der Molassezone Niederösterreichs in den Jahren 1957—1963. Teil I (Zur Geologie der Beckenfüllung, des Rahmens und des Untergrundes). — *Erdoel-Zeitschrift* 80, 57—76, Wien 1964.
- BÜRGEL, H., 1950: Die Struktur des Welser Gasfeldes. — *Erdoel-Zeitschrift* 66, Heft 3 (6), 33—36, Wien 1950.
- ERDÖL in Österreich. Mit Aufsätzen von K. FRIEDL, R. GRILL, R. JANOSCHEK, L. KÖLBL, B. KUNZ, H. PÖLL, H. G. ULRICH und H. WIESENER; redigiert von F. BACHMAYER. — Verlag „Natur und Technik“, Wien 1957, 108 S.
- FRIEDL, K., 1937: Der Steinberg-Dom bei Zistersdorf und sein Ölfeld. — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 29, 1936, 21—290, Wien 1937.
- FRIEDL, K., 1956: Die österreichischen Erdölvorkommen. — *Erdoel-Zeitschrift* 72, 379—387, Wien 1956.
- FRIEDL, K., 1959: The Oil Fields of the Vienna Basin. — *Proceedings of the Fifth World Petroleum Congress, Section I*, 865—881, New York 1959.
- FRIEDL, K., & L. KÖLBL, 1964: Exkursion II/2: Erdölfelder, Zentrales Wiener Becken. In: *Geologischer Führer zu Exkursionen durch die Ostalpen*. — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 57, Heft 1, 157—161, Wien 1964.
- GRILL, R., 1956: Österreichs aufgeschlossene Erdölreserven und seine Erdölhoffnungsgebiete. — *Erdoel-Zeitschrift* 72, 411—417, Wien 1956.
- GRILL, R., & J. KAPOUNEK, 1964: Exkursion II/1: Waschbergzone und Erdölfelder. In: *Geologischer Führer zu Exkursionen durch die Ostalpen*. — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 57, Heft 1, 147—155, Wien 1964.
- GRILL, R., & L. WALDMANN, 1951: Zur Kenntnis des Untergrundes der Molasse in Österreich. — *Jb. Geol. B.-A.* 94, 1—40, Wien 1951.
- HIRSCH, M., 1960: Das österreichische Erdgas. — *Erdoel-Zeitschrift* 76, 9—13, Wien 1960.
- JANOSCHEK, R., 1958: The inner-alpine Vienna basin. An example of a small sedimentary area with rich oil accumulation. *Habitat of Oil. A Symposium*, 1134—1152, Tulsa 1958.
- JANOSCHEK, R., 1961: Über den Stand der Aufschlußarbeiten in der Molassezone Oberösterreichs. — *Erdoel-Zeitschrift* 77, 161—175, Wien 1961.
- KAPOUNEK, J., KAUFMANN, A., KRATOCHVIL, H., & R. KRÖLL, 1964: Die Erdöllagerstätte Schönkirchen Tief im alpin-karpatischen Beckenuntergrund. — *Erdoel-Zeitschrift* 80, 305—317, Wien 1964.
- KAPOUNEK, J., KÖLBL, L., & WEINBERGER, F., 1963: Results of new exploration in the basement of the Vienna Basin. *Proceedings of the Sixth World Petroleum Congress, Section I*, 205—221, Frankfurt a. Main 1963.

- KAUFMANN, A., KÖLBL, L., KRATOCHVIL, H., & WIESENER, H., 1959: Reservoir Rocks, Fluids and Energy Systems of the Matzen Field in the Vienna Basin. — Proceedings of the Fifth World Petroleum Congress, Section II, 151—172, New York 1959.
- LOGIGAN, ST., & DIEM, E., 1964: Die Ergebnisse der Aufschlußarbeiten der ÖMV AG in der Molassezone Niederösterreichs in den Jahren 1957—1963. Teil V (Lagerstättenstudie über die Gasvorkommen Wildendürnbach und Ameis). — Erdoel-Zeitschrift 80, 251—255, Wien 1964.
- SCHIPPEK, F., 1957: Die Entwicklung der Erdgasproduktion in Österreich. I Giacimenti gassiferi dell Europa-occidentale. Atti del Convegno di Milano 1957, 275—282.
- SCHIPPEK, F., 1957: Die Erdgasfelder der Österreichischen Mineralölverwaltung. Erscheinungsort wie oben: 283—332.
- SCHIPPEK, F., 1963: Die Erdgasvorkommen in Österreich. — Erdoel-Zeitschrift, Kongreßausgabe Juni 1963, 21—32, Urban-Verlag, Wien-Hamburg 1963.
- VETTERS, H., 1938: Über die Möglichkeiten von Erdölvorkommen in der nordalpinen Flyschzone Österreichs. — Bohrtechniker-Zeitung 56, 65—73, Wien 1938.
- WIESENER, H., 1959: Das Wiener Becken als Erdölprovinz. — Erdoel und Kohle 12, 533—537, Hamburg 1959.

4. Teil

Geologie von Österreich

Von CH. EXNER

Mit 1 Tafel am Schluß des Heftes

I. Einführung

Österreich ¹⁾ hat eine Fläche von rund 84.000 km². Es nimmt nördliche und zentrale Teile der Ostalpen zwischen dem Rhein und dem Ostrande der Alpen gegen die ungarischen Ebenen ein. Bei Wien vollzieht sich der streichende Übergang der Alpen zu den Karpaten. Österreich hat auch Anteil an den tertiären Becken längs des N- und E-Randes der Alpen und an dem südlichen Teile der Böhmisches Masse.

Bergbau ist in Österreich seit prähistorischen Zeiten besonders auf Steinsalz, Kupfer und Hornsteine bekannt. Für die europäische Wirtschaft im Altertum und Mittelalter spielten zudem die österreichischen Bergbaue auf Eisen, Gold, Silber und Blei eine gewisse Rolle. Der Magnesit-Bergbau begann zu Anfang, die Erdölproduktion in den dreißiger Jahren dieses Jahrhunderts.

Systematische geologische Forschung wird seit der ersten, besonders aber in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts betrieben: A. BOUÉ, F. v. HAUSER, D. STUR, E. SUSS, M. HOERNES, E. v. MOJSISOVICS. Aus diesem Jahrhundert sind A. PENCK, F. BECKE, F. E. SUSS, A. WEGENER, O. AMPFERER, O. ABEL, W. PETRASCHECK, B. SANDER, L. KOBER und andere zu nennen.

Geologische (teilweise mit gesonderten mineralogisch-petrographischen und paläontologischen) Lehrkanzeln bestehen an den Universitäten Wien, Graz, Innsbruck; an den technischen Hochschulen Wien, Graz; an der Montanistischen Hochschule Leoben und an der Hochschule für Bodenkultur in Wien. Wissenschaftliche geologische Abteilungen mit Sammlungen und Bibliotheken finden sich an den Museen in Wien, Linz, Graz, Innsbruck, Salzburg und Klagenfurt.

Die Geologische Anstalt in Wien wurde im Jahre 1849 gegründet und war viele Jahrzehnte das Zentrum der geologischen Erforschung der weiten Areale der einstigen Österreichisch-Ungarischen Monarchie. Seit dem Jahre 1919 ist ihr Arbeitsbereich als „Geologische Bundesanstalt“ auf das Gebiet der Republik Österreich konzentriert. Bezüglich der dort erhältlichen geologischen Übersichtskarten siehe Literaturverzeichnis! Geologische Spezialkarten bestehen in den Maßstäben 1 : 75.000, 1 : 50.000 und teilweise auch 1 : 25.000 und 1 : 10.000.

¹⁾ Dieser kurze Aufsatz über die Geologie von Österreich wurde ursprünglich auf Anregung der Herren Prof. R. W. FAIRBRIDGE (New York) und Prof. H. KÜPPER (Wien) für die in Vorbereitung befindliche Encyclopedia of Earth Sciences, wo er demnächst in englischer Sprache erscheinen wird, geschrieben (Herausgeber: R. W. FAIRBRIDGE). Dem Ziel des genannten, für ausländische Studenten und Fachgeologen, vielfach jenseits der europäischen Gestade, zusammengestellten Handbuches entsprechend, mußte der Aufsatz möglichst allgemein, auch geographisch verständlich und möglichst wenig beladen mit lokalen Ortsbezeichnungen oder Hinweisen auf die vielfach noch bestehenden, ungelösten, alpinen, geologischen Probleme und theoretischen Meinungsverschiedenheiten gehalten sein. Der Artikel sollte etwa 3000 Worte und nur 5 bis 6 Literaturzitate (einschließlich der Hinweise auf geologische Karten) umfassen.

Ohne wesentliche Änderung wird der unter den erwähnten Umständen und für den erwähnten Personenkreis im März 1964 verfaßte Aufsatz hier zu Übersichts Zwecken auf Anregung von Prof. H. KÜPPER und mit Zustimmung von Prof. R. W. FAIRBRIDGE in deutscher, englischer und französischer Sprache gebracht. Für die französische Übersetzung möchte der Verfasser dem verehrten Kollegen und Geologen Dr. A. AUTRAN (Paris) besonders herzlich danken.

II. Geomorphologische und geotektonische Gliederung. Geologische Entwicklung.

A. Die Böhmisches Masse

Die Böhmisches Masse ist ein tief denudierter Rest des mitteleuropäischen Astes des variszischen Gebirgssystems. Morphologisch handelt es sich in Österreich um eine gehobene Fastebene mit Höhen bis rund 1400 m über dem Meeresspiegel.

1. Die moravische Zone gehört zur metamorphen Externzone. Sie besteht aus N-S bis NE streichenden, wahrscheinlich algonkischen bis devonischen, epi- bis mesozonal metamorphen Schiefern und vordevonischen Graniten.

2. Die moldanubische Zone ist die Internzone des mitteleuropäischen Astes des variszischen Gebirges. N-S bis NW streichende, wahrscheinlich archaische bis algonkische, kata- bis mesozonal metamorphe Schiefer bauen sie auf. Variszische Granitplutone nehmen große Areale ein.

3. Die schwächer metamorphen moravischen Schiefer fallen nach W unter die stärker metamorphen moldanubischen Schiefer. Dieses Paradoxon wird durch Überschiebung der moldanubischen über die moravische Serie während einer frühvariszischen Orogenese interpretiert, in neuerer Zeit aber von tschechischen Geologen bezweifelt. Spätvariszische Störungen kreuzen die Böhmisches Masse in Richtung NE und NW. Die postvariszische Sedimenttafel (Oberkarbon bis Alttertiär) ist teils an solchen Störungen, in viel ausgedehnterem Maße aber im Untergrund des Molassebeckens (Bohrungen) erhalten. Das Grundgebirge in südlicher Fortsetzung der Böhmisches Masse und die autochthone Sedimenttafel fallen flach nach Süden unter die Alpen.

B. Die Tertiärbecken

1. Das Molassebecken besteht über der genannten postvariszischen Sedimenttafel aus vorwiegend klastischen, marinen Seichtwassersedimenten von obereozänem bis mittelmiozänem Alter und darüber fluviatilen Schottern, lakustren Ablagerungen mit Ligniten und im westlichen Österreich auch pleistozänen Moränen. Im westlichen Österreich erreicht die Molasse-Serie 4000 m Mächtigkeit.

a) Zu unterscheiden ist die flach liegende, tektonisch wenig gestörte Molasse in größerer Ferne vom Alpen- und Karpatenrand von der

b) subalpinen und subkarpatischen Molasse in unmittelbarer Nähe dieses Randes. Der Körper der Alpen und Karpaten hat diese randliche Molasse während einer Spätphase der alpinen Orogenese (Unter- bis Mittelmiozän) überschoben, geschuppt und stellenweise aufgerichtet. In Bohrungen, die bis 7 km südlich des Alpenrandes lokalisiert sind, wurde die Molasse unter der Flyschzone angefahren.

2. Das Wiener Becken wird von Brüchen begrenzt, die schräg zu den alpin-karpatischen Strukturen verlaufen. Die Einsenkung erfolgte synsedimentär seit dem mittleren Miozän und hält rezent an (pleistozäne Gräben, rezente Bebenstätigkeit). Das Becken ist mit vorwiegend klastischen, bis 5500 m mächtigen, marinen bis brackischen mittel- bis obermiozänen, teilweise brackischen und teilweise lakustren unterpliozänen und fluviatilen oberpliozänen bis quartären Schichten angefüllt. Am Ende des Oberpliozäns erfolgte der Durchbruch der

Donau durch die alpin-karpatischen Ketten vom Molassebecken zu den ungarischen Ebenen.

3. Kleinere inneralpine Tertiärbecken, die längs spät-alpinen Störungen eingebrochen sind, befinden sich in den nördlichen Kalkalpen ostnordöstlich Innsbruck mit klastischen, teilweise marinen Sedimenten ober-eozänen bis untermiozänen Alters und in den Zentralalpen östlich des Meridians von Salzburg. Die zuletzt genannten sind mit hauptsächlich fluviatil-lakustrischen Ablagerungen mit Braunkohlen, örtlich auch mit marinen Sedimenten jung-tertiären Alters erfüllt. Die marinen Ablagerungen ostnordöstlich Innsbruck hatten wohl Zusammenhang mit dem Molassebecken; die der Zentralalpen mit dem Wiener Becken und den Randteilen der ungarischen Ebenen.

4. Die Randbecken der ungarischen Ebenen bilden Buchten am Ostalpenrande in den Gegenden von Eisenstadt und Graz. Sie sind ähnlich wie das Wiener Becken mit bis 3000 m mächtigen, vorwiegend klastischen, mittelmiozänen bis unterpliozänen Schichten ausgefüllt.

5. Der Ostrand der Alpen ist durch Flexuren und Brüche gekennzeichnet. Das eigentliche pannonische Becken brach hauptsächlich erst im Pliozän ein. Miozäne Andesite und pliozäne Basalte (subsequenter und finaler Vulkanismus der alpinen Orogenese) begleiten den Ostrand der Alpen.

C. Die Alpen

In den Ostalpen unterscheidet man in geomorphologischer Hinsicht folgende, E-W verlaufende Streifen: Nord-, Zentral- und Südalpen.

Das beherrschende Landschaftselement der Nordalpen sind die aus mesozoischen, hauptsächlich triadischen Kalken und Dolomiten bestehenden nördlichen Kalkalpen (oberostalpine Decke, siehe unten). Im westlichen Österreich erreichen sie um 3000 m Seehöhe. Im östlichen Österreich bilden sie einzelne isolierte Hochplateaus in über 2000 m Seehöhe (gehobene, miozäne Peneplain) mit steilen Flanken. Die Linie: Arlberg—Innsbruck—Leoben—Semmering scheidet die Nord- von den Zentralalpen.

Die Zentralalpen bestehen vorwiegend aus metamorphen Gesteinen der oberostalpinen Decke, unter der in tektonischen Fenstern die von der oberostalpinen Decke überschobenen und daher kräftiger alpin metamorphen Gesteine der unterostalpinen und der penninischen Zone erscheinen. Die Berge erreichen im westlichen Österreich über 3500 m und auch im östlichen Österreich betragen die Höhen der Gipfel dieser dort eher einförmigen und breiten Rücken, die vorwiegend aus metamorphen Gesteinen aufgebaut werden, noch bis zum Ostrand der Alpen 2000 m über dem Meeresspiegel. An der Grenze zu den Südalpen findet sich ein spätalpidisches, E-W, ENE und NW verlaufendes Bruchsystem.

Nur kleine Teile der Südalpen sind noch auf österreichischem Gebiete vorhanden. Das beherrschende Landschaftselement sind die paläozoischen Kalkberge der Karnischen Alpen und die größtenteils bereits in Italien befindlichen, über 3000 m hohen prächtigen Kalk- und Dolomittürme (hauptsächlich Trias) der berühmten Dolomiten, die als sogenannte südliche Kalkalpen nach Jugoslawien fortsetzen.

Die tektonischen Zonen der Schweizer Alpen treten in das westliche Österreich ein. Sie erfahren aber im östlichen Österreich Veränderungen in sedimentärfazieller, tektonischer und metamorpher Hinsicht.

Die nördliche Externzone der Alpen (helvetische Zone) verändert sich östlich von Salzburg sedimentär-faziell und geht schließlich als Grestener Klippenzone in die äußere Klippenzone (Subsilesische Decke) der Karpaten über. Die penninische Zone keilt wahrscheinlich zwischen den Meridianen von Salzburg und Wien aus. Sie hat keine Fortsetzung in den Westkarpaten oder unter den ungarischen Ebenen. Dafür erscheint bei Wien ein in den übrigen Alpen nicht bekanntes, am ehesten mit dem nördlichen Teil der unterostalpinen Zone verwandtes tektonisches Element, das in den Karpaten als pieninische oder innere Klippenzone auf 500 km streichender Länge verfolgbar ist. Die übrige unterostalpine Zone streicht vom Semmering zu den Karpaten nördlich der Donau weiter, wo sie sehr breit entwickelt ist.

Die größte Überraschung bereitet die oberostalpine Zone. Ihr Grundgebirge ist im westlichen Österreich so wie in der Schweiz als Decke über der unterostalpinen und penninischen Zone entwickelt. Gegen S (an der Grenze zu den Südalpen) und gegen ESE (Ostrand der Alpen südlich Graz) nimmt das Grundgebirge der oberostalpinen Einheit eine quasi-autochthone Lage ein. Dieses Grundgebirge stellt die alpin weniger deformierte und weniger metamorphosierte Internzone des alpinen Gebirgssystems dar und zeigt auch mit seinen N-S streichenden, kata- bis mesozonal metamorphen Schiefern im Gebiete südwestlich Graz Ähnlichkeiten zur Böhmisches Masse. Hier wurde der Begriff „Zwischengebirgs-Masse“ (L. KOBER) definiert als ein verhältnismäßig starrer, alter Block, der als pannonische Masse in den Untergrund der ungarischen Ebene fortsetzt und von den mobilen Randzonen des alpinen Gebirgssystems (Alpen, Karpaten und Dinariden) umgeben wird.

Der paläozoische und mesozoische Sedimentmantel der oberostalpinen Zone ist vom Grundgebirge häufig abgeschert und glitt als sekundäre Decke, die in sich in einzelne Schuppen aufgelöst ist, nach N: Nördliche Grauwackenzone und nördliche Kalkalpen.

Die Südalpen stellen so wie in der Schweiz einen alpin wenig deformierten Block dar, der teils in die Dinariden und in den Untergrund der ungarischen Ebenen fortsetzt und in die quasiautochthone Internzone der pannonischen Masse und des südlichen Teiles der oberostalpinen Zone übergeht.

Von N nach S kann man folgende tektonische Zonen in den österreichischen Ostalpen unterscheiden:

1. Die *helvetische Zone* ist nur als schmale, vom Grundgebirge losgelöste Schuppe fossilreicher jurassischer bis obereozäner, miogeosynklinaler Kalke, Mergel und selten Sandsteine am N-Rande der Alpen im westlichen Österreich entwickelt. Im E gehen die südlichen Anteile in die faziell abweichende, miogeosynklinale Jura- bis Eozänserie der *Grestener Klippenzone* über, in deren Verband sich Schollen von Grundgebirge, liassische Arkosen und Kohlen, mergeliger bis klastischer Dogger, Radiolarite und Kalke des Oberjura und der Unterkreide und foraminiferenreiche Buntmergel der Kreide und des Eozäns einstellen. Östlich Salzburg bis Wien bildet das Helvetikum tektonische Fenster und Schuppen innerhalb der Flyschzone. Das Helvetikum liegt zusammen mit der Flyschzone auch unter den nördlichen Kalkalpen, wo es in Form tektonischer Fenster sichtbar ist.

2. Die *Flyschzone* ist die Fortsetzung der schweizerischen ultrahelvetischen und vielleicht der randlichen penninischen Flyschzone. Sie geht nördlich der Donau bei Wien in die sehr breite Flyschzone der Karpaten über. In Österreich handelt es sich um oberkretazische bis mitteleozäne, über 1000 m mächtige

tige, marine Sandsteine, Mergel, Breccien und Konglomerate mit graded bedding (synorogene Sedimente der alpinen Orogenese). Mehrere Schuppen sind zu unterscheiden. Während der unteroligozänen Orogenese wurde die Flyschzone von den nördlichen Kalkalpen (oberostalpine Decke) überschoben. In tektonischen Fenstern, die bis 25 km südlich des N-Randes der nördlichen Kalkalpen sich befinden, tritt die Flyschzone unter den nördlichen Kalkalpen an den Tag.

3. Die penninische Zone ist im österreichischen Teil des Unterengadiner Fensters und im Tauernfenster aufgeschlossen. Sie besteht aus alpin epi- bis mesometamorphem, remobilisiertem variszischem Grundgebirge (algonkische bis altpaläozoische Schiefer, variszische Granite und Migmatite: jetzt alpin metamorphe Orthogneise), jungpaläozoischen Schiefen, alpin metamorpher germanischer bis miogeosynklinaler, wenig mächtiger, karbonatischer Trias und aus über 1000 m mächtigen, eugeosynklinalen Tonschiefern, Kalkschiefern und Breccien jurassischen bis unterkretazischen Alters mit über 100 m mächtigen Grünschiefern mit kleinen Stöcken von Gabbro, Pyroxenit und Serpentin (sogenannte Ophiolite des initialen Vulkanismus der alpidischen Orogenese). Alle diese Gesteine sind als B-Tektonite deformiert und epi- bis mesozonal rekristallisiert. Man unterscheidet autochthone Massive, parautochthone Schuppen und eine große, südpenninische Decke (Glocknerdecke; benannt nach dem höchsten Berge Österreichs, dem rund 3800 m hohen Großglockner). Da die alpine Metamorphose stark wirkte, sind Fossilien sehr selten und die Stratigraphie eher problematisch. Die Überschiebung der penninischen Zone des Tauernfensters durch die unterostalpine und oberostalpine Decke scheint bereits während der intrakretazischen Phase der alpinen Orogenese, also zwischen Unter- und Oberkreide stattgefunden zu haben.

4. Ein im wesentlichen karpatisches tektonisches Element in den Alpen bildet die pieninische Klippenzone in den südwestlichen Vororten von Wien. Sie befindet sich südlich der Flyschzone und besteht aus mesozoischen, miogeosynklinalen Kalken, Mergeln, Sandsteinen und Radiolariten.

5. Die unterostalpine Zone findet sich im Grenzraum zur Schweiz und bildet den Rahmen der tektonischen Fenster des Unterengadins und der Tauern. Auch das Halbfenster des Bösenstein-Semmering-Gebietes und seiner Fortsetzung in die breite unterostalpine Zone der Karpaten nördlich der Donau bei Wien gehört hierher. Auf österreichischem Gebiet zeigen diese Gesteine alpine Epimetamorphose. In den Karpaten verschwindet die alpine Metamorphose. Auf variszischem Grundgebirge liegt Jungpaläozoikum. Trias und Lias zeigen trotz der Metamorphose recht gut erhaltene Fossilien. Die karbonatische Trias zeigt eine reiche miogeosynklinale Entwicklung mit zahlreichen stratigraphischen Analogien zur oberostalpinen Zone. Ihre Mächtigkeit beträgt aber nur wenige 100 m. Auch Jura und Unterkreide sind stratigraphisch mit der oberostalpinen Zone vergleichbar, bloß weniger mächtig. Es gibt auch fazielle Ähnlichkeiten zu den jurassischen Kalkschiefern der penninischen Zone. Grünschiefer und Serpentin treten zurück und fehlen meist. Breccien sind im Lias, Malm und Unterkreide häufig und weisen so wie die wahrscheinlich gleich alten Breccien in der penninischen Zone auf tektonische Vorläuferphasen der alpinen Orogenese im Lias, Malm und Unterkreide. Die Überschiebung durch die oberostalpine Decke erfolgt im östlichen Österreich wahrscheinlich bereits während der intrakretazischen Orogenese. Das Wiederauftauchen der unterostalpinen Zone an die Erdoberfläche erfolgte vor dem Obereozän. Denn nicht metamorpher obereozäner Nummulitenkalk transgrediert über den unterostalpinen Decken

des Semmering-Gebietes. Man unterscheidet mehrere unterostalpine Decken, die besonders in der NE-Ecke des Tauernfensters und im Semmering-Gebiet gut entwickelt sind.

6. Die oberostalpine Zone

Das Grundgebirge der oberostalpinen Zone zeigt nur schwache, oft nur lokale, regressive, alpine Metamorphose. Es besteht aus präkambrischen bis altpaläozoischen, kata-, meso- und epizonal metamorphen Schiefern: Paragneise, Glimmerschiefer, Phyllite, Eklogitamphibolite, Amphibolite, Peridotite, Grünschiefer, Quarzite, Marmore, Migmatite und Orthogneise. Im westlichen Österreich gibt es Strukturen mit vertikalen Faltenachsen (Schlingentektonik). Nahe dem Ostrande der Alpen herrschen — wie schon erwähnt —, flache, domförmige Strukturen, mit horizontalen, N-S streichenden Faltenachsen algonkischen oder variszischen Alters.

An der Grenze zum fossilführenden Altpaläozoikum finden sich meist tektonische Störungen. Auch das Jungpaläozoikum und das Mesozoikum sind vielfach vom variszischen Grundgebirge abgeschert und bilden sekundäre Schuppen und Decken mit zahlreichen interessanten Detailstrukturen der nördlichen Grauwackenzone, der nördlichen Kalkalpen und der Zentralalpen. Nur im südlichen Teil der oberostalpinen Zone blieb stellenweise die primäre stratigraphische Auflagerung der paläo- und mesozoischen Sedimente auf dem oberostalpinen Grundgebirge erhalten, und zwar oft nur in schmalen, seitlich zusammengepreßten, steilen Synklinen.

Das fossilführende Altpaläozoikum ist vom Ordovizium bis Unterkarbon marin entwickelt und zeigt fazielle und faunistische Ähnlichkeiten zum benachbarten marinen Altpaläozoikum der variszischen Geosynklinale in der Umgebung von Prag, in Mitteldeutschland und im Mediterrangebiet. Eine kaledonische Diskordanz oder Anzeichen für kaledonische Orogenese sind in den Ostalpen nicht bekannt. Das fossilführende Altpaläozoikum besteht hier aus Graptolithenschiefern, Lyditen, Schiefertönen, Sandsteinen, Grauwacken, Quarziten, Rauhwacken, Dolomiten, Brachiopoden-, Orthoceren- und Riffkalken. Dazu kommen Diabase, Keratophyre und Quarzporphyre. Die Hauptphase der variszischen Orogenese vollzog sich zwischen Unter- und Oberkarbon. Oberkarbon und Perm der oberostalpinen Zone sind fast durchwegs kontinental entwickelt. In den nördlichen Kalkalpen gibt es permische bis untertriadische Evaporite.

Das Mesozoikum der oberostalpinen Zone ist eine reich gegliederte, miogeosynklinale, marine Serie, die bei vorherrschender Senkung auf dem Schelf südlich der in Jura und Unterkreide eugeosynklynal entwickelten penninischen bzw. unterostalpinen Zone zur Ablagerung gelangte. Sie stand in unmittelbarer Verbindung mit der ganz ähnlich beschaffenen mesozoischen Serie der Südalpen (südliche Kalkalpen), der äußeren Zone der Dinariden, des nördlichen Kalk-Apennins, der mesozoischen Hörste in Ungarn (Bakony-Wald, Bükk-Gebirge) und der Gemeriden in den Westkarpaten. Die Trias ist in den nördlichen Kalkalpen um 2000 m mächtig: Beginn der marinen Transgression mit Sandsteinen, Schiefertönen und Steinsalz in der Untertrias; Riffkalken, Dolomiten sowie Mergeln und Cephalopodenkalken in der Mitteltrias. Eine lokale Regressionsphase mit Landpflanzen und Kohle zu Beginn der Obertrias. An anderen Stellen jedoch mariner Übergang von der Mittel- zur Obertrias mit gebankten Kalken, Riffkalken, reichen Cephalopodenkalken und Dolomiten während der Obertrias. An der Wende von Trias und Lias häufig eine Regressionsphase. In Jura und Unterkreide wird das marine Regime nicht mehr unterbrochen:

Brachiopoden-, Cephalopodenkalke, Mergel mit Hornsteinknollen, Radiolarite (Dogger und Malm), Riffkalke (Malm), Aptychenkalke (Malm und Unterkreide); endlich geröllführende Sandsteine in der Unterkreide, die den Beginn der ersten großen tektonischen Phase der alpinen Orogenese, nämlich der intrakretazischen Phase zwischen Unter- und Oberkreide anzeigen. Während dieser tektonischen Phase wurden die nördlichen Kalkalpen geschuppt und über die unterostalpine und penninische Zone bis an den S-Rand des nun entstehenden Flyschmeeres geschoben. Es folgt über den Falten und Schuppen der nördlichen Kalkalpen die marine Transgression des Cenomans und etwas später die große Transgression des Senons mit den Konglomeraten, Breccien, Hippuritenkalken, fossilreichen marinen Mergeln und auch kontinentalen, kohleführenden Schichten der Gosau-Formation (Senon bis Paleozän). Das Meer der Gosau-Formation befand sich in südlicher Nachbarschaft des Flyschmeeres. Eozäner Nummulitenkalk transgrediert über der Gosau-Formation. Im Oligozän überfahren die nördlichen Kalkalpen während der zweiten großen tektonischen Phase der alpinen Orogenese die Flysch-, Klippen- und helvetische Zone.

7. Längs der Störungen zwischen oberostalpiner und südalpiner Zone drangen wahrscheinlich im Oligozän die spätalpidischen Granit- und Tonalitplutone mit Kontaktmetamorphose und reichem Ganggefolge auf. Es ist anzunehmen, daß ähnliche, spätalpidische Granitkörper (granitisierter Sial-Wulst) unter den Zentralalpen in einigen Kilometern Tiefe weite Verbreitung haben und die alpine Regionalmetamorphose, Erzgänge, metasomatische Vererzung und die reiche alpine Kluftmineral-Bildung verursachen.

8. Die Südalpen verhielten sich bezüglich ihres variszischen Grundgebirges während der alpinen Orogenese mehr als starrer Block. Auf dem Grundgebirge liegt das fossilführende Altpaläozoikum der Karnischen Alpen. Es führt Schichten, die den schon bei der oberostalpinen Zone genannten ähnlich sind. Devonische Riffkalke erreichen 1000 m Mächtigkeit. Es gibt hier auch einen variszischen Deckenbau mit metamorphem Devon in den tieferen tektonischen Elementen der Karnischen Alpen, über denen als höchste Decke der Karnischen Alpen die nicht metamorphen, gewaltigen, devonischen Riffkalke thronen.

Nach der variszischen Hauptphase findet man auch in den Karnischen Alpen kontinentales Oberkarbon und Perm. Doch macht sich hier früher als in der oberostalpinen Zone die marine Transgression bemerkbar, die aus dem Mediterrangebiet nach N vordringt. So findet man in den Karnischen Alpen die landnahen oberkarbonen bis permischen Schichten in rhythmischen Zyklen von marinen Schichten unterbrochen: Fusulinenkalke des Oberkarbon, Pseudoschwagerinenkalke und Riffkalke des Unterperm, Bellerophonkalk des Oberperm. Darüber folgt in tektonisch verhältnismäßig ungestörter Lagerung die Untertrias, welche in den Südalpen neben den auch in den Nordalpen herrschenden marinen Sandsteinen und Schiefertönen dünne Kalklagen mit charakteristischen Ammoniten zeigt. Die Mitteltrias der südlichen Kalkalpen zeichnet sich neben der Riffazies durch vulkanische Fazies mit Melaphyren und Porphyriten aus. Auch das Perm der Südalpen ist vor allem im Bozener Bereich durch Vulkanite (wenig Melaphyre, viel Quarzporphyre) ausgezeichnet. Die Trias der südlichen Kalkalpen erreicht bis 3000 m Mächtigkeit. Darüber folgen jurassische bis paläogene Serien, die denen der nördlichen Kalkalpen vielfach recht ähnlich sind.

9. Die Hebung der Alpen zum Hochgebirge vollzog sich erst im Pliozän. Das Pleistozän ist durch 4 hauptsächliche Vereisungen mit den zu-

gehörigen Moränen und Interglazialablagerungen gegliedert. Gut entwickelt sind die interglazialen Ablagerungen besonders bei Innsbruck und längs des N-Randes der Alpen.

III. Bergbau

Die wichtigsten, zur Zeit in Österreich gewonnenen bergbaulichen Rohstoffe sind Eisen, Kohle, Erdöl, Erdgas und Magnesit. Die den folgenden Angaben in Klammern beigesetzten Zahlen geben die jeweiligen Förderungsziffern für das Jahr 1961 an.

Eisenerz (3,7 Mio. Tonnen) wird als Siderit aus der oberostalpinen Zone, und zwar aus der nördlichen Grauwackenzone und aus dem Grundgebirge gewonnen. Es handelt sich um alpin metasomatischen Siderit, der paläozoische und vielleicht ältere Kalke verdrängte.

Braunkohle (5,7 Mio. Tonnen) ist in den limnisch-fluviatilen, oligozänen, besonders in den miozänen und pliozänen Ablagerungen des Molassebeckens, des Wiener Beckens, der Buchten am Ostrande der Alpen gegen die ungarischen Ebenen und der inneralpinen Becken der Zentralalpen östlich des Meridians von Salzburg verbreitet und wird an mehreren Stellen gewonnen. Unbedeutend sind kleine Vorkommen von Anthrazit und Steinkohle in den Alpen (Oberkarbon, Obertrias, Lias, Oberkreide) und eozäne Braunkohle.

Rohöl (2,36 Mio. Tonnen) und Erdgas (1560 Mio. Nm³) werden hauptsächlich aus dem Miozän des Wiener Beckens, in jüngster Zeit auch aus dem mesozoischen Untergrund des Wiener Beckens (Erdgas) und in kleineren Mengen aus dem obereozänen Untergrund der Molassezone (Rohöl) gewonnen.

Kristalliner Magnesit (Rohmagnesit 1,8 Mio. Tonnen) tritt metasomatisch vorwiegend in paläozoischen Kalken (nördliche Grauwackenzone), aber auch in Kalken unbestimmten Alters in Synklinen des oberostalpinen Grundgebirges und im Tauernfenster auf.

Ferner werden Ölschiefer (Obertrias der nördlichen Kalkalpen), Blei und Zink (Mitteltrias der oberostalpinen Zone), Kupfer (nördliche Grauwackenzone), Antimon (Zentralalpen), Bauxit (Basis der oberkretazischen Gosau-Formation in den nördlichen Kalkalpen), Graphit (Karbon der nördlichen Grauwackenzone und wahrscheinliches Algonkium der moldanubischen Zone der Böhmisches Masse), Steinsalz (Perm und Untertrias der nördlichen Kalkalpen), Talk (Zentralalpen), Kaolin (Böhmische Masse und Zentralalpen) und andere Stoffe gewonnen.

IV. Literatur

- Geologische Übersichtskarte der Republik Österreich mit tektonischer Gliederung. Maßstab 1 : 1.000.000. Geologische Bundesanstalt. BECK-MANNAGETTA, P., & E. BRAUMÜLLER. Wien 1964.
- Karte der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe der Republik Österreich. Maßstab 1 : 1.000.000. Geologische Bundesanstalt. LECHNER, K. †, HOLZER, H., RUTTNER, A., & R. GRILL. Wien 1964.
- Geologische Karte von Österreich und seinen Nachbargebieten. Maßstab 1 : 500.000. Geologische Bundesanstalt. VETTERS, H. Wien 1933.
- KÜPPER, H.: Erläuterungen zu einer tektonischen Übersichtsskizze des weiteren Wiener Raumes. — Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien 53, 1960.
- PREY, S.: Gedanken über Flysch und Klippenzonen in Österreich anlässlich einer Exkursion in die polnischen Karpaten. — Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Wien 1960.
- SCHAEFFER, F. X., und Mitarbeiter: Geologie von Österreich. 2. Auflage. Verlag Deuticke, Wien 1951.

Fig. a. Legende zur geologischen Kartenskizze von Österreich
(CH. EXNER, 1964)

1 = moravische Zone; 2 = moldanubische Zone; 3 = postvariszische Sedimenttafel außerhalb der Alpen; 4 = Tertiärbecken; 5 = subalpine und subkarpatische Molasse; 6 = helvetische Zone; 7 = Grestener Klippenzone; 8 = Flyschzone der Nordalpen; 9 = penninische Zone; 10 = pieninische Klippenzone; 11 = unterostalpine Zone; 12 = Mesozoikum und Alttertiär der oberostalpinen Zone; 13 = Paläozoikum der oberostalpinen Zone; 14 = Grundgebirge der oberostalpinen Zone; 15 = Flyschzone der Südalpen; 16 = Mesozoikum und Alttertiär der Südalpen; 17 = Paläozoikum der Südalpen; 18 = Grundgebirge der Südalpen; 19 = spätalpidische Plutone (Granit, Granodiorit, Tonalit); 20 = Andesite und Basalte am Ostrande der Alpen.

Fig. b. Geologisches Profil durch die Ostalpen nach H. KÜPPER, 1963
Natürlicher Maßstab ohne vertikale Überhöhung. Signaturen wie in der Kartenskizze. Das Grundgebirge wurde mit Ausnahme der penninischen Zone weiß gelassen.

Geology of Austria

By CH. EXNER

(Edited by R. W. FAIRBRIDGE, Department of Geology, Columbia University, New York)

With 1 table at the end of this book

I. Introduction

Austria covers an area of around 84,000 km². The country occupies the northern and central parts of the Eastern Alps between the valley of the Rhine and the eastern limits of the Alps leading down to the Hungarian Plain. Around Vienna there is the continuation along the strike from the Alps to the Carpathians. Austria also has a share of the Tertiary basins along the northern and eastern borders of the Alps and also in the southern parts of the Bohemian Massif.

Mining activity has been going on in Austria since prehistoric times, especially for salt, copper and flint. In addition to these, in antiquity and medieval times there was also the mining of iron, gold, silver and lead, of some importance. Mining of magnesite began at the start of this century; the production of oil began in the thirties.

Geologic research has been systematically carried out since the early nineteenth century and developed especially in the second half, notably by A. BOUÉ, F. v. HAUER, D. STUR, E. SUSS, M. HOERNES, and E. v. MOJSISOVICS. From the present century, especially worthy of mention are A. PENCK, F. BECKE, F. E. SUSS, A. WEGENER, O. AMPFERER, O. ABEL, W. PETRASCHECK, B. SANDER, L. KOBER and others.

Geology departments exist at the universities of Vienna, Graz and Innsbruck; at the technical institutes of Vienna and Graz; at the mining institute of Leoben and at the agricultural institute of Vienna. There are also separate departments of mineralogy, petrology, paleontology and geophysics. At the museum of Vienna, Linz, Graz, Innsbruck, Salzburg and Klagenfurt, there are scientific divisions for geology with collections and libraries.

The Geologic Survey in Vienna was founded in 1849. For many decades it was the centre of the geological investigation of the wide areas of the former Austrian-Hungarian monarchy, indeed, one of the great geological surveys of the world. As the "Geologische Bundesanstalt" since 1919, its scope has mostly been concentrated on the area of the Republic of Austria. Special geologic maps are obtainable there on the scales of 1 : 75,000, 1 : 50,000 and for certain areas also on 1 : 25,000 and 1 : 10,000. For general geologic maps of Austria, see the references on the end of this article.

II. Geomorphic and Geotectonic Divisions; Geological History

A. The Bohemian Massif

The Bohemian Massif represents a deeply eroded remnant of the Middle-European branch of the Hercynian orogenic system. Morphologically, it is an uplifted peneplain with elevations up to around 1,400 m. above sea-level.

1. The Moravian Zone belongs to the metamorphic external zone. It is occupied by schists striking N-S to NE-SW, probably of Algonkian to Devonian age, which are epi- to mesothermally metamorphosed. In addition there are Pre-devonian granites.

2. The Moldanubian Zone is the internal zone of the Middle-European branch of the Hercynian system. It contains N-S to NW striking schists. Their age is probably Archean to Algonkian and they have a kata- to mesothermal metamorphism. Hercynian plutons of granite cover wide areas.

3. The lower grade metamorphic Moravian schists dip to the W below the more strongly metamorphosed Moldanubian schists. This paradox is generally explained by an overthrust of the Moldanubian belt onto the Moravian series during an early-Hercynian orogeny. Recently, however, this interpretation has been doubted by some of the Czech geologists. Late-Hercynian faults cross the Bohemian Massif in NE and NW trends. The post-Hercynian flat-lying sedimentary cover (Upper Carboniferous to Upper Eocene) is preserved along such faults and especially at the base of the Molasse Basin (shown by deep borings). The crystalline basement in the southern continuation of the Bohemian Massif with its flat-lying autochthonous sedimentary cover dips gently southwards under the Alps.

B. The Tertiary Basins

1. Overlying the above-mentioned post-Hercynian sedimentary cover, the Molasse Basin consists mainly of clastic, marine, shallow-water sediments of Upper Eocene to Middle Miocene age. These are covered by fluvial gravels and lacustrine deposits with lignites; in northwestern Austria, they are also by Pleistocene moraines. The thickness of the Molasse Series in western Austria is up to 4,000 m.

Two structurally different parts of the Molasse Basin may be distinguished:

a) the flat lying, little disturbed Molasse situated some distance from the border of the Alps and the Carpathians; and

b) the Subalpine and Subcarpathian Molasse close to the mountain borders. The body of the Alps and Carpathians has been overthrust onto the adjoining Molasse during a late orogenetic phase (Lower to Middle Miocene) with the formation of imbrications and locally very disturbed structures. In wells located up to 7 km. south of the border of the Alps, the Molasse has been found lying below the Flysch Zone.

2. The Vienna Basin is limited by faults which cut obliquely across the Alpine-Carpathian structures. The downfaulting has been syn-sedimentary since the Middle Miocene and has also been recently revived (Pleistocene grabens and recent seismic activity). The basin is mainly filled by clastic marine sediments of Middle to Upper Miocene age, by partly lacustrine sediments of Lower Pliocene age and by fluvial sediments of Upper Pliocene to Quaternary age. The thickness of all these sediments reaches up to 5,500 m. At the beginning of Pleistocene time the Danube found its way from the Molasse Basin through the Alpine-Carpathian ranges to the Hungarian plains.

3. The small Inner-Alpine Tertiary Basins have been down-faulted along late Alpine faults. One of these runs along next to the Northern Calcareous Alps, to the eastnortheast of Innsbruck (followed by the valley of the Inn); it is filled by partly marine sediments of Upper Eocene to Lower Miocene age. Other Inner-Alpine basins are situated in the Central Alps eastwards of the meridian of Salzburg and consist of mainly fluvio-lacustrine sediments with lignites, locally also with marine sediments of Miocene to Pliocene age. The marine deposits of Innsbruck probably had some connection with the sediments of Molasse Basin; those in the Central Alps were connected with the Vienna Basin and with the basins on the edge of the Hungarian plains.

4. The Basins on the border of the Hungarian Plains formed gulfs in the eastern border of the Alps around Eisenstadt and Graz. Similar to the Vienna Basin, they are filled mainly by clastic Middle Miocene to Lower Pliocene sediments with a thickness up to 3,000 m.

5. The eastern border of the Alps is characterized by flexures and faults. The Pannonian (Hungarian) Basin proper was mainly down-faulted in Pliocene times. Miocene andesites and Pliocene basalts (subsequent and final volcanism of the Alpine orogenesis) also mark the eastern border of the Alps.

C. The Alps

The following E-W trending belts of the Eastern Alps may be distinguished from the geomorphic point of view: Northern, Central and Southern Alps.

The most important element of the landscape in the Northern Alps are the Northern Calcareous Alps ("Kalkalpen"). They consist of Mesozoic (mainly Triassic) limestones and dolomites of the Upper Austro-Alpine Nappe. In western Austria they reach nearly 3,000 m. elevation above sea-level. In eastern Austria they form some isolated high plateaus above 2,000 m. elevation (up-lifted Miocene peneplain) with steep marginal scarps. The limit between Northern and Central Alps runs along the line: Arlberg — Innsbruck — Leoben — Semmering.

The Central Alps consist mainly of metamorphic rocks of the Upper Austro-Alpine Nappe. Below these appear the Alpine Metamorphic rocks of the Lower Austro-Alpine and of the Penninic Zone which outcrop in tectonic windows because they have been overthrust by the Upper Austro-Alpine Nappe. These mountains reach more than 3,500 m. elevation in western Austria. In eastern Austria the mountains form rather uniform, broad ranges around 2,000 m. above sealevel. Near the borders of the Southern Alps there is a system of late Alpine faults which are running E-W, ENE and NW.

Only small parts of the Southern Alps belong to the Republic of Austria. The Paleozoic limestones of the Carnic Alps and the marvellous "towers" of the famous Dolomites (mainly Triassic reef limestones and dolomites with elevations above 3,000 m.) form the dominant landscape of the Southern Alps. As the Southern Calcareous Alps, the Dolomites (mainly in Italy) have their continuation to the E. in Yugoslavia.

The tectonic zones of the Swiss Alps enter western Austria without interruption. Some changes, however, occur in the eastern parts of Austria, both with respect to their main sedimentary series and with regard to their secondary metamorphism and tectonics.

The northern external zone of the Alps (Helvetic Zone) is seen to change in its sedimentary facies east of Salzburg and passes into Gresten Klippen Zone and thence to the outer Klippen Zone of the Carpathians. The Penninic Zone probably thins out between the meridians of Salzburg and Vienna. The Penninic Zone has no continuation either in the Western Carpathians or under the Hungarian plains. Instead, in its place, there appears near Vienna a tectonic element which is not known in the other parts of the Alps but which may have at least some relation to the northern part of the Lower Austro-Alpine Zone; this is the Pieninic¹⁾ Klippen Zone which extends through the Carpathians along the strike for a distance of 500 km. (as the Pieninic or inner Klippen Zone of the

¹⁾ From the Slav name Pieniny; not to be confused with the Penninic Zone of Switzerland.

Carpathians). The Lower Austro-Alpine Zone proper runs from Semmering Pass to the Carpathians beyond the Danube where it covers broad areas.

The most surprising change is observed in the Upper Austro-Alpine Zone. In analogy to Switzerland the basement of the Upper Austroalpine Zone is a nappe which is lying upon the Lower Austro-Alpine and Penninic zones in western Austria. But towards the south (near the edge to the Southern Alps) and to the ESE (eastern border of the Alps south of Graz) the basement of the Upper Austro-Alpine Zone becomes more or less autochthonous.

This basement belongs to the Internal Zone of the Alpine orogenic system which was less metamorphosed and less deformed during the Alpine orogenesis than the External Zones. In the region southwest of Graz this Internal Zone is formed of kata- and mesothermal metamorphic schists which strike partly N-S as in some parts of the Bohemian Massif. It is believed that this more or less autochthonous part of the basement of the Upper Austro-Alpine Zone passes into a relatively rigid, old block in the substratum of the Hungarian plains, the so-called Pannonian Massif. As an inter-montane block this Pannonian Massif is surrounded by the two mobile loops of the Alpine orogenic system: the Alps, dividing into the Carpathians and the Dinarides.

The Paleozoic and Mesozoic sedimentary cover of the Upper Austro-Alpine Zone is often stripped off, carried to the north, and forms extensive nappes: the Northern Graywacke Zone and the Northern Calcareous Alps.

The Southern Alps form a belt which was not greatly deformed during the Alpine orogenesis. It has some connection with the southern parts of the Upper Austro-Alpine Zone and with the Pannonian Massif.

From N to S one may distinguish the following tectonic zones in the Austrian Parts of the Eastern Alps:

1. The *Helvetic Zone* is only developed as a narrow thrust belt which has slipped off from its basement. It consists of Jurassic to Upper Eocene limestones, marls and rare sandstones of the miogeosyncline along the northern border of the Alps in the western Austria. To the East, the southern part of this zone passes into the *Gresten Klippen Zone* which shows some differences with respect to its facies. It is a Jurassic to Eocene miogeosynclinal series with slices of basement rocks, with Liassic (Lower Jurassic) arkosic sandstones and coals, with a marly and clastic Dogger (Middle Jurassic), with Upper Jurassic and Lower Cretaceous radiolarites and limestones and with variegated, foraminiferal marls of Cretaceous to Eocene age. East of Salzburg as far as Vienna, the Helvetic Zone forms thrust slices and tectonic windows under the *Flysch Zone*. Together with the *Flysch Zone*, the Helvetic Zone underlies the Northern Calcareous Alps in which they appear in the form of tectonic windows.

2. The *Flysch Zone* forms the continuation of the Ultrahelvetic Zone and of its border with the Penninic Zone of the Swiss Alps. It continues north of Vienna in the very broad *Flysch Zone* of the Carpathians. In Austria the *Flysch* consists of Upper Cretaceous to Middle Eocene marine sandstones, marls, breccias and conglomerates with graded bedding and with thickness over 1,000 m. (syn-orogenic sediments). Several important tectonic slides are distinguishable. The Northern Calcareous Alps overthrust the *Flysch Zone* during the Lower Oligocene phase of orogenesis. The *Flysch Zone* appears in tectonic windows below the Northern Calcareous Alps. These windows exist at distances up to 25 km. south of the northern edge of the Northern Calcareous Alps.

3. The Penninic Zone outcrops in the Austrian part of the tectonic window of Lower Engadine and in the tectonic window of the Tauern. The Hercynian basement (Algonkian to Older Paleozoic schists, Hercynian granites and migmatites), the Younger Paleozoic and Mesozoic strata have undergone an epi- to mesothermal Alpine metamorphism. The carbonate Triassic is not thick and has partly "Germanic" (lacustrine redbed facies) and partly miogeosynclinal facies. The Jurassic to Lower Cretaceous eugeosynclinal phyllites, calcschists and breccias have a thickness of over 1,000 m. They are associated with thick bodies of greenschist, serpentines and remnants of gabbro, pyroxenite and peridotite ("initial", submarine volcanism of the Alpine orogenesis). All these rocks are deformed as B-tectonites and show epi- to mesothermal recrystallization. In the tectonic sense, one may distinguish the autochthonous massifs, the parautochthonous thrust slices and a big, Southern Penninic nappe: the Glockner Nappe, which forms the highest peak in Austria reaching an elevation around 3,800 m. above sea-level. Fossils are very scarce because the Alpine metamorphism has been severe. Thus the stratigraphy is rather problematic. The overthrust of the Lower Austro-Alpine and Upper Austro-Alpine nappes above the Penninic Zone of the Tauern window may have been during the intra-Cretaceous tectonic phase of the Alpine orogenesis, that is to say, between Lower and Upper Cretaceous time.

4. An essentially Carpathian tectonic element in the Alps appears in the Pieninic Klippen Zone in the southwestern suburbs of Vienna. The structural position is at the southern edge of the Flysch Zone. It is formed of miogeosynclinal Mesozoic limestones, marls, sandstones and radiolarites.

5. The Lower Austro-Alpine Zone is found along the limits to Switzerland and in the tectonic windows of the Lower Engadine and of the Tauern. It is seen also in the half-window of the region of Boesenstein-Semmering and its continuation in the Carpathians north of the Danube. These rocks in Austria show Alpine epithermal metamorphism. In the Carpathians the Alpine metamorphism becomes weaker and disappears locally. The Hercynian basement is covered by younger Paleozoic strata. In spite of the metamorphism the Triassic and Liassic (Lower Jurassic) carry well-preserved fossils. The carbonate Triassic shows a rich miogeosynclinal development with many stratigraphic analogies to the Upper Austro-Alpine Zone. But the Triassic is here only a few hundred meters thick. The rest of the Jurassic and the Lower Cretaceous is comparable to those of the Upper Austro-Alpine Zone, except that they are also less thick. There is also some resemblance to the Jurassic calcschists of the Penninic Zone. The greenschists and serpentines are mostly missing. Breccias occur during Lower Jurassic, "Malm" (Upper Jurassic) and Lower Cretaceous. Together with the breccias of the Penninic Zone they reflect the first tectonic phases of the Alpine orogenesis. The overthrust of the Upper Austro-Alpine Nappe above the Lower Austro-Alpine Nappe took place probably during the intra-Cretaceous orogeny. The emergence of the Lower Austro-Alpine Zone to the surface occurred before the Upper Eocene. In the region of Semmering the Upper Eocene with nonmetamorphic limestones with Nummulites is transgressive upon the Lower Austro-Alpine Nappes. Several nappes may be distinguished in the Lower Austro-Alpine Zone. They are especially well developed on the NE corner of the Tauern Window and in the region of Semmering Pass.

6. The Upper Austro-Alpine Zone

The crystalline basement of the Upper Austro-Alpine Zone shows a weak or local, regressive Alpine metamorphism. The rocks are Precambrian to older

Paleozoic kata-, meso- and epithermal metamorphic schists; paragneisses, micaschists, phyllites, eclogite-amphibolites, amphibolites, peridotites, greenschists, quartzites, marbles, migmatites and orthogneisses. In western Austria there are structures with vertical fold-axes („Schlingentektonik“). Close to the eastern border of the Alps there are flat, domelike structures with horizontal fold-axes. They strike N-S and are Algonkian to Hercynian in age.

Tectonic disturbances mostly occur at the boundary between the crystalline basement and the fossiliferous older Paleozoic sediments. The younger Paleozoic and the Mesozoic strata are frequently stripped off. They form thrust slices and nappes, for instance, in the region of the Northern Graywacke Zone, of the Northern Calcareous Alps and in some parts of the Central Alps. Only in a few places in the southern part of the Upper Austro-Alpine Zone can be seen the undisturbed stratigraphic overlap of Paleo- and Mesozoic sediments upon the crystalline basement. These places are in small and compressed synclines.

The fossiliferous older Paleozoic has a marine development from Ordovician to Lower Carboniferous. There are similarities of facies and fauna to the older Paleozoics of the nearby marine geosyncline in Bohemia, in the surroundings of Prague, in central Germany and the Mediterranean area. A Caledonian unconformity is absent in the Eastern Alps. The fossiliferous older Paleozoic consists here of shales and slates with graptolites, lydites, slates, sandstones, graywackes, quartzites, cellular dolomites, dolomites, limestones with brachiopods, *Orthoceras* limestones and reef-limestones. In addition to these sediments, there are diabases, keratophyres and porphyries. The main phase of the Hercynian orogeny occurred at the end of Lower Carboniferous. The Upper Carboniferous and the Permian appear mostly in continental deposits. In the Northern Calcareous Alps there are Permian to Lower Triassic evaporites.

The Mesozoic of the Upper Austro-Alpine Zone consists of various facies of a miogeosynclinal marine series. These were deposited during the general sinking of a shelf environment. There was a direct connection with the Mesozoic environments of the Southern Alps, the sediments of which have a very similar aspect. In the Northern Calcareous Alps the Trias is 2,000 m. thick. A marine transgression with sandstone, shales and salt (Lower Trias) passes up into reefs, limestones with cephalopods, dolomites and marls (Middle Trias). At the beginning of the Upper Trias there was locally a regression with land-plants and coals. Otherwise there were limestones with rich faunas of cephalopods, with dolomites, reefs and marls. The Lias (Lower Jurassic) begins with a regression. Then began a marine regime that prevailed throughout the Jurassic and Lower Cretaceous: limestones with brachiopods and cephalopods, marls with siliceous nodules, radiolarites (Dogger and Malm, i. e. M. and U. Jurassic), reef-limestones (Malm), limestones with *aptychus* (Malm to Lower Cretaceous). During the Intra-Cretaceous orogeny the Northern Limestone Alps were carried to the north over the Lower Austro-Alpine and Penninic Zones. Marine Cenomanian sandstones are transgressive upon the folds and thrust slices of the Northern Calcareous Alps. In Senonian time in the Northern Calcareous Alps there was the most important marine transgression of the Gosau Series. This is a mixed marine and paralic facies with conglomerates, breccias, limestones with hippurites, marine marls rich in fossils and locally continental strata with coals (Senonian to Paleocene). The Gosau Series were deposited south of the Flysch belt. Eocene limestone with nummulites on the top of the Gosau Series is locally

developed. During the second Alpine orogeny in Oligocene time the Northern Calcareous Alps were overthrust onto the Flysch, Klippen and Helvetic Zones.

7. Late Alpine Plutons of Granite and Tonalite intruded along faults near the edge of the Upper Austro-Alpine and the South Alpine Zones. These intrusions took place probably in Oligocene time. The plutons were accompanied by contact metamorphism and numerous dikes. We may assume that probably similar bodies of late-orogenic Alpine granites are distributed at depth under the Central Alps and would be associated with the regional metamorphism of late Alpine age (granitized material in the roots of the orogenic chain). There are also some gold quartz dikes, some metasomatic mineral deposits and joint systems with rich Alpine minerals.

8. The Southern Alps reacted during the Alpine orogeny in the tectonic sense more or less as a rigid block. Upon the Hercynian basement, there is the allochthonous fossiliferous older Paleozoic of the Carnic Alps. It is similar to the older Paleozoic of the Upper Austro-Alpine Zone. Devonian reef-limestones reach 1,000 m. thickness. In this region there is also a development of Hercynian nappe structures. The highest nappe of the Carnic Alps is formed of nonmetamorphic Devonian reef-limestones. In the deeper nappes the Devonian limestones are metamorphosed.

Continental Upper Carboniferous and Permian is also lying transgressively upon the Hercynian structures of the Carnic Alps. It is very striking that the marine regime comes in very soon after this orogeny in the Southern Alps as it does in the Mediterranean region and in the Dinarides. Thus we find a rhythmic sedimentation of continental and marine strata in the Carnic Alps containing limestones with fusulinids (Upper Carboniferous), pseudoschwagerinas and reef-limestone (Lower Permian) and limestone with *Bellerophon* (Upper Permian). The Trias is developed with 3,000 m. thickness. Volcanism is found especially in Permian and Middle Triassic time. The Jurassic and Paleogene series are similar to those of the Upper Austro-Alpine Zone.

8. The uplift of the Alps as the modern high mountain chain began in Pliocene time. The Pleistocene is classically developed with at least four glaciations. Outcrops of the interglacial deposits are remarkable near Innsbruck (Hötting) and along the northern borders of the Alps in western Austria. In this region (and adjacent Bavaria) the classic sequence of the Günz, Mindel, Riss and Würm glaciations were worked out by PENCK and BRÜCKNER. More recently, a Donau (earliest) glaciation was recognized.

III. Mining Activity

Iron, Coal, Oil, Gas and Magnesite are at present time the most important mineral raw materials which are exploited in Austria. The figures in brackets given in the following text indicated the production for the year 1961.

Iron ores (3.7 million tons, metric) occur as siderite in the Upper Austro-Alpine Zone, that is from the Northern Graywacke Zone and from the crystalline basement. It is an Alpine metasomatic siderite which has replaced Paleozoic and perhaps Precambrian limestones.

Lignite (5.7 million tons) is distributed in the lacustrifluvial deposits (Oligocene to Pliocene) of the Molasse Basin, the Vienna Basin, the basins along the eastern borders of the Alps and the basins in the Central Alps east of the

meridian of Salzburg. There are also small occurrences (of no economic value) of anthracite and coal in the Alps (Upper Carboniferous, Upper Trias, Lias, Upper Cretaceous) and Eocene lignites.

Oil (2.36 million tons) and gas (1560 million m³) are produced mainly from the Miocene of the Vienna Basin, but recently also from the Mesozoic below the Vienna Basin (gas). Small quantities are produced from the Upper Eocene below the Molasse Zone (oil).

Crystalline magnesite (1.8 million tons) occurs metasomatically in Paleozoic limestones (Northern Graywacke Zone) and in limestones of unknown age in synclines of the Upper Austro-Alpine basement and of the Tauern Window.

Further there is some mining activity of natural asphalt (Upper Trias of the Northern Calcareous Alps), lead and zinc (Middle Trias of the Upper Austro-Alpine Zone), copper (Northern Graywacke Zone), antimony (Central Alps), bauxite (base of the Upper Cretaceous Gosau Series in the Northern Calcareous Alps), graphite (Algonkian of the Moldanubian Zone and Carboniferous of the Graywacke Zone), salt (Permian and Lower Trias of the Northern Calcareous Alps), talc (Central Alps), kaolinite (Bohemian Massif and Central Alps), and on some other minor minerals.

References

- General geological and tectonic map of Austria (Geologische Übersichtskarte der Republik Österreich mit tektonischer Gliederung. Maßstab 1 : 1,000,000). — Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien 1964.
- Map of Mineral Deposits etc. (Karte der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe der Republik Österreich. Maßstab 1 : 1,000,000). — Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien 1964.
- Geologische Karte von Österreich und seinen Nachbargebieten. Maßstab 1 : 500,000. — Verlag der Geologischen Bundesanstalt, Wien 1933.
- KÜPPER, H.: Erläuterungen zu einer tektonischen Übersichtsskizze des weiteren Wiener Raumes. — Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien, 53, 1960.
- PREY, S.: Gedanken über Flysch und Klippenzonen in Österreich anlässlich einer Exkursion in die polnischen Karpaten. — Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Wien 1960.
- SCHAFFER, F. X., et al: Geologie von Österreich, 2nd edition. — Verlag Deuticke, Wien 1951.

Table 1, (at the end of this book):

Figure a. Sketch Map of Austria (CH. EXNER, 1964)

1 = Moravian Zone; 2 = Moldanubian Zone; 3 = Extra-Alpine, Post-Hercynian flat sedimentary cover; 4 = Tertiary Basins; 5 = Subalpine and Subcarpathian Molasse; 6 = Helvetic Zone; 7 = Gresten Klippen Zone; 8 = Flysch Zone of the Northern Alps; 9 = Penninic Zone; 10 = Pieninic Klippen Zone; 11 = Lower Austro-Alpine Zone; 12 = Mesozoic and Paleogene of the Upper Austro-Alpine Zone; 13 = Paleozoic of the Upper Austro-Alpine Zone; 14 = Crystalline Basement of the Upper Austro-Alpine Zone; 15 = Flysch Zone of the Southern Alps; 16 = Mesozoic and Paleogene of the Southern Alps; 17 = Paleozoic of the Southern Alps; 18 = Crystalline Basement of the Southern Alps; 19 = Late Alpine Plutons of granite, granodiorite and tonalite; 20 = Andesites and basalts on the eastern border of the Alps.

Figure b. Cross-Section through the Eastern Alps after H. KÜPPER, 1963.
Explanation as figure 1; parts of the basement remain white. No vertical exaggeration.

La Géologie de l'Autriche

par CH. EXNER

(Traduction par A. AUTRAN et M. DEL MEDICO, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Paris)

avec 1 planche à la fin de ce livre

I. Introduction

L'Autriche a une superficie d'env. 84.000 Km². Elle couvre les parties septentrionales et centrales des Alpes Orientales, entre le Rhin et la limite orientale des Alpes le long de la plaine de Hongrie. C'est dans la région de Vienne que s'opère le passage progressif des Alpes aux Carpates. L'Autriche s'étend aussi sur une partie du bassin Tertiaire qui longe le bord septentrional et oriental des Alpes, et sur la partie méridionale du massif Bohémien.

On connaît des exploitations minières en Autriche depuis les époques pré-historiques: elles portaient sur le sel gemme, le cuivre et les silex. Dans l'antiquité et pendant le moyen âge, les mines autrichiennes de fer, d'or, d'argent et de plomb ont joué un certain rôle pour l'économie européenne. L'exploitation des mines de magnésite a commencé au début de ce siècle; l'exploitation des gisements de pétrole remonte aux années trente.

Depuis la première moitié du XIX^{ème} siècle, la recherche géologique est poursuivie d'une manière systématique; rappelons les noms de A. BOUÉ, F. v. HAUER, D. STUR, E. SUESS, H. HOERNES, E. v. MOJSISOVICS. Parmi ceux qui se sont fait connaître au siècle présent, il y a lieu de nommer A. PENCK, F. BECKE, F. E. SUESS, A. WEGENER, O. AMPFERER, O. ABEL, W. PETRASCHECK, B. SANDER, L. KOBER, et plusieurs autres.

Il existe des chaires de géologie — en partie avec des chaires séparées de minéralogie, de pétrographie et de paléontologie — aux universités de Vienne, de Graz et d'Innsbruck, aux écoles polytechniques de Vienne et de Graz, à l'école des hautes études minières (Montanistische Hochschule) de Leoben et à l'école des hautes études de pédologie (Hochschule für Bodenkultur) à Vienne. On trouve des sections scientifiques de géologie, avec des collections et des bibliothèques, aux Museums de Vienne, de Linz, de Graz, d'Innsbruck, de Salzbourg et de Klagenfurt.

Le « survey » géologique fut créé à Vienne en 1849; pendant plusieurs décennies, il fut le centre de l'exploration géologique des vastes régions de ce qui avait été l'ancienne monarchie austro-hongroise. Depuis 1919, il a concentré son activité essentielle sur le territoire de la Rép. d'Autriche sous le nom « d'Institut Géologique Fédéral » (Geologische Bundesanstalt). Au sujet des cartes géologiques générales que l'on peut y obtenir, voir la Bibliographie. Il existe des cartes géologiques spéciales aux échelles de 1 : 75.000, 1 : 50.000 et en partie aussi aux échelles de 1 : 25.000 et 1 : 10.000.

II. Subdivision Géomorphologique et Géotectonique. L'Evolution Géologique

A. Le massif Bohémien

Le massif Bohémien représente un reste profondément dénudé de la branche d'Europe Centrale du système orogénique varisque. Morphologiquement, il s'agit pour sa partie autrichienne d'une pénéplaine surélevée, présentant des altitudes qui atteignent environ 1400 m au-dessus du niveau de la mer.

1. La zone de Moravie fait partie des zones externes métamorphiques. Elle consiste en schistes métamorphiques épi à mésozonaux, probablement algonkiens à dévoniens, dirigés NS à NE-SW et en granites ante-dévonien.

2. La zone Moldanubienne forme la zone interne de la branche d'Europe Centrale du système orogénique varisque. Elle est constituée de schistes métamorphiques cata- à mésothermaux, archéens à algonkiens, dirigés NS à NW-SE. Les plutons granitiques varisques y occupent de grands espaces.

3. Les schistes de Moravie, plus faiblement métamorphiques, plongent en direction W sous les schistes moldanubiens plus fortement métamorphiques.

Cette situation paradoxale est interprétée comme résultant du chevauchement de la série moldanubienne au-dessus de la série morave, pendant une orogénèse varisque précoce; cette théorie a toutefois été contestée récemment par des géologues tchèques. Des failles varisques tardives traversent le massif bohémien en direction NE et NW. La couverture des sédiments post-varisques (du Carbonifère Supérieur jusqu'à l'Eocène Supérieur) a été en partie conservée le long de ces failles; mais on la retrouve beaucoup plus étendue sous le bassin de la molasse (forages). Au sud du Massif Bohémien, le substratum cristallin se prolonge avec sa couverture autochtone de sédiments et plonge presque horizontalement en direction du Sud, sous les Alpes.

B. Les bassins tertiaires

1. Le bassin de la molasse, au-dessus de la couverture des sédiments post-varisques, décrite ci-dessus, est constitué en majeure partie de sédiments clastiques, marins, d'eaux peu profondes, d'un âge allant de l'Eocène Supérieur au Miocène Moyen, au-dessus desquels on trouve des graviers fluviatiles, des dépôts lacustres avec des lignites et, en Autriche Occidentale, des moraines du Pleistocène également. En Autriche Occidentale, la série de la molasse atteint une puissance de 4.000 mètres. Deux parties structurellement différentes, peuvent être distinguées dans la molasse:

a) la molasse gisant à plat, tectoniquement peu dérangée, qui se trouve à une assez grande distance du bord des Alpes et des Carpates.

b) la molasse subalpine et subcarpatique au voisinage immédiat de ce bord. Le corps des Alpes et des Carpates est venu chevaucher sur cette molasse de bordure, s'imbriquer avec elle, et en partie la dresser à la verticale, au cours d'une phase tardive de l'orogénèse alpine (Miocène Inférieur à Moyen). Dans des forages, localisés jusqu'à 7 Km au Sud du bord des Alpes, on a rencontré la molasse sous la zone du flysch.

2. Le bassin viennois est limité par des failles qui coupent obliquement les structures alpinocarpatiques. L'effondrement s'est produit de manière synsédimentaire depuis le Miocène Moyen et a continué jusqu'à une époque récente (fossés du Pleistocène, activité sismique récente).

Le bassin est rempli de couches principalement clastiques, marines, du Miocène Moyen à Supérieur, lacustres du Pliocène Inférieur et de couches fluviatiles allant du Pliocène Supérieur au Quaternaire; ces couches atteignent une puissance allant jusqu'à 5.500 m. C'est à la fin du Pliocène Supérieur qu'eut lieu la percée du Danube à travers les chaînes alpino-carpatiques, depuis le bassin de la molasse jusqu'aux plaines de Hongrie.

3. Quelques bassins intraalpins plus petits, du Tertiaire, qui se sont effondrés le long de dislocations alpines tardives se trouvent dans les Alpes Calcaires Septentrionales, à l'Est-Nord-Est d'Innsbruck, où ils renferment des sédiments clastiques, en partie marins, allant de l'Eocène Supérieur jusqu'au Miocène Inférieur; on en trouve aussi dans les Alpes Centrales, à l'Est du méridien de Salzbourg. Ces derniers sont remplis principalement de dépôts fluviaux et lacustres avec des lignites, mais par endroits ils renferment des sédiments marins dont l'âge va du Miocène jusqu'au Pliocène. Les dépôts marins à l'ENE d'Innsbruck étaient sans doute en liaison avec le bassin de la molasse; ceux des Alpes Centrales ont dû être reliés au bassin viennois et aux zones en bordure des plaines de Hongrie.

4. Les bassins en bordure des plaines de Hongrie forment des golfes sur le bord des Alpes Orientales, dans les régions d'Eisenstadt et de Graz. Comme le bassin viennois, ils sont remplis de couches, principalement clastiques, allant du Miocène Moyen jusqu'au Pliocène Inférieur et pouvant atteindre une puissance allant jusqu'à 3.000 m.

5. Le bord oriental des Alpes est caractérisé par des flexures et des failles. Le Bassin Pannonien proprement dit s'est effondré surtout pendant le Pliocène. Des andésites du Miocène et des basaltes du Pliocène (volcanisme sub-séquent et final de l'orogénèse alpine) jalonnent le bord oriental des Alpes.

C. Les Alpes

Du point de vue géomorphologique, on distingue dans les Alpes Orientales trois bandes orientées Est, Ouest: les Alpes Septentrionales, les Alpes Centrales et les Alpes Méridionales.

L'élément dominant dans le paysage des Alpes Septentrionales est constitué par les Alpes Calcaires du Nord. Elles sont formées de calcaires et dolomies mésozoïques, principalement triassiques (nappe austro-alpine supérieure, voir ci-dessous). Dans l'Ouest de l'Autriche, elles atteignent presque 3.000 m au-dessus du niveau de la mer. Dans l'Est de l'Autriche, elles forment quelques hauts-plateaux isolés à plus de 2.000 m au-dessus du niveau de la mer (pénéplaine relevée du Miocène), aux flancs abrupts. La ligne Arlberg—Innsbruck—Leoben—Semmering sépare les Alpes Septentrionales des Alpes Centrales.

Les Alpes Centrales sont constituées principalement par des roches métamorphiques de la nappe austro-alpine supérieure. Sous celle-ci, apparaissent dans des fenêtres tectoniques, les roches de la zone austro-alpine inférieure et de la zone pennique, recouvertes par le chevauchement de la nappe austro-alpine supérieure et de ce fait plus fortement affectées par le métamorphisme alpin.

Dans l'Autriche Occidentale, les montagnes atteignent plus de 3.500 m d'altitude et même dans l'Est de l'Autriche les sommets de ces croupes, assez uniformes et larges dans cette région où elles sont édifiées principalement en roches métamorphiques, atteignent jusqu'au bord oriental des Alpes des altitudes de 2.000 m au-dessus du niveau de la mer. A la limite avec les Alpes méridionales on trouve un système des failles alpines tardives dirigées E-W, ENE et NW.

Seules quelques petites parties des Alpes Méridionales se trouvent encore sur le territoire autrichien. L'élément dominant du paysage est représenté par les montagnes calcaires paléozoïques des Alpes Carniques et par les splendides tours calcaires et dolomitiques (principalement du Trias), des célèbres Dolomites hautes de plus de 3.000 m, qui, en majeure partie, se trouvent déjà en Italie et se continuent en Yougoslavie sous le nom d'Alpes Calcaires du Sud.

Les zones tectoniques des Alpes Suisses pénètrent dans l'Autriche Occidentale; mais dans l'Est de l'Autriche, elles subissent des modifications portant à la fois sur leur faciès sédimentaire, leur tectonique et leur métamorphisme.

La zone externe septentrionale des Alpes (zone helvétique) se modifie à l'Est de Salzbourg, du point de vue de son faciès sédimentaire, et passe par la zone des klippes de Gresten, à la zone des klippes externes des Carpates. La zone pennique s'amincit vraisemblablement entre le méridien de Salzbourg et celui de Vienne. Elle ne comporte aucune continuation dans les Carpates Occidentales et sous les plaines de Hongrie. A sa place, on voit apparaître près de Vienne un élément tectonique inconnu dans le reste des Alpes, que l'on pourrait le mieux apparenter à la partie septentrionale de la zone austro-alpine inférieure; cet élément peut être suivi dans les Carpates sur une distance de 500 Km; c'est la zone piéninique (piéninische Zone) ou zone des klippes internes. Le reste de la zone austro-alpine inférieure continue à se diriger du Semmering en direction des Carpates, au Nord du Danube, où elle est très largement développée.

C'est la zone austro-alpine supérieure qui nous réserve la plus grande surprise. Son substratum est développé dans l'Ouest de l'Autriche, comme aussi en Suisse, sous la forme d'une nappe au-dessus de la zone austro-alpine inférieure et de la zone pennique. En direction du Sud, à la limite des Alpes Méridionales, et en direction de l'ESE (bord oriental des Alpes au Sud de Graz), le substratum de l'unité austro-alpine supérieure occupe une position quasi autochtone. Ce socle représente la zone interne du système orogénique alpin. Elle a été moins déformée et moins métamorphisée par l'orogénèse alpine que les zones externes. Dans la région du Sud-Ouest de Graz, les schistes métamorphisés dans la mésozone et la catazone, ont une direction de plis N-S. Ils présentent certaines ressemblances avec ceux du Massif Bohémien. C'est ici que fut définie la notion de « Zwischemgebirgs-Masse » (massif médian) (L. KOBER) pour désigner ce bloc ancien, relativement rigide, qui se continue sous le nom de massif pannonien dans le sous-sol des plaines de Hongrie entouré par les deux zones mobiles du système orogénique alpin (Alpes se divisant en Carpates et Dinarides).

La couverture de sédiments paléozoïques et mésozoïques de la zone austro-alpine supérieure a souvent été cisailée et détachée du substratum; elle a alors glissé en direction du N comme une nappe secondaire qui s'est scindée en écailles isolées: ce sont la zone des grauwackes du Nord et les Alpes Calcaires Septentrionales.

Comme en Suisse, les Alpes Méridionales représentent un bloc qui a moins subi la déformation alpine; il se continue en partie dans les Dinarides et dans le sous-sol des plaines de Hongrie et montre des passages à la zone interne quasi autochtone du massif pannonien et à la partie méridionale de la zone austro-alpine supérieure.

En allant du N au S, on peut distinguer dans les Alpes Orientales d'Autriche les zones tectoniques suivantes:

1. La zone helvétique est développée dans l'Ouest de l'Autriche seulement, sous la forme d'une écaille étroite sur le bord septentrional des Alpes. Elle est détachée de son substratum et constituée de calcaires, marnes et grès miogéosynclinaux, riches en fossiles, allant du Jurassique jusqu'à l'Eocène Supérieur. En direction de l'Est, la partie méridionale de cette zone passe à la zone des klippes de Gresten, série miogéosynclinale allant du Jurassique jusqu'à l'Eocène. Son faciès lithologique est différent: on y rencontre

des écaïlles du substratum, des arkoses et des charbons du Lias, des marnes et des roches clastiques du Dogger, des radiolarites et des calcaires du Jurassique Supérieur et du Crétacé Inférieur, ainsi que des marnes polychromes, du Crétacé et de l'Eocène riches en foraminifères. A l'Est de Salzbourg, et jusqu'à Vienne, la zone helvétique apparaît dans des fenêtres tectoniques et des écaïlles, à l'intérieur de la zone du flysch. Elle s'étend aussi, avec la zone du flysch, sous les Alpes Calcaires Septentrionales, où elle est visible sous la forme de fenêtres tectoniques.

2. La zone du flysch est la continuation de la zone du flysch ultra-helvétique de Suisse et peut-être aussi, de la bordure de la zone pennique. Au Nord du Danube, près de Vienne, elle se prolonge par la zone très large du flysch des Carpates. En Autriche, il s'agit de grès marins, de marnes, de brèches et de conglomérats avec «graded bedding» (sédiments synorogènes de l'orogénèse alpine) puissants de plus de 1.000 m, allant du Crétacé Supérieur jusqu'à l'Eocène Moyen. On y distingue plusieurs écaïlles tectoniques.

Pendant la phase orogénique de l'Oligocène Inférieur, la zone du flysch a été recouverte par le charriage des Alpes Calcaires Septentrionales (nappe austro-alpine supérieure). Dans des fenêtres tectoniques qui se trouvent jusqu'à 25 Km au Sud de leur bord Nord, la zone du flysch vient au jour sous les Alpes Calcaires Septentrionales.

3. La zone pennique est connue dans la partie autrichienne de la fenêtre de Basse Engadine et dans la fenêtre des Tauern. Elle est constituée d'une série affectée d'un métamorphisme alpin épi à mésozonal, comprenant les termes suivants: un substratum varisque remobilisé (schistes algonkiens à paléozoïques anciens, granites et migmatites varisques: maintenant orthogneiss ayant subi le métamorphisme alpin), des schistes du paléozoïque récent, un Trias carbonaté peu puissant de faciès germanique à miogéosynclinal, et des schistes argileux, calc-schistes et brèches eugéosynclinaux, dont l'âge va du Jurassique au Crétacé Inférieur, puissants de plus de 1.000 m, avec des schistes verts puissants de plus de 100 m qui renferment de petites masses de gabbro, de pyroxénites et de serpentines, représentant le volcanisme ophiolitique initial de l'orogénèse alpine. Toutes ces roches sont déformées en tectonites «B» et ont été recristallisées par le métamorphisme épithermal à mésothermal. On y distingue des massifs autochtones, des écaïlles parautochtones, et une grande nappe sud-pennique (la nappe du Glockner, nommée d'après le Großglockner, la montagne la plus élevée d'Autriche, haute de près de 3.800 m). Comme le métamorphisme et la déformation alpine ont exercé un effet puissant, les fossiles sont très rares et la stratigraphie assez problématique. Le recouvrement de la zone pennique de la fenêtre des Tauern, par les nappes austro-alpine inférieure et austro-alpine supérieure, semble s'être déjà produit pendant la phase intracrétacé de l'orogénèse alpine, c'est à dire entre le Crétacé Inférieur et le Crétacé Supérieur.

4. La zone des klippes piéniniques de la banlieue Sud Ouest de Vienna correspond à l'apparition dans les Alpes d'un élément tectonique, carpatique pour l'essentiel. Elle se trouve au Sud de la zone du flysch et est composée de calcaires, marnes, grès et radiolarites mésozoïques, miogéosynclinaux.

5. La zone austro-alpine inférieure se trouve le long des frontières de la Suisse et forme la cadre des fenêtres tectoniques de Basse Engadine et des Tauern. La demi-fenêtre de la zone du Bösenstein-Semmering et sa continuation dans la large zone austro-alpine inférieure des Carpates, au Nord

du Danube près de Vienne, entre également dans ce groupe. Sur le territoire autrichien, ces roches présentent un épi-métamorphisme alpin. Dans les Carpates, le métamorphisme alpin s'atténue et disparaît. Un paléozoïque récent s'étend au-dessus du substratum varisque. Malgré le métamorphisme, le Trias et le Lias renferment des fossiles assez bien conservés. Le Trias carbonaté montre une évolution miogéosynclinale très riche et de nombreuses analogies stratigraphiques avec la zone austro-alpine supérieure. Mais sa puissance n'est que de quelques centaines de mètres. Le Jurassique et le Crétacé Inférieur peuvent également être comparés stratigraphiquement avec la zone austro-alpine supérieure, mais ils sont aussi moins puissants. Il y a aussi des ressemblances de faciès avec les calc-schistes jurassiques de la zone pennique. Les schistes verts et les serpentines sont en régression; ils sont même le plus souvent totalement absents. Les brèches sont fréquentes dans le Lias, dans le Malm et dans le Crétacé Inférieur et, comme les brèches de la zone pennique qui sont probablement du même âge, elles indiquent des phases tectoniques précoces de l'orogénèse alpine pendant le Lias, le Malm et le Crétacé Inférieur. Le chevauchement par la nappe austro-alpine supérieure se produisit probablement déjà pendant l'orogénèse intracrétacé. La réapparition de la zone austro-alpine inférieure à la surface du sol se produisit avant l'Eocène Supérieur, car un calcaire à nummulites de l'Eocène Supérieur, non métamorphique, est transgressif sur des nappes austro-alpines inférieures de la région du Semmering. On distingue plusieurs nappes austro-alpines inférieures qui sont particulièrement bien développées dans l'angle NE de la fenêtre des Tauern (Radstädter Tauern) et dans la région du Semmering.

6. La zone austro-alpine supérieure.

Le socle cristallophyllien de la zone austro-alpine supérieure ne présente qu'un faible métamorphisme alpin de caractère régressif et souvent uniquement local. Il est formé de schistes métamorphiques cata-, méso- et épithermaux, allant du Précambrien jusqu'au Paléozoïque Ancien: paragneiss, micaschistes, schistes, amphibolites éclogitiques, amphibolites, péridotites, «schistes verts», quartzites, marbres, migmatites et orthogneiss. Dans l'Ouest de l'Autriche, il y a des structures avec des axes de plis verticaux (= Schlingentektonik). Près du bord oriental des Alpes, comme nous l'avons déjà mentionné, ce socle est affecté essentiellement de structures plates, en forme de dômes. Les plis y sont dirigés N-S avec des axes horizontaux. L'âge du plissement est algonkien ou varisque.

A la limite avec le Paléozoïque Ancien fossilifère, on rencontre le plus souvent des dislocations tectoniques. Le Paléozoïque Récent et le Mésozoïque sont aussi très souvent décollés du socle varisque; ils forment des écaillés secondaires et des nappes pourvues de nombreuses structures de détail, intéressantes, dans la zone septentrionale des Grauwackes, dans les Alpes Calcaires Septentrionales et les Alpes Centrales. C'est seulement dans la partie méridionale de la zone austro-alpine supérieure que la superposition stratigraphique originelle des sédiments paléozoïques et mésozoïques, au-dessus du socle austro-alpin supérieur a été conservée par endroits; souvent on ne la retrouve que dans d'étroits synclinaux abruptes, comprimés latéralement.

Le Paléozoïque Ancien, fossilifère, est représenté depuis l'Ordovicien jusqu'au Carbonifère Inférieur par une sédimentation marine. Il présente des ressemblances de faciès et de faune avec le Paléozoïque Ancien marin, des géosynclinaux varisques voisins des environs de Prague, de l'Allemagne Centrale et de la région méditerranéenne. On ne connaît pas dans les Alpes Orientales de discordance

calédonienne ou d'indices d'une orogénèse calédonienne. Le Paléozoïque fossilifère est constitué ici de schistes à graptolithes, de lydiennes, de schistes argileux, de grès, de grauwackes, de quartzites, de cargneules (Rauhwacke), de dolomies, de calcaires à brachiopodes, à orthocères et de calcaires récifaux. A ceux-ci s'ajoutent des diabases, des kératophyres et des porphyres quartziques. La phase principale de l'orogénèse varisque s'est déroulée entre le Carbonifère Inférieur et le Carbonifère Supérieur. Le Carbonifère Supérieur et le Permien de la zone austro-alpine supérieure se présentent presque partout sous un faciès continental. Dans les Alpes Calcaires Septentrionales, il existe des évaporites du Permien jusqu'au Trias Inférieur.

Le Mésozoïque de la zone austro-alpine supérieure constitue une série marine, miogéosynclinale, riche en termes lithologiques. Elle s'est déposée sur le plateau continental (Schelf), généralement en voie d'enfoncement situé au Sud des zones pennique et austro-alpine inférieure, elle-même développée de manière eugéosynclinale pendant le Jurassique et le Crétacé Inférieur. Cette série était en relation directe avec la série mésozoïque des Alpes Méridionales (Alpes Calcaires du Sud) constituée de termes tout à fait semblables, avec celle de la zone externe des Dinarides, avec celle de l'Apennin Calcaire septentrional, avec celle des Horsts mésozoïques de Hongrie (forêt de Bakony; montagnes de Bükk) et avec les Gémérides dans les Carpates Occidentales.

Le Trias, dans les Alpes Calcaires Septentrionales, est puissant d'environ 2.000 m: début de la transgression marine avec grès, argiles et sel gemme dans le Trias Inférieur, calcaires récifaux, calcaires à céphalopodes, dolomies et marnes dans le Trias Moyen. On note une phase de régression locale avec plantes terrestres et charbon au début du Trias Supérieur. En d'autres endroits, toutefois, la sédimentation marine est continue du Trias Moyen au Trias Supérieur, avec des calcaires à céphalopodes, des calcaires récifaux, des calcaires en bancs et des dolomies dans le Trias Supérieur.

Au passage du Trias au Lias, on constate souvent une phase de régression. Pendant le Jurassique et le Crétacé Inférieur, le régime marin n'est plus interrompu; on trouve des calcaires à brachiopodes, des calcaires à céphalopodes, des marnes avec nodules de silex, des radiolarites (Dogger et Malm), des calcaires récifaux (Malm), des calcaires à aptychus (Malm et Crétacé Inférieur); finalement on trouve des grès à galets dans le Crétacé Inférieur. Ils sont l'indice du début de la première grande phase tectonique de l'orogénèse alpine: la phase intracrétacé, entre le Crétacé Inférieur et le Crétacé Supérieur. C'est pendant cette phase tectonique que les Alpes Calcaires Septentrionales furent décollées et ont glissé par dessus la zone austro-alpine inférieure et la zone pennique jusqu'au bord S de la mer du flysch qui se forme à ce moment. Cette phase est suivie de la transgression marine du Cénomanien au-dessus des plis et des écaillés des Alpes Calcaires septentrionales. Un peu plus tard débute la grande transgression du Sénonien qui dépose la formation de Gosau. (Sénonien jusqu'au Paléocène) dans le voisinage méridional de la mer du flysch. Cette formation est constituée de conglomérats, brèches, calcaires à hippurites, marnes marines très fossilifères, avec aussi des couches continentales à charbon. Le calcaire à nummulites de l'Eocène est transgressif sur la formation de Gosau. A l'Oligocène pendant la deuxième grande phase tectonique de l'orogénèse alpine, les Alpes Calcaires Septentrionales passent par dessus la zone du flysch, la zone des klippen et la zone helvétique.

7. Les plutons de granite et de tonalite alpins tardifs pénétrèrent probablement pendant l'Oligocène, le long de la zone de faille qui

sépare la zone austro-alpine supérieure et la zone sud-alpine. Ils s'accompagnent d'un métamorphisme de contact et d'un riche cortège de filons. Il est très probable que des corps de granite similaires, alpins tardifs, aient un grand développement à quelques kilomètres de profondeur sous les Alpes Centrales (roches granitisées du bourrelet sialique, « racine » de l'orogène alpin). C'est probablement la cause du métamorphisme régional alpin et de la formation de certains filons métallifères, des minéralisations métasomatiques et des riches paragenèses des « fentes alpines ».

8. Le substratum varisque des Alpes Méridionales, s'est plutôt comporté comme un bloc rigide pendant l'orogénèse alpine. Au-dessus du socle s'étend le Paléozoïque Ancien fossilifère des Alpes Carniques; il comprend des couches ressemblantes à celles qui ont été mentionnées ci-dessus pour la zone austro-alpine supérieure. Les calcaires récifaux, du Dévonien, y atteignent une puissance de 1.000 m. Ici aussi on trouve une structure en nappes d'âge hercynien. Dans les éléments tectoniques les plus bas des Alpes Carniques, le Dévonien est métamorphique. Au-dessus de ceux-ci la nappe la plus élevée des Alpes Carniques est formée de puissants calcaires récifaux dévoniens non métamorphiques.

Après la phase principale de l'orogénèse varisque, on trouve aussi dans les Alpes Carniques du Carbonifère Supérieur continental et du Permien; mais ici la transgression marine se fait sentir plus tôt que dans la zone austro-alpine supérieure: cette transgression, venant de la région méditerranéenne, s'avance en direction du Nord. En effet dans les Alpes Carniques les couches continentales du Carbonifère Supérieur jusqu'au Permien sont interrompues en cycles rythmiques par des couches marines: ce sont des calcaires à fusulines au Carbonifère Supérieur, des calcaires à pseudo-schwagerines et des calcaires récifaux au Permien Inférieur, des calcaires à bellerophon au Permien Supérieur. Au-dessus, le Trias Inférieur n'est pour ainsi dire pas dérangé par la tectonique. A côté des grès marins et des schistes argileux qui dominent, comme dans les Alpes Septentrionales, le Trias Inférieur des Alpes Méridionales présente de minces couches de calcaires à cératites. Le Trias Moyen se signale, à côté du faciès récifal, par un faciès volcanique avec mélaphyres et porphyrites. Le Permien des Alpes Méridionales est, lui aussi, caractérisé par un volcanisme (peu de mélaphyres, beaucoup de porphyres quartziques). Le Trias des Alpes Calcaires Méridionales atteint une puissance qui va jusqu'à 3.000 m; il est suivi par les séries jurassiques à paléogènes, souvent très ressemblantes avec celles des Alpes Calcaires Septentrionales.

9. Le soulèvement des Alpes qui a abouti à la chaîne de montagne actuelle, a commencé au Pliocène seulement. Le Pleistocène est subdivisé par quatre glaciations principales, avec les moraines et les dépôts interglaciaires qui les accompagnent. C'est dans la région d'Innsbruck surtout, et le long du bord septentrional des Alpes, que les dépôts interglaciaires sont particulièrement bien développés.

III. Les Mines

Les principales matières premières que l'on extrait actuellement dans les mines d'Autriche sont le fer, le charbon, le pétrole, le gaz naturel et la magnésite. Les chiffres entre parenthèses ajoutés aux données qui suivent indiquent les quantités extraites au cours de l'année 1961.

Le minerai de fer (3,7 millions de tonnes) est extrait sous la forme de sidérite dans la zone austro-alpine supérieure, plus particulièrement dans la zone septentrionale des grauwackes et dans le substratum. Il s'agit d'une sidérite

métasomatique alpine qui a remplacé des calcaires paléozoïques et peut-être plus anciens.

La lignite (5,7 millions de tonnes) est répandue dans les dépôts limniques fluviatiles de l'Oligocène et plus particulièrement dans les dépôts du Miocène et du Pliocène du bassin de la molasse, du bassin viennois, des golfes que forme le bord oriental des Alpes le long des plaines de Hongrie et des bassins intraalpins des Alpes Centrales, à l'Est du méridien de Salzbourg; elle est extraite en plusieurs endroits. Quelques petits gisements d'antracite et de houille dans les Alpes (du Carbonifère Supérieur, du Trias Supérieur, du Lias et du Crétacé Supérieur) et de lignite de l'Eocène ne présentent aucune importance.

Le pétrole brut (2,36 millions de tonnes) et le gaz naturel (1.560 millions de m³) sont principalement extraits du Miocène du bassin viennois; tout récemment on en a extrait aussi du mésozoïque du bassin viennois, et, en faibles quantités, de l'Eocène Supérieur de la zone de la molasse (pétrole brut).

La magnésite cristalline (magnésite brute 1,8 millions de tonnes) se présente sous une forme métasomatique principalement dans les calcaires du Paléozoïque (zone septentrionale des grauwackes), mais aussi dans des calcaires d'âge indéterminé dans les synclinaux du substratum austro-alpin supérieur et dans la fenêtre des Tauern.

En outre, on extrait des schistes bitumineux (Trias Supérieur des Alpes Calcaires Septentrionales), du plomb et du zinc (Trias Moyen de la zone austro-alpine supérieure), du cuivre (zone septentrionale des grauwackes), de l'antimoine (Alpes Centrales), de la bauxite (base de la formation Gosau du Crétacé Supérieur dans les Alpes Calcaires Septentrionales), du graphite (Carbonifère de la zone septentrionale des grauwackes et probablement Algonkien de la zone moldanubienne du massif bohémien), du talc (Alpes Centrales), du kaolin (massif bohémien et Alpes Centrales) et d'autres matières.

IV. Bibliographie

- Carte géologique de la République Autrichienne, avec subdivisions tectoniques. Echelle 1/1.000.000. Edition de la Geologische Bundesanstalt, Vienne 1964.
- Carte des gisements de matières premières minérales dans la République Autrichienne. Echelle 1/1.000.000 — Edition de la Geologische Bundesanstalt, Vienne 1964.
- Carte géologique d'Autriche et des régions voisines. Echelle 1/500.000 — Edition de la Geologische Bundesanstalt, Vienna 1937.
- KÜPPER, H.: «Explications relatives à un schéma tectonique des alentours de Vienne.» — Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien, 53 (1960).
- PREY, S.: «Quelques idées touchant les zones du flysch et des klippen en Autriche, émises à l'occasion d'une excursion dans les Carpates de Pologne.» — Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, Vienne 1960.
- SCHAFER, F. X., & Collaborateurs: «Geologie von Österreich.» 2ème édition, Vienne 1951 (Edition Deuticke).

Planche 1 (à la fin de ce livre)

Fig. a. Légende de la carte géologique schématique d'Autriche (carte structurale), CH. EXNER, 1964:

1 = Zone de Moravie; 2 = zone moldanubienne; 3 = plateforme recouverte de sédiments post-varisques à l'extérieur des Alpes; 4 = bassin Tertiaire; 5 = molasse subalpine et subcarpatique; 6 = zone helvétique; 7 = zone des klippen de Gresten; 8 = zone du flysch des Alpes Septentrionales; 9 = zone pennique; 10 = zone des klippen piéniniques; 11 = zone austro-alpine inférieure; 12 = Mésozoïque et Tertiaire Ancien de la zone austro-alpine supérieure; 13 = Paléozoïque de la zone austro-alpine supérieure; 14 = substratum cristallophyllien de la zone austro-alpine supérieure; 15 = zone du flysch des Alpes Méridionales; 16 = Mésozoïque et Tertiaire Ancien des Alpes Méridionales; 17 = Paléozoïque des Alpes Méridionales; 18 = substratum cristallin des Alpes Méridionales; 19 = plutons alpins tardifs (granite, granodiorite, tonalite); 20 = andésites et basaltes du bord oriental des Alpes.

Fig. b. Profil géologique à travers des Alpes Orientales d'après H. KÜPPER, 1963.

Echelle naturelle, sans exagération des hauteurs. Légende: la même que pour la carte géologique schématique. Le substratum — à l'exception de la zone pennique — a été laissé en blanc.