©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Archiv für Lagerstättenforschung in den Ostalpen	Sonderband 2 Festschrift O. M. FRIEDRICH	51—77	Leoben 1974

Die Lagerstätten Toskanas im Lichte der geologischen Entwicklung des Landes

Von Gabor DESSAU (Pisa)

1. Zur Geschichte der geologischen und lagerstättenkundlichen Erforschung

Italien muß den größten Teil seines Bedarfes an mineralischen Rohstoffen durch Import decken. Dies ist zum Teil der Armut an Lagerstätten zuzuschreiben, zum Teil aber auch der teilweisen oder vollständigen Erschöpfung vieler Lagerstätten durch ihren Abbau, der oft auf mehrere Jahrhunderte vor der christlichen Zeitrechnung zurückgeht.

Die zwei Gegenden Italiens, die seit dem Altertum die größte bergmännische Bedeutung haben, sind Sardinien und die Toskana. Die letztere erregt wegen der Mannigfaltigkeit ihrer Lagerstätten und wegen der Rolle, die ihre Erzeugnisse in Kunst und Gewerbe des Altertums und der Renaissance gespielt haben, ganz besonderes Interesse.

Zuerst waren es die Etrusker, die mit erstaunlichen bergmännischen Kenntnissen in der Toskana seit etwa dem 7. Jahrhundert vor der christlichen Zeitrechnung praktisch alle metallischen Rohstoffe, die ihre Zivilisation benötigte, aus ihrem eigenen Boden gewannen. Von ihnen wissen wir nicht viel, da sie schriftlich nur wenig niederlegten. Die Verbreitung ihrer Gruben, die Tiefe ihrer unterirdischen Baue, die Mächtigkeit ihrer Halden, die Schönheit und Vielseitigkeit ihrer in den Museen aufbewahrter Zier- und Gebrauchsgegenstände, beweisen uns aber, welch technische Vollendung auch ihr Berg- und Hüttenwesen erreicht hatte (P. SIMONIN, 1857; F. SQUARZINA, ohne Jahr). Und was die Größe ihrer Industrie betrifft, so sei nur erwähnt, daß die Schlakken ihrer Eisenverhüttung auf zwei Millionen Tonnen geschätzt wurden.

Schon Vergil nennt in der „Aeneis" den Erzreichtum der Insel Elba. Die Verhüttung der Kupfer- und Zinnerze auf Bronze, und der Bleierze, und ihre weitere Verarbeitung, fanden besonders in Populonia und Vetulonia, in der Gegend von Piombino, statt; die Erze stammten hauptsächlich aus der Umgebung von Massa Marittima und von Campiglia Marittima. Vielleicht wurden

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at
Zinnerze auch auf dem Seeweg importiert. Auch Zinnober und Farberden wurden gewonnen.

Unter den Römern ging, trotz der Verwendung und späteren Assimilation etruskischer Techniker und Künstler, der italienische Bergbau zugrunde, ja er wurde am Ende sogar ganz verboten. Schon damals hatte man „ökologische" Sorgen, und die Römer, denen die Landwirtschaft wichtiger als der Bergbau erschien, wollten in Italien jene vor bergbaulichen Schäden radikal bewahren.

Etwa um das Jahr 1000 muß der Bergbau wieder erwacht sein, wie uns z. B. die Bergmännischen Statuten von Massa Marittima — eine Stadt im Zentrum der Toskanischen Erzprovinz — beweisen. Die bergmännische Tradition war doch niemals ganz in Vergessenheit geraten. Man hat auch wohl, zur Wiedereröffnung der alten Gruben, deutsche Bergleute kommen lassen, und dies hat sich im 19. Jahrhundert mit deutschen Technikern und Ingenieuren wiederholt. Aber die erneuerte Lebenskraft des Berg- und Hüttenwesens um das Jahr 1000 in der Toskana hat, je nach den Ortschaften, das 14. oder 15. Jahrhundert nicht überdauert.

Die Zentren des toskanischen Bergbaues waren im späten Mittelalter Massa Marittima und Montieri; die zweite dieser Siedlungen ist später wegen der vollständigen Erschöpfung ihrer silberreichen Bleiglanz führenden Gruben aus der Liste der Erzproduzenten ganz verschwunden.

Unter der Republik von Florenz und unter dem Großherzogtum von Toskana erblüht der Bergbau wieder langsam.

Mit der Mitte des 18. Jahrhunderts haben wir in Toskana ein Aufblühen der naturwissenschaftlichen Studien. Gelehrte machen lange Forschungsreisen im Lande selbst und veröffentlichen in vielen Bänden ihre Berichte über alles Sehenswerte, ob es sich nur um Altertümer oder um Naturschätze handelt. Zu den ansässigen Gelehrten treten später auch Ausländer, besonders Franzosen und Deutsche, wie H. COQUAND (1848—49), P. SIMONIN (1857), A. CAILLAUX (1858), G. VOM RATH (1868), E. REYER (1884), R. ROSENLECHER (1894), A. BERGEAT (1901), K. ERMISCH (1905). Der der Toskana gewidmete Teil der „Mineralogisch-geognostischen Fragmente aus Italien" von G. VOM RATH (1868) ist noch heute lesenswert und anregend. Die spätere „Métallogénie de l'Italie" von L. DE LAUNAY (1906), dem auch viele neuere italienische Arbeiten zur Verfügung standen, stellt einen großen Schritt vorwärts dar.

Mit dem 19. Jahrhundert nehmen auch die Universitäten, besonders Pisa, an einer intensiveren Erforschung teil, und das Interesse geht von den kristallisierten Mineralien auch auf die Lagerstätten, die Versteinerungen, die Geologie über. Die Mineralogen sind oft die Sachverständigen der Gesellschaften, die sich lokal bilden, um die alten Gruben wieder aufzuschließen.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Nach der Einigung Italiens im Jahre 1860 wurde die Zuständigkeit des Piemontesischen Bergamts („Corpo delle Miniere") auf ganz Italien ausgedehnt, und wenige Jahre danach wurde das „Geologische Amt" („Ufficio Geologico"), später „Geologischer Dienst" („Servizio Geologico") als autonome Abteilung vom Bergamt getrennt; seine Hauptaufgabe war die Aufnahme einer detaillierten Geologischen Karte, begleitet von beschreibenden Monographien. In den ersten Jahrzehnten wurde besonderes Interesse den Landstrichen mit wichtigen Bodenschätzen gewidmet, eine Tradition, die dann verloren ging. Die Toskana hatte das Glück, daß Bernardino LOTTI (1847—1935), ein Ingenieur des Italienischen Bergamts, der im Ausland, auch in Freiberg i. S., seine weitere Fortbildung genossen hatte, als Geologe mit der Geologischen Landesanstalt, von den achtziger Jahren an, diesem Landstrich fast sein ganzes Leben widmete, ihn kartierte und, mit besonderer Berücksichtigung der Lagerstätten, beschrieb.

Es war auch die Zeit, in welcher alte aufgelassene Gruben wieder in Angriff genommen wurden. Für Elba interessierte sich die Schwerindustrie, auf dem Festland fand man unter den für Ocker und Eisenerze ausgebeuteten Eisernen Hüten wichtige Schwefelkies-Lagerstätten, die dann für die Schwefelsäure-Industrie abgebaut wurden. Die großen alten Halden der mächtigen, hauptsächlich kupferführenden Erzgänge von Massa Marittima veranlaßten die Wiedereröffnung der alten Gruben, und dasselbe war der Fall mit den hochtemperierten Kupfer-, Zink- und Blei-Lagerstätten und der kleinen Zinnlagerstätte von Campiglia Marittima. Ein Ingenieur namens A. SCHNEIDER war der Direktor des Kupferbergwerks von Montecatini Val di Cecina *(nicht* die Spa Montecatini), die dem weltbekannten chemischen Kombinat den Namen gegeben hat.

Die ROSSELLI-Familie, eine der jüdischen Unternehmerfamilien aus Livorno, die an diesem Wiederaufblühen der Montanindustrie beteiligt waren, eröffnete unter der Leitung von Ingenieur V. SPIREK die erste moderne Quecksilbergrube, „Siele" genannt.

Mehrere kleine Antimonlagerstätten wurden schon in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, wenn auch mit Unterbrechungen, wieder abgebaut (H. COQUAND, 1848—49). Weiter im Norden fanden die vielen kleinen Fundorte verschiedener Metalle in den Apuanischen Alpen, aus denen die Römer und Michelangelo den Marmor für ihre Statuen gewonnen hatten, erneutes Interesse.

Der Abbau verschiedener, im allgemeinen kleiner Braunkohlenflöze, war in der Zwischenzeit in Angriff genommen worden.

Die Ausbeutung der natürlichen Dampfquellen, nämlich der „Soffioni" der Larderello-Gegend, auf Borsäure, die im Jahr 1777 Hubert Franz HOFER in ihnen entdeckt hatte, geht auf den Anfang des 19. Jahrhunderts zurück. Die ersten Versuche, die Energie der „Soffioni" in elektrischen Strom umzuwandeln, fallen in das Jahr 1904 (G. MARINELLI, 1971).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

2. Grundzüge der Geologie

Etwa im ersten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts waren die auf Toskana bezüglichen Blätter der geologischen Karte im Maßstab 1 : 100 000 vollendet (auch wenn der Druck wegen finanzieller Schwierigkeiten oft sehr viel später erfolgte); auch die dazugehörige Beschreibung, die „Geologia della Toscana" von Bergingenieur B. LOTTI (1910), war veröffentlicht. Vorangegangen waren mehrere Detailarbeiten von demselben, wie die geologische Karte im Maßstab 1 : 25 000 der Insel Elba (B. LOTTI, 1884), eine Karte, zu der die kürzlich beendete Wiederaufnahme nur wenig hat hinzufügen können, und die Beschreibungen von Elba (B. LOTTI, 1886) und der „Umgegend von Massa Marittima" (B. LOTTI, 1893). Die Grundlagen der Stratigraphie und für die Untersuchung der magmatischen Gesteine und der Lagerstätten waren gelegt.

Etwa gleichzeitig hatte Bergingenieur D. ZACCAGNA (auch er der Geologischen Landesanstalt angehörig) in etwa 16jähriger Arbeit die Aufnahme der Apuanischen Alpen in siebzehn Blättern im Maßstab von 1 : 25 000 beendet (Aufnahme 1879—1894, Druck hauptsächlich 1926) und die dazugehörige Erläuterung niedergeschrieben (gedruckt 1932). Aber eine Umwälzung in der Interpretation der Tektonik hatte noch zu folgen. Ausländische Gelehrte — G. STEINMANN, S. LENCEWICZ und N. TILMANN, gefolgt von R. TEICHMÜLLER und G. SELZER, R. TEICHMÜLLER und W. QUITZOW, und von dem vor kurzem verschiedenen P. DE WIJKERSLOOTH — wandten, zwischen 1907 und 1935, die neuen, in den Alpen ausgearbeiteten, Theorien des Deckenbaus auf die Toskana, und besonders auf die Apuanischen Alpen und Elba an, der zuletzt Genannte auch auf die „Catena Metallifera", die „Erzführende Gebirgskette", der südlichen Toskana. Die neue Interpretation wurde vorerst von den ansässigen Geologen nicht angenommen, bahnte sich aber doch langsam ihren Weg. F. IPPOLITO bestätigte (1949—50) die neuen Anschauungen. Der „Centro di Studi per la Geologia dell' Appennino Settentrionale del Consiglio Nazionale delle Ricerche", in dem die Geologen der Universitäten Florenz und Pisa von 1948 bis 1969 zusammen gearbeitet haben, hat mit peinlich genauen Detailaufnahmen, in vielen Veröffentlichungen und Karten niedergelegt, die Geologie Toskanas im Lichte der neuen Anschauungen weiter ausgearbeitet*).

Die ältesten bekannten Gesteine sind quarzreiche Schiefer, hauptsächlich in den Apuanischen Alpen schwach metamorphosiert bis zur Grünschiefer-Fazies, und dort außer dem Quarz auch Serizit, Muscovit, Chlorit, Chloritoid und

*) Der Verfasser hat sich für die obenstehenden, wie auch für die weiteren Ausführungen über die Stratigraphie und den Deckenbau Toskanas auf die kurzen, aber äußerst klaren Erläuterungen von L. TREVISAN und Mitarbeitern zu den zweiten Auflagen der geologischen Karten im Maßstab 1 : 100 000, Blätter 96 (Massa, 1971), 104 (Pisa, 1969) und 119 (Massa Marittima, 1968) gestützt. Die Blätter 96 und 104 beziehen sich auf die Apuanischen Alpen und auf den Monte Pisano, das Blatt 119 auf einen Teil der „Catena Metallifera" in der südlichen Toskana.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at
Albit führend. Früher unter dem Begriff „Verrucano" zusammengefaßt, trennt man heute den paläozoischen vom triassischen Teil, und beschränkt die Bezeichnung „Verrucano" auf den letzteren (siehe z. B. L. TREVISAN, 1972). Die paläozoische Serie mit etwas Silur, aber hauptsächlich permo-karbonischen Alters, hat an der herzynischen Orogenese teilgenommen, und schließt mit mehr oder weniger sauren Vulkaniten (Porphyroiden) und daraus entstandenen Arkosen. Kleine Aufschlüsse von Permokarbon sind auch auf Elba und in der kontinentalen südlichen Toskana bekannt, aber nach neueren Hypothesen (T. COCOZZA, G. GASPARI, R. GELMINI & A. LAZZAROTTO, 1974) könnte es weiter verbreitet sein, z. B. könnten ihm auch die „Boccheggiano-Schiefer" angehören. Vom Permokarbon durch eine beachtliche Schichtlücke getrennt und mit einem Basalkonglomerat beginnend, stellt der ladinisch-karnische „Verrucano" s. str. die Molasse des abgetragenen herzynischen Gebirges dar.

Der „Verrucano" s. str. ist zum Teil kontinental und zum Teil in einem seichten Meer abgesetzt. Er geht in eine mächtige Evaporit-Formation über, abwechselnd aus Anhydrit und Dolomit bestehend und norisch-rhätischen Alters. Durch Auflösung des Anhydrits sind die Evaporite oft in Rauhwacken („Calcare cavernoso") umgewandelt. Im Autochthon der Apuanischen Alpen sind die Evaporite durch Dolomite und dolomitische Kalke („Grezzoni") ersetzt.

Es folgen normale, organogene, Meeressedimente, als erstes der dem Hettangian angehörige „Calcare massiccio", welcher, tektonisch metamorphosiert, in den Apuanischen Alpen den bekannten „Marmor von Carrara" bildet. Die vorwiegend kalkige Sedimentation geht etwa bis zum Eozän weiter, bis zum Erscheinen von eo-oligozänen sandigen Sedimenten („Macigno"-Sandstein) mit der beginnenden Aufwölbung des Apennins. Diese sogenannte „Vollständige Toskanische Serie" ist nur lokal erhalten, sonst meist im Niveau der triassischen Evaporite abgeschert, und als breite und mächtige „Toskanische Decke" gegen Osten bis über einen Teil der Umbrischen Provinz überschoben. Der zurückgebliebene Teil, unter dem Abscherungshorizont, der Unterbau der „Toskanischen Serie", wurde gleichzeitig von den hinterher folgenden kalkig-tonigen, kretazisch-eozänen „Ligurischen Decken" überdeckt, die in der tyrrhenischen Geosynklinale ihren Ursprung hatten; diese Decken haben große Schollen von submarinen basischen Gesteinen (die Ophiolite) in sich aufgenommen und mittransportiert. Dieser kompressiven Phase der Orogenese des Apennins, die im Tortonian ihren Höhepunkt erreicht hatte, folgte eine Dehnungsphase, charakterisiert durch eine Bruchtektonik, mit Bildung von NW-SE streichenden Horsten und Gräben, in denen sich, vom oberen Miozän aufwärts, zuerst lakustrine und dann, bis zum ganzen Pliozän, vorwiegend marine Konglomerate, Sande und Tone absetzten. Die pliozänen Sedimente sind lokal bis zu fast 1000 m Höhe gehoben, was zum Teil der Bruchtektonik, aber auch zum Teil spät- und posttektonischen Aufwölbungen über subvulkanischen Granit-Batolithen zugeschrieben wird. Jünger als die Granite (und Granodiorite und Quarzmonzonite), aber ähnlicher Zusammensetzung, sind die Trachyte (und Rhyolite

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

und Rhyodacite), von denen der Monte Amiata (1/2 Million Jahr alt) das großartigste Beispiel bietet.

Es ist bemerkenswert, daß die Granite von Westen nach Osten immer jünger werden (etwa 9 bis etwa 3 Millionen Jahre alt).

Etwas komplizierter sind die Verhältnisse in den Apuanischen Alpen, wo zwischen dem autochthonen Unterbau, einschließlich Verrucano, und der vollausgebildeten Toskanischen Decke, etwas höher metamorphosierte Schuppen derselben Decke mit Gesteinen von der Trias bis zum Tertiär, eingequetscht geblieben sind (Parautochthone Folge). Über all diese Einheiten wurden dann die Ligurischen Decken überschoben. Darauffolgend erodiert, sind sie heute nur am Umfang der Apuanischen Gebirgsgruppe zu beobachten.

Es sei betont, daß die jetzige Morphologie des Apennins, mit seinen oft NW-SE-streichenden Hügellinien und Tälern, hauptsächlich der auf die Faltung folgenden Bruchtektonik zuzuschreiben ist, mit ihren Horst- und Grabenstrukturen.

Die Orogenese des Toskanischen Apennins ist zeitlich von Westen nach Osten fortgeschritten. In den ältesten Teilen, auf Elba und in der tyrrhenischen Küstenstrecke, die am meisten gehoben und auf das tiefste erodiert und reichlich durch Erosion von den Ligurischen Decken befreit worden sind, kommen, wie gesagt, Granite und wichtige Erzlagerstätten zu Tage. Die Frage ist noch offen, ob weiter östlich und unter mächtigerer Bedeckung noch ähnliche Verhältnisse zu finden wären.

Für die südliche Toskana, wo sich die meisten Erzlagerstätten befinden, verdanken wir E. GIANNINI, A. LAZZAROTTO & R. SIGNORINI (1971) eine detaillierte geologische Beschreibung, die dem gegenwärtigen Stand der Forschung entspricht.

3. Die Lagerstätten

In diese notgedrungen abgekürzte Beschreibung der geologischen Entwicklung der südwestlichen Hälfte Toskanas wollen wir nun versuchen, die Lagerstätten beschreibend einzureihen, mit voller Benutzung der einschlägigen veröffentlichten und im Druck befindlichen Literatur, wenn auch der größere Teil der Lagerstätten dem Verfasser persönlich bekannt ist.

Bis vor kurzem waren kaum Beschreibungen der toskanischen Lagerstätten verfügbar, abgesehen von oft über fünfzig Jahre alten Veröffentlichungen. Zu den früheren rein mineralogischen Beschreibungen mehr oder weniger seltener Erze und Mineralien reihen sich einige auch vom bergmännischen Standpunkt interessante Monographien, z. B. über die Quecksilberlagerstätten (P. DE FERRARI, 1890; C. DE CASTRO, 1914), und über die Gruben der Bereiche von Massa Marittima („Massa Metallorum" der Alten) (B. LOTTI, 1893) und

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at
Campiglia Marittima (G. VOM RATH, 1868; B. LOTTI, 1900). Aber damals war man sich der Deckentektonik und ihrer Kompliziertheit noch nicht bewußt. Außerdem haben auf lange Zeit die Bergbautreibenden die Befahrungen erschwert, und alles auf ihre Gruben Bezügliche so geheim wie möglich gehalten.

Es ist das Verdienst Professor Renato PELLIZZERs, des Petrologen der Universität Siena und damaligen Präsidenten der Italienischen Gesellschaft für Mineralogie und Petrologie, erreicht zu haben, daß den Teilnehmern am Kongreß der Gesellschaft des Jahres 1971 alle wichtigen und im Betrieb befindlichen Gruben der südlichen Toskana zugänglich gemacht wurden. Außerdem wurde noch vor dem Kongreß ein Band veröffentlicht („La Toscana Meridionale", 1971), in dem in verschiedenen Kapiteln, zum Teil von Hochschul-Akademikern, zum Teil von Geologen der Bergwerksgesellschaften verfaßt, Geographie, Stratigraphie und Struktur, Magmatismus, gewöhnliche und Mineralquellen und „Soffioni", Gesteine für Bau und Industrie, Lagerstätten und sogar die für den Sammler interessanten Mineralfundorte, im einzelnen beschrieben wurden. Eine geologische Karte und eine Karte der Lagerstätten machen den Band noch nützlicher. Band und Karten sind auf die Provinzen Siena und Grosseto beschränkt, umfassen aber doch den größten Teil des heutigen toskanischen Bergbaus. Dieser Band eröffnet ein neues Kapitel in der Lagerstättenkunde der Toskana.

Kürzlich hat es eine Arbeitsgruppe unternommen (durch Initiative und unter der Leitung und Mitarbeit der Italienischen Geologischen Landesanstalt und mit der finanziellen Beihilfe der Staatlichen Bergbaugesellschaft „EGAM", die alle Unkosten übernommen hat), eine geologisch-bergbauliche Karte Italiens im Maßstab 1 : 1 000 000 zu entwerfen. Die Karte wird von einem Band mit kurzen Beschreibungen aller auf ihr angegebener Lagerstätten begleitet sein. Karte und Erläuterungen werden noch innerhalb des Jahres 1975 erscheinen. Was die Toskana betrifft, verdankt man die Beschreibungen zum Teil Prof. L. VIGHI, zum Teil dem Verfasser. Ihm ist auch VIGHIs Beitrag in Manuskriptform zugänglich gewesen.

Diesem Werk wird man wohl ansehen, daß es ein „erster Versuch" ist. Aber seine Wichtigkeit besteht gerade darin, daß man endlich einen Anfang gemacht hat.

Auch der Verfasser hat sich beim Entwurf des beiliegenden lagerstättenkundlichen Kärtchens der Toskana (Abb. 1) auf die genannte Karte gestützt; dabei sind auch Ungenauigkeiten und Verzerrungen in das Kärtchen übergegangen. Die geologische Grundlage hat der Verfasser vereinfacht, aber auch auf der offiziellen Karte sind die Ligurischen Decken nicht von dem „Paläogen-Miozän" unterschieden. Auf den folgenden Seiten beziehen sich die Zahlen in den eckigen Klammern auf die Kartenskizze und bezeichnen die Lagerstätten und Bergwerke, die in der der Abbildung beigegebenen Liste aufgezählt sind.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

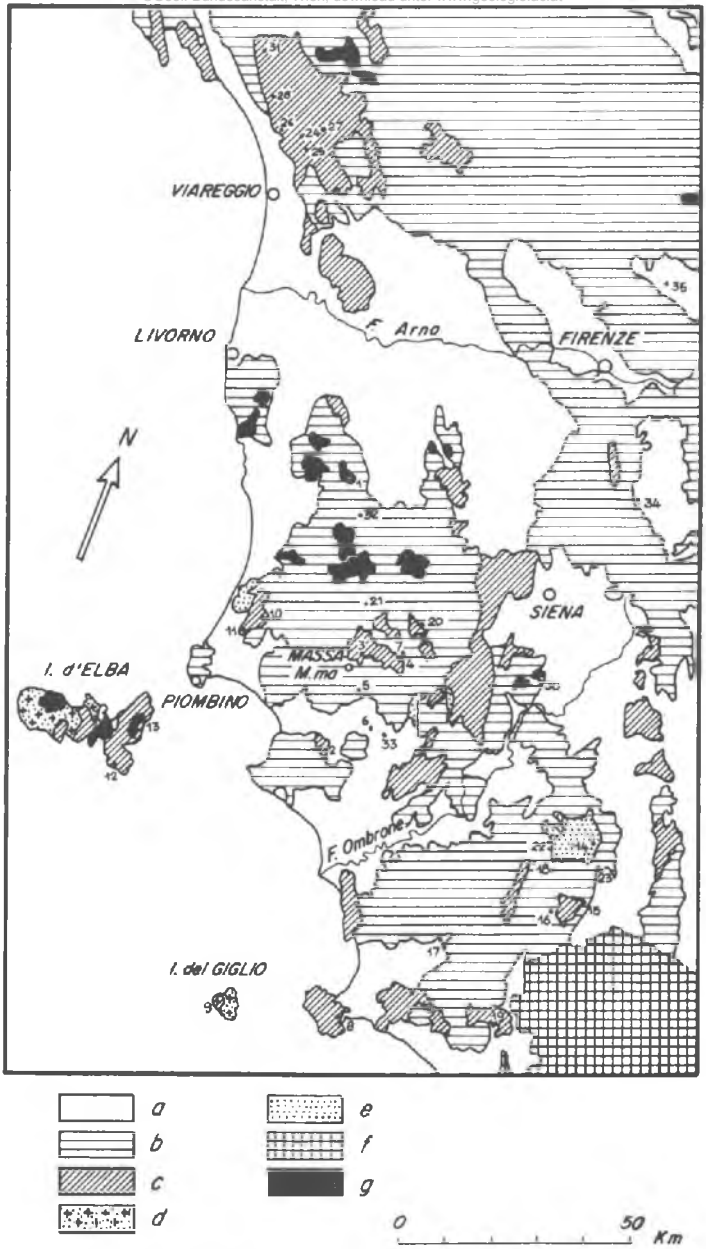

Abb. 1. Geologisch-lagerstättenkundliche Skizze Toskanas, entworfen unter Mitbenutzung der Bergbaulichen Karte Italiens, 1 : 1 000 000 (1974 noch nicht im Handel)

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Die sicheren Ausbisse von Karbon im Monte Pisano und bei Jano und die fraglichen in den Apuanischen Alpen, sind flözleer. Bei S. Antonio (Casal di Pari) enthält eine in paläozoischen Schiefern eingeschlossene Kalksteinlinse eine kleine, unabbauwürdige Lagerstätte von Bleiglanz und Zinkblende.

Wie schon gesagt, haben die Ligurischen Decken große Klumpen von basischen Gesteinen (Serpentin, Gabbro und Diabas), die dem Malm zugeschriebenen Ophiolite, der Tyrrhenischen Geosynklinale entstammend, mit sich befördert; die Ophiolite begleiten jetzt in hunderten von Aufschlüssen aller Größen den Apennin, von seinem Treffpunkt mit den Alpen bis über die südliche Grenze Toskanas. Diese Gesteine, und besonders die Gabbros, führen sehr oft etwas Kupfer, aber eine gewisse Bedeutung haben nur ein paar Gruben erreicht, besonders die schon genannte Montecatini Val di Cècina [1], in der man im vorigen Jahrhundert, zwischen den Jahren 1830 und 1900, etwa 50 000 Tonnen Kupfer gewonnen hat. In keinem bekannten Fall reichen die entwurzelten Ophiolite in die Tiefe und Montecatini ist jetzt aufgelassen. Diese Lagerstätte ist ein Sonderfall, insoferne nämlich, als es hier die tektonische Zersplitterung und die lokalen hydrologischen Verhältnisse ermöglicht haben, den schwachen

---

Erklärung zu Abb. 1:

a = *Quartär.*

b = ***Tertiär***, Paläogen und Miozän, hauptsächlich klastische Sedimente, vorwiegend marin, auch Süßwasser (umfaßt auf der Karte auch die Ligurischen Decken).

c = *Mesozoikum*, triassischer „Verrucano" („Verrucano" s. str.) und Evaporite, jurassische und kretazische Kalke (umfaßt auch kleine Ausbisse permokarbonischer klastischer Gesteine, früher zum „Verrucano" gerechnet).

d = *Granite*, Tertiär.

e = *Trachyte*, Tertiär-Quartär.

f = *Basische Vulkanite*, Quartär.

g = *Ophiolite*, allochthon, etwa Malm (in den Ligurischen Decken eingeschlossen).

Bergwerke und Lagerstätten: 1, Montecatini Val die Cècina, Cu — 2, Gavorrano, Pyrit — 3, Niccioleta, Pyrit — 4, Boccheggiano, Pyritlinsen und Cu-Gang — 5, Capanne Vecchie-Fenice Massetana-Serrabottini, Cu — 6, Castel di Pietra, Cu — 7, Campiano, Pyrit und Pb, Zn, Cu — 8, Poggio Mortaio (Monte Argentario), Pyrit und Pb, Zn, Cu — 9, Giglio, Pyrit — 10, Campiglia Marittima, Temperino-Lanzi, Cu, Zn, Pb — 11, Campiglia Marittima, Monte Valerio, Sn — 12, Elba, Capo Calamita, Fe — 13, Elba, Rio Marina-Vigneria, Fe — 14, Monte Amiata, Abbadia S. Salvatore, Hg — 15, Siele-Solforate, Hg — 16, Selvena-Morone, Hg — 17, Cerreto Piano, Hg — 18, Monte Labbro, Hg — 19, Manciano-Tafone, Sb — 20, Monte Gabbro-Lago di Travale, „Soffioni" — 21, Larderello-Castelnuovo-Rio Secco-Monte Lago, „Soffioni" — 22, Bàgnore-Santa Fiora, „Soffioni" — 23, Piancastagnaio, „Soffioni" — 24, Bottino, Pb, Zn, Ag — 25, Monte Arsiccio, Ba — 26, Ripa, Hg — 27, Levigliani, Hg — 28, Frìgido, Cu — 29, Rapolano, Mn — 30, Murlo, Mn — 31, Scòrtico, Mn — 32, Saline di Volterra-Buriano-Ponte Ginori, NaCl — 33, Ribolla, Braunkohle — 34, Castelnuovo dei Sabbioni, Braunkohle — 35, Mugello, Braunkohle.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Kupfergehalt des Diabases — hier das primär kupferführende Gestein — in einem chloritischen Lehm zementativ in reichen Erzen anzusammeln. E. REYER (1884), B. LOTTI (1884) und A. SCHNEIDER (1890) liefern gute Beschreibungen der Lagerstätte; J. C. LIMASSET (1958) und P. ROUTHIER (1963) erklären auf Grund der Literaturangaben die Genese; M. BERTOLANI & G. RIVALENTI (1973) sind die Verfasser einer modernen erzmikroskopischen und geochemischen Bearbeitung.

In der Hoffnung, ähnliche Lagerstätten zu finden, hat man über ein Jahrhundert lang in jedem Ophiolitausbiß, der Kupferspuren zeigte, geschürft, aber fast immer mit enttäuschenden Ergebnissen. Den Ausführungen R. DELKESKAMPs (1907) über Kupfervererzungen in Ophioliten ist mit Mißtrauen entgegenzutreten.

In einem rund 30 km langen, etwa nord-südlich streichenden Streifen mit dem Zentrum bei Massa Marittima — die schon genannte „Catena Metallifera" („Erzführende Bergkette") — liegen die großen Schwefel- und Kupferkies führenden Gänge, die früher von großer Wichtigkeit waren, und die heute intensiv bebauten Pyritmassen, deren Erz durch seine große chemische Reinheit einen besonderen Wert erreicht (Abb. 2).

Die relativ knappe Literatur umfaßt B. LOTTI (1893, 1910), den auch veralteten E. F. TREFZGER (1954) und die autoritativen und detaillierten Beschreibungen durch die Chefgeologen des interessierten Industriekonzerns, F. ARISI ROTA und L. VIGHI (in „La Toscana Marittima", 1971), aus deren Ausführungen der Verfasser das meiste geschöpft hat.

Erklärung zu Abb. 2:

cln = *Ligurische Decken,* und darauf abgesetzte „neoautochthone" Sedimente (vom Miozän aufwärts).

sa = *Kreide und Oligozän,* Mergel und Sandsteine („Scisti policromi" und „Macigno").

cms = *Lias und Jura,* Kalksteine, auch Radiolarite.

cv = *Norikum und Rhät,*Rauhwacken („Calcare cavernoso"), auch *Rhaetavicula*-Schichten.

fi = *Obere Trias* [oder vielleicht Karbon-Perm?], Quarz-Phyllite, bei Gavorrano auch kontaktmetamorph.

qm = *Granit* (Quarzmonzonit) von Gavorrano.

f = *Wichtige Verwerfungen.*

Alte Bergwerke: I, Montieri — II, Gerfalco und Poggio Mutti — III, Poggio Dòlago und Monte S. Croce — IV, Bruscoline — V, Molimpresso und Podere Muccaia — VI, Podere Altini — VII, Poggio Ventura und Podere del Santo — VIII, Monte Gai und Stregaio — IX, Le Rocchette.

Vor kurzem aufgelassene Abbaue: A, Poggio al Montone-Castellaccia — B, Montòccoli — C, Castel di Pietra.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

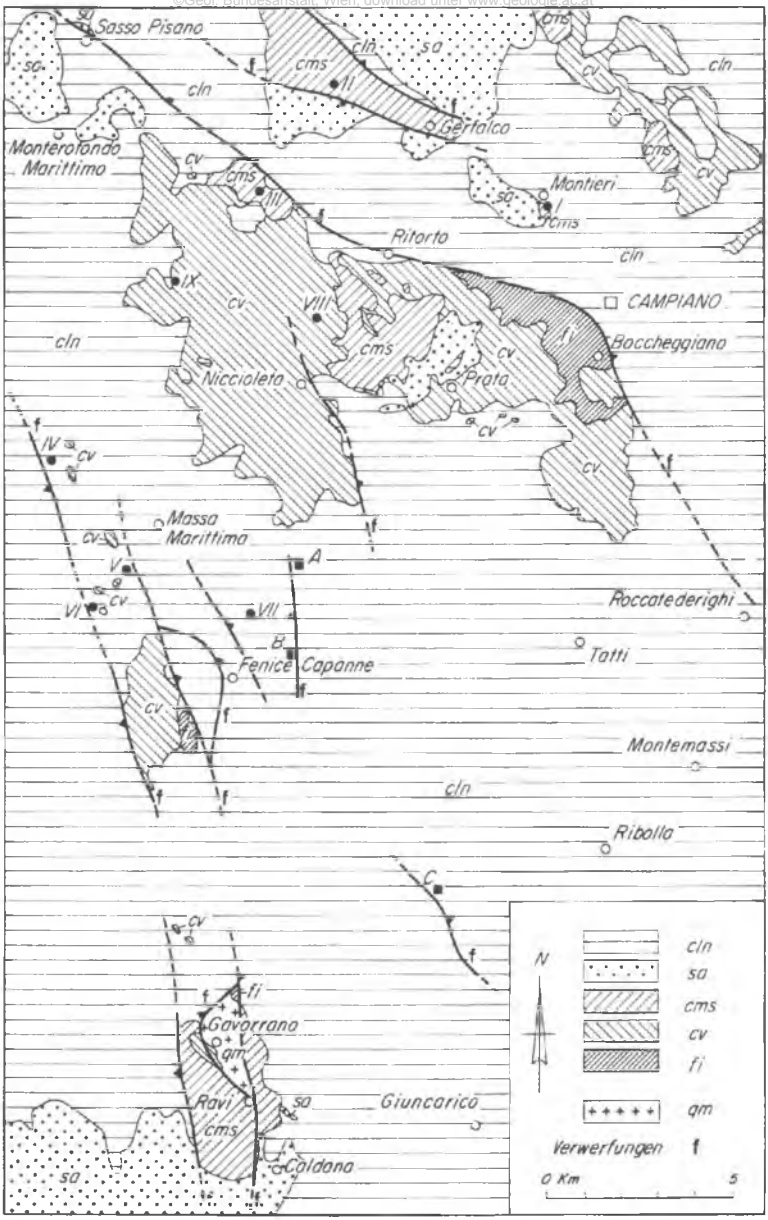

Abb. 2. Geologisch-lagerstättenkundliche Skizze der Gegend von Massa Marittima
freundlicherweise zu Verfügung gestellt von Montecatini-Edison S. p. A. (jetzt RI. MIN); auch erschienen in „La Toscana Meridionale", 1971. Mit kleinen Abänderungen

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Das bekannteste Bergwerk ist wohl Gavorrano [2], begleitet von nahen, kleineren, zum Teil erschöpften Gruben. Ein kleiner Granitstock, am Ausbiß etwa $2^1/_2 \times 1 \div 2$ km messend und etwa NNW-SSE orientiert, etwa 5 Millionen Jahre alt, ist bis in die mesozoische Serie intrudiert worden; für den Bergbautreibenden interessant ist sein Kontakt, auf der ganzen WSW-Seite, mit den Rauhwacken („Calcare cavernoso") und mit den unterliegenden Schiefern, beide triassischen Alters und mehr oder weniger kontaktmetamorphosiert. Entlang diesem Kontakt sind die erzführenden Lösungen hochgestiegen und haben in verschiedenem Ausmaß die Rauhwacken am Kontakt verdrängt, oft unter Beibehaltung der Struktur des ersetzten Gesteins. Auch Granit und Rauhwacken sind lokal mit Pyrit imprägniert worden. Die unterliegenden Schiefer sind nicht verdrängt worden, bilden also die Sohle der Vererzungen.

Später ist der Granit zwischen zwei sich von ihm wegneigenden Verwerfungen als Horst hochgestiegen. Wo die Verwerfung auf der westsüdwestlichen Seite des Granits (die „Gavorrano-Verwerfung") durch die Rauhwacken läuft, sind, vom Granitkontakt ausgehend, die großen Pyritmassen erhalten. Lokal können auch kleinere Pyritkörper entlang der Verwerfung in tiefere Bereiche transportiert worden sein. Eine große Pyritlinse ist auch bekannt, wo die Verwerfung die Rauhwacken mit den thermometamorphen Schiefern in Kontakt bringt.

Die Produktion der Gavorrano-Gruppe liegt augenblicklich jährlich um die 700 000 Tonnen.

Andere Gruppen von großen Pyritlinsen, bei Niccioleta [3] und bei Boccheggiano [4], werden oder wurden bis vor kurzem abgebaut, die Niccioleta-Grube mit einer Produktion von jährlich etwa 600 000 Tonnen. Bei Niccioleta befindet sich, unter einer Bedeckung von Rauhwacken, eine etwa N-S streichende Antiklinale von Schiefern („Scisti di Boccheggiano" [SIGNORINI]), die sich etwas vom typischen Verrucano unterscheiden, und, wie gesagt, permokarbonisch sein sollen. Die „Boccheggiano-Schiefer" enthalten selbst wieder konkordante Linsen von Evaporiten (vorwiegend Anhydrit, mit dolomitischem Kalk und Dolomit). Die Ostflanke der Antiklinale ist durch mehrere ihrer Achse parallele Verwerfungen treppenweise gesenkt. Wo die Verwerfungen die Grenze zwischen Schiefern und Rauhwacken durchschneiden, befinden sich sowohl an den stratigraphischen als auch an den tektonischen Kontakten langgestreckte Pyritkörper, die die Rauhwacken ersetzt haben. Die Pyritkörper werden von bescheidenen Mengen jüngerer Zinkblende, mit Spuren von Bleiglanz und Kupferkies, begleitet. Und wo die Verwerfungen innerhalb der Schiefer Evaporitlinsen durchqueren, sind diese ganz oder teilweise durch Pyrit mit etwas Magnetit und durch Kontaktsilikate ersetzt.

Alles — auch Einzelheiten, auf die man hier nicht eingehen kann — deutet auf pyrometasomatischen oder metasomatischen Ersatz durch Lösungen, die einem tieferen Granit, dem auch die Aufwölbung der Schiefer zuzuschreiben wäre, entstammten und die entlang den Verwerfungen hochgestiegen sind.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Dies ist die Meinung der Grubengeologen, im Gegensatz zu welchen einige Hochschulgeologen, von P. DE WIJKERSLOOTH (1930) und J. BODECHTEL (1965) bis heute, einen telemagmatischen syntektonischen Ursprung längs Überschiebungen als Siderit (DE WIJKERSLOOTH), oder eine exhalativ-sedimentäre (BODECHTEL) oder normal-sedimentäre Bildung — eventuell gefolgt von Martitisierung und Schwefelzufuhr — befürworten. Es sei bemerkt, daß auch für die Eisenerze von Elba Ähnliches vorgeschlagen worden ist. Es wäre aber zu erklären, wieso man nirgends in dem so gründlich erforschten Gebiet noch *unveränderte* Eisenerze zwischen triassischen Schiefern und Evaporiten oder in den Evaporiten selbst gefunden hat.

Ganz ähnlich sind die Verhältnisse im benachbarten Schwefelkies-Grubenfeld von Boccheggiano, das jetzt der Erschöpfung nahe ist. Die „Boccheggiano"-Schiefer fallen gegen SW ein, und wo ihre Oberfläche eine gewisse Tiefe erreicht, schalten sich zwischen ihnen und den Rauhwacken noch unveränderte Evaporite ein. Die Pyritlinsen finden sich zwischen den Schiefern und den Evaporiten oder Rauhwacken, immer in Beziehung zu steilen, normalen Verwerfungen, die die Schiefer durchschneiden und sich in den überlagernden Horizonten oft verlieren. Auch hier fand man im Pyrit Zinkblende- und Bleiglanz-Gängchen. Gegen Osten ist das Grubenfeld von einer großen, immer nach Osten einfallenden Verwerfung großer Sprunghöhe („Boccheggiano-Verwerfung") abgeschnitten; auf der abgesunkenen Seite über den Evaporiten erscheinen die Ligurischen Decken. Auf die Boccheggiano-Verwerfung, und auf die mit ihr verbundene Vererzung, werden wir noch zurückkommen.

Etwa 5 km nördlich von Gavorrano und etwa 2½ km südsüdöstlich des alten Bergbauzentrums von Massa Marittima, befinden sich auch die zwei gangförmigen Lagerstätten von Capanne Vecchie-Fenice Massetana und von Serrabottini [5], wo seit den ältesten Zeiten bis etwa zum Anfang des jetzigen Jahrhunderts ein reger Abbau auf Kupfererze stattgefunden hat (neuere Literatur: B. BURTET-FABRIS & P. OMENETTO, 1971). Diese Gänge sind in zwei Verwerfungen lokalisiert, die beide NNW-SSE streichen und mit etwa 45° nach Osten einfallen. Die wichtigere ist die östliche mit dem Capanne Vecchie-Fenice Massetana-Gang, über eine streichende Länge von etwa 5 km bekannt. Sie streicht in Ligurischen Flyschdecken aus, die über eine Breite von 10—30 Metern brekziös und ganz verkieselt sind; der Quarz ist auch von Granat, Pyroxenen und Epidot begleitet. Unter der Flyschdecke geht der Gang zwischen Flysch, Rauhwacken, Evaporiten und Schiefern weiter in die Tiefe und ist etwa bis zum Niveau des Entwässerungsstollens, 100 Meter über dem Meeresspiegel, bekannt. Die Erze, die in der vorwiegend kiesligen Gangart sporadisch und körnig verteilt sind, sind Pyrit, begleitet von Kupferkies, Zinkblende und Bleiglanz, mit Vorwiegen der Zinkblende gegen Süden, und des Kupferkieses gegen Norden. Ähnlich sind die Verhältnisse in dem parallelen, einen knappen Kilometer westlich zwischen Flysch und Rauhwacken ausstreichenden Gang von Serrabottini, der aber kürzer und bescheidener ist.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at
Augenblicklich befindet sich nur der südliche, zinkreiche Teil des Fenice Massetana-Ganges im Abbau. Aber die tieferen Teile der Gänge werden weiter durch Bohrungen erforscht, die man als höffig bezeichnen kann. Wie aus der Beschreibung hervorgeht, handelt es sich um hydrothermale Vererzungen.

Sehr ähnlich, aber in den oberflächlich erforschten Teilen fast nur aus Quarz-Gangart bestehend, ist der mächtige, weithin sichtbare Gang von Castel di Pietra [6], nordöstlich von Gavorrano. Er wird weiter mit Bohrungen untersucht.

Kommen wir jetzt auf das Schwefelkies-Grubenfeld von Boccheggiano zurück. Wir haben schon auseinandergesetzt, daß es im Osten von einer mächtigen Verwerfung abgeschlossen wird, die gegen Osten mit 45° einfällt, und an der Oberfläche die Flysche Ligurischer Decken mit den Boccheggiano-Schiefern in Kontakt bringt. Genau wie im Falle der Capanne Vecchie-Fenice Massetana und Serrabottini-Gänge, ist die Verwerfung durch eine mächtige brekziöse Zone charakterisiert, wo über eine Länge von 2 Kilometern besonders die Kalksteinbänke des Flysches stark verkieselt sind und Pyrit, Kupferkies und Hämatit führen. Dieser *Boccheggiano-Gang* — nicht zu verwechseln mit den *Boccheggiano-Pyritvererzungen* — ist jahrelang auf Kupfer, das aber mit der Tiefe immer knapper wurde, abgebaut worden.

Dies hat aber die „Montedison"-Gesellschaft, praktisch der Inhaber aller Schürf- und Abbaurechte auf Pyrit und Kupfererze in der Massa Marittima-Gavorrano Gegend, bis zum kürzlichen Übergang der Erzrechte auf die staatliche Gesellschaft „EGAM", nicht davon abgehalten, den Boccheggiano-Gang mit immer tieferen Bohrungen senkrecht zum Streichen, weiter östlich, zu erforschen. Und in etwa 700 Meter Tiefe, in den Evaporiten, fast nur aus Anhydrit bestehend, im Hangenden des Ganges und der Boccheggiano-Schiefer, hat man bei Campiano [7] eine große Masse von Pyrit, von kleinen Mengen Magnetit (pseudomorph nach Eisenglanz) und Pyrrhotin (Magnetkies) begleitet, aufgefunden. Mit dem Pyrit sind jüngere Vererzungen von Bleiglanz, Zinkblende und Kupferkies, oft mit quarzig-chloritischer Gangart, reichlich vergesellschaftet. Die bis jetzt mit 9 Bohrungen bestimmte Erzmenge erreicht schon über 25 Millionen Tonnen (ANONYMUS, 1971; L. VIGHI, 1971). Vorbereitungen zur Ausrichtung dieses neu entdeckten Erzkörpers sind im Gange.

Ungewiß ist dagegen die Ausbeutung einer ähnlichen und ähnlich situierten, etwas höher temperierten Lagerstätte von Schwefelkies mit Nichteisenmetallsulfiden, Magnetit und Spuren von Zinnstein, die man etwa Anfang des Zweiten Weltkrieges weiter im Süden [8], in der Monte Argentario-Halbinsel unter dem Poggio Mortaio, magnetometrisch entdeckt und mit Bohrungen bestätigt hat (S. OLIVERO, 1968). Weitere Bohrungen haben es gestattet, die Erzmenge auf 40 Millionen Tonnen zu schätzen. Dem Abbau bereiten aber leider die schwammigen, am Meeresgrund ausbeißenden Rauhwacken, die fast unüber-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at
windbare Mengen Seewasser in die Lagerstätte leiten, welche sich 200 Meter unter dem Meeresspiegel befindet, größte Schwierigkeiten. Auch unter dem Monte Argentario muß bestimmt eine Granit-Aufwölbung bestehen.

Die Insel Giglio [9], dem Toskanischen Archipel angehörend, besteht fast ganz aus Granit, an den sich entlang einer Verwerfungsfläche Schiefer und Rauhwacken lehnen. In den Rauhwacken fanden sich, entlang dem Kontakt, Pyritlinsen, die früher bis zur Erschöpfung abgebaut worden sind. Das Erz war von etwas Flußspat begleitet.

Der Granit von Gavorrano ist etwa 5 Millionen Jahre alt, und dasselbe kann man wohl für die nicht ausstreichenden Granite der Massa Marittima-Gegend annehmen. Um 5 Millionen Jahre ist auch der Granit von Campiglia Marittima alt, der über wenige Dutzend Meter im tiefsten Einschnitt in einem Horst zu beobachten ist und der zwischen zwei Verwerfungen, die westliche N-S streichend, die östliche NNW-SSE streichend, gehoben ist. An der westlichen Seite der westlichen Verwerfung befinden sich Rhyodacite etwa gleichen Alters und gleicher Zusammensetzung des Granits, so daß man praktisch an Ort und Stelle die Verhältnisse an der Oberfläche und in ehemaliger Tiefe von tausend Metern vergleichen kann.

Mit ihrer leichten Erreichbarkeit, mit ihrem Reichtum gut aufgeschlossener, verschiedener und interessanter Ausbisse auf kleinster Fläche, mit den Spuren eines auf uralte Zeiten zurückgehenden Bergbaus, hat die Gegend von Campiglia Marittima [10] immer eine besondere Anziehungskraft auf Mineralogen und Lagerstättenkundler ausgeübt, wie die reichliche Literatur bestätigt. Geologische Beschreibung und Karte: E. GIANNINI (1955). Petrographie: F. RODOLICO (1931); F. BARBERI, F. INNOCENTI & R. MAZZUOLI (1967); F. BARBERI, F. INNOCENTI & C. A. RICCI (1971). Lagerstättenkundliche Literatur: G. VOM RATH (1868); B. LOTTI (1900); A. BERGEAT (1901); K. ERMISCH (1905); P. DORN (1942); A. STELLA (1955); M. BERTOLANI (1958); D. GOSWAMI (1962); J. LOPEZ-RUIS, P. BARTHOLOMÉ & P. ÉVRARD (1969); P. BARTHOLOMÉ & P. ÉVRARD (1970); F. CORSINI & G. TANELLI (1974).

Der Granit hat die Rekristallisation der liassischen Kalke veranlaßt und in kurzer Entfernung von ihm haben sich Kontaktsilikate gebildet. Von seiner Nähe streichen nach Süden zwei parallele schmale Streifen von Skarnen, über eine Entfernung, wenn auch mit Unterbrechungen, von etwa 7 Kilometern. Die Skarne bestehen hauptsächlich aus stengeligem, oft radialem Hedenbergit-Johannsennit. Sie sind begleitet von einem Gang von Augitporphyr und einem von Quarzporphyr, die etwas jünger als die Skarne sein sollen. In den Skarnen finden sich eingenistet Ilvait, Pyrrhotin, Magnetit, Arsenkies, Fahlerz und reichlich Kupferkies, Zinkblende und Bleiglanz, und Quarz mit etwas Flußspat [10]. Erze und Mineralien sind ganz unregelmäßig verteilt. Eine Konzentration von vorwiegendem Kupferkies ist augenblicklich im Abbau.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Gegen das südliche Ende der westlichen Verwerfung, etwa 4 Kilometer von der Sulfid-Zone entfernt, befand sich der jetzt zum großen Teil abgebaute Hügel von Monte Valerio, auch die „Cento Camerelle" genannt, aus Liaskalken mit etwas Dogger-Mergeln bestehend [11]. Beide Gesteine enthalten oft limonitisierten Pyrit und kleinste Körnchen von Zinnstein fein verteilt. Auch Spuren von Turmalin sind gefunden worden. Granit hat man in 1500 Meter Tiefe erbohrt. Der Kalkstein ist von Spalten durchzogen, wo sich wohl sekundär Limonit mit etwas Zinnstein angereichert hat. Der Limonit ist auch gewonnen worden. Es sind diese Adern, die die Etrusker auf Zinnstein abgebaut haben. Der Versuch, während des Zweiten Weltkrieges den Kalkstein abzubauen, und den in einigen Bänken auf einige Promille Sn angereicherten (!) Zinnstein zu gewinnen, erwies sich wirtschaftlich als ein voller Fehlschlag; zwischen 1936 und 1947 (Stillegung) hat man 1500 Tonnen Zinn aus 400 000 Tonnen Gestein erzeugt.

Unter den berühmtesten Lagerstätten Italiens sind die Eisenerzlagerstätten der Insel Elba, über die eine riesige Literatur besteht, bis zu den Jahren 1950—1951 ziemlich vollständig aufgezählt in der „Memoria sul ferro in Italia", von F. PENTA beigetragen zum „Symposium sur les gisements de fer du monde", veröffentlicht 1952 aus Anlaß des XIX. Internationalen Geologischen Kongresses (Algier). Zu PENTAs Monographie hat schon L. TREVISAN einen kurzen Text und mehrere Zeichnungen beigetragen, in denen er die Stellung der Eisenlagerstätten im Rahmen der Tektonik des östlichen Teils der Insel erklärt. Diese Tektonik ist der Gegenstand von TREVISANs Arbeit „L' Elba Orientale e la sua tettonica di scivolamento per gravità" (1949—1950); die späteren Veröffentlichungen über Elbas Lagerstätten müssen unvollständig sein, wenn sie nicht auf TREVISANs Tektonik aufbauen. Weitere Literatur über Elba: A. DEBENEDETTI (1951, 1952).

Der westliche, älteste Teil der Insel besteht aus einer mächtigen, über 1000 Meter hohen Granodiorit-Kuppel, 7 Millionen Jahre alt. Fast nur um ihre niedrigeren Teile ist ihre Hülle von zum Teil kontaktmetamorphen Gesteinen erhalten geblieben, bei ihrer Aufwölbung sind sie wohl teilweise abgerutscht, auch auf den östlichen, in nord-südlicher Richtung langgestreckten, jüngeren und damals viel niedrigeren Teil der Insel. Als auch dieser östliche Teil, wohl durch einen zweiten, etwas jüngeren Granit (6,2 Millionen Jahre) aufgewölbt wurde, rutschten fünf große Schuppen (die TREVISAN als „Komplexe" bezeichnet) nach Osten ab, entlang schräger, nach Osten einfallender Flächen, die oft durch Mylonite charakterisiert sind. Der unterliegende Granit hat auf die verschiedenen Decken metamorphosierend und erzliefernd gewirkt, Verwerfungen und Mylonite sind die Wege der aufsteigenden Gase gewesen. Auch hier sind die Evaporite der Trias, mit ihren Anhydriten, Dolomiten und Rauhwacken, und die Kalksteine des Hettangian, bevorzugte Horizonte für den Niederschlag der Eisenerze als Eisenglanz, daraus entstandenem Magnetit, Schwefelkies und auch Pyrrhotin, und für die Bildung von Skarnen

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at
gewesen. Die verschiedenen Schuppen haben Verdoppelungen und Wiederholungen der Erze ermöglicht.

Die Lagerstätte an der Südspitze des östlichen Teils der Insel, Capo Calamita [12], ist die höchsttemperierte. Die Erze, hauptsächlich Magnetit pseudomorph nach Hämatit, Hämatit und Spuren verschiedener Sulfide, sind von Skarnen, zum Teil als Granatfels ausgebildet, begleitet.

Es folgen nördlich entlang der Ostküste weitere, etwas niedriger temperierte Lagerstätten. Die wichtigsten davon sind Rio Marina [13] und Vigneria, wo die Schichten entlang paralleler Verwerfungen treppenförmig abgesunken sind. Da, wo die letzteren die Rauhwacken und die Lias-Kalksteine schneiden, hat sich Hämatit abgesetzt, reichlich von Pyrit begleitet. Auch etwas Bleiglanz ist abgebaut worden. In der Tiefe, unter den karbonischen Schiefern, ist eine zweite Vererzung in den mesozoischen Karbonatgesteinen der unterliegenden Schuppe vorhanden.

Die Steilküste bei Rio Marina ist wegen ihrer mächtig entwickelten Hedenbergit-Ilvait-Skarne bekannt.

Eine detaillierte Beschreibung der Lagerstätten Elbas im Rahmen von TREVISANs Tektonik findet sich auch im Textbuch des verstorbenen D. DI COLBERTALDO (2. Band, 1970).

Bekannt ist Toskana auch für seine Quecksilberlagerstätten, die sich hauptsächlich in einem Streifen befinden, der, von der mächtigen Trachyt- und Ignimbritkuppel des Monte Amiata ausgehend, sich mit immer mehr abnehmenden Erzmengen südwestlich bis in die Monte Argentario-Halbinsel erstreckt. In derselben Gegend, auch in nächster Nähe der Quecksilberlagerstätten, aber von diesen scharf getrennt, befinden sich mehrere kleine Antimonerz-Lagerstätten, von denen eine, Tafone bei Manciano, augenblicklich abgebaut wird und den italienischen Bedarf etwa deckt.

Das Quecksilbererz ist Zinnober (manchmal mit etwas Metacinnabarit), der sich in allen Stufen der geologischen Folge, vom Karbon aufwärts bis ins Pliozän findet und in Spuren in den quartären Kalktuffen (Travertinen) vorhanden sein kann. Ein gewisser Kalkgehalt des Gesteins scheint seine Fällung gefördert zu haben. Die zwei wichtigsten Lagerstätten, Abbadia S. Salvatore [14] (in der Literatur meistens kurz „Monte Amiata" genannt), zum Teil vom Trachyt bedeckt, und Siele-Solforate [15], befinden sich in den kalkigen Tonen und in den Sandsteinen der Ligurischen Decken. Eine jetzt aufgelassene, früher wichtige Grube, Selvena-Morone [16], baute Erze in den Rauhwacken ab; eine andere, Cerreto Piano [17], in pliozänen Sanden; und eine weitere, Monte Labbro [18], in Radiolariten des Malms. Für weitere Einzelheiten verweisen wir auf die zuständigen, zum Teil anonymen Abteilungen (eine davon besonders lesenswert) in „La Toscana Meridionale" (1971) und auf einige weitere, im Schriftenverzeichnis aufgezählte Veröffentlichungen: P. DE FERRARI (1890);

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at
R. ROSENLECHER (1894); V. SPIREK (1897, 1906); J. H. KLOOS (1898); B. LOTTI (1901); C. DE CASTRO 1914; H. TROEGL & F. AHLFELD (1920); E. E. ECKEL (1948); F. ELTER (1955); F. FALINI (1956); G. DESSAU & A. DE STEFANIS (1969).

Für die Antimonerze gilt die beständige Regel, daß sie sich in den Rauhwacken, gerade unter dem dammenden Kontakt mit darüber liegenden Tonen, fast immer den Ligurischen Decken angehörend, abgesetzt haben.

Zinnober und Antimonit sind sehr oft von großen Mengen an CO_2 und H_2S begleitet, was dem Bergbau schwere Probleme gestellt hat, aber andererseits den Transport der Erze als Polysulfidlösungen, und deren Absatz bei sinkendem Druck, nahe bringt. In der Gegend gibt es auch mehrere heiße H_2S- und CO_2-führende Quellen und denselben oder ähnlichen Quellen sind die verbreiteten und wirtschaftlich wichtigen Travertin-Lager zuzuschreiben.

Die Rhyolite und Trachyte der südlichen Toskana stehen in ihrer chemischen Zusammensetzung den Graniten sehr nahe, und ihr Alter schwankt zwischen 5 und einer halben Million Jahre. Sie entstammen doch sicher denselben Magmahöfen der Granite, und es wäre einleuchtend, die Quecksilber- und Antimonlagerstätten als die letzten epi- und telethermalen Ausläufer der von dem Granitmagma stammenden Erzlösungen zu betrachten. Auch ihre topographische Lage, in größerer Entfernung von Granitausbissen und hochtemperierten Lagerstätten (diese oft mit Spuren von Antimonit und Berthierit) wäre damit im Einklang („zoning"). Andrerseits erscheint es als möglich, daß magmatisch angewärmte, zirkulierende Wässer diese Metalle aus dem Nebengestein herausgelöst hätten, und dies ließe sich gut mit dem angeblich monomineralischen Charakter der Hg- und Sb-Lagerstätten in Einklang bringen. Gangarten sind selten, hauptsächlich Kalzit und auch etwas Gips mit dem Zinnober, Quarz und Kalzit mit dem Antimonglanz, und Spuren von Flußspat mit beiden. Aber neuere Untersuchungen (G. DESSAU, G. DUCHI & B. STEA, 1972) haben bewiesen, daß besonders die Antimonlagerstätten nicht so monomineralisch sind, wie man glaubte — wir haben in der Tafone- [19] (Manciano-) Lagerstätte auch Bleiglanz und Zinkblende (außer Zinnober) gefunden; Pyrit und Markasit treten dort in etwa gleicher Menge auf. Es gibt außerdem Übergänge zu höhertemperierten Lagerstätten. Auch die engen Beziehungen so vieler toskanischer Erzlagerstätten zu den Rauhwacken wären noch zu klären. Weiteres über die Antimonlagerstätten findet man in H. COQUAND (1848—1849); B. LOTTI (1901); G. DESSAU (1952); G. DESSAU & A. DE STEFANIS (1969); G. DESSAU, G. DUCHI & B. STEA (1972).

Mit dem Toskanischen Magmatismus hängen auch die berühmten „Soffioni" [20—23] zusammen, früher nur von der Larderello-Gegend bekannt, jetzt auch um den Monte Amiata erbohrt und ausgebeutet. Eine Darstellung, die die Geschichte der Kenntnisse und der Benutzung, die theoretischen Grundlagen und die Möglichkeiten der Verwertung umfaßt, ist die von G. MARINELLI

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at
„L' energia geotermica" in „La Toscana Meridionale" (1971), mit vielen Literaturangaben. Bemerkenswert sind auch die Arbeiten von G. MARINELLI (1963), R. NASINI (1930), G. GINORI CONTI (1938), J. GOGUEL (1953), A. CALAMAI, R. CATALDI, P. SQUARCI & L. TAFFI (1970), und die Veröffentlichungen des „U.N. Symposium on the Development and Utilization of Geothermal Resources", Pisa (1970).

Früher dachte man an eine direkte magmatische Herkunft des Dampfes und betrachtete den Borgehalt als eine Bestätigung. Aber Sauerstoff-Isotopenbestimmungen am Wasser des Dampfes (G. C. FERRARA, R. GONFIANTINI & C. PANICHI, 1965) haben bestätigt, daß es sich um vadose, oberflächliche Wässer handelt, die durch junge Verwerfungen (Dehnungs-Tektonik!) in die Tiefe eindringen und sich an den Gesteinen, vermutlich in der Nähe von erstarrenden Plutonen, erwärmen. Wie im Falle von Petroleum und Naturgas, sammelt sich der Dampf in „Reservoiren", welche in der Hauptsache aus den triassischen Evaporiten, ausgelaugt und in Rauhwacken umgewandelt, bestehen; diese Reservoire werden durch die technische Ausbeutung langsam erschöpft. Der Dampf führt bekanntlich aus den Evaporiten stammende Borsäure und reichlich CO_2 und H_2S; auch diese sollten aus den Evaporiten kommen, oder, genauer gesagt, sich aus diesen bilden.

Dem Verfasser ist nur ein Fall bekannt (Bàgnore-Dampffeld [22]), wo der Dampf etwas Quecksilber führt; aber die Bohrungen, durch die er aufsteigt, durchqueren eine Quecksilberlagerstätte. Dieses neue Dampf-Feld wurde durch Schürfungen auf Quecksilber entdeckt.

Bis jetzt haben wir uns nur mit der südlichen Toskana befaßt und die Apuaner Alpen außer Acht gelassen. Dieses mächtige Gebirge, das von Meereshöhe mit steilen alpinen Formen bis auf fast 2000 m ansteigt, ist durch Erosion tief aufgeschlossen, und die Deckenstruktur ist augenscheinlich. Plutone werden nicht beobachtet, müssen aber u. E. nicht tief gelegen sein. Der Metamorphismus der Gesteine ist in der Hauptsache dynamisch, in Grünschiefer-Fazies, nur ganz lokal tritt Disthen auf. Der berühmte Marmor stammt von der Metamorphose der dem Hettangian angehörigen Kalke.

Die starke Erosion, gefördert durch die junge Tektonik und die reichlichen Niederschläge, stellt oft auch die kleinsten Ausbisse bloß. Dies, zusammen mit den bescheidenen Möglichkeiten der Landwirtschaft und der Viehzucht, und der vorherrschenden Tätigkeit in den Marmorbrüchen, haben die Bevölkerung seit den ältesten Zeiten „Erz-bewußt" gemacht. Der Holzreichtum hat auch das Verhütten ermöglicht. So kommt es, daß Chroniken und alte Literatur Dutzende von Fundorten aufzählen, wo man auf Eisen, Kupfer, Blei und Silber geschürft und gegraben und oft die Erze verschmolzen hat. Auch die Quecksilbererze waren zum mindesten seit den Zeiten der Medici bekannt. Antimon ist reichlich in den Bleierzen enthalten, die auch mit Zinkerzen vergesellschaftet sind. In der heutigen Zeit hat man auch auf Mangan geschürft, und die

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at
Gewinnung von Schwerspat, mit Pyrit und Eisenglanz als Nebenprodukte, ist augenblicklich das einzige, das von dem alten Bergbau übrig geblieben ist.

Den Mineralogen am bekanntesten ist die Bottino-Grube [24], wegen der Vielfältigkeit der schön kristallisierten Erze, die sie geliefert hat. Die Lagerstätte besteht aus einem Hauptgang und mehreren kleineren Gängen, die, durch Verwerfungen gestört, die Schiefer des Autochthons im allgemeinen durchschneiden, aber manchmal auch der Schieferung folgen.

Über die Bottino-Grube gibt es eine reiche mineralogische Literatur, zu der (bis etwa 1921) das Verzeichnis in einer ausführlichen Arbeit von A. PELLOUX (1922) den Schlüssel bietet. Der Verfasser hat seinerzeit die Lagerstätte erzmikroskopisch bearbeitet (DESSAU, 1935); fast vierzig Jahre später hat er versucht, zusammen mit seinen Mitarbeitern, ein kurzes Bild der systematischen Entwicklung der Gebirgsgruppe und ihrer Lagerstätten zu bieten (L. CARMIGNANI, G. DESSAU & G. DUCHI, 1972).

Die Lagerstätte liegt auf der nördlichen Seite des Monte Ornato, über dem Tal der Vezza.

Als Gangart erscheint der sogenannte „Schwarze Quarz", ein dunkelgrüner Turmalinolit, aus Quarz mit feinsten Turmalinnadeln bestehend. Unter den Erzen sind am reichlichsten ein schwarzer, sehr eisenreicher Marmatit und silberreicher Bleiglanz, beide herrlich kristallisiert, und verschiedene Bleisulfoantimonite, als Jamesonit, Meneghinit, etc. beschrieben, mit Bleiglanz fein verwachsen oder frei in länglichen Kristallen und in Filzen feinster Nadeln. Außerdem kommen Kupferkies, Pyrrhotin, Fahlerz, Schwefel- und Arsenkies, alle oft in Kristallen vor, von Nichterzen schön kristallisierter Quarz, rhomboedrische Karbonate und seltener Flußspat. Chemisch ist in den Erzen die Anwesenheit von etwas Zinn und Gold nachgewiesen.

Besonders interessant sind die durch mechanische Beanspruchung veranlaßten Strukturen der derben Erze. Diese sind kataklastisch: in einer derben Grundmasse, besonders von körnigem Bleiglanz und Bleisulfosalzen, schwimmen Bruchstücke aller Größen von Gangquarz und Pyrit. Die Pyrrhotinlamellen weisen undulöse Auslöschung auf (Photographien in G. DESSAU, 1935). Manchmal (Bilder in L. CARMIGNANI, G. DESSAU & G. DUCHI, 1972) scheint ein ganzer Gang noch an der Faltung der Schiefer teilgenommen zu haben und in den Druckschatten eingepreßt worden zu sein. Diese Beanspruchungen erstreckten sich aber nicht auf die herrlichen Kristalle und haarförmigen Erzgebilde der Geoden, die absolut ungestört sind. Wie C. L. GARAVELLI (1962) auf Grund der qualitativen Beobachtungen des Verfassers hervorgehoben hat, ist die späte Zinkblende der Geoden eisenreicher als zum mindesten ein Teil der älteren Zinkblende der Derberze. GARAVELLI hat nach KULLERUD die Bildungstemperaturen mehrerer Zinkblenden der Geoden aus ihrem Eisengehalt errechnet, und hat Temperaturen von 430° bis 480° C gefunden.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Von den Vererzungen der südlichen Toskana haben wir schon gesagt, daß sie an den posttektonischen sauren Magmatismus gebunden sind. Die Bottino-Vererzung im Norden ist dagegen noch syntektonisch angelegt (und man erinnere sich daran, daß die Hauptphase der Tektogenese in das Tortonian zu legen ist), hat aber ihr Ende, sogar noch mit Temperaturerhöhung, erst nach dem Aushallen der Gebirgsbildung erreicht.

Die Bottino-Lagerstätte ist gewissermaßen das Symbol der Apuanischen Vererzung geworden. Aber ähnliche Vererzungen erstrecken sich auch auf die südöstliche Seite des Monte Ornato, bei S. Anna, um in etwas weiterer Entfernung, wo Marmor und die unter ihm liegenden dolomitischen Kalksteine, die „Grezzoni", erscheinen, eine einigermaßen andere Zusammensetzung zu erreichen. Die Bildungstemperaturen scheinen niedriger zu sein, Pyrit, Kupferkies und Fahlerz werden reichlicher, dasselbe gilt für Flußspat und Baryt; als Seltenheiten erscheinen Bournonit und Geokronit in großen Kristallen und Arsenopolybasit (L. AMADIO MORELLI & S. MENCHETTI, 1969; S. MENCHETTI, 1970). Vom Baryt, weiter im SE des Monte Ornato, sind auch wichtigere Lagerstätten vorhanden, Gänge in den unterliegenden autochthonen Schiefern, und große, derbe Linsen von Pyrit, Eisenglanz und daraus entstandenem Magnetit begleitet, in tektonischen Schuppen der „Grezzoni", von denen nicht verdrängte Überreste im Baryt erscheinen. Spuren von weiteren Sulfiden: Arsenkies in den Barytlinsen und in den Gängen von Bleisulfosalzen, sind auch vorhanden; Chlorite mit Granaten*), auf den Halden der wichtigsten Barytgrube, Monte Arsiccio [25], kommen vom verkieselten Kontakt zwischen der im Abbau befindlichen Barytlinse und den darauf liegenden dolomitischen Kalken.

Gängchen von Quarz-Turmalin sind in den Schiefern reichlich, noch bis auf einige Entfernung vom Monte Ornato. Etwa 4 Kilometer westlich vom Monte Ornato, und 5 Kilometer im NNE, befinden sich die zwei kleinen Quecksilberlagerstätten von Ripa [26] und von Levigliani [27]. Wir können der Meinung H. BERGMANNs (1969), daß sie sedimentär seien, nicht zustimmen, da sie in Gesteinen verschiedenen Alters erscheinen. U. E. sind auch sie magmatisch, und ein Beweis von „zoning" um das Monte Ornato-Zentrum.

Weiter im Nordwesten, nahe bei Massa, erscheint in den Schiefern der regelmäßige, ganz ungestörte Spateisengang des „Frigido" [28], mit sehr bescheidenen Mengen von Kupferkies, Fahlerz und Bleisulfosalzen. Mit den vielen kleinen Ausbissen von Kupferkies und von Eisenerzen, zum größten Teil sedimentär, können wir uns weiter nicht befassen. Auf eine ursprünglich sedimentäre, metamorphe Manganlagerstätte werden wir noch kurz zurückkommen.

Bis jetzt haben wir uns fast ausnahmslos mit toskanischen Lagerstätten sicheren oder höchst wahrscheinlich magmatischen Ursprungs befaßt. Es folgt noch ein kurzer Bericht über sedimentäre Lagerstätten.

*) Spessartin, nach Bestimmung von L. LEONI & P. ORLANDI (1974).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Verschiedentlich findet man in der Toskana, in den Radiolariten des Malms, die den neokomen „Felsenkalk" unterlagern, spärliche Lager von Braunit, gewöhnlich mit den Radiolariten wechsellagernd. Bei Rapolano [29] und Murlo [30] (Siena) sind auch kleine Mengen gewonnen worden. Mineralogisch erregt die gleichaltrige, metamorphe Lagerstätte von Scòrtico [31] bei Fivizzano, in dem Autochthon der Apuanischen Alpen (B. DI SABATINO, 1967) mit Rhodochrosit und verschiedenen Mangan-Silikaten ein gewisses Interesse.

Wie schon gesagt, folgten auf die Apenninische Orogenese Dehnungsverwerfungen, die eine Horst- und Graben-Tektonik einleiteten. In die abgesunkenen Gebiete transgredierte im oberen Miozän das Meer. In der Gegend von Saline di Volterra-Buriano [32], etwa 10 Kilometer südwestlich von Volterra, wurden während des Messinians marin-lagunare Sedimente abgesetzt, aus Sanden, Mergeln und Tonen bestehend, mit Einlagerungen von Gips- und Steinsalzlinsen. Die Salzlinsen, im allgemeinen zwei oder drei, bis einen Kilometer lang, einige hundert Meter breit und 15—30 Meter mächtig, sind im Detail ziemlich unregelmäßig. Ähnliche Salzlager befinden sich bei Ponte Ginori, etwa 10 Kilometer südwestlich von Saline.

Die Salzlager werden durch Lösung intensiv abgebaut. Die Erzeugung des Jahres 1973 war etwa 1½ Millionen Tonnen, die zum Teil auf Speisesalz verarbeitet wurden, aber zum größeren Teil die chemische Industrie bei Rosignano belieferten*).

Weiter südlich, im selben Bereich der Toskanischen Erzprovinz, und in ähnlicher geologischer Lage wie das Steinsalz, finden sich im oberen Miozän Lager dunkler Braunkohle mit gutem Heizwert (über 6000 kcal). Die wichtigste Grube, Ribolla [33], wurde vor Jahren nach einer Schlagwetter- und Kohlenstaub-Explosion aufgelassen; jetzt ist keine weitere mehr in Betrieb.

In der zentralen Toskana, entlang dem Arnotal südöstlich von Florenz, befand sich während des Pliozäns und Pleistozäns ein etwa 40 Kilometer langes und 10 Kilometer breites Becken, mit Ligurischen Decken im Liegenden, das sich stufenweise mit Süßwassersedimenten ausfüllte. Über unterlagernden Schottern und Sanden und von Tonen bedeckt finden sich hier Lager brauner Braunkohle (CAVINATO, 1964). Im Jahre 1968 wurden etwa 1½ Millionen Tonnen mit einem Heizwert von etwa 1900 kcal gefördert, entsprechend 1 Million Tonnen mit 20 % Feuchtigkeit und Heizwert von 2700 kcal (offizielle Statistik); sie kamen alle von einer Grube, früher Castelnuovo dei Sabbioni [34], jetzt „Santa Barbara" genannt, in den Gemeinden von Cavriglia und Figline Valdarno (Provinzen Arezzo und Florenz). Der voll mechanisierte Tagebau speist ein Kraftwerk.

*) Diese Nachrichten über die toskanische Salzindustrie wurden zum Teil dem Manuskript von L. VIGHI, zum Teil dem Lehrbuch von A. CAVINATO (1964) entnommen.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Im selben geologischen Horizont, aber nicht mehr abgebaut, liegen die Braunkohlenlager im Becken des Mugello [35].

Das Bild der mineralischen Rohstoff-Industrie wäre aber unvollständig, wenn man die „Steine und Erden" nicht auch in Betracht ziehen würde. Dies gilt ganz besonders für die Toskana, die nicht nur Steine, Schotter und Sand für den Hoch- und Straßenbau, Rohmaterial für die Zementindustrie, Tone usw. — etwa 20 Millionen Tonnen im Jahre 1968 — produziert, sondern wegen ihres Marmors weltberühmt ist, neben welchem jetzt der Travertin eine wichtige Rolle errungen hat. An Marmor und Travertin sind im Jahre 1968 etwa 900 000 Tonnen gewonnen worden. Es fehlen leider in den offiziellen Statistiken Wertangaben, die aber für die Erze und Mineralien immer angegeben werden. Sicher steht die „Steine und Erden"-Industrie dem Bergbau ebenbürtig zur Seite.

Der Verfasser dankt Herrn Prof. J. G. HADITSCH für die freundliche Durchsicht und Korrektur des Manuskripts.

Schrifttum

AMADIO MORELLI, L. & MENCHETTI, S.: Su alcuni minerali della zona del Bottino e del Canale dell' Angina-Zulfello (Alpi Apuane). — Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, *76*, 417—445, Pisa 1969.

ANONYMUS: Un nuovo ritrovamento di pirite nella Maremma Toscana, il giacimento di Campiano, presso Boccheggiano. — Industria Mineraria, *22* (2ª ser.), 1—3, Roma 1971.

ARISI ROTA, F. & VIGHI, L.: Le mineralizzazioni a pirite ed a solfuri misti della Toscana Meridionale. — *In:* „La Toscana Meridionale", 370—422, Milano 1971.

BARBERI, F., INNOCENTI, F. & MAZZUOLI, R.: Contributo alla conoscenza chimico-petrografica e magmatologica delle rocce intrusive, magmatiche e filoniane del Compigliese (Toscana). — Mem. Soc. Geol. It., *6*, 643—681, Roma 1967.

BARBERI, F., INNOCENTI, F. & RICCI, C. A.: Il magnatismo. — *In:* „La Toscana Meridionale", 169—210, Milano 1971.

BARTHOLOMÉ P. & ÉVRARD, P.: On the genesis of the zoned skarn complex at Temperino, Tuscany. — *In:* Problems of hydrothermal ore deposition. — Union. Geol. Sci., Ser. A, *2*, 53—57, 1970.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

BERGEAT, A.: Beiträge zur Kenntnis der Erzlagerstätten von Campiglia Marittima (Toscana), insbesondere des Zinnsteinvorkommen daselbst. — Neues Jb. Min. Geol. Pal., 1901, Bd. I, 135—156, Berlin 1901.

BERGMANN, H.: Geologische und lagerstättenkundliche Untersuchungen in den südwestlichen Apuaner Alpen. — Inaugural-Dissertation, Ludwig-Maximilian-Universität, München, 78 S., 1969.

BERTOLANI, M.: Osservazioni sulle mineralizzazioni metallifere del Campigliese (Livorno). — Per. Mineralogia, *27*, 311—344, Roma 1958.

BERTOLANI, M. & RIVALENTI, G.: Le mineralizzazioni metallifere della miniera di Montecatini in Val di Cècina (Pisa). — Boll. Soc. Geol. It., *92*, 635—648, Roma 1973.

BODECHTEL, J.: Zur Genese der Eisenerze der Toskana und der Insel Elba. — N. Jb. Min., Abh., *103*, Bd. II, 147—162, Stuttgart 1965.

BURCKHARDT, C. E. & FALINI, F.: Memoria sui giacimenti italiani di manganese. — *In:* XX. Congreso Geológico Internacional, Symposium sobre yacimientos de manganeso, Tomo *V*, Europa, 221—272, Mexico 1956.

BURTET-FABRIS, B. & OMENETTO, P.: Osservazioni sul giacimento filoniano a solfuri di Zn, Pb e Cu di Fenice Capanne presso Massa Marittima (Toscana). — Rend. Soc. It. Mineral. Petrol., *27*, 393—435, Milano 1971.

CAILLAUX, A.: Études sur les mines de la Toscane. — Bull. Soc. Ind. Minérale, *1*, 383—405, 677—712, 1857.

CALAMAI, A., CATALDI, R., SQARCI, P. & TAFFI, L.: Geology, Geophysics and Hydrogeology of the Monte Amiata geothermal fields. — Geothermics, *1*, special issue, 1—11, Pisa 1970.

CARMIGNANI, L., DESSAU, G. & DUCHI, G.: I giacimenti minerari delle Alpi Apuane, e loro correlazioni con l' evoluzione del gruppo montuoso. — Mem. Soc. Geol. It., *11*, 417—431, Roma 1972.

CAVINATO, A.: Giacimenti minerari. — 47 + 686 pp., UTET, Torino, 1964.

CIPRIANI, C., FRANZINI, M., MALESANI, P. G. & SABATINI, G.: I giacimenti di materiali litoidi. — *In:* „La Toscana Meridionale", 317—355, Milano 1971.

COCOZZA, T., GASPERI, G., GELMINI, R. & LAZZAROTTO, A.: Segnalazione di nuovi affioramenti paleozoici (permo-carbonifero?) a Boccheggiano e tra Capalbio e i Monti Romani (Toscana meridionale — Lazio settentrionale). — Boll. Soc. Geol. It., *93*, 47—60, Roma 1974.

COQUAND, H.: Sur un filon antimonifère, les solfatares, les alunières et les lagoni de la Toscane, et sur l' accroissement de la température en profondeur. — Bull. Soc. Géol. France, *6* (2e série), 91—160, Paris 1848—49.

CORSINI, F. & TANELLI, G.: Analisi alla microsonda elettronica delle blende del giacimento della Valle del Temperino (Campiglia Marittima, Toscana). — Rend. Soc. It. Mineral. Petrol., *30*, 205—221, Milano 1974.

DEBENEDETTI, A.: Osservazioni sui giacimenti di pirite dell' Elba. — Industria Mineraria, *2* (2a ser.), 445—450, Roma 1951.

DEBENEDETTI, A.: Osservazioni geologiche nelle zone minerarie dell' isola d' Elba. — Boll. Serv. Geol. It., *74*, 53—85, Roma 1952.

DE CASTRO, C.: Le miniere di mercurio del Monte Amiata. — Mem. Descr. Carta Geol. d' It., *XVI*, 207 pp., Uff. Geologico, Roma 1914.

DE FERRARI, P.: Le miniere di mercurio del Monte Amiata. — Appendice alla Rivista del Servizio Minerario nel 1889, Firenze 1890.

DE LAUNAY, L.: I. La Métallogénie de l' Italie et des régions avoisinantes. II. Notes sur la Toscane minière et l' Ile d' Elbe. — X. Congrès Géologique International, Compte Rendu *I*, 550—699, Mexico 1906.

DELKESKAMP, R.: Das Kupferkiesvorkommen zu Riparbella (Cècina) in der Toscana (Genesis der Kupferkieslagerstätten der eocänen basischen Eruptivgesteine der Toscana, Liguria, Emilia, etc., vom Typus des Monte Catini). — Zs. prakt. Geol., *12*, 393—437, Berlin 1907.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

DELKESKAMP, R.: Die Südsaline zu Volterra. — Kali, *3*, 13, 1909.
DESSAU, G.: Studi sulla miniera del Bottino. — Boll. Soc. Geol. It., *54*, 333—352, Roma 1935.
DESSAU, G.: Antimony Deposits of Tuscany. — Econ. Geol., *47*, 397—413, New Haven, Conn., 1952.
DESSAU, G. & DE STEFANIS, A.: Studio geologico-minerario della zona mercurifera di Cerreto Piano (Scansano, provincia di Grosseto). — Mem. Soc. Geol. It., *8*, 289—323, Roma 1969.
DESSAU, G., DUCHI, G. & STEA, B.: Geologia e depositi minerari della zona Monti Romani-Monteti (comuni di Manciano e Capalbio (Grosseto) ed Ischia di Castro (Viterbo)) — Mem. Soc. Geol. It., *11*, 217—260, Roma 1972.
DE WIJKERSLOOTH, P.: The mineralisation of the Tuscan Mountains in connection with their tectonic evolution. — Proc. K. Akad. Wetensch., Section of Sciences, *33*, 557—564, Amsterdam 1930.
DI COLBERTALDO, D.: Giacimenti minerari. Vol. II. — 8 + 351 pp., CEDAM, Padova 1970.
DI SABATINO, B.: Su una paragenesi del giacimento manganesifero di Scòrtico (Alpi Apuane). — Per. Mineralogia, *36*, 965—992, Roma 1967.
DORN, P.: Studien über die Geologie und die Minerallagerstätten von Campiglia Marittima in Toskana. — Zs. deutsche Geol. Ges., *94*, 19—37, 1942.
ECKEL, E. E.: Mercury Industry in Italy. — AIME Techn. Publ. *2292*, 21 pp., New York 1948.
ELTER, F.: Note sulla localizzazione e la genesi dei giacimenti cinabriferi del Monte Amiata. — Industria Mineraria, *6* (2ª ser.), 65—70, Roma 1955.
ERMISCH, K.: Die gangförmigen Erzlagerstätten der Umgegend von Massa Marittima auf Grund der Lottischen Untersuchungen. — Zs. prakt. Geol., *13*, 206—239, Berlin 1905.
FALINI, F.: Osservazioni sul giacimento cinabrifero di Cerreto Piano in Toscana. — Per. Mineralogia, *25*, 95—127, Roma 1956.
FERRARA, G. C., CONFIANTINI, R. & PANICHI, C.: La Composizione isotopica del vapore di alcuni soffioni di Larderello e dell' acqua di alcune sorgenti e mofete della Toscana. — Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Serie A, *72*, 570—588, Pisa 1965.
GARAVELLI, C. L.: Contenuto di ferro e temperatura di formazione di blende italiane. — Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Serie A, *69*, 52—96, Pisa 1962.
GIANNINI, E.: Geologia dei Monti di Campiglia Marittima. — Boll. Soc. Geol. It., *74*, 219—296, Roma 1955.
GIANNINI, E., LAZZAROTTO, A. & SIGNORINI, R.: Lineamenti di stratigrafia e tettonica. — *In:* „La Toscana Meridionale", 33—168, Milano 1971.
GINORI CONTI, G.: Utilizzazione dei soffioni boraciferi. Storia, sviluppo, possibilità future. — 157 pp., Cencetti, Firenze 1938.
GOGUEL, J.: Le régime thermique de l' eau souterraine. — Annales des Mines, *10*, 3—32, 1953.
GOSWAMI, D.: Observations on the ore deposit of Valle del Temperino (Campiglia Marittima, Italy). — Boll. Soc. Geol. It., *81*, 249—263, Roma 1962.
IPPOLITO, F.: Il Monte Pisano — Le Alpi Apuane. — Mem. Note Ist. Geol. Appl. Univ. Napoli, *3*, 7—95, 1949—1950.
KLOOS, J. H.: Zinnober führende Trachyttuffe vom Monte Amiata im südlichen Toskana. — Zs. prakt. Geol., *5*, 158—163, Berlin 1898.
LEONI, L. & ORLANDI, P.: Il granato del M. Arsiccio (Alpi Apuane). — *Im Druck in:* Rend. Soc. It. Mineral. Petrol., *30*, Milano 1974.
LIMASSET, J. C.: Géologie de la région de Francardo (Corse). Contribution à l' étude des gîtes cuprifères. — Thèse de doctorat, Fac. Sc., Paris 1958.
LOPEZ-RUIS, J., BARTHOLOMÉ, P. & ÉVRARD, P.: La galénobismuthine dans les skarns de Campiglia Marittima, province de Livourne, Italie. — Ann. Soc. Géol. Belg., *92*, 397—406, Liège 1969.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

LOTTI, B.: La miniera di Montecatini (Val di Cècina) e i suoi dintorni. — Boll. Comit. Geol. It., *15*, 359—384, Roma 1884.

LOTTI, B.: Carta geologica dell' Isola d' Elba, alla scale di 1 : 25 000; 2 fogli. — Uff. Geol., Roma 1884.

LOTTI, B.: Descrizione geologica dell' Isola d' Elba. — Mem. descr. Carta Geol. d' It., *II*, 266 pp., Uff. Geol., Roma 1886.

LOTTI, B.: Descrizione geologica mineraria dei dintorni di Massa Marittima. — Mem. descr. Carta Geol. d' It., *VIII*, 172 pp., Uff. Geol., Roma 1893.

LOTTI, B.: Sulla genesi dei giacimenti metalliferi di Campiglia Marittima in Toscana. — Boll. Com. Geol. d' It., *31*, 327—337, Roma 1900.

LOTTI, B.: Die Zinnober und Antimon führenden Lagerstätten Toscanas und ihre Beziehungen zu den Quartären Eruptivgesteinen. — Zs. prakt. Geol., *9*, 41—46, Berlin 1901.

LOTTI, B.: Geologia della Toscana. — Mem. descr. Carta Geol. d' It., *XIII*, 16 + 484 pp., Uff. Geol., Roma 1909.

MARINELLI, G.: L' énergie géothermique en Toscane. — Ann. Soc. Géol. Belg., *85*, 417—438, Liège 1963.

MARINELLI, G.: L' energia geotermica. — *In:* „La Toscana Meridionale", 298—316, Milano 1971.

MENCHETTI, S.: Sulla Arsenopolibasite del Canale dell' Angina (Alpi Apuane). — Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Serie A, *77*, 112—122, Pisa 1970.

NASINI, R.: I Soffioni e i Lagoni della Toscana e l' Industria boracifera. — 658 pp., Ed. Italia, Roma 1930.

NOVARESE, V.: Die Quecksilbergruben des M.te Amiata Gebietes in Toscana. — Zs. prakt. Geol., *3*, 60—64, Berlin 1895.

OLIVERO, S.: Su alcune caratteristiche di composizione e struttura della mineralizzazione profonda del giacimento di Monte Argentario (Provincia di Grosseto). — Atti Symp. Probl. Geomin. Sardi, Cagliari-Iglesias 1965, 481—493, Cagliari 1968.

PELLOUX, A.: La zona metallifera del Bottino e della Valle di Castello. I suoi minerali e le sue miniere. — Mem. Soc. Lunigianense „G. Capellini", *3*, 39—83, La Spezia 1922 — *Auch in:* La Miniera Italiana, *6*, 97—108, 131—138, Roma 1922.

PENTA, F.: Memoria sul ferro in Italia. — *In:* XIX. Congrès Géologique International. Symposium sur les gisements de fer du Monde, Tome *II*, 247—347, Alger 1952.

REYER, E.: Bemerkungen über das Bergwerk von Montecatini in Toscana. — Berg- u. Hüttenmännische Zs., Nr. 34.

RODOLICO, F.: Ricerche sulle rocce eruttive recenti della Toscana. I) Le rocce del Campigliese. — Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., *41*, 197—251, Pisa 1931.

ROSENLECHER, R.: Die Quecksilbergruben Toscanas. — Zs. prakt. Geol., *2*, 337—353, Berlin 1894.

ROUTHIER, P.: Les gisements metallifères. Tome I. — 867 + 6 pp., Masson, Paris 1963.

SCHNEIDER, A.: La miniera cuprifera di Montecatini in Val di Cècina. — Appendice alla Rivista del Servizio Minerario nel 1889, 88 pp., Firenze 1890.

SIMONIN, P.: De l' exploitation des mines et de la métallurgie en Toscane pendant l' antiquité et le moyen âge. — Annales des Mines, *14* (5e série), 1858.

SPIREK, V.: Das Zinnobererzvorkommen am Monte Amiata. — Zs. prakt. Geol., *5*, 369—374, Berlin 1897.

SPIREK, V.: The mercury mining district of Monte Amiata, Italy. — Mining Magazine, *13*, 277—289, London 1906.

SQUARZINA, F.: Italia Mineraria. — 742 pp., Assoc. Mineraria Ital., Roma (s. d.).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

STELLA, A.: La miniera di stagno di Monte Valerio e i giacimenti del Campigliese nel quadro della Catena Metallifera Toscana. — Boll. Soc. Geol. It., *74*, 109—218, Roma 1955.

„TOSCANA MERIDIONALE, La ...“ — Rend. Soc. It. Mineral. Petrol., *27*, fasc. speciale, 10 + 571 pp., Milano 1971.

TREFZGER, E. F.: Über die Schwefelkies-Lagerstätten der toskanischen Maremma. — Neues Jb. Mineral., Mh., H. 4—5, 73—95, 1954.

TREVISAN, L.: L' Elba Orientale, e la sua tettonica di scivolamento per gravità. — Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, *XVI*, 40 pp., 1949—1950.

TREVISAN, L., BRANDI, G. P., DALLAN, L., LAZZAROTTO, A., MAZZANTI, B., SQUARCI, P. & TAFFI, L.: Note illustrative della Carta geologica d' Italia, Foglio 119, Massa Marittima. — 65 pp., Servizio Geologico, Roma 1968.

TREVISAN, L., DALLAN, L., NARDI, R., RAGGI, R., SQUARCI, P. & TAFFI, L.: Note illustrative della Carta geologica d' Italia, Foglio 104, Pisa. — 41 pp., Servizio Geologico, Roma 1968.

TREVISAN, L., DALLAN, L., FEDERICI, P. R., GIGLIA, G., NARDI, R. & RAGGI, G.: Note illustrative della Carta geologica d' Italia, Foglio 96, Massa. — 157 pp., Servizio Geologico, Roma 1971.

TREVISAN, L.: Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen dem Verrucano der Toscana und dem der Alpen und eine Definition des Begriffes Verrucano. — Verh. Geol. B.-Anstalt Wien, *1972*, 7—10. — *Auch in:* Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Wien, *20*, 7—10, 1972.

TROEGL, H. & AHLFELD, F.: Die Zinnobervorkommen in der südlichen Toskana. — Zs. prakt. Geol., *28*, 21—28, 37—46, Berlin 1920.

„U.N. SYMPOSIUM ON THE DEVELOPMENT AND UTILIZATION OF GEOTHERMAL RESOURCES“. — Pisa 1970.

VIGHI, L.: Il nuovo giacimento di pirite e di solfuri misti di Campiano presso Boccheggiano nella Maremma Toscana. — Boll. Ass. Min. Subalpina, *8*, 117—137, Torino 1971.

VOM RATH, G.: Mineralogisch-geognostische Fragmente aus Italien. Zweiter Teil. Cap. VII: Die Berge von Campiglia in der Toskanischen Maremme. — Zs. deutsche Geol. Ges., *20*, 307—363, 1868.

ZACCAGNA, D.: Carta geologica delle Alpi Apuane, alla scala di 1 : 25 000. 17 fogli (aufgenommen zwischen 1879 und 1896, gedruckt hauptsächlich in 1926). — Ufficio Geologico, Roma.

ZACCAGNA, D.: Descrizione geologica delle Alpi Apuane. — Mem. Descr. Carta Geol. d' It., *XXV*, 440 pp., Ufficio Geologico, Roma 1932.

Anschrift des Verfassers: Prof. Ing. Gabor DESSAU
Istituto Geologia Università
Via S. Maria 53
I-56100 Pisa, Italia

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Archiv für Lagerstättenforschung in den Ostalpen

Jahr/Year: 1974

Band/Volume: SB_2

Autor(en)/Author(s): Dessau Gabor

Artikel/Article: Die Lagerstätten Toskanas im Lichte der geologischen Entwicklung des Landes 51-77