

Osteuropa-Institut in Breslau

**BAU UND BODENSCHÄTZE
OSTEUROPAS**

VON

DR. H. CLOOS UND DR. E. MEISTER



Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

DAS OSTEUROPA-INSTITUT

(BEGRÜNDET 1918)

ist eine selbständige, in Anlehnung an die Schlesische Friedrich-Wilhelms-Universität und die Technische Hochschule in Breslau geschaffene Forschungsanstalt. Es hat den Zweck, die Grundlagen und die Entwicklungsbedingungen des geistigen und wirtschaftlichen Lebens in Osteuropa und den angrenzenden Gebieten zu studieren und die dabei gewonnenen Ergebnisse für den akademischen Unterricht, die Verwaltung und die wirtschaftliche Praxis nutzbar zu machen.

Jede wirtschaftliche, politische und religiöse Parteibestrebung bleibt ausgeschlossen. (§ 1 der Satzungen)

Als periodische Veröffentlichungen sind einstweilen in Aussicht genommen:

- I. Eine in zwangloser Folge auszugebende Reihe größerer wissenschaftlicher Arbeiten unter dem Titel

QUELLEN UND STUDIEN.

Sie gliedern sich in folgende Abteilungen, innerhalb deren sie auch für sich zählen:

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1. Recht und Wirtschaft | 4. Geographie und Landeskunde |
| 2. Land- und Forstwirtschaft | 5. Religionswissenschaft |
| 3. Bergbau und Hüttenkunde | 6. Sprachwissenschaft |
| 7. Industrie und Handel. | |

- II. Eine gleichfalls zwanglos erscheinende Reihe kleinerer wissenschaftlicher Schriften unter dem Titel

VORTRÄGE UND AUFSÄTZE.

- III. Eine jährlich erscheinende Zusammenstellung der Literatur über Osteuropa unter dem Titel

OSTEUROPÄISCHE BIBLIOGRAPHIE

Osteuropa-Institut in Breslau

QUELLEN UND STUDIEN

DRITTE ABTEILUNG

BERGBAU UND HÜTTENKUNDE

2. HEFT

BAU UND BODENSCHÄTZE OSTEUROPAS
EINE EINFÜHRUNG VON DR. HANS CLOOS UND
DR. ERNST MEISTER



Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 1921

Osteuropa-Institut in Breslau

BAU UND BODENSCHÄTZE
OSTEUROPAS

EINE EINFÜHRUNG

VON

DR. HANS CLOOS UND DR. ERNST MEISTER
PROFESSOR IN BRESLAU BERLIN

MIT EINER GEOLOGISCHEN STRUKTURKARTE
VON OSTEUROPA VON DR. S. V. BUBNOFF, BRESLAU



Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 1921

Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>

ISBN 978-3-663-15643-7

ISBN 978-3-663-16218-6 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-663-16218-6

ALLE RECHTE, EINSCHLIESSLICH DES ÜBERSETZUNGSRECHTS, VORBEHALTEN

DEM ANDENKEN FRITZ FRECHS

Vorwort

Diese „praktische Geologie“ von Osteuropa will nicht den Geologen in die Praxis einführen, sondern vielmehr umgekehrt den Praktiker und Laien in die Geologie. Daher wird der Fachmann wenig Neues finden. Aber auch der Praktiker findet kein glattes und handliches Nachschlagebuch über Ort, Menge, Aussichten der nutzbaren Stoffe. Es lag gar nicht in der Absicht der Verfasser, etwa mit einem der zahlreichen zuverlässigen Lagerstättenwerke, in denen diese Gebiete rege Berücksichtigung finden, zu wetteifern. Da bieten die Orts- und Sachregister in dem inhaltsreichen Buche von Stelzner und Bergeat, dem neuen übersichtlichen von Beyschlag, Krusch und Vogt, den auf die Nichterze gerichteten Lagerstättenwerken von Stutzer und von Dammer und Tietze, in Spezialwerken wie der Geologie des Erdöls von Höfer, dem Werke über die Kohlen- und über die Eisenerzvorräte der Welt (lauter Büchern, die auch von uns reichlich und dankbar verwendet wurden) und vieles andere bequeme und reiche Hilfe.

Die vorliegende Darstellung will weniger und mehr geben. Weniger Ergebnisse, mehr Entwicklung. Sind doch alle Zahlen über Lagerstätten, ihre Größe, Produktion, Lebensdauer so veränderlich wie der Mensch, der an ihnen arbeitet. Die Absicht der Verfasser ist verwirklicht, wenn es ihnen geglückt ist, den Leser selbst hineinblicken zu lassen in den natürlichen Prozeß, aus dem der nutzbare Stoff hervorgeht. In diesem Sinne wurde der Versuch gemacht, die Bodenschätze Osteuropas aus der Erdgeschichte und dem Bau dieses Gebietes mechanisch abzuleiten. Wer den Mechanismus durchschaut, vermag auch seine Produkte zu beurteilen und an der richtigen Stelle in den Gang der Handlung einzugreifen.

Hierbei sind die verschiedenen Länder sehr ungleich weggekommen. Je weniger ein Gebiet bekannt ist, desto ausführlicher wurde es behandelt. Denn diese Einführung soll ja helfen, neue Wege gangbar zu machen, nicht schon geebnete zu zeigen. So fielen ganz oder beinahe aus alle die Gebiete, in denen der Geschäftsgang nicht mehr über den Geologen geht, sondern höchstens über den Bergmann oder den Hüttentechniker, Ingenieur, Kaufmann. Auf Rußland durfte der Schwerpunkt gelegt werden, Galizien, Rumänien, Ungarn wurden gestreift, Polen oder gar Böhmen durften völlig ausfallen.

Die beiden Verfasser haben sich so in die Arbeit geteilt, daß Dr. Meister die mühsamere Aufgabe übernahm, den Stoff zu sammeln, zu sichten und bereitzustellen. Der Unterzeichnete hat den einführenden und verbindenden Text, vielfach den allgemeinen Rahmen verfaßt. Auf einer geologischen Übersichtskarte (am Schluß) kommen die großen Strukturgebiete und die wichtigsten Lagerstättenorte zur Anschauung. Die Sorgfalt, die Dr. v. Bubnoff auf ihre Herstellung verwandt hat, wird ihm jeder Leser danken.

Hans Cloos

Inhalt

	Seite		Seite
Einleitung			
Geologischer Begriff Osteuropas	1	Verteilung der Bodenschätze	22
Die russische Tafel	1	Brandschiefer in Estland	22
Grenzen	2	Ölschiefer in Estland	23
Verteilung der Bodenschätze	3	Kohle	23
Wesen der „Lagerstätte“	3	Moskauer Entwicklung der Kohle	23
Geknüpft an Bewegungsgebiete	4	Schichtprofile	24
I. Erdgeschichtlicher Überblick	5	Kohleführung	24
1. Das Grundgebirge	5	Die Kohlengebiete	25
Wesen	5	Metasomatische Eisenerze	26
Geschichte	6	4. Die mesozoische Decke	27
Gliederung	7	Einzelheiten der Schichtenfolge	28
2. Das Palaeozoicum	8	Phosphoritlagerstätten	29
Altpalaeozoicum	8	Sedimentäre Eisenerze	33
Karbon	9	Manganerze in der Kreide	35
Verteilung der Kohlengebiete	10	Kohlen	35
Perm	11	Rasen- und Sumpferze im Bereich der russischen Tafel	36
Verbreitung	11	5. Das Permgebiet des Uralvorlandes	37
Kupferführung	12	Salze	38
3. Das Mesozoicum	12	Kupfer	40
Phosphatführung	13	6. Das Donezgebiet	41
Trias	13	Faltung und Begrenzung	41
Jura	14	Palaeogeographie	43
Kreide	14	Steinkohlengebirge	44
Gesteine des Mesozoicums	15	Die Kohle	45
4. Das Neozoicum	15	Eisenerze im Karbon	48
Tertiär	16	Salze	48
Diluvium	16	Quecksilber	50
II. Die einzelnen Gebiete	17	7. Die kristallinen Massive Südrußlands	51
1. Gliederung Osteuropas auf geologischer Grundlage	17	Eisenerze von Kriwoi Rog	52
2. Finnland und der kristalline Anteil Nordwestrußlands	19	" " Korsaq Moquila	54
Magneteisen	19	Graphit	55
Seeisen	20	Manganerze von Nikopol	55
Kupfer	20	8. Der Ural	56
Graphit	21	Geologische Entwicklung	57
Granit	21	Querprofil	58
3. Das palaeozoische Becken Der Glint	21	Entwicklung der Ketten	59
	21	Kohlen am Westhang	68
		Distrikt von Lunjewka	68

	Seite		Seite
Distrikt von Kisel	69	Palaeozoicum	111
Kohlenfelder der Dubakhinski-Grube	70	Trias	112
Kohlen am Osthang	71	Jura	113
Spateisen von Bakal	73	Kohlen darin	115
Eruptive Lagerstätten	74	Eisenerze darin	116
Eisenerze	75	Kreide	117
Lagerstätte von Blagodät	75	Schichtenfolge	118
" " Wyssockaja	77	Tertiär	121
" " Lebjaschinskoje	78	Kleiner Kaukasus	123
" " Magnitnaja	79	Eisenerze	126
Brauneisen von Kisel und Artemiewka	81	Sedimentäre	126
Förderung	82	Eruptive	126
Kupfererze	83	Magnetisenerzlager von Daschkessan	127
Bogoslowsksches Bergrevier	83	Tertiäre Eisenerze von Kertsch	129
Mednorudiansk	84	Manganerze	130
Produktion	85	Tschiatura in Kutais	130
Manganerze	86	Elisabetpol	131
Gold	87	Gouvernement Baku	132
Drei Arten des Vorkommens	87	Gouvernement Tiflis	132
Die primären Vorkommen	88	Produktion	132
Golderzgänge (Beresit)	88	Kupfererze	132
Gänge von Kotschkar	90	Sangesur	132
Eluviale Seifen	91	Kedabeg	134
Gänge von Tscheljabinsk	92	Blei-Zinkerzlagertstätten	135
Seifen	93	Bezirk Wladikawkas	135
Sibirische Seifen	93	Transkaukasien	137
Zinnober	94	Silbererze	138
Serpentin- und Dunitlagerstätten	94	Kobalterze	139
Bedingungen	94	Quecksilber	140
Platin	95	Kohlen	140
Stammbaum des Serpentin	96	Kuban	141
Chromit	97	Suchum	142
Asbest	98	Kutais	142
Nickelsilikate	98	Kars	143
Diamant	100	Salz	144
Chrysopras	100	Erdöl	145
Malachit	100	Auftreten	145
9. Der Kaukasus (von Dr. Ernst Meister)	100	Apscheron (Baku)	146
Lage, Alter	100	Kubangebiet	146
Aufbau	101	Schwarze Berge	147
Gesteinszusammensetzung	105	Grozny	147
Mineralquellen	108	10. Die Karpathen	147
Entstehungsgeschichte	110	Geologischer Überblick	147
		Stellung der Bodenschätze	148
		Erzlagertstätten	149
		Salze und Erdöl	151
		Sach- und Ortsverzeichnis	153

Einleitung

Wer sich mit dem Untergrunde Osteuropas beschäftigt, mit seinem Bau, seiner Geschichte, seinen nutzbaren Stoffen, der wird sich erinnern, daß er ein Gebiet vor sich hat, das in der „Weltgeschichte“ seinen eigenen Weg gegangen ist und noch heute geht. Und es wird ihn nicht wundernehmen, wenn auch die erdgeschichtliche Entwicklung, von der doch, wenn irgendwo, so gerade hier die Völker- und Kulturgeschichte nur ein Abschluß und eine Krönung ist, einen eigenartigen, von dem westeuropäischen abweichenden Verlauf erkennen läßt.

Osteuropa ist, wenn man die Umwälzungen überschaut, die die Erdkruste im Laufe langer Zeiten erlitten hat, ein Rest. Die großen, tief und weitgreifenden Bewegungen, die bei uns seit der Mitte des erdgeschichtlichen Altertums den Boden gepflegt und in der Auffaltung des karbonischen Gebirges gegipfelt, in der Vorbildung und Formung der großen Steinkohlenzüge ihren wirtschaftlichen Niederschlag gefunden haben, — sie haben Osteuropa kaum erschüttert, nur in Polen seine Grenzen überschritten. Die noch ältere „kaledonische“ Faltung hat, von Großbritannien herüberziehend, schon auf dem skandinavischen Grenzgebirge ihr Ufer gefunden, und endlich die jüngste und in ihren Wirkungen frischeste der europäischen Faltungen, die alpine, sie endet da, wo die Karpathenketten auf dem Ölschiefer Galiziens verbranden, wo dem Kaukasus die unterirdischen Vulkankuppeln von Piatigorsk vorgebaut sind.

Rußland hat an diesen Bewegungen nicht mehr und nicht anders teilgenommen, als eine seichte Bucht von der offenen Meeresbrandung getroffen wird. Und — wie die Bewegung selbst an seinen Grenzen haltgemacht hat, so auch jene Fülle geologischer Ereignisse, die in Westeuropa diese Bewegung „vorbereitet“, die ihr den Stoff sammelt, das Baumaterial in der Tiefe der „Geosynclinale“ geordnet und bereitgestellt haben. So konnte es kommen, daß Ost und West nicht nur in der Struktur, im geologischen Bau verschieden sind, sondern auch im Stoff.

Rußland oder die „russische Tafel“ ist ein Gebiet des Erdfriedens, und es ist dies während des ganzen Laufes der fossil-

Durch diese wenigen Hauptzüge sind die Grundlinien des Baues vorgezeichnet und ist die Einteilung gegeben, die wir unserer Darstellung zugrunde legen müssen.

Vorgezeichnet ist darin aber zugleich die Verteilung und der Ursprung der nutzbaren Bodenschätze. Denn was sind viele Lagerstätten anders als das Ergebnis einer natürlichen Aufbereitung? Stoffe, die vielerorts, wenn auch äußerst dünn, durch die Erdkruste verteilt sind, sie werden zur „Lagerstätte“, wenn geologische Vorgänge sie von ihren Begleitern und Rivalen trennen, sie sammeln und in einer Weise summieren, daß es technisch und wirtschaftlich ausführbar wird, den natürlichen Vorgang fortzusetzen und zu vollenden, und so den gewünschten Stoff leidlich rein darzustellen. Ganz ähnlich ist in zahlreichen Fällen das technische, hüttenmännische Verfahren dem natürlichen Vorgang, an den es anknüpft. Auch in der Natur kennen wir eine Aufbereitung nach der Schwere, wenn das fließende Wasser Gold- oder Platinkörner, Zinnstein-Kristalle, Diamanten, Magnetit und viele andere Mineralien von ihrer leichteren Gesellschaft trennt und in besonderen Winkeln des Bettes der weiteren Verarbeitung zur Verfügung hält. Oft hilft die Härte, diesen Vorsprung noch zu vergrößern. Zwar kennt die Erde nicht das Sieb, aber sie besitzt andere nicht minder sichere Mittel, um große und kleine Körner aus einem Gemisch zu sondern und jedes für sich aufzubewahren. Zahllos sind die Beispiele natürlicher Verhüttung, indem aus einer geologischen Schmelze das Erz ausgeschmolzen und von der Schlacke Gestein gereinigt wird. Wir werden eine Reihe von Eisenerz-, von Chromitlagerstätten des Ural in solchen vulkanischen Hochöfen sich sammeln und als Schlacke etwa den Serpentin zurücktreten sehen. Als Beispiele für chemische Darstellungen großen Stiles werden wir die Salzlager und auch die Kupfererze des russischen Perm ansprechen, wo Binnenseen die riesigen Retorten, eine tropische Sonne vielleicht die Bunsenflamme, Flüsse, mit Lösungen vom Lande beladen, das chemische Agens geliefert haben. Die ungleiche Löslichkeit im Wasser ist es dann, die die Natur die feinsten chemischen Unterschiede hat erkennen und in der Trennung von Anhydrit, Steinsalz und Kaliverbindungen hat praktische Gestalt gewinnen lassen.

Hinzu kommt der Vulkanismus als Spender neuer, juveniler Stoffe aus einer Tiefe der Erde, die unmittelbar niemals unseren Schächten und Bohrlöchern erreichbar sein wird. Der vulkanische Vorgang wirkt, wie er der Bodenbildung unverbrauchte Chemi-

kalien zur Verfügung stellt, ja im Aschenregen geradezu die Felder düngt*), so für den Acker des Bergmanns als ein Auffrischungs- und Erneuerungsprozeß.

Eines der schönsten und vollständigsten Beispiele für „geologische Aufbereitung“ sei in den Platinlagerstätten des Ural hier kurz vorausgenommen (L. Duparc: *Le Platine et les gîtes platinifères de l'Oural*, *Archive des sciences*, Bd. 31, Genf 1911. S. 63 bis 66). Ein vulkanischer Vorgang bringt — im Begleit gebirgsbildender Bewegungen — basische Schmelzen hoch und nistet sie in einigen 1000 m Tiefe im Gebirge ein. Diese Schmelzen führen bereits Platin, aber in äußerster Verdünnung. Noch heiß und flüssig werden sie zerlegt: Ein extrem basischer Teil sammelt sich in der Mitte, gefolgt von der Hauptmenge des Platins, und erstarrt hier zu Dunit, als „Schlacken“ bleiben im Hofe dieses Kernmassivs Pyroxenite und Gabbrogesteine übrig. Aber der Dunit enthält das Metall noch in zu dünner Verteilung, um als „Erz“ gelten zu können. So bedarf es eines zweiten Aufbereitungsvorganges. Diesen übernimmt, nachdem das Gebirge tief abgetragen, das fließende Wasser. In den Bächen und Flüssen, die aus den Dunitbergen herablaufen, sammelt sich das schwere, unzerstörbare Metall. Aber auch hier sind es nur ganz bestimmte, besonders tiefe Lagen, die zu „Seifen“ werden, welche taube Decklagen zudecken. Der Mensch dann, indem er an den zweiten Anreicherungsprozeß anknüpft, gewinnt in einem dritten aus dem Erz das Metall.

Es ist hier nicht der Ort, diese Vergleiche auszuspinnen. Es genügt, wenn man erkennt: Geologische Vorgänge, Bewegungen in und mit der Erdkruste sind es, denen wir die wirtschaftliche Ansammlung nutzbarer Stoffe verdanken, und nur da dürfen wir diese Stoffe suchen, wo solche Bewegungen in ausreichendem Maße gespielt haben. So hört es auf, ein Zufall zu sein, wenn wir die weitaus größte Mehrzahl der Lagerstätten, Bergwerke, Bohrungen usw. nicht in dem geologischen Blach- und Brachfelde der russischen Tafel antreffen, sondern in den Gebirgen ihrer Ränder. Und ganz besonders ist es die Zufuhr neuer Stoffe aus der Tiefe, die in diesen Zonen zu Hause ist und die Kruste mit Material aller Art durchwirkt und gesegnet hat. Je älter das Gebirge, desto tiefer ist es abgetragen; desto tiefer also blicken wir in die Fundamente des Gebäudes. Daher erklärt sich die Häufung schwerer Erze von tiefem Ursprung im Ural, in Skandinavien, in Ungarn, das Vor-

*) K. Schneider, *Die vulkanischen Erscheinungen der Erde* 1911.

herrschen des leichten und seichten Erdöls in den untiefen Zonen von Karpathen und Kaukasus. Andererseits kommen in der von unten her fast nie bewegten Tafel die Kräfte der Oberfläche lauter zur Sprache. Hier legen Lagerstätten von Salzen und von Kohle in der einen oder anderen Weise Zeugnis ab von dem Kampfe zwischen Luft und Wasserhülle der Erde, der auf dieser beinahe tischebenen Fläche formationenlang fast allein Wechsel und Fortschritt dargeboten hat.

So versteht es sich von selbst, daß die einzelne Lagerstätte ihre Darstellung findet im engsten Zusammenhange mit dem Gebiete, in dem sie liegt, d. h. in einer regionalen, auf geologischer Einteilung begründeten Beschreibung. Vorangehen muß ihr jedoch ein Überblick über die erdgeschichtliche Entwicklung Osteuropas, aus der allein wir das heutige Bild verstehen können.

I. Erdgeschichtlicher Überblick

I. Das Grundgebirge

Diese ursprüngliche Unterlage aller jüngeren, „eigentlichen“ Formationen und Gesteine erscheint überall, wo sie nachträglich wieder zutage tritt, als der doppelte Zeuge einerseits der ältesten Geschichte und andererseits der größten Tiefe der Erde. Beides, Alter und Tiefe, sind Gründe genug, daß seine Gesteine nicht mehr im ursprünglichen Zustande, sondern hochgradig verändert auftreten; das Grundgebirge ist das Feld der metamorphen Gesteine oder der kristallinen Schiefer. Finnland ist für das Studium solcher Vorgänge klassisches Gebiet geworden, dank den Untersuchungen Sederholms. Aber ähnliches kommt auch im Südwesten Rußlands in dem sogenannten Podolischen und Asowschen Horst zutage; Grundgebirge erscheint im Ural, inmitten der Balkanhalbinsel und in Kleinasien.

Praktisch hat die Metamorphose zwei ganz allgemeine Folgen, eine negative und eine positive.

Gesteine, die von der Technik auf ihre Struktur beansprucht werden, also Bau- und Pflastersteine, wie Sandstein, Granit, Schiefer und ihre Verwandten, haben ihre „nutzbaren“ Eigenschaften eingebüßt. Sandstein ist zu Quarzit und Quarzitschiefer, Dachschiefer zu Phyllit und Glimmerschiefer, Granit zu Gneis umgepreßt und umgeschweißt worden. Indem alle die zahllosen, durch feine Unterschiede getrennten Ursprungsgesteine zu dem einen Ziel „Gneis“

konvergieren, verwischen sich ihre Eigentümlichkeiten, eine Tatsache, die ja auch aus dem einheitlichen Landschaftscharakter von Grundgebirgsgebieten im Gegensatz zu gemischten Sedimentzonen spricht. Man wird also Steinbrüche, die ein versandtfähiges, wertvolles Strukturmaterial liefern, im Bereiche des „Grundgebirges“ nicht suchen. Der Granit, der nach der Verwandlung in das kristalline Nebengestein eingetreten ist, macht eine praktisch bedeutungsvolle Ausnahme. Eine Ausnahme macht ferner der Marmor, indem er denselben Vorgängen, die seine Schwestergesteine zerstören, neue, technisch erwünschte Eigenschaften verdankt. Wir kommen damit zunächst zu den mannigfaltigen Erzlagerstätten, die dem Grundgebirge durch dieselben Vorgänge geschenkt werden, sei es nur in der Struktur oder sei es auch neu als Stoffe; kann es doch nicht wundernehmen, wenn die Tiefe, in welche diese Teile der Kruste versenkt wurden, ihnen von den Substanzen mitgibt, die ihr selber eigentümlich sind: Eisen, Nickel, Chrom und andere schwere, in großer Tiefe des Planeten heimische Metalle. Aber auch die bereits vorhandenen Stoffe nehmen unter diesen Einflüssen vielfach eine dichtere Struktur, gedrängtere Lagerung, reinere chemische Beschaffenheit an, die ihrer Verwendung günstig ist. So werden gewöhnliche Eisensedimente in Magnetitlager, Kohle in Anthrazit und Graphit konzentriert, und ähnliches mehr.

Die Geschichte dieses Grundgebirges ist schwer zu entwirren. Ihr Anfang liegt im Dunkel, und ihre Einzelvorgänge drängen sich zahllos und mannigfaltig und jeder verwischt die Spuren seines Vorgängers, oft seine eigenen. So widerstrebt der Beantwortung auch noch diese prinzipielle, hochwichtige Frage: Sind die Zustände und Ereignisse jener ältesten Zeiten, der Vulkanismus, die Beschaffenheit des Meerwassers, der Atmosphäre, der Flüsse usw. von der gleichen Art und Stärke gewesen wie die heutigen oder von anderer? D. h. gilt das Prinzip der „Aktualität“, das die Geologie mit vollem Erfolge auf die eigentliche spätere Erdgeschichte angewandt hat, gilt es auch schon von dieser „Urgeschichte“ unseres Planeten? Sederholm sagt ja, seit er aus dem Einerlei des finnischen Grundgebirges gelernt und gelehrt hat, mehrere eigene Zeitabschnitte herauszutrennen. Er hat in Finnland, und das gilt nach Ramsay auch für den Nordwesten Rußlands, für die Gegend des Onegasees usw., mehrere gewaltige Stöße echter Sedimente nachgewiesen, die am Meeresboden niedergeschlagen, danach zu Gebirgen aufgefaltet, die Gebirge wieder eingeebnet, auf dem Rumpfe neue Sedimente abgesetzt worden sind, mit dem obligaten Auf-

takt aus Trümmern des Zerstorten beginnend, die dann als „Basalconglomerat“ eine neue „Formation“ einleiten. Diese Conglomerate über aufgerichteter Unterlage dienen in Finnland geradezu als Leitschichten, als geologische Grenzen zwischen alten und jungen Abteilungen und sie müssen vorderhand die Leitversteinerungen ersetzen, die, sofern überhaupt je vorhanden, der Metamorphose zum Opfer gefallen sind. Innerhalb dieser alten Formationen haben vulkanische Stoffe Platz gefunden, kieselsäurereiche Granite und Porphyre, basische Gabbros und Diabase von der Art der jüngeren, und Sederholm glaubt auch hier, in den Äußerungen der vulkanischen Kraft, keine wesentlichen Änderungen gegen heute wahrzunehmen. So wächst, wenn man Sederholm glauben darf, das Grundgebirge Rußlands zu einem Gebiet heran, wo sich das Aktualitätsprinzip mit verkehrter Front verwenden läßt: Lernen wir für gewöhnlich aus der Gegenwart das Vergangene verstehen, so lehrt uns hier längst Vergangenes Vorgänge und Bedingungen begreifen, wie sie noch in der Gegenwart fort dauern mögen, nur in sehr großer, jeder unmittelbaren Beobachtung entrückten Tiefe.

Dem Bedürfnis nach geschichtlicher Ordnung und Einteilung konnte man insoweit entgegenkommen, als sich von einem allerältesten, stark von Granit durchsetzten, beinahe restlos umgewandelten „Archaikum“ jüngere Bildungen abgrenzen ließen, in denen man immerhin noch echte Sedimente erkennen konnte. Dies „Algonkium“ oder Eozoicum wird für Finnland dann wieder in eine kalevische, eine jatulische und eine jotnische Formation zerlegt, von denen noch die jatulische gefaltet ist, während die jotnische aus Sandsteinen besteht, die noch beinahe in der ursprünglichen Lagerung verharren. Zwischen Archaikum und Kambrium liegen vier zeitlich sehr große Denudationsperioden, von denen die subkalevische (an der Obergrenze des Archaikums) und die subjotnische sehr tief in das archaische Grundgebirge eingeschnittene Denudationsebenen geschaffen haben, während der letzten subkambrischen Denudation fast nur Teile der mehrere 100 m mächtigen jotnischen Sandsteine zum Opfer gefallen sind. Von besonderer praktischer Bedeutung sind die eingeschalteten Granite. Sie sind es, die zahlreiche Erze aus der Tiefe mitgebracht, andere an der Ankunftsstelle in einen der Ausbeutung günstigen Zustand verwandelt haben, als fertiges Gestein endlich liefern die Granite die Grundstoffe zur Bildung des Kaolins. Kaolinlagerstätten, in Rußland neuerdings in außerordentlich großer Zahl und guter

Beschaffenheit bekannt geworden, finden sich denn auch fast ausschließlich im Bereich des Grundgebirges, zumal auch der dem Granit chemisch verwandte Gneis in dieser Richtung mit ihm wetteifert. Die reinsten Kaoline liegen bei Kriwoi Rog und bei Blagodatj, andere in den Gouvernements Tschernigow, Wolhynien, Podolien, Kiew, Cherson und Jekaterinoslaw.

2. Das Palaeozoicum

Wenn selbst vorkambrische Sedimente in Osteuropa noch in der Lagerung und beinahe im Zustande ihrer Entstehung verharren, so dürfen wir uns nicht wundern, im Kambrium selbst und in den übrigen Gliedern des Palaeozoicums Gesteine anzutreffen, wie sie uns in Westeuropa nur aus den jüngsten Abschnitten der Erdgeschichte erhalten sind. Es hält schwer für einen deutschen Geologen, grüne, knetbare Tone am Finnischen Meerbusen als Schlamm des ältesten palaeozoischen Meeres, mürbe, zerfallende Sandsteine als die Sandbänke seiner Küsten anzuerkennen, nicht weniger schwer, Braunkohlenlagern im Innern Rußlands das Alter der deutschen Steinkohle zuzuerkennen, von deutlichen Kriechspuren in den Sandsteinen Estlands zu glauben, daß sie mit von den ältesten Lebewesen stammen, die überhaupt auf der Erde Reste hinterlassen haben. Ja, die Täuschung der Jugendlichkeit, die vom Gestein ausgeht, wird erhöht durch seine beinahe wagerechte Lagerung, durch den Mangel an Faltung und Brüchen, so daß man sagen könnte, daß sich gewisse Teile Osteuropas geologisch noch im Altpalaeozoicum befinden.

Das Palaeozoicum beginnt für Osteuropa mit dem Vordringen des offenen Meeres über ein eingeebnetes Festland. Die Ein ebnung dürfte — unähnlich der sogenannten typischen „Transgression“ — der Überflutung vorangegangen und das Werk eines gesonderten Vorganges sein, denn nicht Trümmer zerstörter Länder und Gebirge beginnen als Basalconglomerat die Schichtenfolge, sondern Schlamm und Sande aus stillem oder leichtbewegtem Wasser. Ganz unten liegt, 100 m mächtig, der „Blaue Ton“. In den untersten Horizonten finden sich Brachiopoden und Krebse vom Alter des Kambrium. Seine Blüte erreicht das Meer in den mächtigen, hellen Korallenriffen des baltischen Obersilur, wo eine für so frühe Zeit erstaunliche Mannigfaltigkeit von Krebsen, Schnecken, Brachiopoden, Muscheln, frühen Vorfahren der Ammoniten usw. die klaren Gewässer des Riffes bevölkert. Dann kommt die Zeit, wo sich im Westen das kaledonische Gebirge

heraushebt und die Nordwestgrenze Osteuropas für die Zukunft festlegt. Im Zusammenhang damit steigt auch Osteuropa über den Meeresspiegel, und nach einer, das untere Devon umfassenden Lücke in der Schichtbildung (nur im Ural und in Polen dauert die Meeresbedeckung an*) wird der Nordwesten von roten Sandmassen überschüttet, die in dem jungen Festland und Gebirge ihren Ursprung haben dürften, und deren Farbe von der intensiven atmosphärischen Verwitterung Zeugnis ablegt. Diesen „Alten Roten Sandstein“ teilt Nordwestrußland mit seiner skandinavischen Nachbarschaft und mit Großbritannien. Entsprechend den Bodenbewegungen an der Grenze von Silur und Devon und der Festlandszeit im Unterdevon liegt der Rote Sandstein nicht gleichmäßig über dem obersten Silur, sondern greift von Süden nach Norden auf ältere Schichten über. Er kommt dadurch am Südrand des Ladogasees auf Kambrium und weiter nach Norden gegen das Eismeer sogar unmittelbar auf archaisches Gestein zu liegen. Das tiefere Meer dringt dann an der Grenze gegen das Oberdevon vorübergehend aus Süden**) von neuem vor und läßt große Teile Osteuropas teilnehmen an einer Überflutung von allgemeiner Bedeutung.

Eine neue Zeit des Landgewinns setzt zu Beginn der Karbonzeit ein. Während Westeuropa zu Beginn dieser Formation noch vielfach von Meer bedeckt ist und erst im oberen Karbon landfest wird, ist im Osten das Umgekehrte der Fall. Vielfach sind es tiefere Stufen des Karbons, die in Kohlenflözen die Zeugen des Landes umschließen, während nach oben hin das Meer tiefer wird und kalkige Ablagerungen („Kohlenkalk“) zurückläßt. Im Ausgang des Karbons steht dann geradezu dem westeuropäischen Festland ein osteuropäischer Ozean gegenüber. Es ist die varistische Faltung, die sich auf den Westen beschränkt und so die beiden Areale voneinander endgültig geschieden hat. Im einzelnen sind Verbreitung, Dauer, Tiefe des Meeres in Rußland sehr kompliziert, und dies verrät sich in der Verteilung der Kohle (vgl. Tétiaeff***, Fig. 8 S. 37). Die russischen Geologen zerlegen das Karbon nicht, wie es im Westen geschieht, in zwei, sondern in drei Abschnitte. In jedem von diesen kommt Kohle vor: im Unterkarbon im Mos-

*) In Podolien gehen die roten Sandsteine anscheinend ohne Unterbrechung aus dem Silur hervor.

**) wo es, ebenso wie im Petschoragebiet, schon im Mitteldevon beginnt.

***) Les grandes lignes de la géologie et de la tectonique des terrains primaires de la Russie d'Europe. Ann. d. l. société géol. de Belgique XXXIX, 1912.

kauer Becken und im Ural, im Mittelkarbon im Donezbecken, im Oberkarbon bei Dombrowa in Polen. Außerdem aber sind breite Gebiete der Formation flözleer. Nach dem Reichtum an Kohlen lassen sich vier Zonen unterscheiden, die eine symmetrische Anordnung zeigen (Tétiaeff): eine sterile Zone zieht vom Onegasee in südöstlicher Richtung durch das nördliche Moskauer Becken und den südlichen Ural bis Turkestan. Hier ist offenbar das karbonische Meer zu allen Zeiten zu tief gewesen, um bei gelegentlichen Oszillationen landfest werden zu können. Ihr folgt eine arme Zone, in der die Kohle im Unterkarbon liegt (Moskau), eine reichere, in der sie im Mittelkarbon (Donez), und eine reichste, in der sie im Oberkarbon (Oberschlesien) angetroffen wird. Möglicherweise haben auch diese Zonen ihre südöstliche Fortsetzung im südlichen Asien. Aber auch die Bildung aus Pflanzen des Landes wurde immer wieder durch Meeresüberflutungen unterbrochen: mitten zwischen den Donezkohlen liegen weiße und gelbliche Kalke, die gespickt mit marinen Resten mit dem Weißen Jura in Schwaben die größte äußere Ähnlichkeit haben. Die Kohle Oberschlesiens gilt ja geradezu als Sediment eines breiten, weit ins Meer vorgestreckten Deltas, das von dem jungen Sudetengebirge seine Gerölle, seinen Sand und Schlamm, und aus dem großen russischen Meere seine marinen Zwischenlagen mit Ammoniten, Brachiopoden, Muscheln usw. bezogen hat. Wie die Mächtigkeit, so nimmt auch die Faltung von Moskau nach Südwesten zu: die Moskauer Kohle liegt flach, die Donezkohle ist gefaltet, aber wenig, die oberschlesische Kohle dagegen nimmt vollen Anteil an dem tektonischen Wellenschläge des alten Gebirgsrandes, zu dem sie gehört. Sehr bemerkenswert ist ein weiterer Unterschied innerhalb der zentralrussischen Gebiete: während die Donezkohle echte Steinkohle ist — und Anthrazit —, verharret die Moskauer Kohle noch heute in dem (praktisch weniger erwünschten) Zustand der Braunkohle. Ist es allein die doch nicht allzu kräftige Faltung des Donezgebietes, oder waren es außerdem mächtigere Schichtlasten, die diesen Unterschied hervorbrachten?*)

Die sogenannte karbonische Faltung Westeuropas reicht, wie oben ausgeführt, nicht über den Süden Polens hinaus. Durch sie

*) „Die historische Entwicklung der Ansichten über die Entstehung der Kohlen und Kohlenflöze“ faßt neuerdings K. A. Weithofer sehr übersichtlich zusammen (N. Jahrbuch für Min., Geol. und Pal. Beilage Bd. XLI, S. 149–236. Stuttgart 1916).

wird der älteren Nordwestgrenze Osteuropas eine West- und Südwestgrenze hinzugefügt, während nur wenig später zu Beginn der Permzeit als Ostgrenze der Ural aufsteht. Im Innern der russischen Tafel werden außer einer ersten Faltung der Donezkohle nur zwischen diesem Gebiet und dem Ural schwache Erschütterungen registriert. So ist es möglich, daß sich außer in diesen ausgenommenen Gebieten die nächstjüngeren Sedimente des Permokarbon ziemlich gleichförmig, ja, stellenweise geradezu ohne jede Grenze aus dem obersten Karbon entwickeln.

Das **Perm**, das aus einem russischen Verwaltungsbezirk seinen Namen mitbringt, ist in Westeuropa die Zeit der Salze, des Kupfers und des mächtigen, tief rot verwitterten Gebirgsschuttes. Es ist eine der merkwürdigen Tatsachen in der Erdgeschichte Europas, daß diese drei Züge, obwohl doch zunächst in äußeren Vorgängen begründet, die Formation fast durch den ganzen Kontinent hindurch begleiten. Doch fehlt im Osten, wo die karbonische Faltung fehlt, auch die Überflutung des damaligen Festlandes mit den vulkanischen Schmelzen (Porphyr und Melaphyr), die zum Bilde des deutschen Rotliegenden ebenso notwendig hinzugehören.

Das russische Perm bildet einmal vor dem Westfuß des Urals eine mehrere 10000 qkm weite, von der Kirgisensteppe bis zum Eismeer reichende Platte. Rote Conglomerate, Sandsteine, Schiefer-tone als die groben, feineren und feinsten Trümmer einer zerfallenden und zerfressenen Festlandsoberfläche bilden ein Gerüst, welches chemische Niederschläge, wie Kalksteine, Gips, Steinsalz auskleiden, denen sich gelegentlich Nachläufer der Steinkohle zugesellen. Ähnlich ist ein zweites, getrenntes Gebiet im Osten des Donezbeckens aufgebaut, dessen Salze und Kupfererze sich um das Industriezentrum Bachmut gruppieren. Man sieht in den Salzlagerstätten den chemischen Rückstand gewaltiger Binnenseen oder Meeresbuchten, und man findet die Knochen von Sauriern, die das Festland durch Zahl und Größe beherrschten und in dieser eigenartigen und reichen Ausbildung nur wieder in der Karrusteppe Südafrikas gefunden werden. Von der Flora dieses Landes geben Stämme von Schachtelhalmen, Blätter von Farnen, erste Nadelhölzer Kunde, den gleichen Gattungen und Arten angehörig, die auch über dem deutschen Boden der Rotliegendzeit grüntem. Zu Beginn dieser Periode dagegen sind wir noch Zeuge, wie sich im offenen Meere der Übergang aus der Steinkohlenzeit vollzieht, wie sich den gekammerten dattel- oder gurkenkernförmigen Gehäusen einer veraltenden Protozoengruppe (Fusulinen) und den

karbonischen Brachiopoden die ersten Vertreter eines neuen, aufstrebenden Ammonitenstammes hinzugesellen, der dann bestimmt war, im Mesozoicum die wirbellose Welt des offenen Ozeans zu beherrschen. Dies sind Züge, die Westeuropa nicht kennt. Echter deutscher „Zechstein“, wie er den Harz und Thüringer Wald mit seinen Dolomiten, seinen Bryozoenriffen, seiner artenarmen Binnenmeerfauna umsäumt, überschreitet, von Spitzbergen kommend, im Nordwesten die Grenze und liegt teils auf dem unteren Perm, teils auf dem Devon und Silur des Baltenlandes. Nicht der wichtigste, aber wohl der problematischste Bestandteil des Perms in Europa sind seine Kupfersalze. Man mag diese sulfidischen Erze, die sich dann von der Verwitterung mit den verräterisch gefärbten Karbonaten kolorieren lassen, herleiten, woher man will, es muß doch das Perm in irgendeiner Weise eine Blütezeit des Kupfers in Europa gewesen sein — und Osteuropa hat daran vollen Anteil. Wie anders vermöchte man zu erklären, daß gerade in dieser Formation das Erz in Schichten sich ausbreitet von Mansfeld und von Riechelsdorf her über Neukirch an der Katzbach bis zum Donez und zum Südfuß des Urals? Zwar liegt das Erz durchaus nicht überall in gleicher Schichtenhöhe, aber es ist doch in einer Weise zwischen Dach und Sohle des Perm konzentriert, daß dies wie keine zweite Formation der Erdgeschichte dadurch ausgezeichnet wird*).

3. Das Mesozoicum

Um die Wende des Palaeozoicums kommt im größten Teile Osteuropas die Sedimentation zu einem vorläufigen, die Erzbildung (soweit sie an der heutigen Oberfläche sichtbar wird) für viele Stoffe zum dauernden Abschluß. Fertig, fast in ihrem heutigen Zustande, wenn auch noch nicht von der Oberfläche aus erreichbar, waren zu Beginn des Mesozoicums beinahe sämtliche Erze des Urals und Finnlands, das Kupfer, die Salze, die Kohle und vieles andere. Dem Mesozoicum blieb die Bildung der Phosphate fast als Monopol, sonst war es wenig produktiv, während das Tertiär seine geologische Betriebsamkeit in der Bildung von Mangan, Erdöl, gewissen Eisenerzen, Salz und manchem anderen zum Ausdruck brachte.

*) Eine stratigraphische Erklärung findet man bei J. F. Pompeckj, Das Meer des Kupferschiefers (Branca-Festschrift, Berlin, 1914). Die gegenteilige Auffassung von der Herkunft des Permkupfers kommt neuerdings wieder in einem Aufsatz von Beyschlag, Z. f. pr. Geol. 1919, zum Ausdruck.

Die Vorliebe des Phosphats für kalkhaltige Sedimente besonders der Jura-, Kreide- und Tertiärformation ist noch nicht völlig aufgeklärt. Denn der letzte Ursprung fast allen Phosphors auf der Erdoberfläche liegt in dem Phosphormineral der Eruptivgesteine: Apatit. Von hier entnehmen Pflanzen und Tiere zunächst ihren oft sehr hohen Phosphorgehalt. So enthält Weizenasche über 49%, in den Hautpanzern kambrischer Krebse sind bis 17% P_2O_5 nachgewiesen worden, in Korallen 0,3 bis 2,1% usw. (mit Fluoriden). Daraus folgt, daß alle fossilführenden Schichten auch Phosphor enthalten, und daß also Phosphate in allen Formationen vorkommen müssen. Besonders konzentriert aber, bis zur Abbauwürdigkeit, finden sie sich vorzugsweise in Flachwasser, in Strandbildungen und Ablagerungen vorschreitender, über Festländer übergreifender Meere. Denn auf der untertauchenden Landoberfläche steht primärer Phosphor besonders reichlich zur Verfügung, und in festen Schalen, Panzern, Gehäusen usw. ist in dieser Gefahrenzone des Tierlebens zugleich eine besondere Nachfrage gegeben. Diese sekundären organischen Phosphate können dann durch anorganische chemische Vorgänge in tertiäre Knollen und Konkretionen gesammelt werden.

In der Trias zieht sich das Meer, das in Deutschland sehr flach wird — „Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper“ —, aus Rußland ganz zurück. Nur Oberschlesien, das wir ja bereits als einen geologischen Bestandteil Deutschlands kennengelernt haben, nimmt auch an seiner Binnenmeerbedeckung teil. Dagegen sind ganz neuerdings in der Krim und im nördlichen Kaukasus Versteinerungen gefunden worden, die beweisen, daß dort zur Triaszeit Hochsee geherrscht hat, ähnlich derjenigen im Alpengebiet und offenbar mit diesem in offener Verbindung*). Osteuropa bekommt in diesem Augenblick Anteil an dem Gegensatz, der dann während des ganzen Mesozoicums das alpine Gebiet gegen sein nördliches Vorland absetzt. Was dann später in Kreide- und Tertiärzeit zum Hochgebirge emporgefaltet wird, macht schon damals eine besondere Entwicklung, gewissermaßen eine Vorbereitungszeit durch. In Osteuropa häufen sich mächtige Kalke und Schiefer in dieser Zone, während das Vorland sedimentfrei, ja, trocken bleibt. Während in den Falten des Kaukasus eine vollständige Reihe von den Werfener bis Kössener Schichten

*) Neuere Forschungen von Bonnet in Hocharmenien (Araxesgebiet) bestätigen diese Annahme und haben in den für oberes Perm gehaltenen bekanntesten Kalken von Djoulfa alle drei Abteilungen der Trias erkennen lassen.

steckt, ist am Bogdoberge in der Kirgisensteppes wenigstens der alpine Buntsandstein identifiziert worden.

Im Jura tritt noch ein drittes Gebiet hinzu, insofern als Rußland nicht nur gegen den Süden, sondern auch gegen den Westen abgesetzt wird und es zur Ausbildung einer besonderen „russischen Juraprovinz“ kommt. Die Gegensätze in der marinen Fauna sind so scharfe, daß man ein besonderes „boreales“ Klima dahinter vermutete. Ist doch die Ammonitengattung *Virgatites* mit ihren rutenförmig geteilten Rippen bis vor kurzem nur hier gefunden worden, und eine Reihe anderer Formen, so die Gattung *Aucella*, vertiefen diesen Gegensatz. Die Auffindung solcher russischer Typen an anderen entlegenen Stellen (Westdeutschland, Niederländisch-Indien usw.) hat die Grenze etwas gelockert.

Doch gilt all dies nur von den jüngeren Abschnitten der Formation. Der untere oder schwarze Jura fehlt nördlich von Krim und Kaukasus überhaupt, einzig von Isjum am Donez sind marine Oberliasschichten gemeldet*). Gleiches gilt vom mittleren oder braunen Jura zum größten Teil. Bis in diese Zeiten hinein hat offenbar das russische Triasfestland fortgedauert. Erst mit den *Macrocephalusschichten* oder den *Ornatenton*en — die Namen beziehen sich auf bezeichnende Leit-Ammoniten — dringt von Westen das Meer ein und überflutet, nach Sueß wie durch das Erosionsgebiet eines großen Flußsystems aufgenommen und geleitet, gewaltige Flächen. Die durch die genannten *Virgatiten* gekennzeichnete „Wolgastufe“ reicht nach Nordosten bis ins Petschoragebiet und nach Westsibirien, nach Osten bis Orenburg, nach Westen bis an die Weichsel, bis Lodz und Thorn. Nur der Ural ragte als Insel heraus. Doch ist diese Überflutung kein besonderes osteuropäisches Ereignis, sondern nur ein kleinerer Ausschnitt aus einer der größten Meeresüberflutungen, die die Geschichte der ganzen Erde kennt.

In der Kreidezeit weicht das Meer wieder so weit zurück, daß es mit dem westeuropäischen zunächst nur durch zwei nach Süden vorgreifende, den baltischen Schild umarmende Buchten des nordischen Kreidemeeres in Verbindung steht. (E. Kayser, Erdgeschichte, V. Auflage, S. 522.) Dennoch ist die Ausbildung der deutschen, englischen und nordfranzösischen sehr ähnlich, und die

*) während pflanzenführende Tone und konglomeratische Sandsteine im unteren Lias den alten Festlandsrand erweisen.

Gegensätze der Jurazeit sind verwischt*). In der Oberkreide wiederholt sich beinahe die Transgression des mittleren Jura. Obwohl in westeuropäischer Ausbildung, bedeckt die Oberkreide den russischen Schild in riesiger Verbreitung von der Weichsel bis nach Orenburg und wird bis 600 m (?) mächtig (Charkow).

Die Gesteine des russischen Mesozoicums sind die auch aus anderen, außeralpinen Jura- und Kreidegebieten bekannten. Kalksteine und Mergel herrschen vor, Sande und Sandsteine, oft glaukonitreich, sowie Tone sind ihnen eingeschaltet, ohne selbständig hervortreten. Durch diese Gesteinsgefolgschaft und ihre Entstehungsbedingungen ist auch den nutzbaren Stoffen der Bereich vorgeschrieben. Sedimentäre Eisenerze finden sich im Kreise Kromy, Gouvernement Orel und in den Gouvernements Rjäsan und Wladimir, metasomatische von weiterer Verbreitung und Bedeutung in den Gouvernements Orel, Kursk und Woronesch. In blauen Tönen der Unterkreide des Gouvernements Tambow bilden Manganknollen die einzige Manganlagerstätte Zentralrußlands.

Diese Erze treten zurück gegen die Phosphorite, die in Jura und Kreide zu Hause sind, von den Hin- und Herflutungen seichter Meere aufgearbeitet und umgelagert, aus zahlreichen Horizonten beider Formationen gewonnen werden. (Arbeiten der Komm. d. Mosk. Landw. Inst. zur Untersuchung der Phosphorite, Moskau, Bd. I–V, 1909–1913.) Die reichsten Horizonte liegen in der oberen und vor allem der unteren Wolgastufe und in dem „Rjäsanhorizont“.

Auch die wichtigste Schwefellagerstätte Rußlands, schwefel- und gipsführende Tone, im Kchiutagebirge am Kaukasus, liegt zwischen Jura und mittlerer Kreide**).

4. Das Neozoicum

Bewegung kommt, wie in den Gang der Erdgeschichte, so auch in ihre produktive Abteilung, erst wieder mit dem Tertiär. Zwar, die eigentliche Handlung spielt sich auch jetzt wieder an dem Rande der russischen Tafel ab; Durch die Auffaltung der Karpathen wird ihr eine Südwestgrenze, durch diejenige des Kau-

*) Nur der alte Gegensatz zwischen Nord und Süd bleibt wenigstens in der unteren Kreide deutlich bestehen. Der Kaukasus gehört weiter zum Bereich des tieferen alpin-mediterranen Mittelmeeres und zeigt in diesen Horizonten nahe Verwandtschaft zur südfranzösischen Unterkreide.

***) Dammer u. Tietze; nach Angaben bei Bergeat allerdings zum Miozän gehörig.

kasus eine Südgrenze geschaffen, und im Bereich dieser Vorgänge und Gebirge sind denn auch die neugeschenkten Bodenschätze Erdöl, Mangan, jüngere Salze und anderes zu suchen.

Im inneren Rußland bildet sich mit langsameren Schritten, aber sicher, von Stufe zu Stufe aus dem Oberkreidemeer die heutige Verteilung von Land und Meer, von Berg und Tal heraus.

Schon im Palaeocän, als dem ältesten Tertiär, scheinen die künftigen Senken vorgezeichnet. Man findet seine marinen Sande, Tone, glaukonitischen Sandsteine über Oberkreide an der mittleren Wolga (Saratow) in mächtiger Verbreitung. Marin ist auch noch das Eocän des Dnjepr-, Donez- und Wolgagebietes*). Im Oligocän dagegen finden sich bereits neben reichen, marinen Glaukonitsanden der gleichen Gebiete, denen sich noch die Krim und Nordwestrußland zugesellen, Tone mit Braunkohlen und Blätter sandsteinen. Eisen- und Manganerze aus dieser Zeit besitzt das Gouvernement Jekaterinoslaw. Teils marin, teils brackisch ist wieder das Miocän Südrußlands, während im Pliocän das Meer so stand, daß es bereits als ein vergrößertes Schwarzes und Kaspisches Meer aufgefaßt werden darf; von einer marinen Fauna mit Bryozoenriffen illustriert, bilden sich auf der Halbinsel Kertsch die Kalke und die 900 Mill. Tonnen groboolithischer, manganhaltiger Eisenerze.

Das Diluvium hat dann für große Teile Osteuropas eine ähnliche Wirkung wie für den Westen: Die Bedeckung des bunten, lebendigen Untergrundes mit einem Leichentuche aus Geschieben und Geschiebelehm macht sozusagen die ganze geologische Arbeit der Vorzeit im Sinne der Morphologie vergeblich. Der deus ex machina Eis aus dem Norden deckt alles zu und schafft neues Gestein und eine neue Oberfläche. Nur einen kärglichen Ersatz für den verlorenen Untergrund bieten die kleinen zahllosen Unebenheiten, die das feste Wasser schafft und das flüssige nur langsam beseitigt und die einer, wie ein Spinnennetz über die Tafel gebreiteten Riesenlagerstätte von Rasen- und Sumpferzen zur Wiege dienen.

*) Die südeuropäische Nummulitenfacies des Eocän ist auch in Osteuropa auf den äußersten Süden — Krim und Südhang des Kaukasus — beschränkt. Es sind zumeist mergelige Kalke fast vollkommen von Nummuliten — scheibenförmigen bis talergroßen Protozoen — erfüllt, die in ihrem massenhaften und kurzlebigen Auftreten in den schon erwähnten Fusulinen des Karbon ein Gegenstück haben.

II. Die einzelnen Gebiete

Die historische Betrachtung lehrte, wie sich aus dem geologischen Raum Osteuropas je länger desto mehr und schärfer Teilgebiete absondern und ihre eigenen Wege gehen. Mit wenigen Ausnahmen haben sie ihre Sonderstellung bis heute bewahrt, ja verschärft, so daß sie auch in der Landkarte hervortreten und für die Völkergeschichte trennend und differenzierend geworden sind. Der „geologische Rest“ Osteuropas ist schon seit dem Karbon verhältnismäßig klein geworden, da ihm der Ural und die westlichen karbonischen Gebirge abgewonnen, ja, sogar das Donezgebiet seinem eigentlichen Bereich streitig gemacht wurde. Will man die immerhin noch gewaltige Fläche aufteilen, so muß man, da die Lagerung monoton ist, sich an die stoffliche Zusammensetzung der Tafel halten. Von selbst fällt dann von der altpaläozoischen Platte die ältere Unterlage in Finnland, Schweden und Nordwestrußland ab. Aber auch die jüngere, permische Oberlage im Uralvorland bildet ein Gebiet für sich, um so mehr, als die Kupfer- und Salzföhrung dieser Formation eigentümlich ist. Dagegen lassen sich die von den „Karpinskyschen Linien“ bewegten und durchzogenen Randgebiete im Süden so gut nach der tektonischen Form wie nach dem stratigraphischen Inhalt gliedern. Man wird das Donezbecken auf der einen Seite, das südpolnische, stark gefaltete Gebirge auf der andern als natürliche Einheiten anerkennen. Zwischen beide treten dann die trennenden, kristallinen Gebiete des Podolischen und Asowschen Horstes (Sueß) obwohl nicht in der Oberflächengestaltung, so doch scharf genug geologisch hervor.

Ebenso ergibt sich die Abtrennung der Randgebiete, z. T. auch ihre innere Einteilung von selbst.

Man kommt so ganz von selbst zu einer

1. Geologischen Gliederung Osteuropas

I. Die russische Tafel.

1. Finnland: Grundgebirge aus Granit und kristallinen Schiefern des Präkambriums mit Magneteisen-, Kupfer-, Zinnerzen und oberflächlichen Seeerzen.
2. Das paläozoische Becken. Kambrium bis Perm mit Ölschiefern im Silur, Kohlen (Moskauer Becken) im Karbon

und Sphärosideriten und Brauneisenerzen im Devon und Karbon, und seine mesozoische Decke — Jura und Kreide mit Eisen- und Manganerzen und Phosphaten. Oberflächliche Rasen- und Sumpferze in den nördlichen und zentralrussischen Gouvernements.

3. Das Permgebiet des Uralvorlandes mit Salzen, Schwefel und Kupfererzen.

II. Die gefalteten Randgebiete im Süden.

4. Das Donezgebiet. Gefaltetes Karbon auf Devon, mit Kohlen, Eisenerzen, Blei-, Zink- und Quecksilbererzen; Perm mit Salzen, Kupfer und Gips. Mesozoisches und tertiäres Deckgebirge.
5. Die kristallinen Massive. Der Podolische und Asowsche Horst — kristalline Schiefer und Granit mit den Eisenerzen von Kriwoi Rog und Kaolin; mesozoische und tertiäre Deckschichten mit Phosphaten in der Kreide, Brauneisen und Mangan im Tertiär.
6. Schlesien und das polnische Mittelgebirge.

III. Der Ural und das Timangebirge.

Kristalline Zentralzone mit zahlreichen Eruptivgesteinen, palaeozoische Sedimentzonen im Westen und deren Reste im Osten (Devon und Karbon), stark gefaltet. Eisen, Chromeisen, Kupfer-, Mangan-, Nickelerze, Gold, Platin, Kohlen, Graphit, Erdöl und Edelsteine.

IV. Das Kaukasusgebiet.

1. Der Kaukasus und sein nördliches und südliches Vorland, kristalline Zentralzone mit Sedimentmantel, stark gefaltet. Magneteisen-, Mangan-, Kupfer-, Kobalt-, Blei-, Zink- und Quecksilbererze; Erdöl; Mineralquellen.
2. Kertsch, die westliche Fortsetzung des Kaukasus mit Brauneisenerzen.
3. Baku und Apscheron. Tertiäres Ostende des Kaukasus, mit Erdöl.

V. Die Karpathen

2. Finnland und der kristalline Anteil Nordwestrußlands

Die allgemeinen Züge aus diesem allerältesten und alleruntersten Teile Osteuropas wurden an früherer Stelle mitgeteilt. Alles Gestein liegt in kristallisiertem Zustande vor, auch die ursprünglichen Sedimente. Also auch jede Art von Bodenschätzen*), insbesondere die Erze. Das Eisen erscheint in der phosphorarmen Form des Magnetisens, die den praktischen Vorteil bietet, sich der Magnetnadel zu verraten. Die Anordnung dieser Stoffe ist bedingt durch intensive Bewegungen, die im Raume beengt waren, weil sie in der Tiefe der Erdkruste sich abspielen mußten. Man wird also damit rechnen müssen, eng gepreßte Mulden und Sättel anzutreffen, oder wo die tektonische Form zerstört ist, wenigstens die steilgestellten Teilstücke solcher, und der Bergbau wird steil oder senkrecht in die Tiefe gehen müssen. Eine andere Wirkung beengter Bewegungen ist es, ursprünglich plattenförmige Gesteine in Linsen auseinanderzureißen, die jede für sich abgebaut werden müssen und nur durch ihre reihenförmige Anordnung der Verfolgung entgegenkommen. Ähnlich geformt und gelagert sind gewisse eruptive Neubildungen — seien es Umwandlungen vorhandener, seien es Zufuhren ganz neuer Stoffe. Ihr Ort ist durch die Verbreitung des Eruptivstockes gegeben, der sie gebracht hat.

In Finnland sind eine größere Zahl Magneteisenerzlager**) bekannt und ihre Vorräte vornehmlich magnetometrisch gemessen worden.

Allen Vorkommen ist gemeinsam, daß sie nur unreine und eisenarme (zwischen 27 und höchstens 50 % Fe schwankende) Erze führen, die zur Verhüttung magnetisch angereichert werden müssen, aber in nicht unerheblichen Mengen vorhanden sind; der Gesamtvorrat wird von Trüstedt auf 45 Mill. Tonnen angenommen. Die bedeutendsten Vorkommen liegen in Südwest-Finnland, am Nordufer des Ladogasees und in Lappmarken.

Die Lagerstätte von Jussarö (Finnischer Meerbusen) liegt unter dem Meere in stark gefaltetem Gneis und fällt senkrecht ein. Die mittlere Mächtigkeit der Erzzone beträgt 12 m und ist auf 3,5 km verfolgbar. Bei einer angenommenen Erztiefe von 200 m (die nicht genau feststeht) beträgt der Erzvorrat 30—35 Mill. t. Das Fördergut hat 38 % Fe, sehr wenig Phosphor und Schwefel.

Gleich bedeutend ist die Lagerstätte von Pitkäranta***) am nordöstlichen Ufer des Ladogasees. Sie ist eine Kontaktlagerstätte, entstanden durch Ein-

*) soweit sie nicht moderne oberflächliche Bildungen sind.

**) Trüstedt in: The iron ore resources of the world. Stockholm 1910, I, S. 547.

***) Högbom: Fennoskandiä, Regionale Geologie. 1913, Heft 13, S. 186.

wirkung des Ladoga-Rapakivi — aus dem das Eisen stammt — auf Kalksteine der ladogischen Schieferformation. Außer Magneteisenerz führt die Lagerstätte Kupferkies, Zinnstein, Bleiglanz und Skarnminerale. Die Erzzone ist über 10 km nachgewiesen, ihre Mächtigkeit wechselt. Bei einer Tiefe der Erzkörper von 120 m beträgt der Eisenerzvorrat im Pitkäranta-Gebiet wenigstens 12 Mill. Tonnen mit 27 % Fe und 1,3 % Schwefel. Der Bergbau wird seit nahezu 100 Jahren betrieben, ruht aber seit 1904. Die Gesamtproduktion wird auf 250 000 Tonnen Eisenerz angegeben neben 6 600 Tonnen Kupfer, 490 Tonnen Zinn, 11 Tonnen Silber.

Gleicher Entstehung ist die Lagerstätte von Kelivaara 10 km nördlich Pitkäranta. Die Erzzone ist hier 2 km lang und 2 m mächtig; ihr Vorrat beträgt 1 500 000 Tonnen Erz.

Die Lagerstätte von Wälimäki am Ladogasee ist magmatischen Ursprungs, ihre Erzkörper — Ausscheidungen aus dioritischen Gesteinen (Gabbrodiorit) — sind äußerst unregelmäßig, so daß ihr Erzvorrat kaum zuverlässig festzustellen, aber jedenfalls recht bedeutend ist. Das Erz — titanhaltiges Magneteisenerz — enthält 28 % Fe, 5 % Titan, Phosphor und Schwefel in Spuren.

Für die Zukunft vielleicht wichtig sind im nördlichen Finnland Magnetitlager bei Juvakaisenmaa (Kirchspiel Kolari) und auf den Bergen Pahtavaara, Porkonen, Kuoreslaksi und Jänisvaara im Kirchspiel Kittilä.

Bei Juvakaisenmaa liegt der Erzhorizont in 15—20 m Mächtigkeit senkrecht einfallend in Glimmerschiefern der kalevischen Formation. Die Magneteisenerze enthalten 40—50 % Fe, daneben kommen Kupfer-, Schwefel- und Magnetkiese vor. Die übrigen Vorkommen im Kirchspiel Kittilä sind Erz-Imprägnationen in Quarziten.

Auch anderwärts sind in den archaischen Schiefen Finnlands Magnetiterte gefunden und ihre Lager untersucht worden; sie sind aber meist von so geringer Ausdehnung, daß sie wirtschaftlich gar nicht in Betracht kommen. Während des Krieges sollen im Nordosten Finnlands, bei Kuolajärvi Eisenerzlager entdeckt worden sein, die denen von Kiruna und Gellivara ähnlich sein sollen (Z. f. pr. Geol. 1917, Lagerstättenchronik 162).

„Unerschöpfliche Reichtümer an Brauneisenerz liegen in den Seen Finnlands. Im Jahre 1891 wurden dort um 60 000 Tonnen gefördert.“ (St. B. I. 237.) Es sind dies ganz junge Bildungen, erst seit dem Ende der Eiszeit eingeleitet und vor unseren Augen fortschreitend. Den Stoff für diese Absätze liefern die verwitternden Gesteine der Oberfläche, voran der glaziale Schutt. So liegen in diesem erdgeschichtslosen Lande die allerjüngsten Erzlager auf den allerältesten, und nur die unzerstörte Tradition der Erzbildung ist geeignet, die gewaltige Kluft zu überbrücken.

Diese Seeerze bedecken in einer durchschnittlich 15 cm mächtigen, durch Ton und Sand verunreinigten Schicht Hunderte von qkm; sie haben etwa 35 % Fe und einen meist recht hohen Phosphorgehalt.

In Finnland wurde 1910 bei Outokumpu im Kreise Kuusjärvi eine Kupfererzlagerstätte (Kupferkies mit Schwefel- und

Magnetkies gemengt) entdeckt. Der Erzvorrat wird auf 900000 Tonnen geschätzt, von denen ein Drittel $4\frac{1}{2}\%$, der Rest $3\frac{1}{4}\%$ Cu enthalten soll. (Z. f. pr. Geol. 1919, S. 31 und ebenda 1907, S. 294.)

Wie in den meisten Gebieten umgewandelter Sedimente finden sich in Finnland und seiner geologischen Nachbarschaft kohlige Sedimente in Graphit verwandelt. Einige Abbaue finden sich am Nordufer des Ladogasees, in der Nähe von Kiimi-Mäggi, (Dammer-Tietze, S. 67) neue Fundpunkte bei Tyris.

Schließlich hat noch ein wichtiger Baustein des finnischen Grundgebirges weitgehende technische Bedeutung — der Granit. Der zu Petersburger Monumentalbauten verwendete Wiborgrapakiwi ist weitbekannt, aber neuerdings durch wetterbeständigere Granitsorten (braunroter, flammiger Hangögranit) verdrängt worden*).

3. Das palaeozoische Becken

Dem scharfen zeitlichen Beginn des Palaeozoicums entspricht eine scharfe räumliche Linie: der Glint. Diese, nach Nordwesten blickende Geländestufe — bzw. ihre gedachten Verbindungsstücke — läuft von der südschwedischen Küste durch das Baltische Meer nördlich Gotland und Dagö zum Südufer des Finnischen Meerbusens, durch den Ladogasee nahe seinem Südufer, durch den Südteil des Onegasees nordwärts bis zur Onegabucht und dem Golf von Archangelsk und so ins Eismeer. Nordwestlich vom Glint liegen Gneis, Granit und kristalline Schiefer Fennoskandias, südöstlich die altpalaeozoischen Sedimente der russischen Tafel. Der Glint selbst ist die Stirnseite der kambrischen und untersilurischen Tone und Sandsteintafeln und sein Verlauf durch die Abtragung gegeben, die von außen vordringend die ehemals breitere Tafel heute bis hierhin zurückgeschnitten hat. Für das palaeozoische russische Becken bildet so der Glint die Nordwestgrenze. Seine Nordgrenze ist das Eismeer, die Ostgrenze der Ural, soweit ihn das Palaeozoicum oberflächlich erreicht; im Ural biegen die Sedimente der russischen Tafel scharf gefaltet hoch und lassen unter sich kristalline Schiefer und Eruptivgesteine hervortreten. Den Südrand sehen wir da, wo die Bewegungen des Donezbeckens das Karbon und Devon erreichen. Der Südwestrand liegt am polnischen Mittelgebirge und an der Westgrenze Osteuropas, wie sie Tornquist gezogen hat. Der Name Becken bezieht sich darauf,

*) Högbom: Fennoskandia, Regionale Geologie. Heft 13, S. 186.

daß sich die Schichttafeln nach wenigstens drei Seiten — Norden, Osten und Süden — herausheben und eine ältere Unterlage zutage treten lassen. Umgekehrt finden sich verhältnismäßig junge Bestandteile — das Karbon — in der Mitte als riesiges „Becken von Moskau“, während die noch jüngeren Horizonte des Gebietes Perm, Jura und Kreide an diesem Bau kaum mehr teilnehmen. Doch wird auch in den tieferen Stufen der Bau vielfach durch Senkungen und Hebungen kleinerer Spannweite gestört und bereichert. Die Einzelheiten hat Tétiaeff*) gesammelt und er glaubt zwei Richtungen zu sehen, auf deren Schnittpunkten ältere Schichten zutage treten, wie Kambrium und Silur zwischen Devon im Süden von Nowgorod (Lovattal), Untersilur bei Cholm, Untersilur bei der Stadt Vishni-Volochek im Gouvernement Twer, Kambrium und Silur bei Ravanitschi (Gouvernement Minsk) usw. Diese sanften Hebungen dürften entlegene Äußerungen jener Vorgänge im europäischen Rahmen sein, die, obwohl viel stärker, doch die kristallinen Barren Finnlands und der südlichen Horste nicht zu überschreiten und nirgends den Schmelzen der Tiefe zum Austritt zu verhelfen vermochten.

Damit ist dann auch über die Frage der Bodenschätze das Urteil gesprochen. Wo den Erzgängen, vielen metasomatischen Vorgängen, dem Vulkanismus, den Kontaktprozessen, der Pneumatolyse, kurz fast allen Spalten der Tiefe der Zutritt verwehrt ist und eigentlich der Sedimentation die ganze Aufgabe allein zufällt, da wird man sich freuen dürfen, wenn hie und da wenigstens absteigende Lösungen die Stelle ihrer ausgiebigeren Partner vertreten und etwa palaeozoische Kalke sich mit den Eisensalzen sättigen, die ihnen aus ihrer mesozoischen Decke zugeführt werden: Lohnende Gewinnungen solcher metasomatischen Lagerstätten besitzen die Gouvernements Nischni-Nowgorod und Kaluga, von kieseligen Verwitterungsresten der Kalke und Feuersteinen begleitet. (Näheres hierüber am Schlusse dieses Abschnittes.) Ausnahmsweise haben in diesen geschonten Asylen sogar noch Salze von devonischem Alter sich bis heute erhalten und gehen erst jetzt in den Solquellen von Grodno, Wilna und Kowno dem Untergrund verloren. Endlich ist organische Substanz jener Zeiten in den silurischen Brandschiefern von Kuckers (in Estland) aufbewahrt, gelb- bis rotbraunen, mürben, kalkhaltigen Gesteinen, deren Bitumengehalt (bis 75,9%) sich an der Kerzenflamme ent-

*) Ann. Soc. géol. belg. 1912.

zündet. Beyschlag und von zur Mühlen (Z. f. pr. Geol. 1918, 141) setzen auf die Verwendung dieses, nur in einer dünnen Schicht auftretenden Brennstoffes einige Hoffnungen. „So viel dürfte feststehen, daß bei Verschwelung und Vergasung sich nicht nur eine reiche Teerausbeute ergibt, sondern auch eine große Menge von permanenten Gasen gewonnen wird.“ (S. 149.) „Ob eine dauernde gesonderte, von der Gasbereitung unabhängige Ölindustrie sich entwickeln kann, wird von den Preisen abhängen . . .“ Etwas tiefer liegt ein bituminöser Schieferton (Dictyonemaschiefer) mit nur 2,58–3,08% Öl. „Nach diesen Zahlen dürfte eine Möglichkeit der praktischen Verwertung nicht gegeben sein.“ (S. 145.)

Im Jahre 1917 sollen in Ingermannland (Gouv. Petersburg) Ölschiefer entdeckt worden sein, doch dürfte die geplante Ausbeutung „wegen der heutigen unsicheren Verhältnisse noch auf sich warten lassen“. Die geologische Untersuchung soll besonders die unweit der Station Weimarn befindlichen Vorkommen ins Auge fassen. (Z. f. pr. Geol., Lagerstättenchronik. 1918, S. 150.)

Doch verschwinden diese wie alle anderen Bodenschätze des großen Gebietes neben der Kohle. Recht eigentlich zu Hause in solch gewaltigen Arealen der Senkung und der Sedimentation, des Wechsels von Land, Meer und flachem Wasser, stellt sie sich in abbaufähiger Menge doch erst ein von dem Augenblicke ab, der auch im übrigen Europa die Kohlenbildung eröffnet und ihre Bedingungen in Szene setzt. Nur liegt, wie schon gesagt, die Blütezeit der Kohlenbildung im Moskauer und Donezbecken tiefer als in dem „normalen“ Westeuropa; sie ist dafür auch ärmer, und zwar je tiefer desto mehr. Außerhalb dieser Becken, von denen das wohlbekannteste polnische hier außer Betracht bleiben kann, finden sich noch Karbonablagerungen von der Ausbildung derjenigen von Moskau an beiden Abhängen des Urals, längs des Timangebirges, auf der Halbinsel Kanin und an den Unterläufen der Dwina und Pinega, meist allerdings ohne nennenswerte Kohlen. Oberkarbon tritt schließlich noch im Becken von Kuban (Südrußland, Unteres Oberkarbon mit Spirifer mosquensis) und in der Krim (Schwagerinenkalke des obersten Oberkarbon) auf. Die Mächtigkeit des gesamten Karbon beträgt in Rußland mehrere 1000 m, für das Donezkarbon gibt sie Tschernyschew sogar auf 18000 m an, von denen auf das Unterkarbon allein 7000 m entfallen.

Die Moskauer Entwicklung unterscheidet sich von dem normalen Steinkohlegebirge, das uns im Donezgebiet und in

Oberschlesien begegnet, durch den jugendlichen, „tertiären“ Erhaltungszustand der Kohle (Braunkohle) und des Nebengesteins (Sande und Tone), durch die ungestörte Lagerung, sowie durch den allmählichen Übergang aus der kontinentalen Fazies des Unterkarbon zur rein marinen des Oberkarbon.

Das Liegende bilden die marinen Mergelkalke von Malöwka-Murajewna (Gouvernement Toula) mit einer devonisch-karbonischen Mischfauna. Es folgt darüber das untere Unterkarbon, aus losen Sanden, plastischen Tonen und Sandsteinen mit Kohlenflözen, die 2—4 m mächtig sind. Die Kohlen sind z. T. sehr kohlenwasserstoffhaltig. Die kohlenführenden Pflanzenhorizonte mit *Stigmaria* und *Lepidodendron Veltheimianum* herrschen in den beiden oberen der drei ausgeschiedenen Horizonte, während im tiefsten als allmählicher Übergang aus dem marinen Devon noch teilweise Kalke mit Meerestieren angetroffen werden. So liegen auch im Gouvernement Kaluga über dem marinen Devon Kalke mit Brachiopoden und den Ammonoiten *Aganides* und *Pericyclus*.

Es folgt als obere Stufe des Unterkarbon der untere oder eigentliche Kohlenkalk mit der faustgroßen Brachiopode *Productus giganteus* und einer reichen Fauna von anderen Brachiopoden, Cephalopoden, Meeresschnecken und Foraminiferen in drei unterscheidbaren Horizonten, von denen der tiefste — die Stigmarienschicht — eine merkwürdige Vergesellschaftung der Bewohner des Kalkmeeres mit den letzten Resten der bereits wieder schwindenden Kohlenwälder (*Stigmarienwurzeln*) aufweist.

Das Oberkarbon beginnt mit der Moskauer Stufe (Kalke mit *Spirifer mosquensis*), die zeitlich der Waldenburger Stufe und der Millstonezeit Westeuropas entspricht. Bei Moskau selbst ist diese Stufe das Hangende des ganzen Karbon und wird in den berühmten Steinbrüchen von Mjatschkowo von oberem Jura überlagert. Zwischen den Kalken liegen grünliche, z. T. sandige Tone und ein an Fischresten (Zähne von *Edestus*, *Dactyodus* usw.) reicher Dolomit.

Das mittlere Oberkarbon, der Saarbrücker Stufe entsprechend, ist östlich von Moskau als Dolomit entwickelt, in dem neuerdings nach der Fossilführung zwei Horizonte (Gshelstufe mit Cora-Horizont) unterschieden werden.

Das obere Oberkarbon bilden die Schwagerinenkalke, die jedoch im Moskauer Gebiet fehlen. Ausgebildet sind sie im Wolgagebiet bei Samara (Jeguli-Hügel) und bei Batraki, im Donezbecken sowie weiter östlich in isolierten Vorkommen an der Medweditzka und am Don und auf der Krim. Im Timan-Gebirge und Ural ist die Schwagerinenstufe reich entwickelt. Es sind vorwiegend weiße, versteinungsreiche Kalke mit einer artenreichen, durch neuartige Formen ausgezeichneter Fauna, darunter gesteinsbildend die kugelige Fusulinide *Schwagerina*, ferner die Perm-Goniatiten *Agathiceras*, *Gastrioceras*; von Brachiopoden *Aulosteges*, *Derbyia* und *Spirifer* etc. An Korallen ist *Lophophyllum* häufig. Überall wo Schwagerinenkalk entwickelt ist (Ural, Timan, Samara und auch Donez), folgt darüber die marine Arta-Stufe des Unterperm, oft von diesem schwer zu trennen.

(Über Faunentabelle der Schwagerinenstufe vgl. Kayser II, S. 244 und Frech, *Lethaea*, S. 298.)

Die Kohlen des Moskauer Beckens*). Der Kohlenbergbau begann um die Mitte des vorigen Jahrhunderts und entwickelte sich sehr unregelmäßig.

*) Prigorovski in: *The coal resources of the world; Canada 1913*, III, S. 1164.

In den ersten Jahrzehnten war die Förderung recht bedeutend und erreichte bei ihrem Hochstand 600000 t jährlich. Seit 1890 nimmt die Förderung, verdrängt durch die bessere Donezkohle, ab und beträgt bis 1913 jährlich etwa 300000 t.

Das Kohlengebiet umfaßt Teile der Gouvernements Moskau, Rjasan, Tula, Kaluga, Smolensk, Twer und Nowgorod.

Der Qualität nach zählt die Moskauer Kohle zu den Braunkohlen. Im allgemeinen ist die Kohle schlecht, leicht zerstörbar, enthält viel Asche, ihr Heizwert ist etwa halb so groß als der der Donezkohle. Sie liefert keinen Koks, ist aber zur Gasfabrikation verwendbar. Zu unterscheiden sind zwei Sorten:

1. Gaskohle mit bis 77 % flüchtigen Bestandteilen bei 62—76 % Kohlenstoff; verhältnismäßig selten.
2. Gewöhnliche Braunkohle in Flözen von 1,5 bis 4 m Mächtigkeit; sie zerfällt an der Luft und beim Transport. Bisweilen nähert sie sich in ihrer Zusammensetzung der Gaskohle, meist aber ist sie minderwertiger als diese, gibt durchschnittlich 10 % Asche und enthält in den geringsten Sorten 15—18 % Feuchtigkeit.

Die größten Kohlenlager liegen im Südflügel des Beckens; im nordwestlichen Teil (Gouvernement Nowgorod) sind nur noch unbedeutendere und dünnere Flöze, in den Gouvernements Smolensk und Twer kaum einige beachtenswerte Flöze bekannt. Die horizontale Erstreckung der abbauwürdigen Flöze ist zurzeit noch unbekannt. Ungünstig für den Abbau ist der Umstand, daß sich nach Osten und Nordosten immer höhere kohlenfreie Glieder der Karbonformation über den produktiven Horizont lagern, zunächst der eigentliche Kohlenkalk, später noch die Kalke der Moskauer Stufe.

Struve unterscheidet in dem südlichen Teil des Moskauer Beckens drei Horizonte:

unten: Kalk (Upakalk) mit Sand und Ton,

Mitte: dunkelgefärbte Sande und Tone mit zwei abbauwürdigen Flözen, die aber große Ausdehnung haben,

oben: hellgelbe und weiße Sande und Sandsteine mit viel Stigmarienresten und dünnen Flözen.

Die hauptsächlichsten Gebiete der Gouvernements Moskau, Rjasan, Tula, Kaluga, in denen gute Kohle gefördert wird, sind:

1. Tovarkowo-Malewka, ca. 12 qkm groß, abgebaut wird zumeist ein Flöz von 1,5—2 m Mächtigkeit; die Tovarkowo- und die Malewka-Grube gehören zu den ältesten des ganzen Beckens.
2. Ein 4 qkm großes Gebiet bei der Station Oblensk, Mächtigkeit der Kohle 1,5—2 m.
3. Ein 4 qkm großes Gebiet bei der Station Yasenki zwischen Yasenki und Buhanovka. Flöze von wechselnder Mächtigkeit. Yasenki-Grube, Flöze in 60 m Tiefe.
4. Östlicher Teil des Gouvernements Tula und Westteil vom Gouvernement Kaluga mit 30 qkm Ausdehnung. Flöze sind etwa 1 m mächtig und enthalten Kohle, die der Gaskohle an Güte nahestehen. (Obidimo-Grube baut auf einem 1 m mächtigen Flöz, das zur Hälfte Gaskohle enthält.)
5. Ein 5 qkm großes Gebiet bei Pobedink-Tschulkovo (Rjasan) mit zwei Flözen. Pobedinka-Grube, größte und wichtigste Kohlengrube im Moskauer Becken, fördert sowohl Gaskohle als auch gewöhnliche Braunkohle.
6. Distrikt von Skopin südlich Pobedink mit 30 qkm.

Der Kohlenvorrat im ganzen südlichen Teil des Moskauer Beckens wird auf 600 Mill. Tonnen veranschlagt. Setzt man alle Flöze von ein Fuß Mächtigkeit an in Rechnung, so erhöht sich der Vorrat auf 1 500 Mill. Tonnen. Simmersbach schätzt ihn bis 2000 m Tiefe auf 1 578 Mill. Tonnen*).

Im Gouvernement Smolensk sind minderwertige Braunkohlen bekannt im Distrikt von Ukno, im Gouvernement Twer ebensolche in dünnen Flözen bis zu 5 Fuß Dicke in der Nähe von Wyshni-Wolotschek; ferner in der Nähe von Demyanski, am Uginsee und bei Ostashkoff. Sämtliche Vorkommen sind aber ohne praktische Bedeutung.

Im Gouvernement Nowgorod sind minderwertige Kohlen seit 1764 bekannt, aber trotz wiederholter Untersuchungen nicht zum Abbau gekommen.

Eisenerzlagerstätten an palaeozoische Kalke gebunden**). Hierher gehören eine Reihe metasomatischer Brauneisen- und Spateisenvorkommen in Mittelrußland in den Gouvernements Nishni Nowgorod, Wladimir, Rjasan, Tula, Kaluga, Kursk und Orel. Eine lohnende Erzgewinnung erstreckt sich auf die Gouvernements Nishni Nowgorod und Kaluga, während in den übrigen Gouvernements der Abbau unbedeutend ist.

Die Erze sind in Gestalt unregelmäßiger nesterartiger Lager an Kalke devonischen, karbonischen und dyadischen Alters gebunden, und zwar liegen sie entweder unmittelbar über den palaeozoischen Kalken und sind mit diesen durch Übergänge verbunden, oder sie lagern in sandig-tonigem Gestein, einem hydrochemischen Umwandlungsprodukt dieser Kalke. Der Kalkstein wird in der Nähe der Erzzone locker, tonig und rötlich bis braun und geht gelegentlich in mergelige, lockere, dolomitische Massen über; immer zahlreicher werdende Kalkstücke führen schließlich zum dichten, nur stark zerklüfteten Kalk.

Brauneisen ist in den meisten Fällen ein Umwandlungsprodukt des Spateisens, das häufig in rundlichen, unregelmäßigen Bildungen innerhalb bläulicher und grünlicher Tone vorkommt.

Die Eisenlösungen stammen wahrscheinlich aus karbonischen und jurassischen Tonen, die an Eisenoxydulverbindungen und organischen Stoffen reich sind. Die auslaugende Tätigkeit solcher Wässer bewirkt im Kalk die Ausscheidung und Anreicherung des Eisens als Eisenkarbonat und die Umbildung resp. Aufzehrung des Kalkes in tonig-sandige Massen, häufig unter reichlicher Ausscheidung von Kieselsäure auf Kosten des Kalziumkarbonats. Diese Kieselanhäufungen in Form von Feuersteinen, Hornstein und kieseligen tuffartigen Massen, die sowohl im Kalk als auch in der Erzzone und in Hohlräumen der Erzstücke liegen und bei Überhandnahme das Erz gelegentlich unbrauchbar machen, sind für diese Lagerstätten sehr charakteristisch und besonders wichtig da, wo die Erze heute nur zwischen Sanden und Tonen liegen, ihre Gegenwart aber den ehemaligen Zusammenhang mit Kalksteinen verrät, die durch hydrochemische Prozesse aufgezehrt wurden. Vorkommen gleicher Fossilien im Kalk und in der tonig-sandigen Erzzone und im verkieselten Zustande bestätigen die Annahme. Diese Eigentümlichkeiten sprechen gleichzeitig für den

*) Zeitschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen. 1917, S. 208—221.

***) Bogdanowitsch in: The Iron ore resources of the world, Stockholm 1910, p. 486.

metasomatischen Charakter der Lagerstätten. Die auf devonischen und unterkarbonischen Kalken lagernden Erze verdanken ihre Entstehung bituminösen Tonen des produktiven Karbon; ihre Bildung begann gleich nach der Ablagerung der Tone und dauerte bis zu deren Abtragung in oberkretazischer Zeit. Die Bildung der auf oberkarbonischen und dyadischen Kalken liegenden Erze soll posttertiär sein.

Die Erze sind nicht übermäßig rein und reich an Fe und haben auch immer einen ziemlichen Phosphorgehalt.

Erzlager auf devonischen Kalken sind von Lipezk im Gouvernement Tambow bekannt. Das Brauneisen, das durchschnittlich 52 % Fe und 1,4 % P_2O_5 enthält, lagert direkt auf dem verwitterten Kalk und geht allmählich in diesen über. Ferner bei Dankow im Gouvernement Rjasan, wo die Erze in ockerigen Tonen (Umwandlungsprodukten des Devonkalkes) liegen. Der Erzvorrat im Lipezkdistrikt wird auf 680 Mill. Tonnen berechnet.

An karbonische Kalke sind Lagerstätten gebunden in den Gouvernements Rjasan, Wladimir (Kreis Melenki), Kaluga, Tula (in den Kreisen Krapiwna und Bogorodizk). Erze sind toniger Brauneisenstein und z. T. kieselsäurereiche Sphärosiderite; sie lagern stellenweise (Syntulskij-Hütte im Gouvernement Rjasan) in zwei Horizonten, von denen sich der untere durch reichlichen Mn-Gehalt auszeichnet. Die Erze werden im Tagebau gewonnen.

An dyadische Kalke gebunden sind bedeutende Lagerstätten im Gouvernement Wladimir (bei den Dörfern Motmos und Pessotschnaja) und im Gouvernement Nishni Nowgorod (im Kreis Ardatow). Die Erze lagern in größerer Tiefe und sind in den oberen Zonen Brauneisenstein, in den tieferen Spateisenstein, sie liegen teils auf den Kalken, teils in Tonen und werden von bunten Tonen und eisenschüssigen Sandschichten überdeckt.

Die Erzlager der karbonischen und dyadischen Kalke sind meist wenig mächtig, aber über große Flächen ausgebreitet. Der Erzvorrat in den genannten östlichen Gouvernements des Moskauer Beckens ist nicht genau bekannt, dürfte aber nach Bogdanowitsch auf wenigstens 100 Mill. Tonnen anzunehmen sein, die jährliche Ausbeute beträgt 10 Mill. Pud. Im westlichen Teil des Moskauer Beckens im Gouvernement Orel sind gleichfalls mehrere Lagerstätten gleicher Art im Kreise Liwny aufgeschlossen, ihr wahrscheinlicher Erzvorrat beträgt 1 Mill. Tonnen.

Im östlichen Teil des Moskauer Beckens kommen neben Lagerstätten des beschriebenen Typus noch Lager von Sphärosiderit- und Brauneisenstein-konkretionen innerhalb karbonischer Tone vor, für deren Bildung vielleicht Oxydation aus Schwefelkiesknollen anzunehmen ist, besonders da, wo harte Kalke, die eine Infiltration der Eisenlösungen von oben ausschließen, die Erzhorizonte direkt überlagern. Hierher gehören unbedeutende Vorkommen bei Tula, Malewka und im Kreise Kaluga.

4. Die mesozoische Decke

Die mesozoische Decke liegt auf verschiedenen Horizonten des Moskauer Beckens. Daraus ergibt sich, daß trotz der parallelen Auflagerung in einzelnen Aufschlüssen — man denke etwa an die äußerlich konkordante Schichtenfolge in den Steinbrüchen von Miatschkowo — im ganzen eine schwache Diskordanz vorliegt.

Diese entspricht den leichten Bewegungen, die in der Zeit zwischen Oberkarbon und mittlerem Jura auch das innere Rußland nicht ganz verschont haben. Auf den besonderen russischen Charakter der Juraschichten wurde bereits hingewiesen. Dieser bildet sich erst allmählich heraus: Die Stufen Callovien, Oxford und Kimmeridge haben im wesentlichen noch mitteleuropäischen Faunencharakter, Wolgastufe und Unterkreide zeigen den Höhepunkt der Sonderentwicklung.

In der Trias und im unteren Jura war Zentralrußland Festland und ein Teil jener mächtigen Kontinentalmasse, die sich zur Triaszeit nördlich des zentralen Mittelmeeres — der Thetys — bis nach China ausbreitete und im Lias auch nach Westen im Baltenlande und am Nordrand der Karpathen über Oberschlesien, Mähren bis in die Gegend von Regensburg an Raum gewann. Diese langen Zeiträume haben in Nord- und Zentralrußland keine Spuren hinterlassen. Nur von der Ostseite des Urals werden Liaskohlen gemeldet und auch die wichtigeren Jurakohlen Persiens und Chinas gehören diesem Zeitabschnitt an.

Im nördlichen und zentralen Rußland beginnt die Meeresbedeckung erst wieder im unteren Kelloway.

Die Überflutung kam aus Mitteleuropa und breitete sich über Polen, Gouvernement Kiew, Jekaterinoslaw, Kursk, Orel, Tambow, Simbirsk, Teilen von Nishni-Nowgorod aus, zog durch den Osten des Gouvernement Kostroma als langer Saum am Westrand des Ural hin (an der Wytschegda und Petschora) zum Eismeer und erreichte durch den Osten und Südosten des Gouvernement Samara über Orenburg die Ostseite des Ural. Sueß vergleicht ihren Verlauf mit dem Eindringen des Meeres in das Erosionsgebiet eines großen Flusses.

Im mittleren Kelloway gewinnt diese Transgression nach Nordwesten und Norden über die Gouvernements Moskau, Twer, Jaroslaw, Kostroma Raum und nimmt auch im oberen Kelloway und in der Oxfordstufe immer weiter an Ausdehnung zu.

Die abgelagerten Sedimente sind vorwiegend dunkle, etwas sandige Tone im Verbands mit teilweise glaukonitischen Sanden, gelegentlich auch Oolithmergel (Kostroma). Meist gehen, wo beide vorkommen, die Kellowaytone ohne merkliche petrographische Änderung in die Oxfordtone über.

Kaum wesentlich verschieden gegen Mitteleuropa ist noch die Kimmeridge-Stufe des innerrussischen Jura. Ob ihre Ablagerungen sich hier über die Verbreitung des Oxford hinaus erstrecken, steht nicht fest. Im östlichen Galizien, Slota Lipa- und Dnjestrgbiet breiten sich flache Bänke von Kimmeridgekalk mit Fossilien des norddeutschen und französischen Kimmeridge über devonischen roten Sandstein aus und auch in der Dobrudscha (zwischen Rassowa und Hirsowa in der Donau und bis ans Schwarze Meer) kehren sie in flacher Lagerung über gefalteten Schiefen eines abgetragenen vorjurassischen Gebirges wieder.

Mit Abschluß des Kimmeridge erscheint in Rußland von N her die neue, für das übrige Europa fremde Meeresfauna, und mit ihr hat das Meer des oberen Juras das ganze europäische Rußland — mit Ausschluß des Urals — vom 50° n. B. nach Norden restlos erobert. Petrographisch charakterisiert den ganzen borealen Jura vom Kelloway an der Mangel an Kalkbildung und besonders an Korallen. Uhlig nennt den borealen Oberjura das Reich der abso-

luten Belemniten (*Cylindrotheuthis*), die hier stark entfaltet ihre eigentliche Heimat haben. Dasselbe gilt von den Aucellen, die sich aber über das boreale Reich weiter bis Neuseeland und Mexiko verbreiten. Die Ammonitentypen wurden bereits erwähnt.

Als gutes Beispiel für die Entwicklung des als untere und obere Wolgastufe unterschiedenen borealen oberen Juras gibt Pawlow*) aus dem Wolgagebiet nördlich Simbirsk von der Lokalität Kaschpur ein genaues Profil in einer Mächtigkeit von ca. 10 m: In den Virgatenschichten zu unterst graue Tone, darüber bituminöse Schiefer und gelbe glaukonitische und eisenhaltige Sande und Sandsteine. In der oberen Wolgastufe Conglomerate, braune und gelbe Sande, glaukonitische Sandsteine, die an der Obergrenze kalkreicher werden. In wenig veränderter Art ist die Wolgastufe auch im übrigen Juragebiet entwickelt.

Auch zur Kreidezeit bot die Meeresbedeckung des europäischen Rußland ein wechselvolles Bild, Rückstau und Überflutungen, die eben abgelagerte Schichten wieder aufarbeiteten, lösten sich wiederholt ab (vgl. S. 14). Im wesentlichen war das Kreidemeer flach; demnach brachte es in der Unterkreide nur Tone, Sandsteine und Sande — oft glaukonitische — zum Absatz. Im Cenoman herrschen Grünsande. Nur im Turon vertiefte sich das Meer und lieferte Kalke und kalkige Mergel. Die bekannte Senonfacies der weißen Rügener Schreibkreide ist auch in Rußland entwickelt und aus den Gouvernements Simbirsk, Saratow, Charkow und dem Lande der Donschen Kosaken bekannt.

Der Gesteinstypus der Flachsee, wie er im Jura und in der Kreide Rußlands herrscht, ist für uns bedeutsam. In einer Folge von Tonen, Sanden und Sandsteinen, denen überdies Einschaltungen von Eruptivgesteinen vollständig fehlen, können wir nur nutzbare Lagerstätten von Mineralien erwarten, die entweder aus Lösungen niedergeschlagen wurden, oder für die organische Stoffe des Meeres das Ausgangsmaterial boten. Bei dem Mangel an Kalk sind auch metasomatische Eisenerzlager in bedeutendem Umfange nicht möglich und nur auf gelegentliche Vorkommen von kalkigem Sandstein beschränkt. Außer Phosphoriten, Eisen und wenig Mangan wären nur noch Barytvorkommen in den Sequan-Tonen des Gouvernement Kostroma zu nennen.

Phosphoritlagerstätten im russischen Jura und in der Kreide. Rußland ist überaus reich an Phosphoritlagerstätten. Ihre systematische Erforschung erfolgte seit 1908 durch das Moskauer Landwirtschaftliche Institut. Die Einzelergebnisse sind in den von J. Samojloff**) redigierten „Geologischen

*) Pawlow: Der Jura von Simbirsk an der unteren Wolga. Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanst. 1885. S. 191.

Pawlow: Etudes sur les couches jurassiques et cretacées de la Russie. Moscou 1889.

**) Arbeiten d. Komm. d. Moskauer Landw. Inst. zur Erforschung der Phosphorite. Moskau. Bd. I. 1909. Bd. II. 1910. Bd. II. 1911. Bd. IV. 1912. Bd. V. 1913. Die Hauptergebnisse dieser russisch geschriebenen Arbeiten sind durch die Referate von Doss (N. Jahrb. f. Min. etc. 1912 I. und II. 1915 II.) zugänglich gemacht. Eine eingehende Besprechung derselben gibt auch Glasenapp: Systematische Erforschung der zentralrussischen Phosphoritlagerstätten i. J. 1910. Rigasche Industrie-Zeitung 1910, S. 220 u. 1911, S. 67.

Untersuchungen über die Phosphoritlagerstätten“ zusammengefaßt worden. Band V enthält nach den gesamten Untersuchungen bis inkl. 1912 wichtige Angaben über: 1. Qualität der Phosphorite (P_2O_5 -Gehalt), 2. Produktivität, 3. Ausdehnung der Phosphoritlagerstätten, 4. Menge der Phosphorite, 5. Gesamtmenge an P_2O_5 . Nur allein für die ausbeutbaren Lager beläuft sich demnach die Phosphoritmenge auf 102,196 Mill. Pud mit einem P_2O_5 -Gehalt von 18,119 Mill. Pud.

Diese Zusammenstellung zeigt, daß das mesozoische Becken des zentralen Rußland außerordentliche, zum großen Teil noch ungehobene Schätze an Phosphoriten birgt.

Fast in allen Horizonten des Juras und der Kreide kommen Phosphorite vor, zu technisch wichtigen Lagerstätten reichern sie sich aber vorzugsweise in den Wolgastufen des Oberen Juras und innerhalb der Kreideformation im Cenoman Turon und Senon an.

Die Bildung der russischen Phosphorite deren organischer Ursprung weiter oben schon Erwähnung fand, scheint — wie auch anderwärts — in Zeiten tiefgreifender Veränderungen der physisch-geographischen Bedingungen innerhalb der Jura- und Kreidemeere erfolgt zu sein. Solche Perioden, wohl vielfach im Gefolge von Meeresüberflutungen (Transgressionen), wie beispielsweise im Turon, boten Gelegenheit, den in den großen Massen verwesender Tier- und Pflanzenreste aufgespeicherten Phosphor auf dem Wege über phosphorsaures Ammonium in Phosphorit überzuführen. Es gehört keineswegs zu den Seltenheiten, in den Phosphoritknollen organische Substanz, Spongien, Foraminiferen, Radiolarien, Diatomeen etc. nachzuweisen. Das heutige Vorkommen der Phosphorite ist, wie Archangelsky gezeigt hat, vielfach an einen auffälligen Facieswechsel gebunden, und viele gerade der reicheren Lager fallen mit Strandbildungen und Ablagerungen transgredierender Meere zusammen.

Die Art, wie der Phosphorit in den mesozoischen Sedimenten auftritt, wechselt. Als kleine und kleinste Körner bildet er einen Bestandteil glaukonitischer Sande und Sandsteine oder er verkittet als Zement die klastischen Bestandteile solcher Sandsteine. Gewöhnlicher und zugleich vorteilhafter ist das Vorkommen als konkretionäre Bildungen, wobei der Phosphorit in größeren Knollen und plattigen Gebilden in Tonen, Mergeln und Sanden eingebettet liegt. Die auch in der Ackererde verstreuten Knollen sind dem russischen Landmann als „Ssamorod“ wohlbekannt. Bei bedeutendem Reichtum an Phosphatknollen gehen solche Sedimente in technisch wichtige Knollen- und Konglomeratschichten über. Bildet auch hier phosphorhaltige Substanz die verkittende Grundmasse, so kommt es zu der für den Abbau wünschenswertesten Form von kompakten Phosphoritbänken, wie sie im Gouvernement Kursk bekannt sind.

Neben primären gibt es sekundäre Lagerstätten. In ihnen sind ältere Sedimente durch das Meer aufgearbeitet worden. Diese natürliche Aufbereitung ist für die Technik um so wertvoller, als davon vielfach phosphoritführende Schichten betroffen wurden, die an und für sich unbauwürdig sind, in ihrer mechanischen Zusammenfassung durch die Natur aber zu reicheren Lagern werden, die nutzbringende Ausbeute versprechen.

Ein gutes Beispiel hierfür sind die Lagerstätten im Cenoman von Russisch-Podolien. Die darin aufgespeicherten bis kopfgroßen Phosphoritknollen mit dem hohen Phosphorsäuregehalt von durchschnittlich 36% stammen aus dunklen, dünnschichtigen, an und für sich armen Tonschiefern des Silur.

Auf ihrer zweiten Lagerstätte*) im Cenoman, und zwar an der Untergrenze des Cenoman gegen die Abtragungsfläche des Silur, bilden sie bedeutende nesterartige Vorkommen von 0,10—0,70 m Mächtigkeit und 100—300 m Ausdehnung. Die Vorräte sind sehr bedeutend, aber nicht annähernd bekannt. Bisher werden im wesentlichen nur die Lager abgebaut, die durch die tiefen bis hinab ins Silur eingegrabenen Erosionstäler der Flüsse, besonders der Uschitza, Ljadowa und des Dnjestr natürlich aufgeschlossen sind (Kreise Uschitza, Mogilew, Letitschew und Proskurow). Auch die von Kaunhowen*) neuerdings beschriebenen Phosphorite aus der Umgegend von Grodno (ohne praktische Bedeutung), Wolkowsk, Sumy und an der Desna im Kreise Kroljewetz liegen auf sekundärer Lagerstätte. Es sind typische Transgressionskonglomerate an der Untergrenze des Unteroligocän unmittelbar über der oberen Kreide. Durch nochmalige diluviale Aufbereitung erscheinen die Phosphorite gelegentlich (Wolkowsk) sogar auf dritter Lagerstätte.

Im zentralen Rußland sind innerhalb der einzelnen Horizonte bekannt:

Im Kelloway meist praktisch unwichtige Vorkommen im Gouvernement Kostroma, Gouvernement Pensa im Kreise Nikolajewsk, Gouvernement Samara (Ober-Kelloway), Gouvernement Rjasan, im östlichen Teil des Gebietes des Don-schen Heeres und im Gouvernement Saratow Kreis Kamyschin.

Im Oxford, nach Rosanow im Kelloway-Oxford-Horizont, haben Phosphorite im Gouvernement Samara (Kreis Busuluk), im Uralgebiet (Kreis Uralsk) und im Gouvernement Orenburg (Kreis Orenburg) große Verbreitung und sind vielerorts auszubeuten. Praktisch kaum wichtig sind Vorkommen im Oxford der Gouvernements Moskau, Rjasan, Simbirsk (Kreis Sysran), Samara (Kreis Nikolajewsk) und im südwestlichen Teil des Gouvernements Kasan.

Im Kimmeridge, speziell auch in den Tonen seiner unteren Abteilung, dem Sequanien sind Phosphorite häufig. Im Gouvernement Kostroma im Sequan hochprozentige (28,1% P_2O_5) Phosphoritknollen, aber nur vereinzelt und daher ohne wesentliche Bedeutung. Reichere Lager im Gouvernement Jaroslaw, wo ein ziemlich mächtiger, relativ hochproduktiver Phosphorithorizont im Glaukonitsandstein des Kimmeridge liegt. Praktisch unbedeutend sind Vorkommen in Sequan-Tonen des Gouvernement Kasan, im Sequan des Gouvernements Rjasan und im Kimmeridge der Gouvernements Simbirsk (Kreis Sysran), Pensa und Twer.

Die reichsten Horizonte liegen in beiden Wolgastufen, vor allem im Portland (untere Wolgastufe) und im Rjasanhorizont.

Im Gouvernement Kostroma sind außer den beiden genannten unwichtigen Phosphorithorizonten des Kelloway und Sequan noch drei bedeutende Lagerstätten bekannt. Die untere in der unteren Wolgastufe (Portland evtl. noch Kimmeridge) enthält hochprozentige (29,2% P_2O_5) schwarze, glänzende Knollen in einer 3 bis 7 m mächtigen Schicht. Die beiden höheren Lager, die vielleicht bereits in die Unterkreide reichen, bilden den Hauptphosphorithorizont; sie liegen nahe beieinander in z. T. kalkigem, z. T. eisen-schüssigem Glaukonitsand mit Knollen bis 15 cm Durchmesser und 12,9—28,9% P_2O_5 . Die Entstehung dieser konglomeratischen Knollenschichten ist strittig. Teils werden sie als sekundär bezeichnet, wobei ihre Phosphorite aus zerstörten Kimmeridge- und Sequan-Schichten stammen sollen. Solche Vorkommen sind längs der Wolga in der

*) Kaunhowen: Über russische Phosphorite. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1919. S. 71 u. 89.

Umgebung von Kineschema ferner an der Mera, Unscha, Schewat und Neja bekannt. Vorräte und Ausbeute dieser Wolgahorizonte des Gouvernment Kostroma sind bedeutend.

Auch im Gouvernment Moskau, besonders in den Kreisen Podolsk, Bronnizy und Kolomna treten wichtige Phosphoritlager im Portland auf, und zwar in zwei Schichten: oben Glaukonit-Sandstein mit Phosphoritkörnern und Phosphoritcement mit 10—22 % P_2O_5 , unten Conglomerate, deren Knollen 24—25 % haben. Fossilien von der unteren Wolgastufe bis hinab zum Oxford erweisen die Lagerstätte als sekundär. Der untere Horizont wird gelegentlich dicht und enthält bis 27 % P_2O_5 . Diese Lagerstätten besitzen eine bedeutende Ausdehnung und sind nach Süden im Gouvernment Kaluga (Kreis Borowsk) verfolgt worden. Ihre Güte und Produktivität sind hoch. Im Gouvernment Jaroslaw sind Phosphorite in kalkigem Sandstein der unteren Wolgastufe und Knollen in Sanden der oberen bekannt. Geringe Produktivität haben Phosphorite in Glaukonitsanden des Portland im südwestlichen Teile des Gouvernment Kasan, und Gouvernment Samara (Kreis Nikolajewsk in der oberen Wolgastufe). Ähnliche Art und Bedeutung wie die Vorkommen im Gouvernment Kostroma haben Lagerstätten im Portland des nördlichen Teils des Gouvernment Saratow und im Gouvernment Simbirsk (Kreis Sysran).

Recht ergiebig, z. T. an hochprozentigen Phosphoriten ist schließlich noch der Rjasan-Horizont des Gouvernment Rjasan. Hier liegen unter Phosphorit-sandstein Glaukonitsande mit einer Bank von Phosphoritkonglomeraten. Produktivität ist stellenweise hoch. Auch darunter in der oberen wie unteren Wolgastufe erscheinen hier Glaukonitphosphoritsandsteine.

In der Unterkreide ist das Neokom im allgemeinen arm an Phosphoriten. Hochwertig und abbauwürdig werden sie im Unterneokom des Gouvernment Pensa (Kreis Krasnoslobodsk). Hier liegen in gipsreichen Tonen vier Lager, von denen das unterste bankartige Vorkommen von Knollen mit sandigem Phosphatcement am reichsten ist und im Durchschnitt 21,2—22,2 % P_2O_5 enthält. Weitere Funde im östlichen Teil des Gouvernment Moskau, im Gouvernment Wladimir und Tambow an der Mokscha sind ohne praktische Bedeutung. Abbauwürdig sind noch knollige Neokomphosphorite mit 18—21 % P_2O_5 im Kreise Sysran, Gouvernment Simbirsk.

An der Grenze gegen die Oberkreide im Gault sind neben einer Reihe unwichtiger Vorkommen auch produktive Lagerstätten bekannt, so an der Wolga unterhalb Saratow. Erhebliche Ausdehnung und praktische Bedeutung besitzt ferner ein konglomeratisches Phosphoritlager in Gault-Tonen des Gouvernment Tambow (Kreise Spassk und Morschansk). Der Gehalt an P_2O_5 steigt bis 30,8 %.

Wertvolle Phosphorite des Cenoman birgt das Gouvernment Kaluga (Kreis Shisdra). Hier liegen in cenomanen Sanden mehrere Knollenhorizonte, deren Produktivität verschieden, örtlich wie bei Kujawa aber sehr hoch ist. Bereits erwähnt wurde das ausgedehnte Vorkommen einer dichten Phosphoritschicht im Gouvernment Kursk zwischen Don und Dnjepr (Kreise Dmitriewsk und Rylsk). Es handelt sich um einen zur Straßenpflasterung benutzten Phosphoritsandstein von 20—35 cm Mächtigkeit. Den oberen Teil bildet eine kompakte Phosphoritbank, die sich nach dem Liegenden in einzelne Knollen auflöst; P_2O_5 Gehalt 12,5—15,7 %. Phosphorite von hoher Qualität sind auch im Cenoman des Gouvernment Saratow (Kreis Kamyschin) nachgewiesen. Unbedeutende Knollenvorkommen, z. T. auf sekundärer Lagerstätte in ceno-

manen zumeist glaukonitischen Sanden und Mergelsanden, werden aus den Gouvernements Woronesch, Pensa, Tambow, Kiew und dem Gebiet des Donschen Heeres erwähnt.

Das Turon besitzt im Gouvernement Saratow wertvolle und ausgedehnte Lagerstätten. Glaukonitische Mergel schließen hier eine 30–40 cm mächtige Schicht eines Phosphoritkonglomerates ein, dessen Durchschnittsgehalt an P_2O_5 14,5–17,6 % beträgt.

Im Senon sind Phosphorite allgemein verbreitet häufig in unwirtschaftlichen Vorkommen (Gouvernements Kursk, Saratow, Gebiet des Donschen Heeres). Reichhaltiger sind Knollenschichten und z. T. glaukonitische Phosphoritsandsteine in den Gouvernements Pensa (Kreise Kerensk, Tschembar, Krasnoslobodsk) und Tambow.

Die Jura- und Kreideschichten des Gouvernement Kasan sind ebenfalls reich an Phosphoritlagern, über die aber Einzelberichte fehlen.

Phosphorite sind schließlich auch dem Tertiär nicht fremd. Außer den schon oben erwähnten Vorkommen von Grodno etc. sind im untersten Tertiär südlich Kiew sechs Phosphorithorizonte bekannt, von denen aber nur drei beachtenswerte Mengen bergen. Unteroligocäne Phosphorite im Gouvernement Saratow sind unproduktiv.

Zur Überführung der reichen Rohmaterialien der zentralrussischen und podolischen Phosphoritlagerstätten in Phosphorsäure-Kunstdünger werden große Mengen Schwefelmaterialien benötigt. Die Erschließung jener Lagerstätten macht daher, wie Glasenapp*) hervorhebt, die Untersuchung aller vorhandenen russischen Kieslagerstätten nötig, die im Jahre 1908 3,5 Mill. Pud Schwefelerze — davon 3,05 Mill. Pud der Ural — lieferten. Die Förderung war aber vor dem Kriege bereits erheblich im Steigen begriffen, so daß der Ural allein im Jahre 1911 schon 6,802 Mill. Pud, 1912 sogar aus den Vorkommen von Insel (Polewskisches Werk), Kalatinsk, Bjeiorezk und Kissowsk (Kreis Kyschtym) 7,57 Mill. Pud Schwefelkies förderte. Fernerhin ist für die Vorkommen von gediegenem Schwefel des nördlichen Kaukasus in Daghestan bei Petrowsk, Gik-Salgan, Kutach, Kehint u. a. m. — vielleicht eine steigende Bedeutung anzunehmen (vgl. Kaukasus). Im Gebiet des zentralen Rußlands treten Schwefel-erze (Pyrit) nur als Begleiter der Kohlen auf, wie gleicherweise im Donezgebiet. Die Kiesmengen sind aber recht bescheiden. Im Jahre 1908 lieferte Zentralrußland nur 150000 Pud.

Eisenerzlagerstätten im Jura und in der Kreide**). Ziemlich reine Spateisensteine in Knollenform bilden in bläulichen jurassischen Tonen des Gouvernement Orel zwei, bisweilen sogar vier (Kreis Kromy) bankartige Lager, die nur wenige Fuß mächtig sind. Ihre Bildung ist sedimentär.

Die bisher am besten aufgeschlossene Lagerstätte ist die von Sinowjewo im Kreise Kromy; hier sind vier bankartige Lager bekannt, von denen die drei unteren die besten Erze liefern, das obere ist reicher an Kieselsäure und Schwefel. Die Analysen geben einen FeO -Gehalt von 51 %, bis 1,7 % Mangan und 0,3 % Phosphor. Die vorhandene Erzmenge ist auf etwa 8 Mill. t berechnet.

*) Glasenapp: Ein Vorschlag zur wirtschaftlichen Verwertung der zentralrussischen Phosphorite, und: Die Pyrite Rußlands. Rigasche Industrie-Zeitung 1911, S. 81 und 214. Ferner ebenda 1914, S. 112.

**) Bogdanowitsch in: The iron ore resources of the world; Bd. I, S. 492.

Gleichartige Lagerstätten sind in Juratonen des östlichen Zentralrußland bekannt im Gouvernement Rjasan und Wladimir. All diese Vorkommen bleiben aber an Bedeutung hinter den gleichfalls sedimentären Juraerzen Polens bei Czenstochau und Wielun zurück. Der Vorrat der polnischen Juraerze wird auf 31 Mill. t geschätzt.

Anderer Art sind eine Reihe Eisenerzvorkommen, die außer im Gouvernement Orel auch im Mesozoikum der Gouvernements Kursk und Woronesch in nicht unerheblicher Verbreitung bekannt sind*). Für ihre Bildung kommen wohl vornehmlich metasomatische Vorgänge in Betracht. Den Ausgangspunkt für die Eisenlösungen bildet der Glaukonit — ein wasserhaltiges Silikat von Eisenoxyd und Kali —, der ja in den mesozoischen Sanden und Sandsteinen reichlich enthalten ist. Die Erzbildung erfolgte dann unter Verdrängung des kalkigen Zementes aus dem Sandstein oder es kam zur Bildung von Brauneisensteinknollen innerhalb der sandigen Tone, die von wasserundurchlässigen Tonen unterlagert werden.

Die Erze sind Sphärosiderit und Brauneisenstein, die an sandige Tone des Juras, der Kreide (Gouvernement Orel und Gouvernement Kursk) und ausnahmsweise auch des Tertiärs gebunden sind. Sie enthalten bei nur 0,14 % Phosphor 38 % Eisen. Die wirtschaftliche Bedeutung dieser Lagerstätten ist zurzeit noch gering. Größere Erzvorräte liegen im Gouvernement Woronesch (Kreis Ostrogoschk) in Form nesterartiger Sphärosiderite in grünlichen, mergeligen Tonen der Kreide. Ihre Menge wurde auf 37 Mill. t berechnet.

Für bauwürdig gehaltene Sphärosideritlagerstätten besitzt schließlich noch das Gouvernement Simbirsk in dem Sasurskischen Waldgebiet**). Sie gehören der Unterkreide an und zeigen neben konkretionären Anhäufungen auch kompakte Erzschiechten. Der Eisengehalt des Erzes beträgt 30—35,6 %. Die vorhandenen Mengen werden auf viele Millionen Pud geschätzt.

Gelegentlich begegnet man in der Literatur Angaben über russische Turjit-erze***). Turjit, nach der Turjinskischen Grube im Ural benannt, ist ein Eisenoxydhydrat von der Zusammensetzung $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, das nach Samojloff außer im Ural auch auf zentralrussischen Lagerstätten als selbständiges Erz auftritt. Als bedeutendste Fundpunkte werden Eisenerzlagerstätten im Gouvernement Wladimir (Kreis Melenki), im Gouvernement Orel (Kreis Eletz) und verschiedene Lokalitäten im Gouvernement Toula genannt.

*) Bogdanowitsch in: The iron ore resources of the world; Bd. I, S. 491. Nach noch unverbürgten Nachrichten sollen im Gouvernement Kursk große Erzlager mit 58 % igem Eisenerz entdeckt worden sein. Da gerade dieses Gebiet als eins der stärksten magnetischen Störungsgebiete der Erde bekannt ist, liegt es im Bereich der Möglichkeit, bei diesen Funden auf die längst vermuteten Eisenerzlagerstätten gestoßen zu sein, die jene Störungen hervorrufen. (Zeitschr. f. prakt. Geol. 1919, Lagerstättenchronik S. 92.) Nach einer 1919 als Manuskript gedruckten Mitteilung von Prof. Leyst (Moskau) „Über Eisenerz-lager im Gouvernement Kursk“ handelt es sich um eine magnetometrisch vermessene Lagerstätte von bisher ungeahnt riesigen Ausmaßen, die sich über 138 km in der Länge und mehrere km in der Breite erstrecken soll.

**) Stelzner-Bergeat I, S. 197.

***) Samojloff: Die Turjiterze Rußlands. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1903, S. 301. — Turjit wird als selbständiges Mineral vielfach angezweifelt und nur für ein in seiner Zusammensetzung unbestimmtes Zwischenprodukt zum Brauneisenstein gehalten.

Manganerze in der Kreide. Hierher gehört das bisher einzige Manganvorkommen in Zentralrußland. Bei dem Dorfe Sosnowka*) im Kreise Morschansk im Gouvernement Tambow liegen in blauen Tonen der Unterkreide Manganerzknollen zusammen mit Konkretionen von Sphärosiderit zwischen Unterkreide-Tonen im Liegenden und cenomanen Glaukonitsanden im Hangenden. Die Manganerze enthalten bis 30,63 % Mn und 12 % Fe. Ihre Entstehung ist unbekannt; vielleicht sind sie aus Mangankarbonat hervorgegangen. Für die Ausichten technischer Ausbeute fehlen Angaben.

Kohlen im Mesozoikum und Tertiär. Die mesozoischen Sedimente der russischen Tafel bergen im allgemeinen keine Kohlen, nur im Gouvernement Kowno (Schaulen) sollen Jurakohlen erbohrt worden sein.

Die nicht unbedeutenden Braunkohlenlager**) gehören dem Tertiär, teilweise auch noch in Übergängen zum rezenten Torf dem Posttertiär an; ihre wichtigsten Verbreitungsgebiete sind das Gouvernement Kiew und Wolhynien.

Die Kiewer Kohlen sind alttertiär, und zwar Eocän und Oligocän. Die eriebigsten Flöze lagern in den Spondylus-Tonen der Kiew-Stufe im Obereocän. In unmittelbarer Umgebung der Stadt Kiew und vielerorts im Gouvernement wird Braunkohle gefunden. Zu den wirtschaftlich wichtigsten Vorkommen zählt ein obereocänes Kohlenflöz im Distrikt von Chiguirin (Jurawka); es wird 1,4 bis 5,7 m mächtig und besitzt eine Flächenausdehnung von 17,88 qkm. In den Forsten von Ekaterinopol sind Kohlen gleichen Alters in mehreren Flözen von 1,4 bis 4,3 m Mächtigkeit erschlossen und wurden bis 1890 intensiv abgebaut. Aus diesen Beispielen ergeben sich ganz erhebliche Vorräte. Unter alleiniger Berücksichtigung von nur vier besser bekannter Flözfelder berechnen sich die vorhandenen Mengen auf 7468 100 t, sind aber für das ganze Gouvernement weit höher.

In Wolhynien liegen die Braunkohlen zwischen Tonen des mittleren Miocäns. Die bauwürdigen Lager beschränken sich auf den Bezirk von Kremenetz, sind aber hier an einer ganzen Reihe von Fundpunkten bekannt. Durch die tief eingeschnittenen Flußtäler sind die Kohlenfelder gut aufgeschlossen. Es handelt sich im wesentlichen um ein Flöz, das bis 2,13 m mächtig wird, und dessen Kohle 56,77 % C und 15,17 % Asche enthält. Die Vorräte werden auf 27215 000 t angegeben.

Auch in Podolien sind Braunkohlen und Lignite gleichfalls miocänen Alters nachgewiesen. Wirtschaftliche Bedeutung scheint diesen Vorkommen allerdings nicht zuzukommen.

In Litauen, Gouvernement Grodno, endlich erreichen posttertiäre, torfähnliche Braunkohlen an verschiedenen Fundpunkten eine Flözmächtigkeit von 1,8 m, können aber mit dem leichter gewinnbaren oberflächlichen Torf nicht in Wettbewerb treten. Auch aus dem Gouvernement Minsk wird von interglacialen und postglacialen Braunkohlen berichtet.

*) Stelzner-Bergeat I, S. 256. S. Nikitin: Bemerkungen über die geologische Karte und die Eisenerze des Gouvernements Saratow. Manganerzlagertätten im Kreise Morschansk. Bull. géol. St. Petersburg 1899. 18. 383—410 (franz. Rés.)

**) Faas in: The coal resources of the world. Bd. III, 1913, S. 1179.

Die Vorräte Rußlands an oberflächlichen Brennstoffen — Torf*) — sind ganz außerordentlich. Sie bedecken eine Fläche von 38000000 ha = 7% des Flächeninhaltes des Landes und übertreffen damit alle übrigen europäischen Länder zusammengenommen ganz erheblich. Dazu kommen noch in Finnland 7400000 ha (= 20% der Landesfläche). Im Vergleich dazu besitzt Deutschland nur 2837000 ha Torfmoore. Nach einer Notiz in der Zeitschr. f. prakt. Geol. 1919 (Lagerstättenchronik S. 61) sind im Jahre 1918 in 16 Gouvernements Sowjetrußlands 58 Mill. Pud Torf gewonnen worden.

Im Zusammenhang mit den Tertiärkohlen ist noch der tertiären Bernsteinfichte (*Pinus succinifera*) zu gedenken. Ihr Harz, der Bernstein**), ist auch im Gebiet der russischen Ebene von mehr oder weniger ergiebigen Fundpunkten bekannt, so aus der Gegend von Brest-Litowsk, der Umgebung von Kiew, den Gouvernements Wolhynien und Minsk (Kreise Owrutsch, Shitomir und Rowno), im Poljesje-Gebiet, im Gouvernement Cherson am Dnjepr bei Berislaw und aus dem Mündungsgebiet der Petschora, wo Bernstein vom Weißen Meer ausgeworfen wird. Überall liegt der Bernstein auf zweiter Lagerstätte und wird wie in Wolhynien von den Flüssen aus ihren Erosionsschluchten herausgewaschen.

Rasen- und Sumpf(See)-Erze im Bereich der russischen Tafel. Oberflächliche Eisenerzlagerstätten sind in Nord- und Zentralrußland***) sowie besonders in Finnland in großer Verbreitung vorhanden. An sie knüpft sich ein uralter Bergbau, der z. B. im Gouvernement Olonez bis in die Zeit Peters d. Gr. zurückreicht. In der Gegenwart wird die Erzgewinnung nur im Gouvernement Olonez in größerem Umfang betrieben.

Die Erze sind Brauneisenstein, der als Rasen-, Sumpf- oder See-Erz bekannt ist; sie sind Fe-arm und phosphorhaltig, aber in ungeheuren Vorräten vorhanden, deren Gesamtmenge nicht annähernd feststeht, aber für manche Gebiete für unerschöpflich gehalten werden.

Im Gouvernement Olonez sind allein im Kreise Powenez 165 See-Erz enthaltende Seen bekannt; davon wurden die Seen Ukschosero und Sundosero näher untersucht. Das Erz lagert hier auf einem Ton, der direkt oder durch eine Schotterlage getrennt auf dem anstehenden Gestein ruht. Das Auftreten der Erze ist streng an den Ton gebunden, überall, wo Schlamm den Seeboden bedeckt, fehlen die Erze. Die Erzsicht ist 10—25 cm dick und liegt in Tiefen, die zwischen 2—16 m unter dem Wasserspiegel schwanken; in geringeren Tiefen als 2 m kommt Erz nie vor. Die Analysen geben durchschnittlich 52—80% Fe_2O_3 , bis 20,18% Mn_2O_3 , bis 1,32% P_2O_5 und bis 0,85% Schwefel. Im Ukschosero-See erfolgt die Förderung durch Erzpumpen. Die Erzsicht nimmt aber keineswegs immer die ganze Ausdehnung der Seen

*) Rigasche Industrie-Zeitung 1914, S. 76.

**) Rigasche Industrie-Zeitung 1911, S. 320.

***) Bogdanowitsch in: The iron ore resources of the world, I, S. 493 u. 516
Trüstedt in: The iron ore resources of the world, I, S. 547.
Krusch: Zeitschr. f. prakt. Geol. 1897, S. 278.

ein. So ist vom Sundosero-See nur der südwestliche Teil erzführend, und von dem ca. 40 qkm großen Ukschosero-See nehmen die Erze nur 12 qkm ein.

In Zentralrußland sind Rasen- und Sumpferze weit verbreitet:

Gouvernement Rjasan im Überschwemmungsgebiet des Para Sumpferz mit 31,29 % Fe.

Gouvernement Wladimir an den Flüssen Narskaja und Guslizey (Kreis Murom) ca. 2200 qkm Fläche mit Sumpferz, ferner bedeutende Lager an der Oka.

Gouvernement Nishni Nowgorod in den Kreisen Wassilsursk, Makarijew, Balachna und Ardatow.

Gouvernement Tambow in den Kreisen Morschansk und Schazk Sumpferz in nicht zusammenhängenden Nestern, Fe-Gehalt 28 %, P_2O_6 2 %.

Gouvernement Kaluga längs des Bolwa Flusses.

Gouvernement Orel im Kreise Brjansk.

Gouvernement Twer in den Kreisen Wyschnij Wolotschek und Nowotorschok Sumpferz bis 2 Fuß mächtig.

Gouvernement Nowgorod ausgedehnte Sumpferzlager in den Kreisen Tscherepopez, Belosersk, Ustjushna, wo Abbau in größerem Maßstabe betrieben wird; im Kreise Borowitschi Erzbänke von 2—2½ Fuß Mächtigkeit.

Schließlich sind Brauneisenerze in Form von Sumpferzen vorhanden in den Gouvernements Kostroma (Kreise Galitsch, Buj, Tschuchloma, Wetluga), Gouvernment Smolensk (Kreise Belyj, Duchowschtschina), Gouvernment Minsk (Klessina) und in Wolhynien.

Wie immer, so zeigt sich auch hier in der jüngsten geologischen Vergangenheit der russischen Tafel eine strenge Abhängigkeit der Bodenschätze von den geologischen Vorgängen. Die Verbreitung der oberflächlichen Eisenerze beschränkt sich auf die Gebiete, die von dem diluvialen Inlandeis eingenommen wurden. Die Eiszeit brachte in den schnell verwitternden diluvialen Schottern, aus denen der Eisengehalt durch Humussäuren leicht ausgelaugt werden kann, das Ausgangsmaterial zur Erzbildung; andererseits hinterließ sie aber in dem welligen Gelände Nordeuropas als letzte Relikte zahlreiche Seen und sumpfige, vermoorte Gebiete, in denen die chemische Aufbereitung der eisenführenden Gesteine aus den Schottern vor sich gehen konnte.

5. Das Permgebiet des Uralvorlandes

In den Steinbrüchen von Mjatschkowo bei Moskau sahen wir weiße Kalke des Oberkarbon ohne Übergang überlagert von Sedimenten des oberen Jura. Eine einzige Schichtfuge verrät oder vielmehr verheimlicht, daß hier die ganze Permzeit, die ganze Trias und ein Teil der Jurazeit ohne Spuren geblieben sind. Diese Schichtlücke ist minder groß und empfindlich weiter im Osten. Denn je näher wir dem Ural kommen, desto mehr und vollständiger stellen sich über dem obersten Oberkarbon Sedimente ein, die sich von ihm, aus dem sie sich zunächst ganz allmählich entwickeln, durch das Vorherrschen grober Gerölle und Sande und nicht zuletzt durch eine neue Fauna und Flora unterscheiden. Das Gouvernment Perm, das diesen Schichten seinen

Namen mitgegeben hat, wird von einer breiten und mächtigen, beinahe ebenen Tafel getragen, die sich weit über seine Grenzen bis in die Kirgisensteppe und bis ans Eismeer, nach Westen bis an die Wolga fortsetzt und die im Untergrunde Kupfererze führt sowie Salze, die sich in Solquellen an der Oberfläche verraten.

Die Salzvorräte des russischen Perm sind reich^{*)} und werden teils als Steinsalz, teils als Sudsalsz aus zutage tretenden oder erbohrten Solquellen gewonnen. Die größte wirtschaftliche Bedeutung haben die Salzvorkommen im Donezgebiet (Gouvernement Charkow und Jekaterinoslaw), auf die im dortigen Zusammenhang zurückzukommen ist, daneben sind bedeutsam für die Salzerzeugung diejenigen der Gouvernements Perm und Orenburg. Unbedeutend ist noch die Salzproduktion im Gouvernement Wologda aus permischen Solquellen bei Ledengsk, Totemsk und Sergowsk, die im Jahre 1903 2827 t lieferten.

Die ältesten russischen — angeblich seit dem 15. Jahrhundert betriebenen — Salzwerke hat das Gouvernement Perm. Am Westhang des mittleren Urals zu beiden Ufern der Kama liegen die Sudwerke von Usolje, Lenvensk, Dedjuchinsk, Berezinsk, Soli-

*) v. Buschmann: Das Salz. Leipzig 1909, Teil I.

Die russischen Salzvorräte. Rußland gehört zu den salzreichsten Ländern der Erde. Soweit diese Salzvorräte Schätze des Untergrundes sind, gehören sie zum überwiegenden Teil der Permformation an; geringere Mengen birgt noch das Devon, und für den Kaukasus kommt das Alttertiär in Betracht. Außer den bereits (S. 22) erwähnten Vorkommen besitzt Mittelrußland noch im Gouvernement Nowgorod devonische Salzquellen bei dem heute nur noch als Solbad berühmten Staraja-Russa. Auch die Sudsalinen in den Gouvernements Jaroslaw, Kostroma, Waldimir und Nischegorod (bei Balachna) sind unter der Konkurrenz des permischen Sudsalzes heute aufgelassen. Wohl auch devonisch sind Solquellen an der Küste des Weißen Meeres (Gouvernement Archangelsk). Zu den Erdschätzen an Salz kommen noch die praktisch unerschöpflichen Salz mengen, die Rußland in den Salzseen seines Binnenlandes, den Limanen, in den Küstenstrichen am Schwarzen Meer besitzt. (Krim, Gouvernement Cherson, Bezirk von Odessa, Gouvernement Bessarabien.) Dieses als See- oder Schleppsalz bezeichnete Salz wird durch natürliche Verdunstung des See- und Meerwassers gewonnen. Im Gouvernement Astrachan sind allein über 700 Salzseen bekannt, unter denen der Baskuntschak-See der bedeutendste ist und einen hohen Prozentsatz an der Salzerzeugung des gesamten Rußlands stellt; nächst ihm ist der wirtschaftlich weniger gut erschlossene Elton-See wichtig. Unweit des Salzsees Baskuntschak im Berge Tschaptshatscha ist auch ein größeres Steinsalzlager bekannt.

Die neueren statistischen Angaben (Rigasche Industrie-Zeitung 1914, S. 172) beziehen sich nur auf die russische Kochsalzproduktion. Diese betrug von 1902—1912 jährlich im Durchschnitt 117 Mill. Pud, im Jahre 1912 selbst nur

kamsk und Ustj-Borowski. Nach Glasenapp*) waren 1912 im Permischen Bezirk 10 Salzsiedereien in Betrieb, die jährlich 18 bis 20 Mill. Pud (= ca. 311220 t) Solsalz lieferten.

Das Salz wird im Gouvernement Perm nur aus Bohrlochsole gewonnen. Die Sole wird durch 74 Bohrlöcher und Schächte aus einer Tiefe von 85—212 m gefördert. Vom Tscherdynr Kreise im nördlichen Teil des Gouvernement Perm bis nach Orenburg ist parallel zum Ural ein Zug von Solquellen zu verfolgen. Die zu den Solquellen gehörenden dyadischen Steinsalzlager sind gelegentlich erbohrt worden; so wurden in einem Bohrloch (bei dem Sudwerk des Grafen Stroganow) bis zu einer Tiefe von 210 m elf Steinsalzlager mit einer Gesamtmächtigkeit von 38,4 m erbohrt. Bei Debrjansk und Tschusowsk sollen Steinsalzlager zutage ausgehen. Bergmännisch wird im Gouvernement Perm Steinsalz nicht gewonnen. Die Produktion der Salinen im Gouvernement Perm beträgt etwa $\frac{3}{4}$ der gesamten Sudsalzerzeugung des europäischen Rußland. Seit der Erschließung der Steinsalzlager des Donezgebietes in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts ist die Bedeutung des Permischen Sudsalzes für die Salzversorgung Rußlands zurückgegangen. Im östlichen Teil des Gouvernement Perm an der Ostseite des Urals sind Solquellen bei Kamensk am Isset bekannt, die häufig der Anlaß zur Bildung von Salzseen waren und sich wie diese weit nach Süden bis ans Kaspische Meer verfolgen lassen. Salz wird hier nicht gewonnen.

Die für Deutschland so überaus wichtigen Kalisalze der mitteldeutschen Zechsteinformation sind nach unserer bisherigen Kenntnis im russischen Salzgebirge gar nicht oder nur in Spuren vorhanden. Aus neuester Zeit stammt eine Nachricht, wonach bei Solikamsk im Gouvernement Perm ein Kalilager entdeckt sein soll. Nachprüfung und Bestätigung stehen aber noch aus (Zeitschr. f. prakt. Geol. 1919, Lgstchr. S. 105).

Im Gouvernement Orenburg finden sich Solquellen im nordöstlichen Teil als Fortsetzung aus dem Gouvernement Perm und im Westen am Tok,

114,86 Mill. Pud. Davon entfallen nur 5% auf das asiatische Rußland. Von der 1912 erzeugten Salzmenge waren:

Steinsalz	32,76 Mill. Pud = 28,5%
Solsalz	32,88 „ „ = 28,7%
Seesalz	49,04 „ „ = 42,8%

Es lieferten:

Donezgebiet	36,04 Mill. Pud
Astrachan	35,98 „ „
Schwarzes Meer-Asow.	7,92 „ „
Ural-Orenburg	26,10 „ „
die übrigen Gebiete	8,64 „ „

Von den Salzseen des Gouvernement Astrachan lieferte der Baskuntschak allein 35,73 Mill. Pud, die Salzseen Tauriens (Krim) nur 7,87 Mill. Pud.

Im Lenagebiet (Nebenfluß Wiljui) gibt es Steinsalzlager, denen gegenüber selbst die z. Zt. größten bekannten Salzlager der Erde gering erscheinen, die jedoch noch ihrer wirtschaftlichen Erschließung harren. (Glasenapp: Lage der russischen Salzindustrie in: Rigasche Industrie-Zeitung 1912. S. 276—280 u. 327—329.)

*) Rigasche Industrie-Zeitung 1912. S. 327.

an der Ussa und Samara usw., die in früheren Zeiten ausgebeutet wurden. Von alleiniger Bedeutung ist heute die Steinsalzgewinnung aus den Steinsalzgruben bei Ilezk (Ilezkaja—Sastschita), 70 km südlich der Stadt Orenburg. Das Steinsalz tritt in mächtigen Felsen bei der Festung Ilezkaja aus roten, sandigen Mergeln und Gips zutage. Es ist weiß, sehr rein, grobkörnig mit 99 % NaCl. Es enthält nur drei dünne Zwischenlagen von rotem Ton und Gips. Bei einer alten Bohrung von ca. 150 m Teufe soll die Sohle noch nicht erreicht worden sein, die horizontale Ausdehnung des Steinsalzlagers wird auf 3,4 qkm angenommen. Daraus ergibt sich ein Salzvorrat von über 200 Mill. t, der aber in Wirklichkeit noch bedeutend größer sein soll. Nach neueren Angaben*) wird der Vorrat jedoch nur auf 164 Mill. t geschätzt. Die Produktion betrug im Jahre 1903 nur 35908 t, die Anlage der Fördereinrichtungen erlaubt jedoch eine fünf- bis zehnfache Erhöhung der Ausbeute.

Kupfererze der Dyas. In Rußland sind Kupfererze, die der sedimentären Kupferführung im mitteldeutschen Kupferschiefer sehr ähnlich sind, in der unteren, unserem Rotliegenden entsprechenden Dyas enthalten und hier an das Auftreten des pflanzenführenden sogenannten „Kupfersandsteins“ gebunden. Das sind graue bis grauweiße Sandsteine mit roten, tonig-mergeligen Zwischenlagen, die mit Kupfererzen imprägniert sind. Die Kupfererze treten im Zement der Sandsteine auf, ferner in Form von Anflügen auf den Schichtflächen und reichern sich um die Pflanzenreste besonders an. Farne, Lepidodendron, Calamiten bestehen zuweilen ganz aus Kupferglanz, auch Saurierknochen sind von Erz durchdrungen. Calamitenreste finden sich verkieselt und verkiest, mit Kupferglanz erfüllt, die Schale verkohlt mit Malachitanflug. Die pflanzenführenden Sandsteinschichten sind, wie Reh**) auch in Südrußland (Bachmut) beobachtete, stets erreicher als das sie umgebende Gestein; mit dem Reichtum an Calamiten fällt und steigt der Kupfergehalt. Die vorkommenden Erze sind Malachit, Kupferlasur, seltener Rotkupfer, Kupferkies, Kupferglanz, Fahlerz, Vanadinit und Volborthit. Die Erze sind wahrscheinlich als Sulfide gebildet, später in oxydische Erze umgewandelt worden.

Der Kupferbergbau ist in den nördlichen Distrikten von Perm, Jekaterinburg, in der Gegend von Ufa usw., im Gouvernement Orenburg und im Donezgebiet östlich von Bachmut betrieben worden. Mit der Entfernung vom Ural nimmt der Erzreichtum ab und hört in 400—500 km gänzlich auf.

*) Thiess: Das Salinenwesen Rußlands. Berg. u. Hüttenm. Rundschau II. 1905—06. S. 320.

**) Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen Bd. 29, 1881, S. 276 (Thiess: Das Kupfererz u. Salzvorkommen der Permformation Südrußlands).

Im Gouvernement Orenburg*) waren die Lager der Kargalinskischen Steppe von Bedeutung, wo außer Sulfiden auch gediegenes Kupfer vorkommt. Es sind zwei bis vier nur 0,06—0,7 m mächtige horizontale Lager bekannt, die aber nur geringe Ausdehnung besitzen, oft auskeilen und sich wieder anlegen. Für diese Vorkommen wird auch wohl irrtümlich triadisches Alter angegeben. Es wurden nach Fuchs und de Launay 1875 ca. 20000 t Erz mit 800 t Cu von vorzüglicher Qualität gewonnen; im Donezgebiet bei Bachmut ist die Erzführung noch ärmer, so daß Erze nur vor sehr langer Zeit als Gegenstand einer verunglückten Spekulation gefördert — nach Reh 2500 t Erz mit 0,9 % Cu im Durchschnitt — und verhüttet worden sind.

Heute ist der Abbau der permischen Kupfererze in Rußland ohne wesentliche Bedeutung.

6. Das Donezgebiet

Zahlreiche Beziehungen weisen uns aus dem Moskauer Becken, aus dem Perm des Uralvorlandes in den reicheren industriellen Süden Rußlands, in die Ukraine. Es ist schwer zu sagen, welche geologischen Vorgänge gerade hier eine solche Fülle und Auswahl nutzbarer Substanzen zugeführt und konzentriert haben. Denn so tief pflügt die Donezfaltung nicht, daß sie, wie im Ural, den metallreichen Unterbau des Gebirges ans Licht zöge, oder der vulkanischen Zufuhr in breitem Maße den Weg eröffnete. Gerade die für die Wirtschaftsentwicklung so glückliche Nachbarschaft der Kohle des Karbons und des Eisens in den kristallinen Schiefen von Kriwoi Rog scheint rein vom Zufall geschenkt, und auch für das Hinzutreten der Salze und der Kupfererze von Bachmut ist eine tiefere geologische Notwendigkeit nicht aufzufinden. Eher noch spricht sich ein Zusammenhang aus in der Bindung gewisser Eisenerze an dieselbe karbonische Formation, die auch die Kohle liefert. Immerhin wird man sagen dürfen, daß, abgesehen von den permischen Lagerstätten, die regeren Bodenbewegungen im Süden es gewesen sind, die dem Bergbau Zugang zu Teufen verschafft haben, die weiter nördlich vorderhand unerreichbar, ja, noch auf ihre nutzbaren Bestände hin unerforscht sind. Ein unmittelbares Geschenk der Tiefe sind nur das Quecksilber von Nikitowka und Silber-, Blei- und Zinkerze, insofern sie auf Spalten aufsitzen und diesen aus der Tiefe zugeführt worden sind (s. unten S. 50).

Diese Bewegungen geben dem Süden Rußlands eine vom Hauptgebiet ganz verschiedene Struktur. Die heutige Oberfläche ist zwar im wesentlichen auch flach, eine zusammenhängende

*) Zeitschr. f. prakt. Geol. 1901, S. 64.

Schwelle von über 200 m Höhe zieht sich aber von den Karpathen bis an die Wolga, nur von den Erosionstälern des Don und Dnjepr unterbrochen, ihr gehört der Donezrücken an*). Karpinsky hat nachgewiesen, daß hier in einer breiten Zone WNW gerichtete Dislokationen stattgefunden haben, die parallele Faltenzüge hervorbrachten, und die in ihrer Richtung von der Streichrichtung des gefalteten und abgetragenen archaischen Grundgebirges (NW bis NNW) abweichen. Karpinsky hat weiter gezeigt, daß diese Faltung des Donezkarbons die genaue Fortsetzung des Kara-tau auf Mangyschlag ist und über den Scheich-Djeli und Nura-tau weiter ostwärts in den großen asiatischen Faltenzügen zu verfolgen ist.

Die WNW streichende Donezfaltung ist auf große Strecken nachgewiesen bis an den Orel-Fluß, Gouvernement Poltawa, nach Feofilakoff bis Kamenez am Dnjestr, Gouvernement Kiew. Feofilakoff rechnet in dieselbe Faltungszone sogar das Sandomir-Gebirge in Polen, dessen Falten gleichfalls NW streichen.

Der Verlauf dieser Falten geht parallel dem Kaukasus und wird nach Karpinsky durch die getrennten archaischen Schollen, in die sich der alte Sockel der russischen Tafel im Süden auflöst, als Horste beeinflusst; so wird auch die Krümmung des Kaukasus zur Krim durch den Asowschen Horst veranlaßt sein.

Sueß hat diese südrussischen Faltenzonen „Karpinskysche Linien“ genannt; auf ihnen erfolgten gelegentlich jungvulkanische Eruptionen, die an der NO-Grenze des Asowschen Horstes gegen das Donezkarbon von Tuffen begleitete Basalte und Andesite**) und bei Rowno in Wolhynien Anamesit förderten.

Die Auffaltung ist nicht eine einmalige gewesen, sondern hat vom Ausgang des Palaeozoicums bis ins Tertiär wenigstens fünfmal eingesetzt, von einem zum andermal immer schwächer werdend. Die Faltungen fallen im wesentlichen mit Festlands-epochen zusammen, und ihnen folgten jedesmal Meeresüberflutungen, die das eben erstandene Gebirge wieder unter den Sedimenten ihrer Zeit begruben. Die älteste und stärkste Auffaltung des Donezrückens ist unter- bis mitteldyadisch, da im westlichen Teil des Donezgebietes (Bachmut) rote Mergel der oberen Dyas flach über gefaltetem Karbon liegen. Die späteren

*) Sueß: Antlitz der Erde I, S. 604, III, S. 483. Vgl. auch die französische Ausgabe. Karten III, 2 S. 540 und 546, sowie V. Laskarew, Bull. Comité Géol. St. Pétersbourg, XXIII, 1904, S. 425—461, XXIV, 1905, S. 235—295.

**) Morozewicz, Bull. com. géol. XVII, St. Ptbg. 1898, S. 133—167.

Phasen der Faltung sind von Borissjak*) im nordwestlichen Grenzgebiet des Donezrückens in den Kreisen Isjum, Pawlograd und Smijew genauer verfolgt worden. Danach fanden sie statt in der Zeit zwischen Unter und Oberlias, zu Ende der Bajeuxstufe, in der Unterkreide und zu Beginn des Tertiärs. Tertiärsedimente bedeckten dann endgültig die teilweise immer wieder eingeebneten Faltenzüge. Die gleichen Stadien der Gebirgsbildung haben auch im eigentlichen Donezhöhenzuge gewaltet, nur daß hier die Intensität der Faltung und Hebung der Schichtkomplexe wesentlich stärker war als in dem von Borissjak untersuchten Vorland.

Vielleicht noch jünger als die Auffaltungen des Donez-Mangyschlaxsystems sind die meridional oder NNO streichenden Dislokationen in den Jergeni-Hügeln.

Auch in der Verteilung der mesozoischen Meere ist der Süden von Nord- und Mittelrußland verschieden. Mit nicht wesentlicher Unterbrechung war Südrußland (Donezgebiet) während des ganzen Juras vom Meer bedeckt und bildete die neritische Randzone des östlichen Teiles des mediterran-kaukasischen Jurareiches. Ablagerungen des Lias — in seinen unteren Teilen noch pflanzenführend — und unteren Doggers sind im Donezgebiet bei Isjum bekannt. Nördlich und westlich davon war zur gleichen Zeit die russische Tafel Festland. Erst im oberen Dogger (Kelloway) beginnen in Mittelrußland die Ablagerungen eines von Polen her vordringenden Jurameeres, das allmählich weitere Gebiete erfaßt und an der Grenze von Dogger und Malm mit dem südlichen mediterran-kaukasischen Jurameer in Verbindung trat, den Podolischen und Asowschen Horst als Insel einschließend.

Zwischen diesem südrussischen Donezgebirge und den Gebirgsketten Armeniens liegt ein Gebiet, aus dem wir palaeozoische Sedimente kaum oder gar nicht kennen, um so mächtiger sind Trias, Jura, Kreide und Eozän in überwiegend mariner Fazies ausgebildet. Aus dieser Geosynklinale heraus wurde im Pliozän der heutige Kaukasus aufgefaltet, und der gleichen Faltungs-

*) Borissjak: Über die Tektonik des Donez-Höhenzuges in seinen nordwestlichen Ausläufern. Centralbl. f. Min. 1903, S. 644. Verfasser gibt S. 647 eine Kartenskizze der nordwestlichsten Ausläufer des Donez-Höhenzuges, auf der die das tektonische Bild des Untergrundes verhüllenden Tertiärablagerungen abgedeckt sind.

Borissjak: Geologische Skizze des Kreises Isjum und der angrenzenden Teile des Kreises Pawlograd und Smijew. Das nordwestl. Grenzgebiet des Donezrückens. Mém. com. géol., nouv. série. Liv. 3. 1905 russ., dtsch. Auszug.

periode gehört auch das Jaila-Gebirge der Krim an (s. unten S. 110).

Das Kohlengebirge. Im Gegensatz zu dem flachgelagerten Karbon des Moskauer Beckens ist das Karbon des Donezgebietes*) die gefaltete nördliche Nebenzone eines alten niederschliffenen Gebirges. Ihm gehören an der südliche Teil des Gouvernement Charkow und der Osten von Taurien und Jekaterinoslaw. Seine Fortsetzung nach Westen ist im Gouvernement Poltawa, nach Osten im Gebiet des Donschen Meeres erbahrt. Verteilung und Art der Fauna im Donezkarbon stimmt mit dem Moskauer und uralischen überein; verschieden ist die Fazies (vgl. oben S. 10), deren regelmäßiger Wechsel von terrestrischen und marinen Schichten innerhalb des kohlenführenden Horizontes den Doneztypus darstellt, wie er in den Karnischen Alpen, Texas und Illinois, Jowa, Missouri wiederkehrt. Die Flöze sind meist wenig mächtig.

Das Unterkarbon (C_1), auf marinem Oberdevon (Malöwka-Murajewna, Horizont, vgl. S. 24) lagernd, bildet vorwiegend Kohlenkalk, selten mit unbedeutenden Kohlenschmitzen und klastischen Gesteinen, und ist nach Tschernyschew 7000 m mächtig.

Das untere Oberkarbon (C_2) der Zone des Spirifer mosquensis, etwa 6000 m mächtig, bilden Schiefer und Sandsteine mit zahlreichen, $\frac{1}{8}$ —8 m mächtigen Kalkeinlagen. Die unteren Teile (C_2^1 und C_2^2), die etwa der sudetischen Stufe entsprechen, sind ziemlich pflanzenfrei mit kaum bauwürdigen Flözen; die Fauna enthält Spirifer mosquensis, Prod. corrugatus, Dalmanella resupinata usw. und zahlreiche Formen aus dem Kohlenkalk (C_1). Der mittlere Teil (C_2^3 , C_2^4 , C_2^5) zeichnet sich durch größeren Flözreichtum aus. C_2^3 mit 8 Flözen von 0,35—0,75 m Stärke und C_2^5 mit 7 Flözen bis 1 m Mächtigkeit, während C_2^4 ein im wesentlichen flözarmes, unbauwürdiges „Mittel“ darstellt. Die Flora entspricht etwa derjenigen der Saarbrücker Stufe. Der oberste Teil (C_2^6) besitzt größten Flözreichtum mit 12 Flözen, je bis 1,75 m mächtig. Neben Pflanzen der oberen Saarbrücker Schichten stellen sich hier bereits solche der höheren Ottweiler Flora ein.

Die darüber folgenden Schichten des oberen Oberkarbon, C_3^1 , C_3^2 , C_3^3 bis zur Arta-Stufe als Hangendes, entsprechen dem Supramosquensis-, Cora- und Schwagerinenhorizont (vgl. S. 24) und sind ca. 5000 m mächtig. Im unteren Teil C_3^1 liegen ziemlich zahlreiche bauwürdige Flöze mit Ottweiler Flora neben Saarbrücker Formen. In C_3^2 sind noch 2 bis 3 Flöze abbauwürdig. In den Sandsteinen der obersten Zone schließlich, die zwar noch eine reichhaltige Flora der oberen Ottweiler Stufe einschließen, gibt es keine abbauwürdigen Flöze mehr. Die überall eingelagerten Kalkbänke enthalten eine Fusulinen- und Brachiopodenfauna, die den jeweilig gleichaltrigen Horizonten im Moskauer Becken und im Ural durchaus entspricht. Die Kohlen des Donezgebietes sind, wie Goldring durch mikroskopische Untersuchungen erneut nachgewiesen hat.

*) Frech, Lethaea palaeozoica I, 2, S. 299—301.

allochthon. Weiter zeigt er, daß die Kohlen des Flözdaches aus sporenhähnlichen Körpern und Fruchtorganen, die Flözmitte aus Epiderm- und Parenchymgewebe sowie Holzgefäßbündeln, die Kohlen der Flözsohle aus Gefäßbündeln und Epidermgewebe bestehen. Daraus schließt Goldring, daß die Flözsohle vorwiegend durch Wurzeln, die Mitte durch Stamnteile und das Flözdach durch Blätter, Zweige und Fruchtorgane gebildet wurden. Die Bestandteile des Daches konnten sich am längsten im Wasser schwimmend erhalten; daneben werden Meeresalgen Anteil am Aufbau haben.

Die Kohlen des Donezbeckens*). Das Kohlenbecken des Donez ist das bei weitem wichtigste produktive Kohlenbecken im europäischen Rußland; seiner Ausdehnung nach ist es nicht nur das größte Rußlands, sondern Europas überhaupt. Die Steinkohlenformation bedeckt hier eine Fläche von ca. 30000 qkm, die mithin größer ist, als alle englischen Kohlenbecken zusammengenommen**). Im zentralen Teil des Beckens treten die Ablagerungen des Karbon zutage (südlicher Teil des Gouvernement Charkow, östlicher Teil des Gouvernement Jekaterinoslaw und westlicher Teil der Provinz der Donschen Kosaken) oder sind nur von wenig mächtigem Alluvium bedeckt; in den übrigen Teilen lagern darüber z. T. sehr mächtige Schichten-serien der Dyas, des Mesozoikums und des Tertiärs, aus denen das Kohlengebirge hie und da als Insel herausragt, die bei Kourakofka und Grichino Anlaß zum Kohlenbergbau gaben.

Kohlenflöze treten im ganzen Karbon bis hinauf ins Permokarbon auf, man kennt deren etwa 200***), von denen 100—115 auf das mittlere Karbon, 50—70 auf das Oberkarbon, der Rest auf das Unterkarbon und das Permokarbon entfallen. Die Flöze halten meist über das ganze Becken aus, sind aber im allgemeinen dünn. Mächtigkeiten von 1,5 m und mehr gehören zu den Seltenheiten, steigen aber gelegentlich bis zu 2 $\frac{3}{4}$ m. Die Mächtigkeit wechselt auch sehr in der Horizontalen, so daß dieselben Flöze, die in dem einen Revier abgebaut werden, im benachbarten unbauwürdig werden.

Die Kohlenmächtigkeit übersteigt im Donezbecken nicht 1% der Formation gegen 4,4% in Westfalen.

*) Tschernyschew in: The coal resources of the world, III, S. 1170.

**) Kohlen und Eisenindustrie Südrußlands (Ref. Krusch). Zeitschr. f. prakt. Geol. 1897, S. 177. Ferner Simmersbach: Der Steinkohlenbergbau Südrußlands. Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1914, S. 644. Macco: Exkursion nach dem Donezbecken. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1898, S. 129—133.

***) Simmersbach erwähnt, daß von den ursprünglich 225 festgestellten Flözen infolge der gewaltigen Verwerfungen eine ganze Reihe mehrmals gezählt wurde und in Wirklichkeit nur 50—60 Flöze vorhanden seien.

Von den 200 vorhandenen Flözen haben nur 30–40 eine abbauwürdige Stärke von mehr als 0,5 m. Sie gehören dem Mittelkarbon und dem unteren Oberkarbon (C_2^3 , C_2^5 , C_2^6 und C_3^1) an. Aus dem Unterkarbon und den Zwischenhorizonten (C_2^{1+2} , C_2^4 , C_3^2) werden nur ganz vereinzelt Flöze stellenweise abgebaut.

Zumeist sind die Flöze durch mächtige, unproduktive Horizonte voneinander getrennt, nur selten schließen sie sich zu Gruppen von 2–3 Flözen zusammen. Die Gesamtmächtigkeit des produktiven Teiles der Steinkohlenformation beträgt 2400–2600 m.

Sehr erschwerend für den Kohlenbergbau ist ferner die oft sehr große Mächtigkeit der mitgefalteten jüngeren Hangendschichten, die daher auch große Gebiete von der Ausbeutung ausschließt; andererseits treten aber auch in den durch die Erosion angeschnittenen Falten produktive Flöze des Mittelkarbons nahe an die Oberfläche, die bei normalen Lagerungsbedingungen für den Bergbau nicht erreichbar sein würden. Im allgemeinen zeigt der Süden eine regelmäßigere und schwach muldenförmige Lagerung, während der nördliche Teil weit intensiver gefaltet ist.

Die Donezkohlen sind nach Qualität und chemischer Zusammensetzung sehr verschieden; alle Sorten Steinkohle bis zum Anthrazit sind vertreten; für die russische Eisenindustrie sind sie besonders deshalb von besonderer Bedeutung, weil sie die einzigen russischen Kohlen sind, die Koks liefern.

Sowohl in der horizontalen Ausdehnung eines und desselben Flözes wie auch in der vertikalen Aufeinanderfolge der einzelnen Flöze wechselt die Beschaffenheit der Kohle.

Innerhalb eines und desselben Flözes können z. B. Magerkohle, Kokskohle und anthrazitische Kohle angetroffen werden, während in vertikaler Richtung eine auch anderwärts zu beobachtende, ziemlich regelmäßige Abnahme der flüchtigen Bestandteile von den oberen Flözen (den Kohlenstoff ärmeren) zu den tieferen (den Kohlenstoff reicheren) festzustellen ist. Ganz allgemein läßt sich diese Abnahme der flüchtigen Bestandteile aber auch horizontal innerhalb des ganzen Kohlenbeckens von Westen nach Osten beobachten.

Hinsichtlich der Beschaffenheit der Kohle sind zwei getrennte Gebiete*) zu unterscheiden. Das östliche Gebiet, vornehmlich in der Provinz der Donschen Kosaken, liefert nur Anthrazit oder anthrazitische Kohle. Die Zentren des Anthrazitbergbaues sind Grouchevka und Souline. Der Anthrazit von Grouchevka enthält 2–5% flüchtige Bestandteile, 2–5% Asche und 0,6–2%

*) Zeitschr. f. prakt. Geol. 1897, S. 179 u. 182.

Schwefel. Obgleich dieses Gebiet etwa $\frac{2}{3}$ des gesamten Kohlenbeckens ausmacht, steht seine Förderung hinter der des westlichen Gebietes weit zurück.

Der westliche Teil des Donezbeckens ist der bei weitem wichtigere. Er enthält Steinkohle aller Sorten. Die wichtigsten Gruben sind bei Varvaropol, Almaznaja, Jourievka und Bielaia. Der Gasgehalt der Kohle schwankt zwischen 10 und 40%, und wächst im allgemeinen in westlicher Richtung, in der Nähe des Anthrazitreviers erreicht er nur 15—20%. Sehr ungünstig ist der stellenweise bis zu 3—4% steigende Schwefelgehalt der Donezkohlen; auch der Aschengehalt einzelner Flöze ist recht hoch. Ziemlich gasreiche Kokskohlen (bei Gorlofka mit 30%, bei Almaznaja mit 27%, bei Routschenko mit 25%) finden sich vornehmlich in einer Zone von wechselnder Breite, die der Krümmung der Grenze zwischen Steinkohlen- und Anthrazitgebiet folgt.

Der Kohlenbergbau im Donezbecken begann in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts und entwickelte sich zunächst nur langsam. Seit der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts ist die Kohlenförderung außerordentlich und dauernd gestiegen. 1860 betrug sie nur 98 524 t gegen 20 283 000 t im Jahre 1911. 1914 27 577 142 t, 1917 24 843 667 t. Von diesen 20 283 000 t des Jahres 1911 waren 16 908 688 t Steinkohle und nur 3 019 343 t Anthrazit. Simmersbach*) gibt für 1913 die Förderung auf 15 555 900 000 Pud an, das sind über $\frac{3}{4}$ der Gesamtförderung im europäischen Rußland (2000 Mill. Pud). Nach einer Zeitungsnotiz förderte das Donezbecken im Jahre 1915 13 17,7 Mill. Pud Steinkohle, 306 Mill. Pud Anthrazit und 251 Mill. Pud Koks, wobei rund 180 000 Arbeiter beschäftigt waren. Tschernyschew berechnet, daß von 1860—1911 rund 320 Mill. t Kohle gefördert wurden, davon waren rund 50 Mill. t Anthrazit und 270 Mill. t Steinkohle.

Von den 12 001 qkm, die das produktive Karbon im Donezbecken bedecken, entfallen nur 3928 qkm (= 32,7%) auf Steinkohle. Bis zu einer angenommenen Abbautiefe von rund 1800 m, wobei alle Flöze bis zu 0,5 m Mächtigkeit in Rechnung gestellt sind, und nach Abzug der bis 1911 geförderten Kohle berechnet sich der Gesamtvorrat auf

18 014 Mill. Tonnen Steinkohle
und 37 599 „ „ Anthrazit
zusammen 55 613 Mill. Tonnen Kohle**).

*) Simmersbach, Der Steinkohlenbergbau Südrußlands. Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1914, S. 644.

**) Die Kohlenförderung des gesamten europäischen Rußland stellte sich in den Kriegsjahren 1914—1917 wie folgt (in Tonnen):

Revier	1914	1915	1916	1917
Donez	27 577 142	26 640 325	28 561 455	24 843 667
Ural	1 379 021	1 288 942	1 511 682	1 618 138
Moskau	311 180	465 133	696 062	738 644
Kaukasus	65 511	75 338	63 874	57 323
Dombrowa	3 783 300	—	—	—
Summe	33 116 154	28 469 738	30 833 072	27 257 772

(nach Zeitschr. f. prakt. Geol. 1919. Lagerstättenchronik, S. 10.)

Eisenerze im Karbon des Donezbeckens. Eisenerzlager sind im Gouvernement Jekaterinoslaw und in der Provinz des Donschen Heeres bekannt*).

Im Gouvernement Jekaterinoslaw im westlichen Teil des Donez-Kohlenbeckens treten Brauneisensteinlager im Zusammenhang mit Kalksteinen des mittleren und oberen Karbon auf. Die bedeutendsten dieser Vorkommen liegen im Kalmius-Torezk-Kessel; nördlich und nordöstlich davon sind noch eine ganze Anzahl gleichartiger Fundstellen bekannt. Diese Lagerstätten gehören zum Karstbildungstypus und sind metasomatischen Ursprungs. Entsprechend dieser Entstehung lagern die Erze mit den Verwitterungstonen des Kohlenkalkes zusammen in Vertiefungen des Kalksteines und reichen höchstens bis 40 m in die Tiefe. Sie bilden daher auch keine eigentlichen Bänke, sondern bankförmige, wenig mächtige, aber gelegentlich bis $\frac{1}{6}$ km weit zu verfolgende Nester. Die Erze sind Brauneisenstein, die in der Tiefe stellenweise in Spateisensteine übergehen; ihr Fe-Gehalt beträgt 35–40 %. Am Kalmius sind 30 000–40 000 t Erz gewonnen worden.

Im östlichen Teil des Donez-Kohlenbeckens (Kreis Bachmut und Provinz des Donschen Heeres) sind innerhalb des Karbon fünf, gelegentlich sogar zehn bankartige Lager bekannt geworden, die im Streichen bis auf etwa 64 km verfolgbar sind. Ein nennenswerter Bergbau hat sich nur im Satkowskaja-Kessel (Sulinowskij-Hütte) und im Kreise Bachmut entfaltet. Abgebaut werden Brauneisensteinnester, die in Sandstein-, Kalk- und Tonschichten des mittleren Karbon liegen und sich im Streichen und Fallen den Sedimenten vollkommen anpassen. Die Erze gehen allmählich ins Nebengestein — teils Sandstein teils Kalk — über und verlieren damit ständig an Güte. Auch diese Vorkommen sind metasomatischer Entstehung.

Die tonigen Eisensteine enthalten 33–45 % Fe, 2–10 % SiO_2 und 1,5–5 % Mn, Erze aus Sandsteinen 40–45 % Fe, 12–25 % SiO_2 und 0,5–2 % Mn.

Der Erzvorrat beträgt noch etwa 20 Mill. Pud, bereits abgebaut sollen innerhalb 30 Jahren 30 Mill. Pud sein.

All diesen Vorkommen kommt kein so großer Wert zu, als man von ihnen erhofft hatte. Auch in der Zukunft wird diesem Bergbau kein nennenswerter Aufschwung beschieden sein.

Größere Bedeutung haben künftig vielleicht Brauneisensteinlagerstätten, die im Gouvernement Jekaterinoslaw*) (Kreis Nikolajew) in oligocänen Tonen auftreten. Sie liegen unter den gleichfalls oligocänen Manganerzen von Nikopol (s. unten S. 55). Die Tone sind umgelagerte Verwitterungsprodukte der liegenden kristallinen Schiefer, in denen die Erze zu Nestern konzentriert sind. Sie besitzen bis 50 % Fe und gelegentlich bis 2 % Chromoxyd. Die erzführende Fläche beträgt 7500 ha, die einen Vorrat von mindestens 10 Mill. t bergen. Ähnliche Vorkommen sind auch im Ingulezgebiet bekannt.

Unter den Salzwerken Rußlands**) stehen heute an erster Stelle die in permischen Schichten bauenden Werke der Ukraine im nordwestlichen Donezgebiet — Gouvernement Charkow

*) Bogdanowitsch in: The iron ore resources, S. 511 u. 515.

Krusch: Kohlen- und Eisenindustrie Südrußlands. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1897, S. 183; Stelzner-Bergeat I, S. 232.

**) v. Buschmann: Das Salz. Leipzig 1909, I, S. 12–14.

4. Steinsalzwerk Nowaja-Welitschka (Neu-Wieliczka) 13 km nördlich Bachmut; erbohrt wurden bei 36,5 m Teufe eine 9 m mächtige Salztonschicht,
 „ 116,7 „ „ ein 5 „ mächtiges Steinsalzlager,
 „ 136,7 „ „ unter Ton und Anhydrit 2 m Steinsalz
 mit Spuren von Kalisalzen, darunter
 nochmals 34 m mächtig Steinsalz.

5. Steinsalzwerk der Gesellschaft Pschenitschny „Nikolaj“.

Die Salzlagerstätten gehören dem Zechstein an, der aber nach Reh*) im Gegensatz zu nördlicheren Gebieten hier nicht durch Zechsteinkalke, sondern im wesentlichen durch mächtige Gipslager, Steinsalz, Anhydrit und kalkig gelbe Sandsteine vertreten ist.

Das Steinsalz von Jekaterinoslaw ist fast chemisch rein mit 99% NaCl.

Die Produktion betrug 1902 407578 t Steinsalz und 21212 t Sudsalz.

Bei Bachmut werden mächtige Gipslager**) der Dyas ausgebeutet. Nach alten Angaben von Reh aus dem Jahre 1881 wurden damals bereits täglich 400 Ztr. Gips gebrannt und gemahlen. Diese Gipsbrüche sind auch in neuerer Zeit noch bedeutend.

Quecksilber ist 1879 bei Nikitowka***) im Distrikt Bachmut gefunden worden und hat für Rußland große Bedeutung gewonnen. Es sind Verwerfungen, die den kuppelförmig aufgefalteten Karbonschichten das Metall zuführen, am reichsten da, wo die Spalten sich scharen. Auch haben stellenweise eine Rolle bei der Ausfällung des Erzes Kohlenschmitzen gespielt, die mitunter ganz mit kristallisiertem Zinnober durchwachsen sind. Die Zufuhr aus Lösungen ergibt sich auch aus dem reichlichen Auftreten von Kieselsäure in Kristallform und als Durchtränkungsmedium der

*) Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen. Bd. 29. 1881. S. 276—280.

**) Gips kommt in Rußland in Devon, im Perm und teilweise angeblich auch in der Trias, sowie im Tertiär vor. Sodoßsky gibt eine genaue Aufzählung der Hauptfundstätten (Zeitschr. f. prakt. Geol. 1904, S. 411). Danach gehören die Vorkommen in den baltischen Provinzen dem Devon an; namentlich im Pleskauer Gouvernement hat der Gipsbergbau in neuerer Zeit einen bedeutenden Aufschwung erfahren. Permisch und z. T. vielleicht triadisch sind Gipslager in den Gouvernements Archangelsk (an der nördlichen Dwina von ausgezeichneter Beschaffenheit), Wologda, Nishnij-Nowgorod, Kasan, Perm, Orenburg und Jekaterinoslaw. Längs des Urals zieht sich ein breiter Gürtel gipsführender Zechsteinschichten von Orenburg bis zum Gebiet des Petschora-Oberlaufs. Tertiär sind schließlich Gipslager in Podolien und Bessarabien. Neben Salz und Gips kommt auch Schwefel in Mergeln des russischen Perm vor. Solche Vorkommen sind von der Wolga bekannt, jedoch nicht bauwürdig. Ferner sei hier ein gangförmiges, aber ebenfalls nur schwaches Schwefelvorkommen in einem Kalkstein bei Sukeewo (Gouvernement Kasan) erwähnt.

***) Stelzner-Bergeat II, S. 909 (hier Literatur).

Beyschlag-Krusch-Vogt: Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine I. S. 550.

Macco: Exkursion nach dem Donezbecken. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1898, S. 133.

Sandsteine. Außerdem begleiten den oft sehr schön auskristallisierten Zinnober Pyrit, Antimonit und Stilbith; auch Bleiglanz wird erwähnt.

Die Produktion betrug 1900 304 t, 1902 416 t, 1904 332 t, 1906 210 t, 1908 49 t! Das starke Zurückgehen der Produktion wird auf die unregelmäßige Verteilung und Verarmung der Erzführung nach der Tiefe zurückgeführt. Seit 1911 liegt das Werk still.

Weniger wichtig als das Quecksilber sind Silber-, Zink- und Bleierze*), auf die aber ein alter Bergbau getrieben wurde, der zu Ende des vorigen Jahrhunderts wieder aufgenommen wurde. Die Vorkommen liegen bei Nagolschik und Nagolnoe. Auch hier sind Spalten die Erzbringer, die in karbonischen Schiefertönen und Sandsteinen aufsetzen. Die Silbererze treten vornehmlich in Gangbreccien auf, während sich Bleiglanz und Zinkblende mehr in kalkspatführenden Quarzgängen finden. Daneben kommen Pyrit, Kupferkies, Buntkupfererz und Galmei vor.

Auch Gold ist diesem gesegneten Lande aus der Tiefe zugeführt worden. 1893 wurden bei dem schon erwähnten Ort Nagolschik und bei Bobrik-Petrowskaja goldhaltige Quarzgänge entdeckt, die tonige Schichten und glimmerreiche Sandsteine durchsetzten. Im Ausgehenden findet sich Gold gediegen, nach der Tiefe verschwindet es makroskopisch, nimmt aber, nach Analysen, in feinverteilterm Zustand in Chalcedon zu. Erzbegleiter sind in der Tiefe Pyrit, seltener Blende und Bleiglanz, in oberen Teufen Brauneisenstein.

7. Die kristallinen Massive Südrußlands

Dieselben zusammengesetzten Bewegungen, die im Bau und der Schichtenverteilung des Donezgebietes ihren Ausdruck gefunden haben, haben in seiner südlichen und südwestlichen Nachbarschaft die breiten, plumpen, oben abgeplatteten Massive des „Podolischen“ und des „Asowschen Horstes“ herausgehoben und der Abtragung durch das Wasser, der Ausbeutung durch den Menschen zugänglich gemacht. Hier treten alle anderen nutzbaren Stoffe zurück gegen die berühmten Eisensteinlager von Kriwoi Rog. Es sind drei enggepreßte Mulden jüngerer, aber immer noch vorgambrischer Sedimente, die hier, in eine noch ältere, archaische Bettung eingefaltet, der Abtragung entgangen sind, und man wird es als einen glücklichen Zufall begrüßen dürfen, daß die Hebung nicht noch höher und also die Zerstörung nicht noch tiefer gegangen ist. Das Alter und die kristalline Natur dieser Gesteine, darunter auch der Erze, läßt ein zweites Finnland vor uns auftauchen. Und wirklich ist es ja dieselbe Unterlage karbonischer und altpalaeozoischer Schichttafeln, die

*) Macco; s. oben S. 134.
Stelzner-Bergeat: II, S. 806.

unter dem estnischen Glint verschwand, und die hier unter dem Südrand eines riesenhaften „Moskauer“ Beckens sozusagen unbeschädigt und unverändert wieder herauskommt.

Leitet man wirklich die Kriwoi Rog-Erze von alten Sedimenten ab, so wären es Eisenocker mit einem wechselnden Sandgehalt gewesen. Andererseits begleiten die Lagerstätte Hornblendegesteine, die an Mitwirkung aus der Tiefe denken lassen, so daß vielleicht ein ähnlich komplizierter Prozeß primär-sedimentärer Bildung mit nachfolgender Umwandlung der Eisenoxyde wie bei Marquette vorliegen könnte*).

Die Eisenerzlagerstätten von Kriwoi Rog**) gehören zu den schichtigen Magnetit- und Roteisensteinlagern in kristallinen Schiefeln. Sie liegen am Flusse Ingulez und längs seines Nebenflusses Saksagan von Kriwoi Rog bis Seriewsk an der Grenze der Gouvernements Cherson und Jekaterinoslaw. Das vom Tertiär überlagerte Grundgebirge wird zwischen Bug und Dnjepr vorwiegend von Gneis, Granit und Syenit gebildet. In dem Gebiet von Kriwoi Rog liegt darüber die isolierte Scholle einer ehemals einheitlichen Decke jüngerer kristalliner Schiefer, die etwa 80 km lang und 6,5 bis 8 km breit ist. Davon treten bei und südlich Kriwoi Rog 40—50 km frei zutage und werden weiter nach Süden von immer mächtiger werdenden miocänen Kalken bedeckt. Die Schiefer streichen SSW—NNO dem Saksaganfluß folgend und sind in den Granit und Gneis, den sie konkordant überlagern, eingefaltet, auf diese Weise eine ganze Reihe geneigter synklinaler Falten bildend, die durch die abradierten Gneisantiklinalen voneinander getrennt werden. Die Schieferfalten, die bei Kriwoi Rog ihre größte Mächtigkeit und Breite erreichen, sind nach Osten überkippt, so daß beide Flügel der eigentlichen Kriwoi Rog-Erzmulde mit durchschnittlich 45° nach W einfallen. Die Zusammenpressung war nicht immer gleichmäßig, worauf Abweichungen vom Generalstreichen und Fallen, Auswalzungen namentlich der tonig-schieferigen Gesteine und Einknetung von Quarzitbänken usw. zurückzuführen sind.

Der bei Kriwoi Rog über dem Granit liegende Gneis ist wahrscheinlich gequetschter Granit, darüber folgen Arkosen, die bisweilen in Glimmerschiefer und itakolumitähnliche Quarzschiefer übergehen, und über denen sodann die eigentlichen jüngeren Schiefer folgen; zwischen beiden schieben sich mehrfach Chlorit- und Talkschiefer als Zwischenglieder ein. Die jüngeren Schiefer umfassen die beiden Abteilungen:

*) Bogdanowitsch in: The iron ore resources, I, S. 504.

Beyschlag-Krusch-Vogt: s. oben II, S. 549.

**) Bogdanowitsch in: „The iron ore resources of the world“ I, S. 501—510.
Stelzner-Bergeat I, S. 148—150.

Zeitschr. f. prakt. Geol. 1897, S. 182—183 (Ref. Krusch).

Macco: Übersicht der geolog. Verhältnisse von Kriwoi Rog usw. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1898, S. 139—149.

Simmersbach: Die südrussischen Eisenerzfelder von Kriwoi Rog und

Kertsch: Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 62, 1914, S. 253,

untere Zone: Tonschiefer (gelegentlich als Dachschiefer ausgebeutet) und darüber Eisenquarzitschiefer. Zu den metamorphen Tonschiefern gesellen sich Aktinolithschiefer; Quarzchloritschiefer, Talk- und Turmalinschiefer;

obere Zone: „Kohlenschiefer“, die an kohligler Substanz und stark eisen-schüssigen Konkretionen reich sind; sie gehen nach dem Hangenden in die bunten sogenannten „zersetzten Schiefer“ über. Diese Zone ist quarzitefrei.

An Eruptiven treten gangförmige Diabase und Diorite im Eisenquarzitschiefer auf.

Die Eisenerzlager sind im wesentlichen an die Eisenquarzite gebunden, diese bilden mächtige, je nach dem Gehalt an Eisenerz gelblichweiße bis tiefbraune und blau gefärbte Bänke. Innerhalb dieser bilden die eigentlichen Erzlager gestreckt linsenförmige Zonen, die in eisenärmerem oder gar taubem Quarzgestein liegen, aber dieselbe Schichtung und Fältelung wie dieses zeigen. Man kennt mehrere übereinanderliegende, nach der Teufe und im Streichen gewissermaßen sich auskeilende Erzkörper im Quarzit, deren Umfang außerordentlich verschieden ist; die Mächtigkeit schwankt von wenigen Metern bis zu über 160 m, und auch die streichende Länge der Erzkörper schwankt von einigen Hundert Metern bis etwa 3 km (bei Tarapakofskaja).

Bei Kriwoi Rog sind drei parallele Streifen von Eisenquarzitschiefer vorhanden, die nach Trassenster verschiedenen Zonen angehören, nach Macco aber Teile ein und desselben gefalteten Schichtensystems sind, dessen Sättel abdiert sind, so daß ihr Gneiskern zutage tritt und die Streifen trennt.

Außer in den Eisenquarzitschiefern treten auch im Liegenden wie Hangenden einige wenige Lager von tonigem Roteisenstein auf, die jedoch ohne Bedeutung sind.

Der Eisenquarzit besteht nur aus Eisenerz (Magnetit und Roteisenstein) und Quarz in sehr wechselndem Verhältnis, wodurch eine feine Schichtung bedingt ist. Die Eisenerze bilden hierbei teils Einschlüsse im Quarz, teils umrinden sie den Quarz, erscheinen als Zement und verdrängen den Quarz gelegentlich fast ganz. Nördlich Kriwoi Rog besteht das Erz vornehmlich aus Pseudomorphosen von Roteisen nach Magnetit. Magnetit war wohl ursprünglich überall allein vorhanden, wurde aber später größtenteils in Roteisen übergeführt. Macco führt diese Umwandlung auf den Einfluß des Wassers und eine Auslaugung von Eisenoxydul aus dem Magnetit zurück.

Die Erze sind in der Hauptsache Roteisenstein und nur zu etwa 8 % Magnetit. Ihr sehr geringer Phosphorgehalt (meist 0,01 bis 0,02 %) bleibt unter 0,1 %, beträgt in den „Saksagan-Erzen“ z. B. 0,014—0,030 %. Der Kieselsäuregehalt ist mit 5—14 % sehr hoch. Kalzium — aus Tertiärkalken von oben infiltriert —, Magnesium und Mangan finden sich nur in Spuren neben durchschnittlich 2 bis 3, auch 4 % Tonerde. Der Eisengehalt beträgt im Mittel über 60 %, steigt aber namentlich in den Magnetiten bis 71 %. Zurzeit werden nur Erze mit mehr als 47 % Fe verwertet, die, sofern der Fe-Gehalt 57 % nicht übersteigt, als „Quarzite“ gehandelt und erst bei über 57 % Fe als eigentliche Erze bezeichnet werden.

Zum Kriwoi Rog-Erzdistrikt sind auch einige weiter nördlich gelegene Vorkommen zu rechnen. Reste der gleichen erzführenden kristallinen Schiefer sind bei Annowka, 60 km nördlich Kriwoi Rog im Tale der Scheltaja (Gelbes Wasser), einem linken Nebenfluß des Ingulez, ferner bei Petrowo nordöstlich

Kriwoi Rog und bei Kremenschuk im Gouvernement Poltawa erhalten. Von diesen Vorkommen haben — wenigstens bisher — nur die Erze an der Scheltaja Bedeutung. Die kristallinen Schiefer sind hier nur 600 m mächtig, und es hat den Anschein, daß die Denudation der kristallinen Decke in tiefere Schichten fortgeschritten ist, als dies bei Kriwoi Rog der Fall ist; ihre Ausdehnung beträgt 35 km. Es sind drei bis vier Erzlager bekannt mit guten Erzen von 60 % mittlerem Fe-Gehalt. Der Bergbau wird seit den 90er Jahren betrieben.

Die Förderung der Kriwoi Rog-Erze erfolgt zurzeit nur im einfachen Tagebau, da die Deckschichten gewöhnlich nur 5—6 m mächtig sind und nur ausnahmsweise bis 16 m anschwellen. Im Jahre 1912 waren 52 Bergwerke im Betrieb.

Für eine genaue Berechnung des Erzvorrates sind die tektonisch schwierigen Lagerungsverhältnisse der kristallinen Schiefer sehr störend; genaue Berechnungen können sich nur an die bereits aufgeschlossenen Baue anschließen, daher die sehr verschiedenen Angaben über die Erzmengen.

Die neuesten Angaben von B. Simmersbach beziehen sich auf eingehende Untersuchungen von M. Schimanowski.

Danach beträgt der Vorrat im Kriwoi Rog-Gebiet	54 000 000 t
„ Scheltaja- „	1 160 000 t
Summa:	55 160 000 t

Einige kleinere Eisenerzfelder hinzugerechnet beträgt der Erzvorrat im gesamten Kriwoi Rog-Distrikt 57 Mill. t.

Davon sind nach Bogdanowitsch von 1881—1905 1,52 Milliarden Pud gewonnen worden. Abzüglich dieser Mengen gibt Bogdanowitsch den Erzvorrat des gesamten Kriwoi Rog-Bezirktes auf 86 Mill. t an. 15 Mill. t sollen sich im Tagebau gewinnen lassen.

Die Gesamtproduktion an Eisen in Rußland betrug 1912 351 845 800 Pud = 5,8 Mill. Tonnen, davon Produktion von Kriwoi Rog 326 627 000 Pud.

Während die Gesamtproduktion von 1911—1912 um 45 733 000 Pud stieg, wuchs diejenige von Kriwoi Rog um 38 709 000 Pud, d. h. um 13,44 %.

Im Gouvernement Taurien sind im Höhenzug der Korsak Mogila*) im Bezirk Berdiansk Reste derselben kristallinen Schiefer erhalten, die bei Kriwoi Rog das Erz führen. Die Erwartungen auf große Erzvorräte ähnlich denen von Kriwoi Rog haben sich jedoch nicht erfüllt. Auch hier hat die Abtragung bereits tiefere Teile der kristallinen Schiefer erfaßt, die bei Kriwoi Rog noch erhalten blieben. Innerhalb der Gneis-Granitfläche treten mehrere kettenartige Höhenzüge aus eisenschüssigen Quarziten zutage. Die Quarzite liegen inmitten älterer kristalliner Schiefer. Magnetit und Eisenglanz sind als Kristallkörner reichlich in ihnen eingestreut und in Gestalt dünner Zwischenlagen angereichert. Nach Sokolow sind die erzführenden Quarzite durch Regionalmetamorphose veränderte Glaukonitquarzite innerhalb der Hornblendegneise, ihre ursprüngliche Bildungsweise ist sedimentär.

*) Bogdanowitsch in: The iron ore resources, I, S. 511.

Krusch: Kohlen und Eisenindustrie Südrußlands. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1897, S. 184.

Die Erze sind im allgemeinen härter und noch quarzreicher als die von Kriwoi Rog. Sie haben 66,3—67,3 % Fe-Gehalt. Es sind in der Korskak Mogila zwei bankartige Erzlager von je 13 m Mächtigkeit erschlossen, die durch 14 m Quarzit getrennt sind. Im Streichen und nach der Tiefe sind die Lagerstätten nicht bekannt. Der Erzvorrat beträgt nach Simmersbach*) nur 3000—4000 t, Bogdanowitsch gibt den Erzvorrat mit 20 Mill. Pud wesentlich höher an. Der Bergbau ist zum Erliegen gekommen.

Sind die Magnetitlager von Kriwoi Rog umkristallisierte Eisensedimente, so liegt der kohlige Niederschlag jener alten Formationen in Form von Graphiten**) vor: Graphit führende Gneise haben sich im Bezirk Zytomierc in Wolhynien gefunden. Auch im Kriwoi Rog-Gebiet sind graphitreiche Einlagerungen im Gneis (Scheltaja) bekannt***).

Manganerze im Tertiär. Rußland ist reich an Manganerzen; es steht in der Manganproduktion der Welt an erster Stelle und fördert 50 % derselben.

Außer dem berühmtesten und ausgedehntesten Vorkommen im südlichen Kaukasus (Tschiatura im Gouvernement Kutais) finden sich in der Nähe des Kriwoi Rog-Eisenerzdistrikts bedeutende Vorkommen.

Am Unterlauf des Dnjepr im Gouvernement Jekaterinoslaw bei Nikopol†) sind Manganerze in Ablagerungen des mittleren Oligozän — nach älteren Angaben im Eozän — vorhanden. Alle Vorkommen der Ukraine liegen am Südrhange der südrussischen Granitmasse.

Der Erzhorizont liegt in geringer Höhe über dem kristallinen Grundgebirge. Das Liegende bilden oligozäne grüne Tone mit Cardita, Crassatella, Lucina, die gelegentlich in schlammige Glaukonitsande übergehen. Im Hangenden sind grünliche, plastische, fossilfreie Tone, die mit den darüber lagernden sarmatischen Tonen eng verknüpft sind. Bei den Dörfern Gorodistsche und Krasnogrigrorjewka liegen die Erzschieben direkt auf Granit und Gneis oder deren Verwitterungsprodukten.

*) Simmersbach: s. oben S. 273.

**) Dammer-Tietze: Nutzbare Mineralien I, S. 67.

***) Anderen Ursprungs scheint ein Graphitvorkommen zu sein, das von Nikolajewska westlich Mariopol (Donezgebiet) angegeben wird. Hier tritt Graphit in Pegmatik und Hornblendegranit auf. (Stutzer I, S. 50.)

†) Stelzner-Bergeat I, S. 259.

Krusch: Kohlen und Eisenindustrie Südrußlands. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1897, S. 184.

N. Sokolow: Die Manganerzlager in den tertiären Ablagerungen des Gouvernements Jekaterinoslaw und der Umgebung von Kriwoi Rog. Mém. com. géol. St. Pétbg. XVII. Nr. 2. 1901. (Jahrb. f. d. Hüttenw. II, 1913.)

Die manganführenden Schichten sind schwarze, bis 15 m mächtige sandig-tonige Gesteine und enthalten Braunsteinknollen (Pyrolusit) von unregelmäßiger Gestalt und konzentrisch schaliger, zum Teil auch blasiger Struktur. Sie breiten sich über einen Flächenraum von 20000 ha aus. Die Erze enthalten bis 57 % MnO_2 und stammen möglicherweise aus der Verwitterung des darunter liegenden Grundgebirges, von denen sie bisweilen in kleinen Geröllen Reste enthalten. Die Ausbeute wird seit 1886 betrieben. Der Erzvorrat wird von Sokolow auf mehrere Milliarden Pud angegeben. Östlich von der Tomakowka (Nebenfluß des Dnjepr) liegt ein gleiches, 50 qkm großes Lager, das bis 1918 noch nicht in Angriff genommen war. Eine mächtigere, gleichfalls tertiäre Lagerstätte ist bei Horodicze, 18 km nördlich Nikopol aufgeschlossen. Sie liegt horizontal und nur durch eine 0,35 m dicke Kaolin- und Sandbank getrennt auf dem Granit des Grundgebirges. Der Erzhorizont ist 2—3 m mächtig und wird von braunen, festen Tonen des Tertiär überlagert. Die rohen Erze enthalten 16—28 % Mn, das aber durch Aufbereitung angereichert (55 % Erz mit 40 % Mn) werden kann, und bestehen aus einem Gemenge von Quarz und Pyrolusitknollen. Auch diese Manganerze stammen aus den altkristallinen Gesteinen, und Sokolow betont, daß alle Manganlager des Rayon Nikopol in wenig tiefen Einsenkungen der Oberfläche des kristallinen Gesteins ruhen. Chlebnikow*), der letzte Bearbeiter der Lagerstätte von Nikopol, hält das Vorkommen für die „Ablagerung der litoralen Zone der oligozänen Meere, wobei die benachbarten Eruptivgesteine, die primär Mangan enthielten, zur Bildung dieser Vorkommen beigetragen haben“ (S. 105). Nach ihm sind die Gesamtvorräte der Nikopoler Gegend an Manganerz auf mindestens 50 Mill. t einzuschätzen. Die Manganerzgewinnung im Nikopolgebiet betrug 1909 127 500 t und war bis zum Jahre 1913 auf 293 600 t gestiegen.

Denselben Charakter haben Manganerzlagerstätten unterhalb Kriwoi Rog am Ingulez, sind aber ohne wirtschaftliche Bedeutung.

8. Der Ural

Wer von Westen und Nordwesten kommend die bisher besprochenen Gebiete durchschritten hat, nähert sich Gebirgen, die als natürliche Einheiten der Beschreibung geologisch lohnende Aufgaben darbieten. Aber auch der Bergmann findet in den Gebirgen Ural, Kaukasus, Karpathen Vorzüge, die ihnen, wie allen nicht allzu tief zerstörten Faltengebirgen, der einheitliche und energische Bildungsvorgang verliehen hat: Dieselben Gesteinstafeln, die in der innerrussischen Tafel untereinander geschichtet liegen, so daß man jede höhere durchsinken muß, um jede tiefere zu erreichen, sie stehen bequem nebeneinander wie Bücher in einem Schrank, so daß man jede für sich herausziehen, erdgeschichtlich lesen, bergmännisch ausbeuten kann. Auch sind uns im Kern

*) Chlebnikow: Die Manganerzlagerstätten der Ukraine. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1918, S. 89 und 100, mit Karte S. 90, Profil S. 102, Literatur S. 107.

und im Rückland dieser Gebirge Tiefenzonen an die Oberfläche herausgewölbt, die man im Innern des Moskauer Beckens vielleicht niemals technisch würde erreichen können. Und endlich hat im Gange der gebirgsbildenden Bewegungen auch der Vulkanismus seine Rolle gespielt, und hat Zeit und Raum gefunden, seine neuen Stoffe im Gerüst der Vorhandenen einzunisten, schon vorhandene günstig — „kontaktmetamorph“ — zu beeinflussen. Diesen Vorzügen verdanken wir eine Auswahl der verschiedensten Stoffe auf engem Raume, eine Zugänglichkeit, eine Reinheit von störendem Deck- und Nebengebirge, die um so günstiger hervortritt, je tiefer das Gebirge abgetragen ist und die im gleichen Maße desto weniger durch Geländeschwierigkeiten beeinträchtigt wird. Aus diesem Grunde marschiert von den drei Gebirgen das älteste, der jungpalaeozoische Ural, an der Spitze, ihm folgen die tieferen Rückländer der beiden anderen, während die sehr jungen, am wenigsten beeinflussten Stirnzonen arm sein würden, wenn ihnen nicht ein Zufall in der Gesteinsbildung schichtige Stoffe, wie Kohle, Erdöl, Steinsalz auf den Weg der Gebirgsbildung mitgegeben hätte.

Für den Ural treffen diese Bemerkungen noch in einem Maße zu, das von den etwa gleich alten Gebirgen Westeuropas nicht mehr gilt. Denn der Ural ist eines von den wenigen, durch junge Bewegungen und durch nachträgliche Meeresüberflutungen nicht maskierten älteren Faltengebirge. Ist doch sogar die Bewegung des Gebirges noch eine ursprüngliche, wenigstens im Westen. Hier beginnt das Gebirge noch heute an der Stelle, wo im Jungpalaeozoicum die Faltung begann, die karbonischen und devonischen Schichten der russischen Tafel emporzubringen; die Zwischenzeit hat nur die Höhe, nicht mehr den Ort verändert. Seitdem der Ural fertig aufgerichtet war, sind im wesentlichen nur Erosion und Denudation wirksam gewesen. Sie haben neue Oberflächenformen geschaffen und den Ural namentlich in seinen mittleren und südlichen Teilen zu einem typischen Rumpfgebirge verwandelt.

Im Gegensatz zum Westhang fällt aber der orographische Ost- rand des Gebirges mit seiner geologischen Ostgrenze nicht zusammen. Sein heutiger Verlauf ist nach der gangbaren Auffassung jedoch nicht durch jüngere Verwerfungen, sondern durch einen äußeren Vorgang gegeben: Das Meer der Tertiärzeit drang von Sibirien gegen Westen vor und schliff die Faltenketten nieder, gelangte aber nur bis zu einer gewissen Linie und schuf so die heutige Ostgrenze des Ural. Fast die ganze kristalline Ostzone des Gebirges

ist dieser Zerstörung zum Opfer gefallen bis an den Ural-Tau, der einst ungefähr nur den Westrand des kristallinen Massives, heute den Ostrand des ganzen Gebirges bildet. Östlich davon folgt im Süd-Ural als letzter Rest des einstigen Hochgebirges der niedrige Höhenzug des Ilmengebirges und seine südliche Fortsetzung, und weiter in die sibirische Steppe hinein verraten hier wie am mittleren Ural nur flachwellige Bodenformen den alten Gebirgssockel unter der Steppenoberfläche. Der einst höchste Teil des Gebirges ist also ganz verschwunden oder günstigsten Falls zu einer Art Vorketten reduziert. Es wird vielleicht der zukünftigen Forschung vorbehalten bleiben, festzustellen, ob und wie weit dieser exogenen Transgression endogene Vorgänge Lauf und Ziel vorgesteckt haben. Je nach der Bedeutung, die man dieser Abrasion zuschreibt, wird man den Ural entweder als ein selbständiges Faltengebirge oder aber nur als den westlichsten, zufällig stehengebliebenen Saum einer sehr viel breiteren Faltungszone zu bezeichnen haben. Diese Fragen sind auch praktisch nicht ohne Bedeutung, da sie darüber entscheiden, wie weit im Untergrund Sibiriens ein fortgesetzter Ural zu suchen ist. Gleichfalls von praktischer Wichtigkeit ist die Frage, ob der Ural ein symmetrisches Faltengebirge oder ob er, wie gewöhnlich angenommen wird, ein einseitig von Sibirien gegen die russische Platte bewegtes Faltengebirge ist. Zum Verständnis dieser Dinge müssen wir uns seinem geologischen Bau im einzelnen zuwenden:

Am vollständigsten ist das Querprofil an dem breiten, niedrigen und am leichtesten zugänglichen Übergang von Perm*), und zugleich ein Beispiel, das in seinen wesentlichen Zügen auch für den übrigen Ural, insonderheit den ganzen mittleren und südlichen Teil des Gebirges Gültigkeit hat. Von Westen her tritt man aus enormen Tafeln „permischer“ Schichten, die sich allmählich zu wellen beginnen, in eine stark gefaltete Zone von Karbon und Devon; an vielen Stellen geht die Bewegung deutlich gegen Westen und ist bis zur Überfaltung oder Überschiebung gesteigert. In dieser Zone liegen die wichtigsten Steinkohlenvorkommen. Es folgt eine weitere breite Zone aus Devon, während die Gesteine bei fortdauernder heftiger Faltung allmählich kristallin werden. In einer nächsten, eigentlich kristallinen Zone beginnen sich die vulkanischen Tiefengesteine und mit ihnen die Erze einzustellen. Zwei Reihen sehr basischer Massive laufen einander von Norden

*) Zusammenfassung bei Tétiaeff, S. 85 und 90 mit Profilen (siehe Anm. S. 9)

nach Süden parallel, die westliche zusammenhängende nahe östlich der europäisch-asiatischen Wasserscheide, die zweite kürzere und weniger zusammenhängende weiter östlich. Die erste, in der die Duniten häufiger sind, ist die hauptsächlich platinführende, in der zweiten spielen Serpentine eine größere Rolle. In beiden Zonen liegen die basischen Gesteine in der Mitte und werden nach außen von immer saureren begleitet*): Gabbro, Diabas, Augitporphyrit, Porphyry, Diorit, Syenit, endlich in reicher Menge Granit und seine Ganggesteine. Von den Bodenschätzen dieser Massive ist neben Nickel und Chrom das wertvolle Platin an die basischen gebunden und erscheint daher fast nur in der tiefer erodierten, westlichen Reihe. Ganz östlich folgt dann Gneis, der sich mit Anzeichen einer Überfaltung nach Osten (Rückfaltung? Fächerfaltung?) in das sibirische Vorland hinein fortsetzt, wo er eine Strecke weit noch in den Flußeinschnitten bloßliegt und dann unter einer Decke junger Sedimente verschwindet.

Die Praxis wird sich in der Hauptsache mit zwei Hauptzonen des Gebirges und ihrem streichenden Verlauf beschäftigen, mit der kohlenführenden Karbonzone und dem eisenreichen Unterdevon im Westen und mit der von juvenilen Stoffen förmlich durchtränkten kristallinen Zone im Osten des Gebirges. Auch wird man, wie sich die Kohlenführung der Westzone in das Vorland fortsetzt, für die Erzgebiete des Ostens mit einer Verlängerung nach Sibirien rechnen dürfen.

Zu einem Teile ist der Verlauf dieser Zonen schon durch die Erstreckung und den Umriss des äußeren Gebirges vorgezeichnet.

Das Streichen**)) der uralischen Ketten ist nicht überall so einheitlich meridional gerichtet, als es auf den ersten Blick den Anschein hat, vielmehr vereinigen sich zwei ungleich lange Äste an einer Anschwellung des Gebirges zu einem flachen, nach Osten geöffneten Bogen. Die Stelle der Beugung liegt zwischen $64^{\circ} 30'$ und 65° nördlicher Breite beim Berge Pareko, etwa in der Mitte des als nördlicher Ural bezeichneten Gebirgstiles.

Der nördliche Ast des Bogens, arktischer Ural genannt, ist ein einförmiger Rücken aus kristallinen Schiefen, dessen Westflanke von devonischen Sedimentzonen begleitet ist: Das Streichen ist zunächst NNO und geht weiter

*) Duparc: Le platine et les gites platinifères de l'Oural. Arch. d. sc. phys. et nat. 31; Genf 1915, S. 4 ff.

**)) Philippson: Europa; Leipzig 1906, S. 699.

Philippson: Reise durch den Ural; Sitzungsber. d. Niederrhein. Gesellschaft. f. Natur- u. Heilkunde; Bonn 1898, S. 42-47.

nördlich in NO-Richtung über und endet in dem aus Quarzit und talk- und chloritähnlichen Schiefen aufgebauten Konstantinow-Kamen in $68^{\circ}29'$ nördlicher Breite.

Auch in diesem nördlichsten Teil des Urals sind vornehmlich innerhalb der westlichen Sedimentzone die Falten nach Westen überkippt.

Im Konstantinow-Kamen endet das eigentliche Uralgebirge. In dem sich nördlich anschließenden Hügellande streichen die kristallinen Schiefer von OSO nach WNW etwa senkrecht zum Ural.

Dieselbe nordwestliche Streichrichtung hat die Faltenkette des Pae-Choi, der sich unter 68° vom Ural abzweigt und aus den gleichen Gesteinen besteht wie der Ural selbst, mit einem Kern von kristallinen Schiefen, aber beiderseitig von devonischen Vorzonen begleitet. Durch die Querfurche der Jugorschen Straße vom Festland getrennt, setzt sich der breite Rücken des Pae-Choi im Bau und Streichen unverändert auf der Insel Waigatsch fort. Über diese hinaus erscheinen die alten uralischen Falten in der gleichen Überfaltung wie im Ural selbst auf Nowaja Semlja wieder, erfahren aber hier entsprechend dem Verlauf der Ostküste eine bogenförmige Drehung über N nach NO.

Der südliche Ast des Uralgebirges ist der bei weitem längere. Er reicht durch 18 Breitengrade südwärts bis zum Ust-Urt. Das meridionale Streichen seiner Hauptketten erfährt durch das Plateau von Ufa eine bogenförmige Ausbuchtung nach Osten. An der Beugung selbst erlangen Granit und Gneis größere Ausdehnung. Die Faltenzüge des nördlichen Teiles dieses südlichen Astes, etwa bis zum 59 . Breitengrade, verlaufen durchaus meridional. Sie bilden den Wolgulischen Ural, der mit dem arktischen als „nördlicher Ural“ zusammengefaßt wird. Die westlichsten Faltenzüge bestehen aus Permokarbon, denen ostwärts Karbon und Devon folgen. Die mittleren Hauptketten bilden kristalline Schiefer und den Ostrand eine Zone von Eruptivgesteinen (Granit, Diorit, Diabas, Porphyrit, Serpentin u. a. m.), denen schmale Sedimentstreifen namentlich des Devon eingefaltet sind. Dieser Teil des Urals trägt die Mehrzahl der höchsten unter einem rauen polaren Klima schneebedeckten Gipfel: so den aus senkrecht stehenden oder steil nach W geneigten alten Schiefen bestehenden Töll-Poss (1688 m). Von der eiszeitlichen Vergletscherung war der ganze nördliche Ural bis zum 61° n. Br. betroffen, über diesen hinaus reichte sie nicht.

Divergent zum nördlichen Ural verläuft in NW-SO Richtung zwischen dem Quellgebiet der Petschora und der Halbinsel Kanin der niedrige Höhenzug des Timangebirges. Aus kristallinen Schiefen und palaeozoischen Sedimenten bestehend, ist er nach Bau und Alter ein Glied des Uralsystems.

Der mittlere Ural zwischen 59° und $55\frac{1}{2}^{\circ}$ n. Br. umfaßt jenen merkwürdigen Teil der Faltenzüge, der durch das im Westen vorgelagerte Plateau von Ufa bogenförmig nach Osten aus seiner meridionalen Richtung herausgedrängt wird. Das Plateau von Ufa erhebt sich zwischen 55° und 56° n. Br. aus den Dyasschichten der russischen Tafel; es wird von flach gelagerten Kalken des Oberkarbon aufgebaut, die jedoch nach Tschernyschew keine ganz ebene Schichtentafel bilden, sondern einen flachen Sattel*), dessen sehr sanft geneigter Westflügel fast horizontal nach Westen ausläuft, während der östliche Flügel steil einfällt, auf den sich als Ausfüllung der Mulde gegen das Gebirge

*) Tschernyschew: Beschreibung des Zentral-Urals und des Westhanges. Mém. d. com. géol. St. Pétersbourg 1889, Bd. III, Nr. 4, S. 382.

Permokarbon auflegt. Vor diesem Plateau staute sich nach Sueß*) die von Ost nach West gerichtete Faltung der uralischen Ketten. Die Faltungszonen werden nicht nur auf einen verhältnismäßig schmalen Raum zusammengedrängt, sondern die westliche, vorwiegend aus Karbon und devonischen Quarziten bestehende Sedimentzone, sowie in geringerem Maße die zentrale kristalline Schieferzone des Ural-Tau legen sich in flachem, nach Osten konvexem Bogen um das Plateau herum. Nur die Faltenzüge der östlichen Eruptivgesteinszone, zwischen die auch hier schmale Streifen palaeozoische Sedimente (Devon und Karbon) eingequetscht liegen, behalten im allgemeinen ihr meridionales Streichen bei.

Diese östliche Eruptivzone ist, wie schon erwähnt, völlig eingeebnet, sie bildet als flach wellige Hügellandschaft bereits das Vorland der eigentlichen Gebirgsketten; aber auch diese sind im mittleren Ural so weit erniedrigt, daß sie sich bisweilen kaum merklich über das Vorland erheben. Seit den frühesten Zeiten war daher auch gerade der mittlere Teil des Urals der bedeutsamste für den Verkehr zwischen dem europäischen und asiatischen Rußland, bis die Sibirische Eisenbahn durch den Südural gebaut und zur Hauptverkehrsader zwischen Europa und Asien wurde. Der mittlere Ural wird mit vollem Recht auch erzreicher Ural genannt. Die reichsten Magnetisenerzlagertstätten Blagodat, Wyssokaja, die Brauneisenerzlagertstätten von Kisel und Artemiewka, Gold- und Platinseifen (bei Nischni Tagil) und schließlich die bedeutendsten Kohlenreviere am Westhang des Urals (Kiseldistrikt, Gouvernement Perm) gehören diesem Teil des Gebirges an.

Diese an Bodenschätzen überreiche Gebirgszone setzt sich naturgemäß noch in den südlichen Ural fort, reicht aber auch mit dem Bogoslowkschen Erz- und Kohlenrevier (ca. 60° n. Br.) noch in den nördlichen Ural hinein. Wie außerordentlich und verschiedenartig der Mineralreichtum des Urals ist, lehren die neueren Angaben von Simmersbach**), wonach die Bergwerke und Hütten des Urals im Jahre 1911 10 090 kg Gold, 5778,5 kg Platin, 6339 kg Silber, 98 000 kg Blei, 12 863 000 kg Kupfer, 717 635 000 kg Roheisen, 2 465 000 kg Manganerz und 697 810 000 kg Kohle lieferten.

Auch für den Bau des Südurals ist das Ufaplateau von einschneidender Bedeutung. Während das Plateau nach Norden allmählich schmaler wird, endigt es im Süden bei 55°15' n. Br. plötzlich mit einem breiten O-W verlaufenden Rande, der an den Uralfalten rechtwinklig nach Norden umbiegt. Das plötzliche Aufhören der Stauung bedingt hier offenbar ein etwa am Iremel beginnendes Auseinandertreten der südlichen Faltenzüge, das Sueß treffend eine durch das Ufaplateau erzwungene Virgation der Falten nennt. Die westliche Faltenzone aus devonischem Sandstein, von einem schmalen Karbonstreifen begleitet, folgt zunächst dem Südrand des Plateaus mit O-W Streichen (Karatau), kehrt aber alsdann in seine ursprüngliche meridionale Streichrichtung zurück. Die mittlere kristalline Zone des Ural-Tau ist bereits weniger extrem nach Westen abgelenkt und geht aus dem flachen, nach Westen konkaven Bogen, den sie im mittleren Ural bildet, allmählich wieder in die meridionale Richtung über; die östliche Eruptivzone schließlich behält unverändert ihr N-S Streichen bei. Sie wird in diesem südlichen Teil des Urals außerordentlich breit;

*) Mit den Beobachtungen von Tschernyschew ist jedoch die Sueßsche Ansicht über die tektonische Stellung des Ufaplateaus schwer zu vereinigen.

**) Simmersbach: Kupferbergbau und Hüttenwesen auf dem Ural. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1916, S. 103.

Granite, Syenite, Porphyre und basische Eruptivgesteine bilden breite Züge, zwischen denen Sedimente des Devon und Karbon als unbedeutende Inseln eingekeilt liegen. Auch im südlichen Ural ist diese östliche Faltenzone bis auf das bereits erwähnte Ilmengebirge zu einem flach welligen Gebirgsvorlande abgetragen, der Gebirgscharakter der übrigen Ketten ist in diesem Teil des Urals aber noch bedeutend ausgeprägter als im mittleren. Die Faltenketten erreichen innerhalb der devonischen Sedimentzone im Iremel und Jaman-Tau Gipfelhöhen, die denen des nördlichen Urals kaum nachstehen und die wasserscheidende Hauptkette des Ural-Tau erheblich überragen. Aber auch hier spricht sich das hohe Alter des Gebirges in sanften Umrissen und ruhigen, gleichmäßigen Kammlinien in Oberflächenformen deutlich aus, die denen unserer deutschen Mittelgebirge am besten vergleichbar sind. Der Erzreichtum des Südurals ist gleichfalls bedeutend, die reichen Lagerstätten des Blagodat, der Wyssokaja und von Kisel haben hier im Magnitnaja und Bakal ein Gegenstück. Außer Eisen sind Kupfer, Mangan und Gold zu nennen.

Südlich des Uralflusses, der das Gebirge in einem Quertal zwischen Orsk und Orenburg durchbricht, nimmt der Ural Plateaucharakter an.

Seine südlichste Fortsetzung ist das Mugodshar-Gebirge. Dieser niedrige alte Gebirgszug besteht aus kristallinen Schiefen und Eruptivgesteinen, die von einer 30 km langen und 20 km breiten Zone kohlenführender palaeozoischer Sedimente begleitet werden. Er streicht wie der Ural selbst N-S und fällt bei geringer Störung seiner Schichten flach nach W ein. Stellenweise überdecken ihn flach und diskordant cenomane Grünsandsteine, die nach Süden in die Kreidetafel des Ust-Urt übergehen, aus der die Mugodsharen herausgewaschen wurden.

Die Gesteine*), die den Ural aufbauen, sind außerordentlich mannigfaltig.

Unter den Eruptivgesteinen nehmen die Granite einen breiten Raum ein; sie bilden einzelne Kuppen und ausgedehnte Bergzüge wie im Ilmengebirge und seiner südlichen Fortsetzung. Der gewöhnliche Uralgranit ist ein Biotitgranit (Granitit). Auch Hornblendegranite sind häufig. Durch den Gebirgsdruck ist er vielfach gestreckt und in Orthogneis verwandelt und erweist sich alsdann als älter wie das Ende der Faltung. Bei Tscheljabinsk ist der Granit Gegenstand einer wichtigen Steinbruchindustrie, ungleich bedeutsamer ist aber, daß die Goldergänge zum großen Teil im Granit aufsetzen und auch die Beresite des Goldgebietes von Beresowsk sind zersetzte Mikrogranite.

In enger Verbindung mit den Graniten stehen Porphyre, Quarzporphyre und quarzfreie Orthoklasporphyre, wie auch Quarzkeratophyre und Keratophyre als effusive Facies der granitischen Magmen.

Die Syenite sind im Ural reichlich vertreten. Außer dem gewöhnlichen Hornblendesyenit sind mannigfache Abarten, wie Augitsyenit und der von G. Rose als Miaskit bezeichnete Eläolithbiotitsyenit, zu nennen. Die Miaskite nehmen vornehmlich den Westhang und die höchsten Felspartien des Ilmengebirges ein und scheinen die Gneisgranite gang- und stockförmig durchbrochen zu haben. An beide Gesteinsarten sind im Ilmengebirge wichtige und berühmte Mineral-

*) Tschernyschew: Beschreibung des Centralen-Urals und seines Westhanges. Mem. d. com. géol. St. Pétersbourg 1889, Bd. III, Nr. 4.

Karpinsky: Versant oriental de l'oural. Guide des excursions des VII. Congrès géol. intern. St. Pétersbourg 1897, Nr. 5.

gruben*) gebunden mit einer reichen Auswahl der verschiedensten Mineralien und wertvoller Edelsteine (Korund, Topas, Zirkon usw.). Im mittleren und südlichen Ural treten die bedeutendsten Magneteisenerzmassen der Wyssokaja Gora, Gora Blagodat und Magnitnaja Gora in Verbindung mit Syeniten auf. Solche Syenitmassive fügen sich dann mehr oder weniger konkordant den Schichten des unteren und mittleren Devon ein, wobei das Gestein selbst teils wie ein Granit eugranitischen Charakter hat, teils aber auch mit porphyrischer Struktur als Syenitporphyr — Orthophyr — erscheint.

Unter den basischen Eruptivgesteinen haben Gabbros, Peridotite (Serpentine) und ähnliche Gesteine, deren Umwandlung zum Serpentin führt, sowohl hervorragende gebirgsbildende wie wirtschaftliche Bedeutung (vgl. S. 96). — Die Gabbros zeichnen sich durch große Verschiedenartigkeit aus, sind aber in den einzelnen Typen wie Uralitgabbro, Flasergabbro usw. vielfach nur als dynamometamorphe Veränderungen normaler Gabbros aufzufassen. Im südlichen Ural greifen die Gabbrogesteine ausnahmsweise auch auf den Westhang über, sind aber vielfach in Amphibolite umwandelt. Innerhalb der Gabbros sind magmatische Ausscheidungen titanhaltiger Magneteisenerze stellenweise zu recht bedeutenden Lagerstätten angereichert (Katschkanar).

Der Kamm des Koswinsky-Rückens**) besteht aus einem, Koswit genannten, sehr magnetitreichen Olivinaugitgestein, unter dessen Verwitterungsblöcken es solche gibt, die fast vollkommen aus Magnetit bestehen und bis 200 kg wiegen

Olivingabbros sind platinhaltig und führen in ihrer extremsten Form als Olivinfels (Dunit) wie z. B. am Berge Solowjew zu dem eigentlichen Muttergestein des Platins. Im nördlichen Ural***) bauen Dunite, die mehr oder weniger serpentiniert sind, zwischen den Oberläufen des Wijai und der Toschemka einen 30 km langen N-S verlaufenden Rücken auf. Diese Dunite enthalten aber an Stelle von Platin Chromit (Chromspinel). Südlicher an der oberen Koswa haben Duparc und Pearce**) Dunite im Gebirgszuge des Koswinsky am Sosnowsky-Ouwal, im Tilai-Massiv und anderwärts nachgewiesen, die, ebenfalls stark serpentiniert, ein Gemenge aus Olivin und Chromeisen darstellen.

Wie diese Gesteine sind auch die im Ural häufigen Pyroxenite extreme Formen von Gabbrogesteinen und stehen infolge dieser genetischen auch in engen räumlichen Beziehungen zu diesen. Die Pyroxenite sind zumeist Diallag- und Enstatitgesteine, die aber selten frisch, vielmehr stets mehr oder weniger serpentiniert sind. Beide Arten enthalten Chrom, in frischem Gestein anscheinend an ein Silikat gebunden. Dieser Chromgehalt ist hier wie in den Olivingesteinen bei der Umwandlung in Serpentin der Ausgangspunkt für die Bildung von Chromeisensteinlagern. Solche Chromeisensteinvorkommen in Serpentin sind über den ganzen Ural vom Bogoslowsker Hüttendistrikt bis zu den Bergen von Guberlinsk im südlichsten Ural verstreut. In analoger Weise liefert die Serpentinisierung der Peridotitgesteine Nickelerze, Magnesit und, wie Tschernyschew vom Kamyschak bei Balbuck nachgewiesen hat, auch Gold.

*) Arzruni: Die Mineralgruben bei Kusta und Miass. Guide etc.: Nr. 4.

**) L. Duparc et F. Pearce: Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord dans la Rastesskaya et Kizelowskaya-Datcha (gouvernement Perm). Mém. soc. phys. et d'hist. nat. de Genève. 34, S. 57—162 u. S. 383—602.

***) Duparc et M. Wunder: Sur les serpentines du Krevet-Salatim (Oural du Nord); Compt. rend. 152, 1911, S. 883—885.

Alle diese verschiedenen dunklen Gesteine, bei denen auch noch die Norite zu erwähnen wären, sind aber, wie Duparc und Pearce für das Koswinsky- und Tilai-Gebirge nachgewiesen haben, Spaltungsprodukte nur eines überaus basischen Stammmagmas. In dem genannten Gebiete schieden sich zunächst Uralitgabbro und Norite aus, dann folgten Pyroxenite, dann Koswit und Tilait (ähnlich dem Olivingabbro) und als Schlußglied Dunit.

Von allen Eruptivgesteinen sind eigentlich nur Diabase auf beiden Gebirgsseiten vertreten, aber wie Tschernyschew im Südrural gezeigt hat, in Struktur und Lagerungsform verschieden. Auf dem Osthang sind die Diabase effusiv und bilden von Tuffen begleitete Decken mit dem Charakter von Massenergüssen längs meridionaler Spalten aus der Zeit des Unter- und Mitteldevon; auf dem Westhang dagegen sind sie intrusive Massengesteine aus dem Anfang der Devonzeit in Form von Gängen und Stöcken. Zum Teil sind aus den Diabasen Amphibolite geworden.

Ausschließlich am Osthang des Gebirges erreicht sodann eine Gruppe klastischer Gesteine große Entwicklung, die auf der geologischen Karte des Urals als Grünsteintuffe und Grünschiefer bezeichnet werden. Mit ihnen vergesellschaftet sind neben Breccien und Konglomeraten Hornsteine und Jaspis, und in auffälliger Abhängigkeit von dieser Zone erscheinen Porphyrite. Die Gesteine sind teils vulkanische Breccien und echte, aus Aschen unter Wasser abgesetzte Diabas- und Porphyrituffe und außerdem dynamometamorph in grüne Schiefer (Chloritschiefer) umgewandelte Porphyrite und Diabase, zum anderen Teil aber veränderte Sedimente devonischen und karbonischen Alters; besonders der Jaspis ist voll von Radiolarien, und auch die Tuffe schließen bisweilen organische Reste ein. Wir haben also hier gleichsam ein Gegenstück zur westlichen Sedimentzone.

Diese Gesteine leiten uns zu den kristallinen Schiefern über. Außer verschiedenartigen Gneisen umfaßt diese Gesteinsgruppe Glimmerschiefer, Chloritschiefer, Serizitschiefer, mannigfache Phyllite, Quarzite, Konglomerate und einige untergeordnete Gesteinstypen. Dieser von älteren Autoren für archaisch gehaltene Schichtenkomplex bildet nach Tschernyschew mit den normalen Sedimenten des Unterdevon ein einheitliches Ganzes. Von Westen nach Osten vorschreitend gehen diese ganz allmählich in die kristallinen Schiefer über. Ihr Verbreitungsgebiet ist offenbar die Zone stärkster und ältester Faltung im ganzen Uralsystem. Nach Westen nimmt die Intensität der Faltung und damit das Maß der metamorphen Gesteinsveränderung ganz allmählich ab, bis diese ganz verschwindet und das ursprüngliche Devongestein erscheint. Der hochkristalline Ural-Tau des mittleren und südlichen Urals verdient daher nicht nur wegen seiner Rolle als Wasserscheide zwischen Europa und Asien, sondern auch als ältester Gebirgstheil den Namen eines zentralen Hauptkammes, der er aber orographisch nicht mehr ist. Er bildet eine Antiklinale mit flachem West- und schroffem Ostfall, deren Scheitel abgetragen ist, während die Quarzite auf den Gipfeln der westlicheren Parallelketten der Denudation weit besser widerstanden und daher heute die Hauptkette um ein bedeutendes überragen.

Im nördlichen Ural, im Gebiete der oberen Wichera*), sollen nach Duparc die kristallinen Schiefer zum Teil doch älter als Unterdevon sein. Sie bauen

*) L. Duparc, F. Pearce et M. Tikanowitsch: Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord. Le bassin de la Haut-Wichéra, Mém. soc. phys. et d'hist. nat. de Genève 1909, 36, S. 33—210; Ref. N. J. f. Min. 1910, II, S. 233.

hier von Ost nach West eine Reihe flacher Parallelfalten auf und bestehen überwiegend aus quarzreichen Sericitschiefern und Chloritgneisen; dazu treten Albitchloritschiefer und Albit-Epidot-Amphibolite, die aus Diabasen hervorgegangen sind.

Ein Teil dieser kristallinen Schiefer ist von Haus aus eisenhaltig, so daß ihre Zersetzung nahe der Oberfläche zur Bildung von Brauneisenerzlagerstätten führen konnte. Es sind dies typische Verwitterungserze, wie wir sie vom Hüttenwerk Komarowo im südlichen Ural und anderen Stellen kennen.

Die ältesten, durch Fossilfunde bestätigten Sedimente gehören dem Unterdevon an. Das Devon des Urals nimmt insofern eine besondere Stellung ein, als das Uralland auch im Unterdevon von Meer bedeckt war, zu einer Zeit also, wo das ganze übrige Rußland im wesentlichen landfest war. Das Unterdevon beginnt mit Tonschiefern, Quarzsandsteinen und Quarziten, denen sich an der Basis und im Hangenden fossilführende Kalke zugesellen, die am Osthang bis zum Übergang in Talkschiefer verändert sind. Der ganze, sehr mächtige Schichtenkomplex ist zu mehreren parallelen Faltenzügen aufgerichtet und alle bedeutenden Ketten des südlichen Urals bestehen daraus. Die Denudation hat dann die Falten angeschnitten, und da von allen Gesteinen die Quarzsandsteine und Quarzite die widerstandsfähigsten sind, bilden diese heute in scharfen Graten und zu wilden Blockmeeren aufgelöst die Höhen der Ketten. Im Bogoslowskschen Revier stellen sich an der Grenze gegen das Mitteldevon tentaculitenhaltige Tonschiefer und Kieselschiefer ein in enger Verbindung mit Grünsteintuffen. Das Mitteldevon ist im wesentlichen durch Dolomite und Kalke vertreten, die durch Gebirgsdruck häufig eine Schalenstruktur angenommen haben, mit einer Fauna, entsprechend den gleichalten Schichten des Harzes und der Eifel. Auch das Oberdevon ist überwiegend kalkig entwickelt mit Goniatiten und Clymenien als Reste seiner Tierwelt, nur an seiner Basis erscheinen schiefrige Sandsteine. Die devonischen Kalkhorizonte namentlich der unteren und mittleren Stufe enthalten wichtige primäre Eisenerzlagerstätten, aber auch eine Anzahl metasomatischer Brauneisenerzvorkommen vom Typus der Karsterze und andersartige Verwitterungslagerstätten sind an devonische Kalke gebunden. Daneben ist besonders die quarzitischeschiefrige Zone des Unterdevon ein wichtiger Eisenerzhorizont*) und birgt im südlichen Ural eine bedeutende Zahl Brauneisenerzlager gleicher Entstehung wie in den kristallinen Schiefen.

Sedimente der Karbon erscheinen zwischen Devon und Permokarbon als breite, ziemlich einheitliche Zone längs des ganzen Westhanges, am Osthang aber — meist nur Unterkarbon — nur zerrissen und in stark verworfener Lagerung als Inseln zwischen kristallinen Schiefen und Eruptivgesteinen. Die Entwicklung des uralischen Karbon entspricht jener des Moskauer Beckens. Hier wie dort birgt die untere Abteilung Steinkohlen, die auch im Ural Gegenstand eines nicht unbedeutenden Bergbaues sind. Die kohlenführende Sandstein- und Tonschieferserie, die im nördlichen und mittleren Ural an der Basis und zwischen unterkarbonischen Kalken auftritt, ist aber im südlichen Ural durch kohlenfreie Kalksteine vertreten. Die intensive Faltung des Osthanges hat dort die Flöze teilweise in Graphit verwandelt. Auch das ganze Oberkarbon des Westhanges ist kalkig entwickelt und nach seinem Fossilinhalt ähnlich dem

*) Futterer: Beiträge zur Geologie des Süd-Ural. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1897, S. 193—198.

Moskauer Oberkarbon gegliedert. Hier wie dort schließen die an einer kugeligen Fusulinenart reichen Schwagerinenkalke die Karbonformation ab.

Erst mit Ausgang des Karbon ändern sich diese gleichen Verhältnisse. In Mittelrußland verliert das Meer weite Gebiete seiner Herrschaft, und erst Sedimente, die zeitlich unserem deutschen Zechstein entsprechen, sind die nächsten Zeugen seiner Überflutung. Im Ural aber werden die Kalke durch die sandig-mergelige Facies eines seichteren Meeres abgelöst. Sie leitet uns zu den Übergangsschichten des Permokarbon, dessen Tierwelt größtenteils als eine Fauna anzusprechen ist, die das Oberkarbon überlebte, ohne sich viel zu verändern, während die Pflanzen schon ein durchaus permisches Gepräge haben. Nur vom Westhang kennen wir Permokarbon, hier aber in großer räumlicher Verbreitung in jenem hügeligen Vorlande — den Parmas —, das aus dem Gebirge ins russische Tafelland überleitet. Zwei Horizonte sind zu unterscheiden, zuunterst Sandsteine, Mergel, Tonschiefer, Konglomerate und auch Kalke der artinskischen Stufe und darüber ein größtenteils abgetragener Dolomithorizont. Lagerstättenkundlich bieten diese Gesteine kaum Interesse, um so mehr aber vom geologischen Standpunkt aus, denn die artinskische Stufe birgt eine z. T. pelagische Fauna mit jenen merkwürdigen Ammoniten, die die ältesten sind, die wir von diesen Tierformen überhaupt kennen.

Das ganze Mesozoikum hat im Ural so gut wie keine Zeugen hinterlassen; nur am Osthang des Südurals begegnen wir verstreuten Vorkommen von kohlenführenden Süßwasserbildungen der Rhät-Lias-Zeit. Am Osthang des nördlichen Urals sind dagegen seit langem mariner oberer Jura und untere wie obere Kreide in diskordanter Lagerung auf dem gefalteten Gebirge entdeckt, und schließlich ist auch im zentralen Teil des südlichsten Ural ein isoliertes Vorkommen von oberer Kreide bekannt geworden.

All diese Vorkommen ergänzen sich aber nicht zu einer geschlossenen Überdeckung des Gebirges. Im Gegenteil waren seit der Auffaltung des Urals nur allein Kräfte des Festlandes wie Erosion und Denudation wirksam, die abtragend, nicht aufbauend wirkten.

Erst 50—150 km östlich der Gebirgsachse beginnt die einheitliche und horizontale Sedimentdecke des Alttertiär; im Zwischenraum sind längs des ganzen östlichen Ural Sümpfe und zahllose z. T. abflußlose und salzhaltige Seen Relikte dieses Tertiärmeeres. Wirtschaftlich wertvolle Bodenschätze aus der Tertiärzeit kennt man im Bogoslowskschen Bergrevier. Einmal sind dies Braunkohlen und sodann schichtige Lagerstätten von Eisen- und Manganerzen in Strandbildungen am einstigen Meeresufer. Die posttertiäre Vergangenheit ist für die wirtschaftliche Gegenwart wieder um so bedeutungsvoller, denn in ihr bildeten sich bis ins, ja sogar vornehmlich im Alluvium die wertvollen Gold- und Platinseifen, während gleichzeitig der nördliche Ural bis zum 61° unter diluvialen Eise ruhte.

Die vorkambrischen Faltenrichtungen im kristallinen Untergrund der russischen Tafel wurden bereits erwähnt. In den südrussischen Massiven (Asowscher und Podolischer Horst) und nordwärts bis an den Onega-See streichen die Falten NNW bis NW. In Finnland herrscht vornehmlich NNW-Richtung, die am Weißen Meer (Pomorsche Küste) in NNO- bis ONO-Streichen übergeht. Der mächtige Granulitzug in der Gegend des Enare-Sees in Lappmark (Kola) streicht anfangs WNW, geht aber allmählich im Bogen in die N-Richtung über.

Dieselben Streichrichtungen kehren im nördlichsten Teil des Uralsystems wieder. Die Hauptmasse der uralischen Falten (südlicher Ast) — abgesehen

von der durch das Ufaplateau bedingten Ausbeulung — verläuft vorzugsweise oder wie im südlichen Teil des nördlichen und im mittleren Ural ausgesprochen meridional.

Im nördlichen Teil (nördlicher Ast) dagegen herrscht NNO- bis NO-Richtung. Die Faltenketten des Pae-Choi endlich mit ihrer Fortsetzung auf Waigatsch laufen WNW und wenden sich auf Nowaja Semlja über N nach NO, dem Granulit-zug von Enare vollkommen entsprechend. Sueß hebt diese merkwürdige Übereinstimmung in der allgemeinen Anlage der Faltenlinien des vorkambrischen Gebirges und des weit jüngeren Uralsystems besonders hervor und bezeichnet wenigstens für diesen Gebirgstheil mit Recht den Ural als eine „posthume Bildung auf dem alten Plan“*).

Auf diesen Grundlinien entstand das Gebirge als das Ergebnis eines lang anhaltenden einheitlichen Faltungsprozesses während des jüngeren Palaeozoicums, denn alle Sedimente vom Devon bis zum Permokarbon folgen im allgemeinen mit gleichem Streichen unter sich und konkordant übereinander. Die ältesten Anzeichen der meridionalen Uralfaltung glaubt Wyssotzky**) für den nördlichen Teil des mittleren Urals im Unterdevon zu erkennen, eng verbunden mit einer submarinen Eruptionsperiode (Wechselagerung von lockeren Eruptivprodukten mit marinen Sedimenten), die mit wechselnder Stärke bis ins Mitteldevon reicht. Erst nach dieser Zeit, also im Oberdevon, wurde die erste Uralfalte als eine in meridionaler Richtung langgestreckte Insel an die Oberfläche des Devonmeeres gehoben und auch die Eruptionen von Porphyriten und Diabasen sind von nun ab kontinental. An das Ende der Karbonperiode legt Wyssotzky sodann noch eine jüngere Eruptionsperiode (Quarzkeratophyre, Keratophyre und Diabasporphyrite), und das war zugleich die Zeit der Entstehung der sogenannten „transuralischen Verwerfungen“, d. h. Dislokationen, durch die alle älteren Gesteine in eine ganze Reihe meridionaler Falten gelegt wurden. Damit im Einklang hat Tschernyschew***) schon früher gezeigt, daß das älteste Uralgebirge nur aus einer zentralen Falte, dem heutigen Ural-Tau bestand. Dem Ural-Tau lagern sich dann — soweit wir wenigstens das Gebirge heut vor uns sehen — nach W eine ganze Reihe späterer Parallelfalten vor. Im Osten war die Faltungsintensität am größten, daher haben wir hier dynamometamorphe Gesteinsveränderungen in stärkstem Maße und Umwandlung der Kohle in Graphit. Wie Karpinskys Profile aus dem mittleren und südlichen Ural lehren, reichte sie aber auch innerhalb der palaeozoischen Sedimentzonen noch aus, Überfaltungen zu schaffen. So konnte Sueß die tangential Bewegung mit Recht als so bedeutend bezeichnen, „daß ganze Zonen des Gebirges in Richtung nach Europa überstürzt worden sind“. Im jüngeren Oberkarbon und namentlich im Permokarbon war die Auffaltung des Urals am energischsten, erfaßte aber am westlichen Gebirgsrande nur noch einen Teil der Permokarbon-Schichten. Diese liegen hier zwar im wesentlichen noch konkordant auf dem Karbon. Ihre Aufrichtung war aber nicht mehr groß und schuf nur noch die „Parmas“, jene niedrigen Vorketten, in denen man das Ausklingen der Uralfaltung erkennt. Im älteren Perm stand der ganze Ural fertig da; seitdem ein Gebiet tektonischer Ruhe.

*) Sueß, Antlitz der Erde, III, S. 483.

**) Wyssotzky: Die Iss- und Nischny-Tagil-Platinseifengebiete im Ural. Mém. com. géol. St. Pétersbourg, 1913, N. S. 62, S. 659—663.

***) Tschernyschew, Beschreibung des Central-Ural und des Westhanges. Mém. com. géol. St. Pétersbourg 1889, III, 4.

Wir kommen nun zu einer Übersicht der in diesem Rahmen aufgespeicherten nutzbaren Stoffe:

Kohlen am Westabhang des Urals. *) Kohlen finden sich im Ural sowohl am West- wie am Osthang des Gebirges, indes ist der hauptsächlichste Abbau nur auf den Westhang, und zwar dessen mittleren Teil, vornehmlich im Gouvernement Perm, beschränkt. Hier folgen die Kohlenflöze fast ununterbrochen dem ganzen Verlauf des Gebirges und ragen gelegentlich als Inseln aus jüngeren Ablagerungen hervor. Die Lagerstätten gehören dem Typus des Moskauer Beckens an. Die Kohlen sind unterkarbonisch und finden sich in Flözen von 1—5 m Mächtigkeit innerhalb einer Schichtenserie von Sandsteinen, Tonen und Tonschiefern zwischen Kalken mit *Productus mesolobus* im Liegenden und Kalken mit *Productus giganteus* im Hangenden. Ihrer Qualität nach sind es Magerkohlen, zur Koksfabrikation mit einigen Ausnahmen ungeeignet. Zurzeit haben drei Grubenbezirke größere Bedeutung.

Die Kohlenfelder des Lunjewka-Distriktes im mittleren Ural. Die kohlenführenden Schichten sind 270 m mächtig und bestehen hier aus Ton, Schiefertonen und Sandsteinen, denen 15 Flöze zwischengeschaltet sind. Den unteren Teil dieser Schichtenserie bilden 45—64 m mächtige Tone und Schiefertone mit Hornsteinlagen, dann folgen ca. 106 m weiße und dunkle Sandsteine mit Kohlenflözen und darüber liegen dunkle Tone mit Sandsteinlagen und Hornstein. Sie treten in mehreren N-S streichenden Streifen auf, sind stark gefaltet, teilweise sogar überkippt, so daß die Kohlenflöze gelegentlich zutage ausgehen oder nahe an die Oberfläche kommen. Die Axen der Falten laufen im allgemeinen nicht horizontal und bedingen so die Bildung von Spezialmulden.

Hauptsächlich werden die beiden oberen Flöze der mittleren (Sandstein)Zone abgebaut, die zufolge der wechselnden Beschaffenheit der Kohle mit verschiedenen Namen belegt wurden. Das obere Flöz ist bis 2,1 m mächtig, das untere über 1 m, zwischen beiden liegen ca. 10 m Sandstein und Schiefertone; das untere Flöz wird außerdem durch eine schwache Sandsteinschicht in zwei Teile geteilt.

Die Qualität der Kohle ist in den beiden Flözen verschieden; im oberen Flöz ist die Kohle hart mit stumpfem Bruch und von dünnen Schwefelkiesanflügen durchsetzt. Die Kohle des unteren Flözes ist im allgemeinen mürbe mit glänzend schwarzem Bruch;

*) The coal resources of the world. Bd. III, S. 1187—1194.

Schwefelkies und Schieferpartien bilden Klumpen und einzelne Schichten, die von der Kohle leicht getrennt werden können; sie ist für den Transport wenig geeignet und wird zur Koksfabrikation verwendet. Der Aschengehalt der Kohlen des Lunjewka-Distriktes ist sehr hoch (bis 20 u. 40%), der Schwefelgehalt beträgt 3—5%. Im allgemeinen ist die Kohle minderwertiger als diejenige des Kisel-Distriktes und wegen der intensiven Faltung und Störung des Kohlengebirges schwieriger abzubauen als die Kohlen des Kisel- und Gubahinski-Distriktes.

Die Förderung betrug seit 1900 im Durchschnitt jährlich 10000 t (schwankte aber zwischen 68000 t [1908] und 126000 t [1901]). Im Jahre 1910 betrug sie 120000 t.

Nach Angaben von Katsovski aus dem Jahre 1885 wird der Kohlenvorrat des Lunjewka-Distriktes auf 7370000 t angegeben.

Der Kohlendistrikt von Kisel (Kreis Solikamsk, Gouvernement Perm). Das produktive Kohlengebirge bildet im Kisel-Bezirk zwei N-S streichende Falten, die vom Kisel-Fluß durchbrochen werden. Die Zahl und Mächtigkeit der Flöze, die in den einzelnen Gruben aufgeschlossen sind, ist verschieden; die Lageungsverhältnisse sind im allgemeinen einfacher als im Lunjewka-Gebiet und die Bedingungen für den Abbau daher recht günstig.

Auf dem Westflügel der westlichen Sattelfalte, auf dem rechten Ufer des Kisel-Flusses baut die Knyajeski-Grube drei Flöze ab, von denen das eine 2 m, die beiden anderen je 1 m mächtig sind, die durch 8,5 bzw. 6 m dicke Tonschiefermittel getrennt werden. Die Flöze fallen unter 20° nach NW ein und sind bei gleichmäßiger Mächtigkeit in großer Ausdehnung bekannt.

Auf der südlichen Fortsetzung des gleichen Sattelflügels bauen auf dem linken Ufer des Kisel die Knyagininski-Grube und Razzolinski-Grube mit einer Gesamtmächtigkeit von 4,3 m die gleichen Flöze ab. Die kohlenführenden Schichten erstrecken sich über 17 km südwärts bis zur Koswa.

Der Kohlenvorrat der drei bisher genannten Gruben wird auf 16 Mill. t angegeben, wobei mit einer durchschnittlichen Kohlenmächtigkeit von 4,3 m gerechnet und die Ausdehnung der Flöze auf 5,3 km in der Länge und über 1/2 km in der Breite angenommen wird.

Auf dem Sattel der westlichen Falte, etwa 2 km nördlich des Kisel-Flusses, in der Staro-Korchounovski-Zone, finden sich sieben fast horizontal lagernde Flöze, von denen die ersten beiden nur dünn, das vierte aber 2,5 m und die übrigen je 1 m mächtig sind.

In direkter Fortsetzung dieser Zone, auf dem Ostflügel der westlichen Sattelfalte, liegen die Novo-Korchounovski-Kohlenfelder mit drei abbauwürdigen Flözen von zusammen 4,3 m Mächtigkeit; die Flöze sind hier aber sehr gestört, fallen sehr unregelmäßig ein und sind z. T. überkippt.

Der Kohlenvorrat der Staro- und Novo-Korchounovski-Gruben wird auf 10 Mill. t geschätzt.

Östlich von Novo-Korchounovski wurden in der Bogoroditski-Grube zwei 1 m-Flöze und neun dünne Flöze angetroffen; sie lieferten jedoch nur minderwertige Kohle, die den Abbau nicht lohnte.

Von historischer Bedeutung sind endlich die Flöze des Zaprudnoye-Kohlenfeldes auf dem Ostflügel der östlichen Sattelfalte. Hier wurden die uralischen Kohlen im Jahre 1790 zuerst entdeckt. Die Flöze fallen fast senkrecht ein und führen 2,7 m Kohle.

Die Kohlen des Kisel-Distriktes sind hart und transportfähig, eignen sich aber meist nicht zur Koksfabrikation; sie enthalten 15—17% Asche und etwa 0,75% Schwefel.

Der Kisel-Bezirk ist das wichtigste Kohlengebiet am Westabhang des Urals. Von 1900—1908 ist die Förderung von 193 000 t auf 627 000 t gestiegen und betrug im Jahre 1909 508 000 t (einschließlich der Kurmatkovski- und Kristova-Grube an der Koswa).

Der der Berechnung zugängliche Gesamtvorrat beträgt 25 Mill. t, die wahrscheinlich vorhandene Menge ist aber bedeutend größer.

Kohlenfelder der Gubakhinski-Grube. Südlich des Kisel bilden die Schichten des produktiven Karbon eine lange Sattelfalte längs der Koswa. Am Ostflügel fallen die kohlenführenden Schichten mit 20—25° nach NO, auf dem Westflügel mit 45—55° nach SW unter die Kalke mit *Productus giganteus* ein. Man unterscheidet hier das obere und untere Gubakhinski-Feld. Das obere Gubakhinski-Feld enthält zwei abbauwürdige, gleichmäßig geneigte Flöze, von denen das obere 1,5 m, das untere 0,7 m mächtig ist. Die Kohlen beider Flöze sind ziemlich gasreich, zerfallen aber leicht an der Luft; sie enthalten 13—15% Asche und nur 0,3—0,6% Schwefel. Das untere Flöz liefert Kokskohle. Die Flöze lassen sich etwa 10 km nach Norden bis über die Polovinka-Station hinaus verfolgen. Der Kohlenvorrat des oberen Gubakhinski-Feldes wird auf 25 Mill. t geschätzt.

Die kohlenführenden Schichten des unteren Gubakhinski-Feldes auf dem rechten Ufer der Koswa enthalten vier technisch wichtige Flöze. Drei davon sind zwischen 0,5 und 1,5 m mächtig, während

das vierte (Ivanoski-Flöz) 4,5 m mißt und von einer 0,5 m starken Sandstein- und Schieferschicht in zwei fast gleiche Teile zerlegt wird. Die Kohle ist tiefschwarze, wetterbeständige Gaskohle mit bis 24% Aschengehalt.

Über die Koswa hinaus erstreckt sich das Steinkohlengebirge weiter nach Süden, wird hier von der Uswa quer durchschnitten und verschwindet, ehe es den Vilva-Fluß erreicht. Auch in diesem Teil sind auf dem Ost- und Westflügel der Falte abbauwürdige Kohlenflöze bekannt, die von der Uswenski-Grube ausgebeutet werden.

Abgesehen von den im vorangehenden erwähnten Kohlengebieten sind Kohlenvorkommen auch noch von anderen Stellen des Westhanges des Urals bekannt; sie sind aber nur unbedeutend und haben kein wirtschaftliches Interesse. Bis zum Bau der Ural-Eisenbahn (1879) entwickelte sich der uralische Kohlenbergbau nur langsam, gewann aber dann schnell an Bedeutung; in den 90er Jahren betrug die jährliche Förderung bereits 150000 t und hatte in den letzten Jahren vor dem Kriege die Höhe von 600000 bis 800000 t erreicht.

Kohlen am Osthang des Urals. Wie schon erwähnt, sind unterkarbonische Sedimente in einzelnen Schollen auch den älteren kristallinen Gesteinen des Osthanges eingefaltet. Sie ziehen sich unter anderem als schmales Band im mittleren Ural aus der Gegend nördlich des Hüttengebietes von Nishne-Tagil bis südlich des Isset-Flusses. An der Basis dieses Karbonstreifens treten Kohlen auf und weit im Süden dann noch einmal im Muhodshar-Gebirge.

Die kohlenführenden Schichten sind jedoch stark gestört, vielfach überkippt, verworfen und auskeilend, so daß wir größere geschlossene Kohlenbecken nicht zu erwarten haben, und obgleich die Qualität der Kohle viel besser ist als am Westhang, so ist aus diesem Grunde ihre wirtschaftliche Bedeutung geringer. Der nördliche Teil des Kohlengebirges führt Anthrazit, nach Süden, am Pyshma-Fluß, stellen sich Kokskohlen ein. Die hauptsächlichsten Abbaugelände liegen zu beiden Seiten des Borowka-Flusses nördlich und südlich von Egorshino.

In Egorshino selbst wurde 1871 bei Brunnenbauten die Kohle — teils glänzender Anthrazit, teils mehr bröcklige Steinkohle — entdeckt und durch weitere Forschungen wurden im Bereich des Ortes noch 6 Flöze nachgewiesen, von denen zwei 5,3 bzw. 8,5 m mächtig waren. Zu dem Kohlenbereich von Egorshino gehören die Grubenfelder der Hütten von Nishne-Tagil. Hier sind 10 Flöze aufgeschlossen, die mit Ausnahme von dreien durchschnittlich 1,2 bis

2,1 m mächtig sind, das Flöz VI aber allein 8,5 m gute Anthrazit-Kohle hat. Nach Süden schließen sich die Felder der Sysstert-Werke mit 4 und diejenigen der Werch-Issetsk-Werke mit 6 bauwürdigen Flözen an, gleichfalls mit hochwertiger Anthrazitkohle. Der Kohlenvorrat des ganzen Egorshino-Distriktes beträgt fast 29 Mill. t, wovon auf die Grubenfelder von Nishne-Tagil allein etwa 23 Mill. t kommen. Südlich von Egorshino am Bulanash-Bach sind kohlenführende Schichten mit einem Hauptflöz von 1,5–4 m nachgewiesen und im Quellgebiet des Irbit bereits seit 1840 bekannt; seit einigen Jahren werden hier 3 Anthrazitflöze abgebaut und weitere Versuche sollen in der nördlichen Umgebung ein Flöz von 17 m nachgewiesen haben.

Außer dieser Hauptkohlenzone liegen östlich und besonders westlich davon noch beachtenswerte Anthrazitvorkommen, durch Devon, Kohlenkalk und Eruptivgesteinen von dieser getrennt; hierher gehören die Kohlenfelder von Alapajewsk und Baewsk. Besondere Beachtung verdienen die letzteren. Hier ist die Kohle metamorph in Graphit umgewandelt, der als solcher abgebaut wird.

Im mittleren Teil des Mugodshar-Gebirges schließen palaeozoische Schichten in ihrem östlichen Teil in wenig gestörter Lagerung unterkarbonische Sandsteine und Schiefer mit Kohlenflözen ein. Das hauptsächliche Kohlenrevier liegt am Alabaz-Fluß und birgt einen Vorrat von 12 Mill. t. Außer den palaeozoischen Steinkohlen sind am Osthang des Urals verschiedentlich jüngere Kohlen von Rhät-Lias-Alter gefunden worden. Es handelt sich hierbei aber nur um örtlich beschränkte Süßwasserbildungen aus jener Festlandsperiode. Die Kohlen sind brauchbare Lignite mit durchschnittlich nur 5–7% Asche und geringem Schwefelgehalt und treten in Schiefertönen auf, bisweilen mit Sandsteinen und Konglomeraten im Liegenden.

Solche Vorkommen sind bei Iljinskaja am Ufer des Miaß-Flusses natürlich aufgeschlossen. Die Lagerungsverhältnisse sind aber sehr gestört und daher ist die Flözführung unregelmäßig. Auch östlich von Tscheljabinsk am Tugay-Kul-See sind derartige Kohlen auf einem Flächenraum von 18 qkm nachgewiesen. Der z. Zt. abgebaute und untersuchte Teil enthält 9 Flöze von 1,5 bis 2,1 m Mächtigkeit. Zahlreiche Bohrungen in der weiteren Umgebung haben Flöze bis über 7 m erschlossen. Bei noch ungenügender Erforschung wird der Vorrat des Tugay-Kul-Reviers auf über 9 Mill. t veranschlagt.

Auch im marinen Oberjura und zum Teil in der Unterkreide sind im nördlichsten Teil des Ost-Urals ansehnliche Lignitflöze entdeckt worden.

Schließlich sind auch tertiäre Braunkohlen am Osthang des Urals nicht ohne wirtschaftliche Bedeutung, die indessen erst in dem Maße steigt, wie die oberflächlichen Wälder verbraucht werden. Für das Hüttenrevier von Bogoslowk ist bereits der Zeit-

punkt gekommen, wo man zum Abbau dieser Braunkohlen hat schreiten müssen. Hier liegen 2 bedeutende Flöze in geringer Tiefe über große Flächenräume ausgedehnt. Innerhalb der Flöze wechseln die Kohlschichten mit dünnen Lagen von bläulich-grauem Ton ab. Diese Braunkohlen, deren Vorratsmengen außerordentlich groß sind bei gleichzeitig billiger Gewinnungsmöglichkeit in mühelosem Tagebau, sind für die Entwicklung der Bogoslowsker Hütten, speziell der Kupferhütte, von größter Bedeutung. Soweit die Untersuchungen reichen, erstrecken sich die Braunkohlenfelder über rund 75 qkm. 1914 sollten 20 Mill. Pud Braunkohle (= 327 620 t) gefördert werden. Um dem empfindlichen Koksmangel der Bogoslowsker Hütten abzuhelpfen, ist man bestrebt, aus Braunkohle mit Teerzusatz einen Lignitkoks zu gewinnen. Ähnliche Vorkommen haben an der Malaia Volchanka beträchtliche Ausdehnung.

Eisenerze des Urals. Von den Kohlenlagern zu den Erzgebieten des Urals leiten gewisse Eisenerzvorkommen am Westhang des südlichen Gebirges über. Denn mit der Steinkohle teilen die Spateisensteinlager der „Gruben von Bakal“, auf den drei parallelen Höhenrücken Irkuskan, Bulandicha, Schuida, in devonischen Sedimenten gelegen, den schichtigen Ursprung, mit den osturalischen Gruben dagegen die metallische Zusammensetzung. Diese Lagerstätten, die mit einer Jahresförderung von annähernd 160000 t eine Reihe großartiger Eisenhütten versorgen, bestanden ursprünglich ganz aus Karbonaten, die mit Kalksteinen zwischen Quarziten und Schiefen des Unterdevons liegen. Man wird sie mit Stelzner-Bergeat*) zu den „marinen Sideritlagern“ rechnen dürfen, das Meereswasser muß besonders eisenreich gewesen oder örtlich besonders angereichert worden sein. Als vorkarbonsiche Sedimente ständen also diese Erze nicht zur Faltung des Urals, sondern höchstens zu den Meeresverhältnissen, die ihr vorangingen, in Beziehung. Dagegen ist es die Faltung, die die fertigen Lager aufgerichtet und der Verwitterung Gelegenheit gegeben hätte, sie von der Oberfläche her umzuwandeln.

Dementsprechend ist das Hauptfördererz der Lagerstätten nicht mehr Spat-, sondern ein sehr reiner Brauneisenstein mit durchschnittlich 60 % Fe und ein ihm verwandtes Umwandlungsprodukt, der manganreiche Turjit ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ **).

*) Stelzner-Bergeat I, S. 187.

**) Turjit — $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — wurde auf den Turjinskischen Gruben des Bogoslowkschen Bergreviers entdeckt und von Samojloff auf den Bakal-Lagerstätten in großen Mengen nachgewiesen. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1903, S. 301—302.

in Lagern, die Mächtigkeiten bis über 40 m erreichen. Das primäre Spateisenerz bildet nur stellenweise selbständige Lager, stellt sich aber im allgemeinen nach der Tiefe zu ein.

Die Erze, deren Hangendes durchgängig Quarzit ist, sind stets an Kalksteine gebunden, derart, daß sie im Streichen durch Kalksteine ersetzt werden. Diese Beziehungen von Erz und Kalk berechtigen andere Kenner der Lagerstätten, wie Beck*) und Bogdanowitsch, sie für das Ergebnis metasomatischer Verdrängung des Kalksteines durch Erzabsätze aus Lösungen anzusprechen, die auf Störungen aus der Tiefe emporstiegen.

Der Gesamtvorrat der Lagerstätten wird auf 26 Mill. t geschätzt, dürfte aber noch weit größer sein.

Zweifellos rein sedimentären Ursprungs sind hingegen die Rot- und Brauneisenerze des Oolithbezirkes am Westhang des mittleren Urals. Es sind dies sowohl eigentliche Oolitherze wie auch umgelagerte Eisensteinkonglomerate, die in linsen- und bankartigen Massen in Mergeln, Kalk und Sandsteinen des Mitteldevon liegen. Unbeschädigte Versteinerungen, die in den Oolitherzen gefunden wurden, erweisen sich als gleichaltrig mit diesen. Solche Vorkommen sind innerhalb bestimmter Horizonte sehr verstreut. Ihr Vorrat ist schwer zu beurteilen, dürfte aber kaum sehr groß sein.

Fast alle übrigen Lagerstätten des Uralgebirges, somit auch die des Eisens, haben ihren Ursprung in der Tiefe und sind unmittelbar oder — durch Kontakt oder Gänge — mittelbar an diese geknüpft. Einige endlich, wie die Platin- und Goldseifen, liegen zwar heute in jungen Sedimenten, stammen aber stofflich ebenfalls aus primären, eruptiven Lagerstätten. Bei dem isolierten Auftreten dieser geologischen Körper ergibt sich von selbst, daß man mehrere Vorkommen einzeln beschreiben und ihre Entstehung betrachten muß. Ist auch der ursächliche Zusammenhang mit eruptiven Vorgängen in jedem Falle gesichert, so bietet doch die Art der Ableitung im einzelnen noch ungemein zahlreiche Möglichkeiten. Auf der einen Seite steht die primär magmatische Zufuhr — als Schliere oder Ausscheidung aus einem Schmelzfluß, oder gar das Erz ist selber flüssiges Magma gewesen. Am andern Pol steht die Möglichkeit, daß der gesamte Erzvorrat schon vorhanden war, nur durch den vulkanischen Prozeß in eine neue Form übergeführt wurde (Kontaktmetamorphose). Dazwischen bleibt mit Metasomatose, teilweiser Zufuhr, Gangbildungen, Anreicherungen usw. eine Fülle von Möglichkeiten, die durch die nachvulkanischen Umsetzungen — Pneumatolyse, gewöhnliche Verwitterung usw. noch weiter kompliziert und verwischt werden. Auch wenn man gar nicht vollständig sein will, muß man daher doch eine Reihe von Beispielen vorführen, um die wichtigsten

*) Beck: Die Exkursion des VII. intern Geologen-Kongresses nach dem Ural. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1898, S. 20.

theoretischen Möglichkeiten und daher auch die wichtigsten praktischen Gesichtspunkte gebührend zur Sprache kommen zu lassen.

Primäre Erzausscheidungen aus dem Schmelzfuß spielen unter den Eisenerzlagerstätten des Urals*) eine wichtige Rolle. Die basischen Tiefengesteine der Gabbro-Norit-Familie sind durch einen beständigen Magnetitgehalt ausgezeichnet, der sich bis zur Ausbildung selbständiger Lagerstätten anreichern kann, dabei sind die Erze dann überwiegend Titanomagnetite, deren Titangehalt als spezifisches Merkmal ihrer Tiefenherkunft aber zugleich lästiger Beigabe bis 5 % TiO_2 und mehr steigt. Die Erze sind als größere oder kleinere Partien dem Gestein eingesprengt, oder sie bilden in gang- und stockförmigen Schlieren geschlossene Massen, die nach Löwinson-Lessing gewöhnlich mehr gegen die Mitte der Eruptivmasse beobachtet werden. Aus der großen Zahl derartiger Lagerstätten im nördlichen und südlichen Ural heben wir als besonders reich diejenigen des Berges Katschkanar im Gora-Blagodatsch-Revier und der Gora Magnitnaja in der Schajtanskaja Datscha in der Ostzone des nördlichen Urals hervor (nicht zu verwechseln mit der Magnitnaja des südlichen Urals). Am Katschkanar werden die massiven Magnetitmassen von Pyroxeniten (Diallaggestein) eingeschlossen, in die sie randlich übergehen, „wie wenn sie sich darin auflösen würden“ (Bogdanowitsch). Ihr Gesamtvorrat wird auf mehrere Millionen Tonnen geschätzt.

Für die noch unberührte Lagerstätte der Magnitnaja Gora rechnet man mit Erzschatzen von mindestens 25 Mill. t. Das etwa 56,5 %ige Erz ist aber hier besonders titanreich.

Im südlichen Ural verändert sich der Charakter solcher Lagerstätten (Newiansk, Bilibajewsk) insofern etwas, als hier das Muttergestein der Gabbro häufig in Amphibolit, gelegentlich auch in Chloritschiefer umgewandelt ist.

Die Magnetiseisenerze haben ihre Hauptlagerstätten innerhalb der sogenannten Augit-Feldspatformation. Als ein Beispiel sei der altberühmte Eisenberg Blagodatsch***) genannt. 40 km nördlich Nischne Tagil und 120 km nördlich von Jekaterinburg erhebt er sich als ein 2 km langer Bergücken mit einer absoluten Höhe von 350 m 160 m über das flachwellige Gelände; an seinem Fuß liegen die seit 1730 betriebenen Hütten von Kuscha. Das erzführende, quarzfreie aber natronhaltige Eruptivgestein ist ein Orthophyr, der den Keratophyren nahesteht. Er gehört zu den hier weitverbreiteten Porphyren, denen stellenweise, so im Osten und Süden vom Blagodatsch, Streifen unterdevonischer Kalke ein-

*) Die Eisenerzlagerstätten des Urals sind von Bogdanowitsch in: The iron ore resources of the world I 1910 S. 364—485 sehr ausführlich beschrieben worden. Von dieser Arbeit, die in Darstellung und systematischer Gliederung vielfach unübersichtlich ist, gibt G. Berg in „Stahl und Eisen“ 1919 Nr. 8 (Die Eisenerzlagerstätten der ehemals russischen Gebiete) eine Zusammenfassung, bei der unter Betonung ihrer genetischen Hauptmerkmale die Lagerstätten der gebräuchlichen Systematik eingegliedert werden. An beide Arbeiten schließt sich unsere Darstellung an.

**) Bogdanowitsch, S. 378—386. Stelzner-Bergeat II, S. 1174—1175.

gelagert sind. Nach Tschernyschew sind Übergänge zu grobkörnigen Augit- und Uralitsyeniten vorhanden, die den Orthophyr als eine porphyrische Varietät dieser Syenite erkennen lassen. Die großen Erzmassen liegen ausschließlich in bankartigen, mehr oder weniger gleichgerichteten Lagern im Orthophyr. Im Liegenden der ganzen Erzzone stellt sich ein Epidotgranatfels mit Analcim, Chlorit und Glimmer ein, der nur noch untergeordnete Erznester einschließt.

Die Erze von Blagodat sind phosphorarme Magnetite mit durchschnittlich 55—59, aber auch 63⁰/₁₀₀ Fe, geringem Schwefelgehalt (0,8⁰/₁₀₀) und 0,004 bis 0,38⁰/₁₀₀ Kupfer. Man unterscheidet „rotes“ und „blaues Erz“, von denen das „blaue“ reichlich mit Chlorit durchwachsen ist; das „rote“ Erz ist in den höheren Zonen gegen die Oberfläche vertreten und wird nach der Tiefe gewöhnlich von „blauem“ abgelöst. An weiteren Mineralien, die das Erz begleiten, sind Granat, Feldspat, Pyrit, Kalkspat, Analcim und nach Högbom auch Augit und grüner Spinell zu nennen; größere Pyritmengen sind nicht selten; da wo der Feldspat reichlicher ist, bildet sich als besondere, häufige Abart das „Pocken-erz“ (Ospennaja Ruda).

Die Erze liegen hauptsächlich in fast reinen, derben Massen in bankartigen, steil einfallenden Lagern von mehreren Metern Mächtigkeit, kommen aber auch in Nestern und Stöcken vor. Die gangartigen Erzmassen gehen nach Tschernyschew durch Anreicherung mit Feldspat in die Orthophyre, die zunächst auch noch Epidot, Granat und Magnetit enthalten, und noch weiter von der Erzmasse schließlich in Feldspatgesteine (Syenit) über.

Die Tektonik der Lagerstätte ist verwickelt. Erzbänke und das gleichfalls bankige Nebengestein sind in der Richtung des Bergkammes aufgefaltet, von meridionalen Längsverwerfungen und einer ganzen Reihe von jüngeren Querbrüchen durchsetzt, wodurch die Erzkörper vielfach zerrissen sind.

Auf Grund der von Tschernyschew beobachteten Übergänge werden die Erze vom Blagodat für magmatischen Ursprungs in Form bankiger Schlieren gehalten. Dem widersprechen Löwinson-Lessing und Bergeat. Bergeat hält nicht nur den Epidotgranatfels im Liegen der Lagerstätte, sondern auch die die Erze begleitenden Feldspatgesteine, die ja auch Epidot und Granat führen und stellenweise vererzt sind, für epigenetische Kontaktbildungen. Löwinson-Lessing nimmt eine Intrusion der Erzmassen an, der alsdann eine Magmentrennung in Erzmasse und Feldspatgestein vorausgegangen sein könnte. Das flüssige Erz würde also den bereits verfestigten Syenit durchbrochen haben, wobei natürlich Silikate des syenitischen Nebengesteins nach Art der Breccienbildung ins Erz gelangen mußten und Epidot und Granat metamorphe Neubildungen darstellen. Ein solcher Vorgang erklärt in der Tat am besten den regelmäßigen Wechsel

bankartiger Erz- und Feldspatgesteinskörper und auch den gelegentlichen Übergang zwischen Erz und Nebengestein.

Die Erze werden in dreizehn Gruben am Osthang des Berges im Tagebau gewonnen. Berechnungen über den Erzvorrat sind wiederholt angestellt worden; die neueren davon geben einen sicheren Erzvorrat von 10 Mill. t an, ohne wahrscheinliche Vorräte in Rechnung zu stellen.

Recht bedeutend sind am Blagodat auch Erzseifen, ein eluviales Verwitterungsprodukt der anstehenden Lagerstätte. Sie enthalten in gefleckten Tonen bis 4 m mächtige Erzsichten und repräsentieren einen Gesamtvorrat an Geröllern von $4\frac{1}{2}$ Mill. t.

Im Streichen der Feldspatgesteine, wie sie den Blagodat aufbauen, liegen noch einige unbedeutendere Lagerstätten von Magneteisenerz des gleichen Typus. So stehen auf der Gora Ossokina sechs steile Magnetitbänke in einer Gesamtmächtigkeit von fast 4 m an. Das Erz enthält 40% Fe, die abbauwürdige Menge beträgt über 50000 t. Die Lagerstätte Anferowskoje führt ein bankartiges Lager körnig-kristallinischen Magnetits, das im Streichen über 60 m, nach der Tiefe ca. 16 m verfolgt und ca. 4 m mächtig ist; der ausgeschürfte Vorrat beträgt 17300 t Erz. Die Lagerstätte Iwanowskoje weist vier bankartige Lager mit Erz von 62,4% Fe und bis 4,34% Mn auf. Die Vorräte betragen über 77000 t. Die analoge Lagerstätte Nasarowskoje enthält 57340 t Erzvorrat, die Gruben Nadeshdo-Komertscheskije 42000 t. Außerdem sind im gleichen Gebiet noch eine Reihe nicht untersuchter Magneteisenerzvorkommen bekannt, wie überhaupt die Möglichkeit besteht im Streichen der syenitischen Gesteine des Blagodat noch ansehnliche Erzmassen aufzufinden.

Am Malaja-Blagodat, einer kleinen Erhebung 8 km südwestlich vom Blagodat, umschließen ebenfalls Feldspatgesteine (im liegenden Pyroxensyenit) bankartige Erzmassen; im Kontakt von Erz und Nebengestein treten Granatgesteine auf. Die Lagerstätte dürfte seit 1910 abgebaut sein, da sich nach der Tiefe sulfidische Erze einstellen.

Berühmt und wirtschaftlich bedeutend sind die Magneteisenerzlagerstätten des Berges Wyssokaja*) bei Nischne Tagil, nördlich von Jekaterinburg im „erzreichen Ural“. Der Höhenrücken ist über 2 km lang und $1\frac{1}{2}$ km breit und erhebt sich nur wenig (80 m) über die Umgebung, die aus veränderten Tuffen und devonischen Kalken, welche quarzfreie Eruptivgesteine (Augitsyenit) durchbrochen haben, aufgebaut wird. Die Eisenerze treten in bankartigen, bis 12 m mächtigen Lagern auf in Wechsellagerung mit Syeniten und Granatfels.

Diese Syenite sind stets holokristallin, bald von granitischem Habitus, namentlich im Kern der Eruptivmasse, bald von porphyrischer Struktur, namentlich östlich und südöstlich vom Hauptkern und an den Grenzpartien in der Nähe der Lagerstätten. Kaolinisierte Feldspatgesteine sind den Erzkörpern zwischengelagert. Das ganze Eruptivsystem verläuft etwa konkordant zu den Devonschichten, die es im Osten begrenzen, im Westen berührt es basische Gabbrogesteine.

Die Erze sind unmittelbar gebunden an graugrüne Epidotgranat- und Granatfelse mit Epidot, Zoisit, Kalkeisentongranat, Quarz, Kalkspat, Chlorit, Biotit,

*) Bogdanowitsch, S. 388. Stelzner-Bergeat II, S. 1171–1174.

Muskowit und Zeolithen. Diese Gesteine sind nach Tschernyschew und Högbom umgewandelte Augitsyenite und zeigen allmähliche Übergänge zum frischen Gestein und vermitteln den Übergang von Erz zum Syenit. Löwinson-Lessing bestreitet nicht nur die Übergänge, sondern auch das Vorkommen von Augit in Gesteinen der Wyssokaja überhaupt und hält die Epidotgranatgesteine für kontaktmetamorphe Bildungen am Kontakt des Magmas mit Kalken, die in den Tagebauen aufgeschlossen sind; es sind bläuliche, grobkörnige Marmorgesteine mit großen gelbbraunen Granaten am Südwestabhang des Berges.

Außer in bankigen Massen kommt das Erz in Klumpen und großen Blöcken mit glatter, unebener Oberfläche in tonig verwittertem Feldspatgestein vor.

Das Erz ist teils dicht und feinkörnig, teils grobkörnig und drusig und von Pyrit und Kupferkies durchwachsen; das Ausgehende ist in Martit und Brauneisenstein gelegentlich mit Malachit und Kieselkupfer umgewandelt.

Es enthält: Fe bis 65 %, P 0,02 %, Manganoxyd 1,5—2,8 %, Schwefel fehlt.

Die Lagerstätte Lebjaschinskoje, etwa 5 km nördlicher, an der Lebiajaia, zeichnet sich durch stark phosphorhaltiges Erz aus, das stellenweise eine Magnetitbreccie mit Apatit als Bindemittel darstellt. Auch hier steht Syenit an, der auch das Liegende der Lagerstätte bildet und in Schlieren und Nestern in dieselbe eindringt, das Hangende bilden Chloritschiefer. Der Tagebau hat eine Ausdehnung von 1 km.

Die Lagerstätten der Wyssokaja werden seit 1721 in großen Tagebauen abgebaut und haben die Veranlassung zur Entstehung des Hüttendistriktes von Nischne Tagil, eines der bekanntesten Hütten- und Bergwerkszentren der Erde gegeben.

Über ihren Erzvorrat fehlen genauere Angaben, bis zum Niveau der Umgebung wird er auf 5 Mill. Tonnen geschätzt.

Die Frage der Entstehung der Wyssokaja-Lagerstätten liegt ähnlich wie am Blagodat. G. Rose und neuerdings Tschernyschew und Högbom rechnen sie auf Grund der gegenseitigen Beziehungen und Übergänge von Erz und Nebengestein zu den magmatischen Ausscheidungen. Bergeat, Gladki, Löwinson-Lessing halten sie für Kontaktbildungen, besonders Jakowlew betont den Einfluß des Syenitmagmas auf Kalksteine und den genetischen Zusammenhang zwischen den Erzlagerstätten und Kalksteinen. Er weist im Gebiet von Nischne Tagil entsprechend den Kalksteinhorizonten des Unter- und teilweise Mitteldevons sechs bis sieben Kalkstreifen nach, zwischen denen die Intrusion der Syenite vor sich ging, und in deren Streichen sich eine ganze Reihe analoger bankartiger Lagerstätten von Magneteisenerz z. T. mit Kupferkies einstellen, die künftig größere wirtschaftliche Bedeutung erlangen können.

Andererseits hebt Bogdanowitsch die Möglichkeit hervor, daß die Lagerstätten der Wyssokaja gemäß ihrer Verteilung Erzkonzentrationen an der Peripherie der Syenitmasse selbst sein können, und ihre Wechsellagerung mit Syeniten — ähnlich wie bei gebändertem Gabbro — auf das Empordringen bereits getrennter

Magmen (Magnetit- und Syenitüberschuß) zurückzuführen sei. Kalksteine, die von der Intrusion berührt werden, begünstigen die Bildung von Zonen aus Kontaktneubildungen, wobei SiO_2 dem Magnetitmagma entzogen wird. Beyschlag-Krusch-Vogt legen besonderen Wert auf die Feststellung, daß alle Beobachtungen sich nur durch Kontaktmetamorphose erklären lassen.

Gora Magnitnaja*). Der Berg Magnitnaja liegt an der Ostseite des südlichen Urals am Baschik, einem linken Nebenfluß des Uralflusses, 240 km von Miask entfernt und 65 km südlich Werchne Uralsk. Er erhebt sich nur wenig (213 m über dem Baschik) über das Steppenland und bildet ein 26 qkm großes Plateau, aus dem sich vier einzelne Berge erheben, an deren Abhängen die Abbaue liegen: der Berg Atatsch im Süden (nach ihm der Atatschit benannt), Beresowaja Gora im Norden, Dalnaja Gora im Osten und Usjanka oder Malaja Gora im Westen. Unterkarbonische Kalke werden von einer Folge eruptiver Gesteine umgeben und durchbrochen. Die Hauptmasse der Gesteine bilden Granite und Augitdiorite, die durch Übergänge miteinander verbunden sind und von Syeniten und Porphyren durchsetzt werden. Die Augitgesteine: Augitgranit, Augitdiorit und Augitsyenit haben die weiteste Verbreitung und sind nach Morozewicz infolge Umwandlung des Augits die eigentlichen Träger der Lagerstätten. Ferner treten gangförmig auf Quarzkeratophyre, ein Sillimanit und Cordierit führendes, einem Kali-Keratophyr ähnliches Gestein, das Atatschit genannt wird, und Diabas.

Das Empordringen der aus magmatischer Differentiation resultierenden Porphyrgesteine erfolgte wahrscheinlich im Zusammenhang mit postpalaeozoischen Dislokationen in der Reihenfolge: Augit-Orthoklas-Porphyr, Augit-Labrador-Porphyr, Quarzkeratophyr und Atatschit. Die Erzlager bilden Stöcke, Nester und Streifen. Sie werden zunächst von kaolinischen Gesteinen und meist stark verwittertem und epidotisiertem Granatfels eingeschlossen und so von zersetzten Augitdioriten, Syeniten, Augitorthophyren und Atatschiten getrennt, an die die Erze gebunden sind. Auch innerhalb der kompakten Erzkörper erscheinen Partien von Granat- und Kaolingesteinen. Der dichte, wachsgelbe Granatfels, in dem an drei Stellen Kalklinsen beobachtet wurden, besteht im wesentlichen aus Kalkeisengranat (Melanit) mit Quarzzement. Der Granatepidotfels besteht aus Granat, Epidot, Magnet- oder Roteisen, Quarz und Kalkspat.

*) Bogdanowitsch, S. 393–399.

Stelzner-Bergeat II, S. 1177–1178.

Die Erzmassen sind auf etwa 2 qkm aufgeschlossen, unterbrochen von den erwähnten Einschlüssen, von Granatfels und Kaolingesteinen, die auch in größerer Tiefe festgestellt wurden. Die reichsten Lager liegen an den Abhängen der Berge, werden nahe ihrem Fuß am ergiebigsten und sind bis 80 m tief erbohrt, wobei sich bei 14—20 m Schwefelkies einstellt, der in den oberen Partien zu Gips verwittert.

Das hauptsächlichste Erz ist Magneteisenerz mit 58—62 % Fe, häufig mit reichlich Quarz versetzt, daneben kommen Eisenglanz und Roteisenerz vor, die aber primär und nicht aus Magnetit entstanden sind.

Nach Morozewicz sind die Lagerstätten der Gora Magnitnaja weder magmatische Ausscheidungen noch Kontaktlagerstätten. Auf Grund seiner Forschungen kommt Morozewicz zur Ansicht, daß die Lagerstätten der Gora Magnitnaja „auf hydrochemischem Wege aus Augit-Feldspatgesteinen entstanden sind durch deren Umwandlung in Granatfels, der seinerseits einer Verwitterung unterlag und sich unter Absonderung von Erz in Epidot-Granatfels verwandelte“; er berechnet, daß aus dem Granat sich annähernd 30 % freie Eisenoxyde entwickeln können. Der Vererzungsprozeß selbst ging, wie Morozewicz meint, in den oberflächlichen Teilen der Eruptivgesteine vor sich, die eine „Granatisation“ erlitten, wobei atmosphärisches Wasser auf chemischem Wege die löslichen und weicheren Bestandteile fortführte, die Zementation der Erzteilchen und ihre Verwandlung in einzelne Lager begünstigte*). Dabei wurden auch Kieselsäure und Kalk fortgeführt und letzterer zu marmorartigem Kalkstein wieder abgesetzt, wie er im Granatfels gelegentlich kleine Linsen bildet. Wieweit diese Anschauung richtig ist, muß dahingestellt bleiben. Nicht im Einklang damit steht die Tatsache, daß auch in größeren Tiefen, die oberflächliche Verwitterung ausschließen, Magnetitlager im Wechsel mit Granatfels vorkommen, ferner die allgemeine Erfahrung, daß oberflächliche Eisenoxyde sich immer in Hydroxyde (Brauneisen) umwandeln, während sich hier die Oxyde bilden und unverändert bleiben. Nach der Ansicht von Bogdanowitsch sprechen die meisten Tatsachen für die Annahme, „daß die Lager und die sie umgebenden Augit-Plagioklas und Hornblende-Plagioklasgesteine als Spaltungsprodukte eines gemeinsamen Magmas mit nachfolgender Zersetzung dieser Produkte längs bestimmter Linien, die stellenweise von der Lage der Kalksteine in Abhängigkeit standen, entstanden sind**)“.

Der Berg Magnitnaja birgt einen Erzvorrat von mindestens 37 625 000 t, die Ausbeutung erfolgt im Tagebau.

Unter ähnlichen Verhältnissen wie am Blagodat treten auch im Bogoslowkschen Bergrevier Lagerstätten von Magnetit und Roteisenerz auf, mit Augit-Granatgesteinen im Liegenden. Diese Felsart folgt dem Kontakt zwischen devonischen Kalken und sauren Eruptivgesteinen wie Granit, Porphyry, Aplit und Andesinophyr, so daß an der kontaktmetamorphen Natur des Granatfels wie auch der Erzlager hier kaum zu zweifeln ist. Allerdings ist auch ein Teil der Erze, speziell die Roteisenerze der Auerbachgrube, sekundär aus Granat entstanden. Die bedeutendsten Erzkörper werden in den Auerbachschen und

*) Bogdanowitsch, S. 396—397.

***) Bogdanowitsch, S. 397.

Woronzowschen Gruben abgebaut; in ersterer wird der Erzvorrat auf 708 375 t, in der letztgenannten auf 786 000 t geschätzt. Zweifelsfreie Kontaktlagerstätten sind auch diejenigen von Troisk mit $2\frac{1}{2}$ —3 Mill. t Erz und die Vorkommen von Teplogorsk in der Gegend von Kyschtym im Kontakt mit Orthogneis. Berg vermutet auch in den Eisenglanzlagern von Kutim eine Kontaktlagerstätte; das Nebengestein sind hier Talkschiefer.

Außerordentlich groß ist die Zahl der Verwitterungslagerstätten im Ural. Je nach dem zersetzten und verwitterten Ausgangsmaterial wie auch ihrer Lage innerhalb der oberflächlichen Verwitterungszone oder in größerer Tiefe, sehr häufig an der Grenze von Kalkstein und metamorphen Schiefen, ist ihr Charakter veränderlich; allen gemeinsam ist der Brauneisenstein, seltener Spateisenstein als Fördererz. Es würde zu weit führen, alle diese Vorkommen namhaft zu machen. Hier kommt es nur auf das Prinzip ihrer Bildungsweise an und dieses besteht in vielen Fällen darin, daß in verschiedenartigen Sedimenten — kristalline Schiefer, Schiefer, Quarzite und Kalke des Devon und Karbon —, die Eisen in unbauwürdiger Form enthalten, durch die Zersetzung eine natürlichere Aufbereitung vor sich geht, wobei der Eisengehalt lokal zu bauwürdigen Lagerstätten angereichert wird. Die Brauneisenerze liegen dann gewöhnlich in den Rückstandstonen der zersetzten Gesteine in Form von Nestern und Stöcken, die also keine aushaltenden Erzmittel darstellen, sondern nach der Tiefe verschwinden in dem Maße, wie die Schiefer usw. unzersetzt werden. Für solche Bildungen müssen gerade im Ural die günstigsten Vorbedingungen bestehen, wo seit Aufrichtung des Gebirges während Mesozoikum und Känozoikum nur allein Verwitterung und Abtragung wirksam waren.

Es wurde bereits erwähnt, daß im südlichen Ural die quarzitisch-schiefrige Zone des Unterdevon ein solcher wichtiger Erzhorizont ist*); ferner seien erwähnt die Lagerstätten bei Komarowo im südlichen Ural, wo die Brauneisenerze in zersetzten Schiefen auftreten und in langgestreckten Massen der Schieferungsrichtung der unzersetzten Gesteine folgen.

Über außerordentlich weite Flächen sind solche Verwittererze auch in dem Gebiet der Kama und Wjatka (Gouv. Perm und Wjatka) verstreut. Sie treten als konkretionäre Brauneisenerze, die sich gelegentlich zu einheitlichen Erzlagern zusammenschließen, in roten Verwitterungstonen über Dyasmergeln auf.

Es ist klar, daß bei all diesen Lagerstätten auch metasomatische Vorgänge eine Rolle spielen. Besonders wo Kalk das Liegende bildet, ist die verdrängende Einwirkung der erzabsetzenden Lösungen aus der Verwitterungszone recht augenfällig.

Aus systematischen Gründen wird man daher die Brauneisenerzlagerstätten von Kisel und Artemiewka im Gouvernement Perm hierherzustellen haben**). Mrazec und Duparc betonen die große Ähnlichkeit mit den Eisenganganerzlagern an der Lahn. Im Ural ist es Kalkstein der Steinkohlenformation, der zu einem Sattel herausgefaltet, den Metallgehalt zutretender Lösungen festgehalten und gegen Kalkkarbonat eingetauscht hat. Die Erze liegen in verschiedenfarbigen, zähen Tonen zwischen Sandstein und Kalk und sind nach Mrazec und Duparc metasomatische Bildungen durch Einwirkung eisenhaltiger Oberflächenwässer auf den unteren Kohlenkalk. Zur Zeit ihrer Entstehung

*) Futterer: Beiträge zur Geologie des Süd-Urals. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1897, S. 193—201.

**) Rigasche Industriezeitung 1914, S. 256.

bildete der Kohlenkalk eine Mulde, in der sich die Eisenlösungen konzentrieren konnten. Der Bergbau datiert aus dem Jahre 1786 und soll bis 1903 ungefähr $1\frac{1}{2}$ Mill. t Erze gefördert haben. Die letztjährigen Förderungen (vor dem Kriege) haben bis 32 000 t betragen.

Sehr verbreitet sind im Ural Eisenerze des Karstbildungstypus, also gleichfalls metasomatische Auflagerungen. Die Erze, meist in Verwitterungstone eingebettet, greifen nach Art einer verkarsteten Landoberfläche auf Klüften und Fugen, in rundlichen Aushöhlungen und senkrechten Schloten in den liegenden Kalkstein der Devon- und Karbonformation ein. Ein sehr schönes Beispiel hierfür bietet das Bergrevier Alapajewsk. Hier liegen die Brauneisenerze in einem zusammenhängenden Lager an der Sohle brecciöser Rückstandsmassen unmittelbar unter dem Alluvium. Gegen den festen Kalkstein im Liegenden sind sie durch schiefrigen Eisenton abgegrenzt. Die Erze haben 46—50 % Fe, 0,6 % Mn und 0,11 % P. Das Gebiet ist überaus reich; seine Vorräte an Brauneisen werden auf 100 Mill. t geschätzt.

Eigenartig ist das Vorkommen von Schaitanskoje im Westural. Hier liegen Karsterze auf der Oberfläche karbonischer Kalksteine und setzen sich auf dieser unter 30—45° einfallend unter hangenden Sandsteinen des Permokarbon fort. Derartige Bildungen bezeichnet Berg als „fossile Verwitterungslagerstätten“ und rechnet hierher auch die Brauneisenerzlagerstätten von Serginsk und Ufalejsk, die seit geraumer Zeit eine jährliche Förderung von 48 000 t aufweisen.

Fassen wir nun die gesamten Eisenerzvorräte des Urals zusammen, so ergeben sich nach Bogdanowitsch folgende Zahlen:

Magneteisenerz . .	93 065 345 t
Roteisenerz . . .	5 340 000 „
Brauneisenerz, z. T.	
Spateisenstein .	<u>183 525 000 „</u>

zusammen: 281 930 345 t Erz = 135 355 696 t Roheisen.

Diese Vorräte sind keineswegs so außerordentlich, wie man im allgemeinen geneigt ist, für den Ural zu vermuten. Sie erscheinen mittelmäßig, wenn man bedenkt, daß allein Südrußland mit 536 Mill. t fast die doppelte Menge birgt und schon das kleine Polen einen Erzvorrat von 300 Mill. t besitzt. Diese Zahlen stellen allerdings Minimalwerte dar, die bei genauerer Erforschung der bekannten Lagerstätten nach der Tiefe und systematischer Durchsuchung des Urals nach sicher noch vorhandenen neuen Vorkommen ganz erheblich sich vergrößern werden.

Die Förderung des Urals*) an Eisenerzen betrug 1911 93,54 Mill. Pud = 1 532 185,2 t, im Jahre 1912 stieg sie auf 112,69 Mill. Pud = 1 845 862,2 t, betrug aber trotzdem nur ein Drittel der Produktion von Kriwoi Rog.

*) Rigasche Industriezeitung 1914, S. 256.

Den Eisenerzen stehen geologisch im Ural die Kupfererze*) recht nahe, wie sich am besten aus einer Beschreibung der Lagerstätten im sogenannten Bogoslowskschen Bergrevier und derjenigen von Mednorudiansk ergibt.

Im NO von Perm an der Turja gelegen, streichen die Lagerstätten NO—SW, etwa parallel zum Ural. Sie liegen in einem niedrigen Hügelland, das sich aus unterdevonischen Kalken und Schiefern aufbaut, die durch die verschiedensten Eruptivgesteine, wie Hornblendeandesit (Andesinophyr), verschiedenartige Porphyrite und Porphyre, Diabas und Diorit durchbrochen werden. Die Kupfererze sind stets an Augitgranatgesteine gebunden und erscheinen für gewöhnlich in der Berührungszone derselben mit den angrenzenden Gesteinen, ganz gleich ob Kalkstein oder Eruptivgestein.

Diese Augitgranatgesteine begleiten den Kontakt von Kalk, der in weißen Marmor umgewandelt wurde, und Eruptivgestein in Zonen, die bis 250 m lang und 40 m mächtig sind. Die Erze treten nesterartig auf, wobei die Erzkörper gangartige Formen, Stöcke und Linsen bilden mit recht bedeutenden Ausmaßen, namentlich in Länge und Tiefe; randlich verlieren sie sich in kleineren Partien in den die Lagerstätte begleitenden Verwitterungstönen. In der Nachbarschaft der Erze sind Granat (in Epidot) und Augit (in Chlorit, Strahlstein, Kalkspat) umgewandelt.

Der Erzgehalt der Lagerstätten geht im allgemeinen nicht über 5 % hinaus, erreicht nur stellenweise bis 20 %; das übrige sind Silikate. Der Metallgehalt der Erze beträgt im Durchschnitt 3 bis 7 %. Von den zurzeit in Betrieb befindlichen 5 Gruben**) liefert die Wassiljewskigrube die hochwertigsten Erze mit 12 % Cu, die Frolowskigrube solche von 8 %. Die Erze sind von Arsen, Antimonit, Gersdorffit, Speißkobalt, Chloanthit, Löllingit, Fahlerzen, Zinkblende, Bleiglanz und Turmalin begleitet. In den oberen Teufen findet sich auch Silber. Große Bedeutung für den Bergbau hatten die sekundären Kupfererze der oberen Teufen: gediegenes Kupfer, Malachit, Kupferlasur, Kieselkupfer, Kupferglanz, Buntkupfererz

*) H. Fedorow und W. Nikitin: Das Bogoslowsksche Bergrevier. Beschreibung seiner Topographie, Mineralogie, Geologie und Erzlagerstätten. St. Petersburg 1901, Ref. N. J. f. Min. usw. 1903, II, S. 233.

Stelzner-Bergeat II, S. 1175—1177.

Krusch: Nutzbare Lagerstätten Rußlands. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1897, S. 275—276.

**) Simmersbach: Kupferbergbau und Hüttenwesen auf dem Ural. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1916.

und Rotkupfererz. In früheren Jahren wurden besonders auf der Wassiljewskigrube größere Mengen gediegenen Kupfers gefördert.

In den oberen Partien der primären Zone bilden Kupferkiese die Hauptmasse, mit zunehmender Tiefe nimmt Magnetkies, lokal auch Eisenkies überhand, um in größerer Tiefe von Magnetit verdrängt zu werden. Diese Verteilung der Erze führt Nikitin auf Differentiation des magmatischen Magmas nach dem spezifischen Gewicht zurück und deutet mit Fedorow das Augitgranatgestein selbst als Intrusivgestein, aus dessen Schmelzfluß die Erze ausgeschieden seien.

Bergeat hält dagegen die Vorkommen für metasomatische Kontaktlagerstätten, und in der Tat sind solche skarnähnliche Silikatmassen wie hier das Augitgranatgestein anderenorts als unzweifelhafte Kontaktbildungen erkannt worden. Morozewicz wendet auch hier seine für die Entstehung der Magnitnaja-Lagerstätten gegebene Deutung an und erklärt Erz und Granatfels für sekundär, Granatfels aus Porphyriten, das Erz (die tieferen Eisenerze) aus Umwandlungen des Granatgesteins hervorgegangen, das im frischen Zustande nach Uspensky 19⁰/₀ Fe hat.*)

Die 1913 in Betrieb befindlichen 5 Gruben der Bogoslowsker (Turjinskije) Kupferbergwerke förderten im genannten Jahre 4650000 Pud Erz; 1915 erschmolzen die Hütten 238346 Pud Kupfer.

Von ganz anderem Aussehen sind in unmittelbarer Nähe der berühmten Eisenerzlagerstätten der Wyssokaja im Nischne-Tagil-Distrikt Kupfererzlager bei Mednordiansk**), die ehemals sehr reich waren und seit 1812 ausgebeutet wurden, aber heut verlassen sind. Die Erze liegen in einem ockerigen Ton, dem Verwitterungsprodukt devonischer Schiefer, Tuffe und Eruptivgesteine (Porphyre), das von unterdevonischen Kalken eingeschlossen wird. An der Grenze zwischen Kalk und Zersetzungszone stellt sich kontaktmetamorphes Silikatgestein ein. Die Tone überlagern alluviale Bildungen. Die Erzzone enthält außer Kupfererzen auch Magnetisenerze, die aber in einer sehr tiefgreifenden Oxydationszone in derben Malachit, Rotkupfererz, Kupferglanz, Kupferlasur und gediegenes Kupfer, die Eisenerze in Brauneisenstein übergeführt sind. Derber Malachit kam in riesigen Blöcken bis zu 328 t vor (vgl. S. 100). In großer Tiefe sind die primären Kupferkiese neben Schwefelkies erhalten und das Nebengestein weniger zersetzt, was auf eine ober-

*) Uspensky: Die Eisenerzlagerstätten im Bogoslowkschen Bergrevier. Bergjournal 1900, 4; Ref. N. J. f. Min. uws. 1903, II, S. 235.

**) Stelzner-Bergeat II, S. 1175—1176.

flächliche Umwandlung desselben (in Ton) durch mineralische Lösungen und Tagewässer hinweist.

Die Lagerstätte steht in Beziehung zu dem Magneteisen der Wyssokaja, dessen Gehalt an Kupfererz und Schwefelkies bekannt ist. In ihrer heutigen Gestalt wird sie am besten als eine durch Zersetzung sekundär veränderte Kontaktlagerstätte zu bezeichnen sein.

Die frühere jährliche Ausbeute betrug ca. 200 000 t Kupfererz, der Metallgehalt der Erze 2,3 %.

Den gleichen Charakter einer sekundär zersetzten Kontaktlagerstätte hat auch diejenige von Gumeschewsk*) im Syssertsker Gebiet. Die Grube liegt südlich Jekaterinburg, ausnahmsweise am Westhang, aber nahe der Achse des Gebirgskammes. Der Bergbau ist sehr alt und reicht bis 1720 zurück. Außer den genannten hat der Ural noch eine große Zahl Kupfererzlagerstätten — Kupferkiese und kupferführende Schwefelkiese — aufzuweisen von mehr oder minder großem bergbaulichen Wert.

Als gänzlich verschieden von den bisher besprochenen seien noch die Lagerstätten im Soimonowtal im Hüttenrevier Kyschtym erwähnt. Die Erze treten hier, von Schwerspat begleitet, in mehreren parallelen Gängen konkordant zwischen Chloritschiefern auf. Die Erzbringer waren hier auf Störungen emporsteigende Lösungen, die in dem Maße die Schiefer verdrängten, wie sie selbst Schwefelkies, Kupferkies, Schwerspat und Quarz, gelegentlich auch Zinkblende u. a. m., absetzten.

Im Jahre 1913 wurden auf dem Ural 41 560 000 Pud Kupfererze gefördert.***) Die Kupfererzeugung betrug 1893 2868 t, 1895 2500 t Cu.

Über den heutigen Stand der Erzeugung von Kupfer im Ural berichtet B. Simmersbach*). Ausgebeutet werden in großem Maßstabe Kupferbergwerke in den Bezirken von Bogoslowsk, Nishne Tagil, Werch-Issetsk, Syssertsk und Kyschtym, die im Jahre 1912 schon eine Jahreserzeugung von über 18 000 t darstellten, während vier Jahre früher die Uralproduktion noch nicht die Hälfte davon ausmachte; 1915 betrug sie 17 600 t. Augenblicklich steht Kyschtym an erster Stelle und erst an zweiter folgt Bogoslowsk; im Werch-Issetsk-Gebiet ist die wahrscheinlich kontaktmetamorphe Lagerstätte Pyschminsko-Kaljutschewskoi die bedeutendste.

Aussichten für die Zukunft sieht Simmersbach im Bezirke von Nishne Tagil, im Anschluß an die bereits bestehenden Werke.

*) Simmersbach: Kupferbergbau und Hüttenwesen auf dem Ural. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1916.

**) Rigasche Industriezeitung 1914, S. 288.

Manganerze im Ural. Mit Manganerzen ist der Ural schlecht bestellt. Die wenigen unbedeutenden Vorkommen führen zudem keine gleichmäßig guten Erze. 1893 betrug die Gesamtförderung 3044 t, 1911 nur 2465 t. In erster Linie zeichnen sich die metasomatischen Brauneisenerze des mittleren und südlichen Urals durch oft sehr beträchtlichen Mangangehalt aus. In den Erzlagerstätten von Bakal*) im südlichen Ural kommen neben Manganit in dichtem Limonit Nester von Waderz mit 7,53% Wassergehalt vor, die aus manganhaltigen Spateisensteinen hervorgegangen sind.

Auch auf echten Verwitterungslagerstätten, so beispielsweise in den aus zersetzten kristallinen Schiefnern hervorgegangenen Brauneisenerzen bei Komarowo im südlichen Ural steigt der Mangangehalt bis zur Ausbildung von Manganisenerzen.

Daneben kommen auch rein sedimentäre Manganlager vor. Bei dem Dorfe Marsjata**) im Bogoslowkschen Bergrevier treten zwischen posttertiären Sanden und Tonen sedimentäre Manganerze auf, die denen von Nikopol ähneln. Die Erze sind Pyrolusit in Schichten von ca. 1,5 m Mächtigkeit. Strichow bezeichnet dieses Vorkommen als „Mangansumpferz“ und führt seine Entstehung auf Auslaugung benachbarter Mn-haltiger Eruptivgesteine zurück. Als solche kommen Augitgranatgesteine, Andesinite und Andesinophyre in Betracht. Wohl auf dieses Vorkommen zu beziehen erwähnt Nikitin***) ferner unter den Mineralien des Bogoslowkschen Reviers Mangan-Glaukonit (Marsjatskit) in graugrünlischen Sandsteinen, die er als Strandbildungen des Tertiärmeeres anspricht in Gestalt lichtgrüner Kügelchen mit 25,66% Mn, aus denen durch Oxydation Manganerze (eisenschüssige Pyrolusite) entstehen, die dann bis 50% Mn enthalten. Abgebaut werden Erze (Manganit und erdiger Pyrolusit) mit 35—40% Mn.

*) J. Samojloff: Zur Mineralogie der Erzlagerstätte von Bakal im südl. Ural. Verh. Min. Ges. Petersburg 39, S. 329—336, 1901 (dtsh. Rés.). N. J. f. Min. 1902, II, S. 366.

**) Stelzner-Bergeat I, S. 263.

Strichow: Die Manganerzlagerstätte beim Dorfe Marsjata im Bogoslowkschen Bergrevier. Beil. zum Bull. Soc. Natur. Moscou I, 1899, 104—108. Ref. N. J. f. Min. 1901, II, S. 406.

***) E. v. Fedorow und W. Nikitin: Die Mineralien des Bogoslowkschen Bergreviers. Annuaire géol. et min. de la Russie. 3. Lief., 7. Ref. N. J. f. Min. 1900, I, S. 345.

Das Bogoslowsk'sche Bergrevier. Beschreibung seiner Topographie, Geologie und Erzlagerstätten. St. Petersburg 1901, Ref. N. J. f. Min. 1903, II, S. 234.

Im Gebiet von Tscheljabinsk*) sind Lager guter Manganerze vorhanden, die durchschnittlich 52–56 % Mn haben. Sie werden für die chemischen Fabriken ausgebeutet oder in Nischne Tagil auf Ferromangan verschmolzen.

Bei den Manganvorkommen sei noch erwähnt, daß 24 km süd-östlich Jekaterinburg im Ural bei Ssedelnikow**) in Tonschiefern (Devon?) größere Mengen von rosenfarbigem Rhodonit (Kieselmangan) auftreten. Das derbe Manganmineral bildet zusammen mit Quarz 2,7 m mächtige Lager im Tonschiefer. Es wird in den Steinschleifereien von Jekaterinburg und St. Petersburg in bedeutenden Mengen verwendet. Kleinere derartige Vorkommen sind am Puschkariha und zu Werch Issetsk bekannt.

Das Gold des Urals***). Während die Eisenerze vorwiegend aus basischen Eruptivgesteinen stammen, wird das Gold häufig durch die sauerste Schmelze, Granit und ihre Ganggefölschaft gefördert, tritt in gleicher Weise aber auch in basischen Eruptivgesteinen auf. Deutlich lehren dies die beiden ersten Arten des Vorkommens:

1. Primäres Gold in Eruptivgesteinen.
2. Lagerstätten vom Typus der Gänge und Adern.

An beide Arten der Lagerstätten sind bisweilen unmittelbar durch Zersetzung des goldhaltigen Gesteins in situ gebildete eluviale Seifen gebunden. Von diesen stammen ab:

3. Alluviale Goldseifen, bei denen die goldhaltigen Verwitterungsprodukte des anstehenden Gesteins durch Wasser verfrachtet und zusammengeschwemmt wurden

Die primären Goldvorkommen†) in Eruptivgesteinen sind von geringem wirtschaftlichen, aber um so größerem theoretischen Interesse. Bei Jekaterinburg wurde im frischen Granit und seinem Verwitterungsgrus Gold nachgewiesen, etwa 1 g pro Tonne Gestein, Porphyrite sollen sogar 10 g Gold pro Tonne enthalten. Am Abhang des Südurals, in der Nähe von Miass, haben nach Helmhacker

*) Zeitschr. f. prakt. Geol. 1902, S. 210.

**) Stelzner-Bergeat I, S. 247.

***) Im europäischen Rußland ist Gold in beachtenswerten und abbauwürdigen Vorkommen nur im Ural vorhanden. Im asiatischen Rußland kommen außerdem noch die Golddistrikte in West- und Ostsibirien hinzu. In all diesen Gebieten zusammengenommen betrug die Produktion im Jahre 1911 57000 kg. Über das Gold Sibiriens siehe die Zusammenfassung von Joh. Ahlberg in Zeitschr. für prakt. Geol. 1913, S. 105.

†) Stelzner-Bergeat I, S. 69.

Futterer: Beiträge zur Geologie des Süd-Ural. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1897, S. 339.

Diorite und Serpentine Goldgehalt, und Tschernyschew vermutet, daß auch Gabbros, Diabase und kristalline Schiefer evtl. goldführend sein können.

In den Poliakowskischen Bergen (Westhang des Urals) am Kamyschak sind gleichfalls nach Tschernyschew Diallag-Peridotite bekannt, die unzweifelhaft primäres Gold, wenn auch nur in geringen Mengen, führen. Während im frischen Gestein das Gold unsichtbar, vielleicht in Bindung an Bisilikate (Diallag) vorhanden ist, wird es in seinem Umwandlungsprodukt, dem Serpentin, in feiner Verteilung als Feingold sichtbar. Endlich hat Tschernyschew*) von den primären Kolinschinschen Goldlagerstätten bei Miass primäres Gold auch in Orthoklasgesteinen nachgewiesen. Posepny bestreitet den primären Goldgehalt in Eruptivgesteinen; das Gold stammt nach ihm aus einer Tiefenregion, aus der es erst sekundär auf Klüften und Haarspalten in die oberen Regionen der verschiedensten Gesteine eingedrungen sei; wenig zerklüftete Gesteine hätten demnach geringeren Goldgehalt. Diese Annahme ist indes keineswegs erwiesen und der primäre Goldgehalt saurer wie basischer Eruptivgesteine (Olivin-Diallaggestein und Serpentine) nicht widerlegt.

Von ungleich größerer Bedeutung sind die Golderzgänge.

In dieser Art des Vorkommens ist das Gold im Ural zuerst im Jahre 1724 bei Beresowsk entdeckt worden.

Die kupferreichen Golderzgänge von Beresowsk**) im Ural, 12 km nordöstlich Jekaterinburg, nehmen eine Fläche von 64 qkm ein; stark geneigte, tiefgründig und rötlich verwitterte Talk-Chlorit- und Tonschiefer, gelegentlich mit Zwischenlagen von Serpentin, bauen das Gebiet auf und sind von einer großen Zahl von senkrecht einfallenden Beresitgängen von Norden nach Süden durchzogen, an die die Golderzgänge fast ausschließlich gebunden sind. Die Beresite bestehen vornehmlich aus Quarz und Muscovit und sind greisenartig bis in große Teufen zersetzte feinkörnige Granite von talkigem Aussehen mit Pyrit und Brauneisenimprägnationen.

Es sind etwa 150 Beresitgänge bekannt, die sich von wenigen Metern bis zu 7,5 km verfolgen lassen, durchschnittlich 25 m, aber auch bis 40 m mächtig sind und sich gelegentlich bis auf 10 m Abstand nähern. Sie setzen auch aus den Schiefen in benachbarte Granite über. Mit diesen haben die Beresite sicherlich

*) Tschernyschew: Orthoklas mit Gold. Protokoll der Sitzung der Kais. Mineralog. Gesellsch. 16. Febr. 1888. Ref. N. J. f. Min. 1891, II, S. 10.

**) Stelzner Bergeat II, S. 618.

den Eruptionsherd gemeinsam und gehören somit zur sauren Ganggesellschaft (Aplite) der Granite.

Die eigentlichen Golderzgänge sind Goldquarztrümer, durchschnittlich 0,1—0,2 m, gelegentlich auch 0,7, ja sogar bis 1 m mächtig, die im Abstand von 0,3—10 m die Beresitgänge quer durchsetzen und so die typischen „Leitergänge“ hervorbringen; gelegentlich gehen aber die Goldquar zadern über die Salbänder der Gänge hinaus, durchqueren das Nebengestein und setzen sich in einem benachbarten Beresitgang fort.

Der goldführende Quarz ist, wie so oft, zellig und zerfressen; er enthält das Gold teils in makroskopisch sichtbaren Teilchen, teils in feinsten unsichtbarer Verteilung. Der Goldreichtum der Erzgänge ist im wesentlichen das Ergebnis ihrer sekundären Zersetzung.

Außer an Gold sind die Beresowsker Gänge noch reich an anderen primären Erzen (z. B. Pyrit, goldführendem Bleiglanz, Kupferkies, Fahlerz, Zinkblende, Nadelierz usw.) und sekundären Neubildungen (z. B. Turjit, Wad, Psilomelan, Kupferlasur, Malachit, Chrysokoll, Bleiniere, Bismutit, Wismutocker, Vanadinit, Wulfenit, Rotbleierz, das öfters mit Gold verwachsen ist, u. a. m.).

Besonders die Chromverbindungen*) mit verschiedenen Metallen haben die Beresowsker Gruben mineralogisch berühmt gemacht, weil diese seltenen Mineralien fast nur hier und zugleich in hervorragender Beschaffenheit auftreten. Hierher gehören neben dem Rotbleierz das basische chromsaure Bleioxyd, der Melanchroit, und das basische chromsaure Kupfer- und Bleioxyd der Vauquelinit. Auch das Beresowsker Grünbleierz enthält Chrom als einen diesem Mineral sonst ungewöhnlichen Bestandteil.

Gangarten sind außer Quarz mit Turmalin, Chalcedon bisweilen auch Kalkspat, Dolomit, Pyrophyllit.

Als Ausscheidungsfolge gibt Helmhacker an: Turmalin, Quarz, Kalkspat und Blende, Pyrophyllit; sodann unter weiterer Quarzbildung Bleiglanz, Fahlerz, Pyrit, Kupferkies, Gold, Nadelierz.

Die Erze enthalten nach Karpinsky im Mittel 13 g Gold pro t, das bauwürdige Minimum beträgt 2,5 g; der Goldreichtum steigt aber auch bis 30 g, ja sogar 250 g pro t. Für die Herkunft des Goldes**) ist der genetische Zusammenhang zwischen den Beresitgängen und dem wie oben erwähnt primär goldführenden Granit der näheren Umgebung von Bedeutung. Ist die primäre Gold-

*) Simmersbach: Die Weltversorgung mit Chromeisenstein. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1916, S. 196.

**) Beck: Ural-Exkursion des VII. Geologenkongresses. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1898, S. 24.

führung im Granit tatsächlich vorhanden, so wird sie auch dem Beresit eigen sein. Die Quarztrümer sind nachträgliche Ausfüllungen von quer verlaufenden, bei der Abkühlung entstandenen Schwundrissen, auf denen sich das Gold angereichert hat.

Infolge Verwitterung sind die oberen Teufen goldreicher als die tieferen. Der Bergbau auf den Gängen begann 1748, auf den sie begleitenden Seifen erst 1814. Die Höchstproduktion an Berggold war 1810 mit 360 kg erreicht, seitdem tritt Waschgold aus den alluvialen Seifen in den Vordergrund. Bis 1861 wurden insgesamt 9984 kg Ganggold gefördert. 1883 betrug die Produktion 200 kg Edelmetall.

Von gleicher Art des Vorkommens sind die Golderzgänge von Pyschmink, etwa 7 km nordöstlich Beresowsk. Hier ist das Nebengestein der Beresitgänge vornehmlich Serpentin.

Von hervorragender Bedeutung sind die Golderzgänge von Kotschkar*) im Gouvernement Orenburg, südöstlich von Miass und südwestlich von Tscheljabinsk; sie nehmen einen Raum von 900 qkm in dem durch Einebnung alter uralischer Faltenzüge entstandenen flachen Steppenlande ein, das sich am Osthang des südlichen Urals ausbreitet. In der Hauptsache bauen Granite und Granitite, durchzogen von Aplit, Pegmatit und porphyrischen Gängen das Gebiet auf. Sie werden in NS Richtung von sehr zahlreichen schmalen und linsenförmigen Schieferpartien durchsetzt, die dynamometamorphen Ursprungs sind. Am Ostrand des Granitmassives und weiter im Süden erlangen diese sogenannten kristallinen Schiefer größere Ausdehnung. Futterer und Nitze**) halten sie nicht für echte sedimentäre Schiefergesteine, sondern führen ihre Entstehung auf Quetschzonen im Granit zurück, innerhalb deren in großer Tiefe unter hohem Druck und hoher Temperatur Bewegungen stattgefunden haben, die Schieferstruktur und Neuausscheidungen verursachten und Gesteine vom Aussehen der Chlorit- und Glimmerschiefer schufen. Diese Schieferzonen verlaufen in unregelmäßigem Abstände bald 1 m, bald mehr als 100 m entfernt parallel nebeneinander.

Die Golderzgänge sind fast ausschließlich an den Granit gebunden und durchsetzen die NS streichenden Schieferzonen allgemein in west-östlicher Richtung, liegen aber gelegentlich auch als goldführende Quarzschnüre vollkommen innerhalb der Quetschzonen. Ausnahmsweise setzt der reiche Quarzbleiglanz-Pyritgang

*) Stelzner-Bergeat II, S. 624–626.

Futterer: Beiträge zur Geologie des Süd Urals. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1897, S. 344.

**) Zeitschr. f. prakt. Geol. 1898, S. 432 (Ref.).

der Andreewsky-Grube — 300 g Gold pro t — im Süden dieses Gebietes in subkarbonischen Kalksteinen auf, die als Schollen auf dem Granit liegen. Die Gänge stellen ein Spaltensystem dar, das jünger ist als die Quetschzonen des Granits und die nach Futterer aus ihnen resultierenden dynamometamorphen Schiefer. Ihre Entstehung bringt Futterer mit den Quetschzonen in Zusammenhang durch die Annahme, daß die Verschiebungsklüfte in große Tiefe reichen und von hier aus das Empordringen der die Erze mit dem Gold absetzenden Solutionen auf einem ost-westlichen Gangsystem erfolgte. Die Golderzgänge, von denen man etwa 1000 kennt, sind meist kaum 1 m dick, fallen senkrecht ein und sind bis $4\frac{1}{2}$ km zu verfolgen, meist aber nur einige 100 m lang. Die eigentlichen Goldträger innerhalb der Quarzgänge sind Arsenkiese, daneben treten als primäre Erze Pyrit, Bleiglanz, Kupferkies und Antimonit auf. Die Erze nehmen bald den ganzen Gang ein, bald sitzen sie nesterweise oder eingesprengt im Quarz. Der durchschnittliche Goldgehalt der frischen Gangfüllung beträgt 8—10,5 g pro Tonne.

Die Verwitterungszone reicht in Teufen von 10—50 m und führt außer sekundären Arsenerzen Halogenverbindungen (Cl, Br, J) des Silbers.

Makroskopisch sichtbar ist das Freigold erst in dem oberflächlich zersetzten Gangausstrichen in meist kleinen Flittern vorhanden; es sind aber auch Klumpen bis zu $2\frac{1}{2}$ kg gefunden worden. Das aus den zersetzten Ausstrichen gewonnene Gold hat den höchsten Feingehalt mit 906—937 Tausendteilen, das der frischen Gangerze höchstens 729, es enthält bis 30 % Silber.

Der hauptsächlichste Goldbergbau konzentriert sich auf die südliche Umgebung von Kotschkar. Außerdem werden mehrere weit verstreute goldhaltige Pyrit-Quarzgänge meist ohne nennenswerte Ausbeute abgebaut.

Die Kotschkarer Goldlagerstätten lieferten von 1846—1896 insgesamt 47 000 kg Gold; davon 1895 1785,420 kg und 1896 1638,000 kg.

Bei Annahme der Futtererschen Erklärung für die Entstehungsweise der Kotschkarer Golderzgänge ergibt die Vorratsvoraussage ein sehr günstiges Resultat. Ein Ausbleiben, Zersplittern oder Auskeilen der Gänge in größeren Tiefen ist danach unwahrscheinlich und der Erzvorrat wird bis in Tiefen aushalten, die für den bergmännischen Betrieb nicht mehr erreichbar sein werden.

Unmittelbar an die verwitterten Gangausstriche der Erzgänge des Kotschkar-Distriktes sind wichtige eluviale Seifen gebunden, die bedeutenden Goldgehalt aufweisen. Die oberflächliche Verwitterung der Gangausstriche hat in situ zur Bildung

von Lehmen geführt, deren Goldkonzentration an der Basis als der tiefsten Stelle des für das spezifisch schwere Gold durchdringbaren Materials naturgemäß am größten ist. Zur Bildung alluvialer Seifen ist es bei Kotschkar aus Mangel an günstiger Oberflächengestaltung und Entwässerung im allgemeinen nicht gekommen, nur in den zum Teil verkarsteten Kalksteinen sind goldführende Sande in Vertiefungen zusammengeschwemmt worden. Sie zeichnen sich zugleich durch Edelsteinreichtum aus und enthalten neben Korund, Granat, Topas, Beryll usw. auch Diamant. Die Kotschkarer Seifen wurden seit 1844 abgebaut, während die anstehenden Golderzgänge erst 1867 entdeckt wurden. Die Seifen sind heute ziemlich erschöpft.

Ein weiteres Goldgangebiet ist vor einer Reihe von Jahren bei Tscheljabinsk*) erschlossen worden. Das begleitende Gestein ist Granitit, zum Teil auch Hornblendegranit, stark dynamometamorph beeinflusst und wird von zahlreichen, teils NO, teils NW streichenden, meist flach einfallenden goldhaltigen Gängen durchzogen. Die Gangfüllung besteht neben zerrüttetem Granitmaterial aus Quarz in Trümmern von 0,2—0,7, nur selten bis 2 m Mächtigkeit. Während in den oberen Teufen der Gangquarz Freigold enthält, stellen sich bei 30—40 m Tiefe güldige Arsen- und Schwefelkiese ein. Der durchschnittliche Goldgehalt beträgt 2,5—10,4 pro Tonne, steigt aber bis 30 g und mehr.

Wie der primäre Goldgehalt sauren und auch basischen Eruptivgesteinen eigen sein kann, so bleiben auch die gangförmigen Vorkommen keineswegs nur auf granitische, d. h. saure Gesteine beschränkt. Der Osthang des Ural-Tau bietet auch für den Zusammenhang gangförmiger Goldvorkommen mit frischem, basischem Eruptivgestein und Serpentin eine Fülle von Beispielen; immer wieder tritt aber die von Tschernyschew betonte Tatsache deutlich hervor, daß der wohl chemisch gebundene unsichtbare Goldgehalt in frischen Silikatgesteinen erst bei der Zersetzung der Silikate frei, angereichert und sichtbar wird. Aus dem Gebiet nördlich Werchne-Uralsk beschreibt Futterer**) die Goldlagerstätte „Seminowski Prisk“. Es handelt sich hier nicht um einen echten Gang, sondern um eine schmale Zone zersetzter Gesteine — tonig-talkiger Schiefergesteine und fast reines Talkgestein — zwischen Serpentin und Peridotit, die gegen den Serpentin durch die Neubildung einer Kalkschicht begrenzt werden. Die ganze Zersetzungszone einschließlich der kalkigen Grenzschicht ist goldführend, war in den oberen 20 m reich daran, drückt sich aber zusammen und verarmt nach der Tiefe. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse am Kamyschak, wo die Goldquarzader zwischen Serpentin und Hornblendeschiefen von talkig-tonigen Zersetzungsprodukten das Serpentin begleitet und teilweise auch abgelöst wird. Auch die Goldvorkommen von Absakowa sind an Kluft und Verschiebungsfächen innerhalb des Serpentin gebunden, auf denen sich ein meist geringer Goldgehalt konzentrierte und gelegentlichen sekundären Quarz- und Calcitadern mitteilte. So führen denn auch die zahlreichen, teils diluvialen, meist aber alluvialen Seifen dieses Ge-

*) Karpinsky: Les gîtes aurifères des environs de Tschéliabinsk. Guide des excursions du VII. Congr. géol. intern. 1897, V, S. 30—33.

**) Futterer: Beiträge zur Geol. d. Süd-Urals. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1897, S. 339—343.

bietes (Janikejewa, am Mindjak-Fluß usw.) wohl sämtlich auf „Rhizoden“ — das sind die ursprünglichen Lagerstätten des Seifengoldes — zurück, die als gangartige, stark zersetzte Gesteinzzonen im Serpentin liegen und lassen für ihren Goldgehalt kaum eine andere Deutung zu, als daß dieser im Serpentin und seinem basischen Ursprungsgestein primär enthalten war, wie dies ja auch von Peridotiten am Kamyschak tatsächlich erwiesen ist.

Die dritte Art des Vorkommens von Gold im Ural, die Seifen, sind, obwohl zumeist später als die Ganggebiete in Angriff genommen, zur ersten Bedeutung emporgerückt*). Sie liegen in dem hügeligen, von Jekaterinburg bis nördlich von Miass reichenden, etwa 20 km breiten Gebiete an der Ostseite des Ural. Der Untergrund besteht aus den kristallinen Schiefen und Eruptivgesteinen dieser Zone, mit gelegentlichen palaeozoischen Sedimenten. Abgesehen von den besprochenen Ganggebieten und demjenigen von Miass, wo Golderzgänge im Jahre 1799 entdeckt, aber nur wenige Jahre ohne günstigen Erfolg abgebaut wurden, sind die primären Ursprungsgebiete nur selten nachgewiesen. Die wichtigsten Seifengebiete sind neben zahlreichen kleineren die von Beresowsk, Gornyschtschit, Issetsk, Nevjansk und Miass, unter denen die Seifen zu Nevjansk im Jahre 1813, zu Beresowsk 1814 entdeckt und 1823 in Ausbeutung genommen wurden, etwa gleichzeitig mit den Seifen von Miass.

Auf der Zarewo Alexandrowsky-Seife bei Miass wurde der bekannte Fund eines 36 kg schweren Goldklumpen gemacht.

Die reichen Partien der uralischen Seifen sind im allgemeinen nur 0,5—1 m mächtig und liegen in der Regel unmittelbar über dem Felsgrund. Sie erstrecken sich meist auf 20—40 m, gelegentlich auch auf 500 m. Eine bedeutsame Ausnahme macht jedoch die auf 12 km verfolgte Petschtschanka-Seife im Bogoslowsker Distrikt. Die bisweilen strichweise Verteilung des Goldes folgt wahrscheinlich dem alten Stromstrich. Das Alter der uralischen Seifen ist verschieden. Karpinsky unterscheidet recente und diluviale, gelegentlich mit Mammutresten. Heute sind die Seifen im Ural beinahe erschöpft**).

Goldwäscherei ist schon seit prähistorischen Zeiten bis in die Gegenwart an mehreren Stellen Sibiriens getrieben worden, insbesondere in einer Reihe von westsibirischen Bezirken, ferner in den transbaikalischen Goldfeldern an der Olekma und am Witim, wo indessen der ewig gefrorene Boden der Gewinnung große Schwierigkeiten bereitet. Das ostsibirische Goldfeld

*) Stelzner-Bergeat II, S. 1276—1278.

**) Beyschlag-Krusch-Vogt II, S. 697.

umfaßt hauptsächlich den Oberlauf der dem Amur von N zu strömenden Flüsse Seja, Niman und Amgun.

Im Jahre 1901 wurden im ganzen russischen Reiche 39 142 kg Gold, davon nur 3798 kg durch Gangbergbau, gewonnen. 1911 betrug die entsprechende Zahl etwa 57 000 kg, wovon auf den Ural rund 10 000 kg, nach anderen Angaben nur etwas über 8000 kg*) entfielen.

Nicht vergessen sei, daß mit dem Gold zusammen auf den Seifen auch Zinnober auftritt. (Bei Beresowsk, Miass und Bogoslawsk.)

Silbererze sind im Ural kaum vorhanden und der eigentliche Silberbergbau hat seit 1884 ganz aufgehört. In technisch nutzbarem Gehalt tritt das Edelmetall eigentlich nur in manchen Kupfererzen und mit Gold legiert auf.

Silberhaltige Kupfererze kennen wir auf den Lagerstätten des Werch-Issetsk-Gebietes und auf den Erzgängen des Soimonowtales. Dieses Silber wird meist auf elektrischem Wege gewonnen. Im Jahre 1912 wurden im ganzen 666 Pud 8 $\frac{1}{2}$ Silber erzeugt.**) Nur eine kleine Menge davon stammt aus Kupfererzen, der überwiegende Anteil aus dem stark silberhaltigen Waschgold des Kyschtymer Bezirkes. Auch das Kotschkarer Berggold ist silberhaltig. In der genannten Zahl ist das aus den Goldbezirken Beresowsk, Kotschkar und Tscheljabinsk stammende Silber nicht enthalten. Rechnet man dieses hinzu, so dürfte die gesamte Silberproduktion des Jahres 1912 auf mindestens 1000 Pud zu schätzen sein. Genauere Angaben sind unmöglich, da das Waschgold vielfach als solches auf den Markt kommt und erst im Ausland verarbeitet wird. Silberhaltigen Bleiglanz gibt es im Ural nur in so geringen Mengen, daß seine Verarbeitung auf Silber nicht lohnt.

Blei- und Zinkerze sind im Ural überhaupt sehr selten und nur untergeordnet in den Erzgruben des Blagodat-Reviers und auf einigen Kupfererzlagertstätten (Bogoslawsk) angetroffen worden. Von den gelegentlichen Gangvorkommen wurde der Quarz-Bleiglanz — Pyritgang der Andreewskygrube — bereits erwähnt.

Die nur an basische Eruptivgesteine geknüpften Lagerstätten des Urals.

Am ausgiebigsten und vielseitigsten von allen Gesteinen — wenn man sie vom Gesichtspunkte des Lagerstättengeologen ansieht —, sind die extrem basischen Eruptivgesteine, vorzugsweise Gabbros und Olivingesteine. Zahlreiche Metalle wie Eisen und Gold können in ihrem Gefolge auftreten, viele bevorzugen sie, einige Stoffe sind auf diese Gesteine als Muttergestein beinahe beschränkt; so Chromit, gewisse Nickelerze, Platin, Diamant, Magnesit, Asbest, Chrysopras und mehrere andere. Diese Viel-

*) Rigasche Industriezeitung 1912, S. 160.

**) Rigasche Industriezeitung 1914, S. 123.

seitigkeit hat zwei Gründe. Einmal stammt die Schmelze selbst wahrscheinlich aus Tiefen der Erde, die überhaupt nur selten Stoffe nach oben senden, und kann daher Chemikalien mit hochbringen, die selten sind. Und zweitens ist die Schmelze nach der Erstarrung nachträglicher Zersetzung und Verwitterung in besonderem Maße zugänglich. Ein eigentümlicher Zersetzungs-vorgang ist es ja, der das primäre Eruptivgestein überhaupt erst zum Serpentin umbildet. Schon hierbei können nutzbare Stoffe angereichert werden. Aber auch der Serpentin selbst ist noch weiteren chemischen Umwandlungen durch das Wasser zugänglich, und seine verschiedenen ursprünglichen Bestandteile gehen mit dem Sauerstoff, das Wasser mit der Kohlensäure der Atmosphäre neue, abbaufähige Verbindungen ein. Diese primäre Schmelze wird also durch die zwei oder drei geologischen Hauptakte, denen sie unterworfen wird, in ihre Bestandteile zerlegt, und diese so der Verwendung zugänglich gemacht. Man kann diese Vorgänge in der Form eines Stammbaumes darstellen; der Peridotit erscheint als erste Generation. Aus ihr gehen durch Abspaltungen oder Auskristallisation im schmelzflüssigen Zustand Platin, Chromit, Diamant und anderes hervor, durch Umsetzung unter Wasseraufnahme der Serpentin. Der Serpentin als zweite Generation wird dann wieder zum Ausgangsgestein neuer, wesentlich hydrochemischer Zerlegungsprodukte, wie der hydrosilikatischen Nickel-erze (grüne Verwitterung), des Asbestes, der Magnesite (weiße Verwitterung), des eisenhaltigen „Roten Gebirges“, zahlreicher Ausbildungsformen der Kieselsäure, unter denen die wasserhaltigen Opale, die mit grünem Nickeloxyd getränkten Chryso-prase als Schmuckstein geschätzt sind.

Von diesen Zerlegungsprodukten des Serpentin und seines Muttergesteins liefern oder lieferten die Serpentin- bzw. Dunitstöcke des Urals Platin, Chromit, Asbest und Nickel in wirtschaftlich bedeutenden Mengen, Diamant, Chryso-pras und Magnesit in geringen, nur theoretisch bemerkenswerten Vorkommen.

Das Platin wird gediegen, mit Chromeisenstein, in verschiedenen basischen Massengesteinen gelegentlich direkt gefunden. Hauptsächlich aber geht dieser Ursprung indirekt hervor aus dem Auftreten des Platins in Flußsanden, die ausschließlich aus solchem Gestein ihr Material entnehmen. Danach liefert das Olivinegestein Dunit die Hauptmenge, während dem Pyroxenit und Serpentin nur eine Nebenrolle zufällt. Die gesamte bergmännische Produktion ist bekanntlich auf solche sekundäre Lagerstätten gegründet, auf

Seifen, die neben dem Platin die übrigen Mineralien der Ursprungsgesteine umschließen. 95% der Welt-Platingewinnung stammt von hier. Auf die beiden Phasen der Lagerstättenbildung wurde schon in der Einleitung hingewiesen (S. 4). Duparc*) nimmt an, daß der Dunit aus saureren Schmelzen durch Abspaltung an Ort und Stelle hervorgegangen sei. Gleichzeitig hätte er den gesamten Platingehalt der Schmelze an sich gezogen und also auf engeren Raum konzentriert**): „Le platine naturel est en quelque sorte le produit d'un affinage naturel incomplet“. Danach müßten die Platinvorräte eines Gebietes abhängig sein von der Größe der ganzen Schmelzmasse; eine Regel, die sich durch Beobachtung bestätigt. Ferner darf man erwarten, daß der Platingehalt nach der Tiefe zunimmt, sowie, daß in gewissen Gebieten, wo an der Oberfläche nur Pyroxenit zu sehen ist, der Dunitkern noch im Untergrunde steckt. Doch sind das Folgerungen ohne praktische Bedeutung.

Die wichtigsten Platinseifen***) liegen in den Bergbaurevieren von Nishne Tagil, Bissersk und Gora-Blagodat. Weiter im Norden folgen noch weniger wichtige in der Gegend des Berges Koswinsky an der Sosnowka, Koswa und am Kitlim. Hiervon liegen nur die Seifen von Nishne Tagil, die sich an den Flußläufen im Norden, Westen und Süden um den Berg Solowjew gruppieren, am Westhang des Gebirges. In den beiden anderen Bergrevieren gehören die Platinseifen dem Bereich der Flüsse Iss, Wija und Tura an. Gewöhnlich ist in den Seifen Platin von Gold begleitet.

Die Förderung betrug 1912 300000, 1913 250000, 1914 241000, 1915 124000, 1916 63900 Unzen (Troy Ounzen) (à 31,19 g), wobei diejenigen Platinmengen schätzungsweise inbegriffen sind, die während des Gewinnungsprozesses gestohlen werden und unregistriert in den Handel kommen.

Mit Platin und Gold zusammen tritt auch die kostbare Edelmetallegierung Osmiridium†) auf. Man kennt sie auf den Goldseifen von Miass und Kyschtym. Von 1904–1914 lieferten die Wäschereien im ganzen ca. 18 kg. Der Ertrag geht aber von Jahr zu Jahr zurück; er betrug 1902 noch 4495 g, 1913 aber nur noch 258 g.

Der Chromit bildet zahlreiche Lagerstätten, die, soweit der Serpentin reicht, in mehr oder weniger ergiebiger Form über den

*) Duparc: Le Platine et les gites platinifères de l'Oural; Arch. d. sciences, phys. et nat., Genf 1911, Bd. 31, S. 64 ff.

***) Nach dieser Auffassung wäre schon der Metallgehalt der Schmelze (Nickel, Platin, Chrom usw.) nicht eine Funktion der Ursprungstiefe, sondern der Konzentration. Es besteht zwischen dieser Darstellung und der oben angedeuteten (S. 4) aber ein Widerspruch, auf den ausdrücklich aufmerksam gemacht sei!

***) Wissotzky: Die Platinseifengebiete von Iss- und Nishne Tagil im Ural. Mém. com. géol. St. Pétersbourg 1913, N. S. 62.

†) Rigasche Industriezeitung 1914, S. 143.

ganzen Ural verstreut sind. Die bemerkenswertesten Fundstellen*) liegen am Westhang des Berges Katschkanar, im Gora-Blagodat-Revier, ferner im Gebiet von Jekaterinburg (Kossulinsk), zwischen Kyschtym und Syssertsck und im Bergrevier von Slatoust (am Maly-Iremel). Die Erze treten in Form von Nestern und gangförmigen Schlieren auf, bilden aber nirgends einheitliche große Lagerstätten. Bei Jekaterinburg erscheint das Muttergestein Serpentin zwischen Chlorit- und Talkschiefer eingelagert, die normal nordsüdlich streichen. Zum Teil sollen diese Chromite nicht die oben gekennzeichnete Entstehung durch Ausscheidung aus dem Magma haben, sondern sekundär neugebildet sein, indem der Chromgehalt der Schmelze mit dem Magneteisen des Nebengesteins zu Chromeisenstein verwächst. Entsprechend ihrem gemeinsamen Ursprung kommt Chromeisenstein auch in fast allen Gold- und besonders Platinsanden in reichlicher Menge vor; nicht selten in Stücken mit gediegenem Platin verwachsen. Die praktischen Aussichten des Chromits im Ural werden von Beyschlag-Krusch-Vogt wenig günstig beurteilt, während B. Simmersbach von einer nicht unbedeutenden Ausbeute spricht (1912 etwa 20000 Tonnen) und Hoffnungen auf gründlichere geologische Untersuchungen setzt. Im Jahre 1913 wurden von allen Gruben in den Gouvernements Perm und Orenburg zusammen 24 250 t gegen 14 530 t im Jahre 1910 gefördert.***)

Bei Revdinsk oder Revda, 50 km WSW von Jekaterinburg, sind früher auch Nickelerze (Garnierit) als Zersetzungsprodukte von Serpentin abgebaut worden. Der Nickelgehalt betrug etwa 2⁰/₀. Diese Erze wurden um 1865 entdeckt, aber erst seit 1872 eine Zeitlang verwertet. Zu Beginn der 90er Jahre beabsichtigte man den Betrieb wieder aufzunehmen***). In neuerer Zeit haben tiefere Schürfungen gute Ergebnisse gebracht. Vor dem Kriege soll man auch bei Kupfererschürfungen im Bergbaukreise Ufalei auf ausgedehnte Lagerstätten von Nickelerzen gestoßen sein.

Ein sehr wichtiges Geschenk der Uralserpentine ist auch der Asbest, der entsteht, wenn gewisse Bestandteile des Gesteins durch Wasser gelöst und in mineralischer Form wieder abgesetzt werden. In letzter Zeit sind neue Lager in den Gouvernements

*) Simmersbach: Die Weltversorgung mit Chromeisenstein. Zeitschr. f. prakt. Geol., 1916, Bd. 24, S. 194–196.

**) Rigasche Industriezeitung 1914, S. 256.

***) Stelzner-Bergeat II, S. 583.

Orenburg und Perm entdeckt worden, deren Ausdehnung und Reichhaltigkeit die kanadischen übertreffen sollen.

Das Material steht aber dem kanadischen an Güte nach. Immerhin ist der Ural nächst Kanada der wichtigste Lieferant für den Weltmarkt. Die Asbestlagerstätten*) liegen hauptsächlich im Bergbaubezirk von Jekaterinburg; das Zentrum der Ausbeute liegt ca. 40 Werst von der Station Bashenowo entfernt. 1910 waren 21 Werke in Betrieb. Bereits zur Zeit Peters des Großen wurde Asbest von den Bewohnern zu Geweben verarbeitet. Die eigentliche Ausbeute der Lagerstätten begann schon 1720, wurde aber erst seit 1889 mit steigendem Erfolge wieder fortgesetzt. Sie betrug 1911 948 380 Pud (rund 15 500 t), hatte aber bereits 1913 1 Mill. Pud überschritten.

Seit früher Zeit ist der Ural wegen seines Reichtums an Mineralien und Edelsteinen berühmt. Über alle größeren mineralogischen Museen der Erde sind diese Vorkommen in Stücken von oft unerreichter Schönheit verstreut. Neben zufälligen Vorkommen in kristallinen Schiefen auf verschiedenartigen Erzlagerstätten usw. sind es vor allem die für die uralischen Erzlagerstätten so wichtigen Kontaktbildungen, in denen fast immer die verschiedensten Mineralien (Kontaktmineralien) durch Umkristallisation der verschiedenen, das ursprüngliche Gestein aufbauenden chemischen Verbindungen zur Bildung gelangen. Daneben können aber auch in den Eruptivgesteinen, namentlich den sauren, wie Granit und Syenit, Mineralien in lokaler Anreicherung ausgeschieden werden.

Namentlich der südliche Ural**) im Bergwerksbezirk von Slatoust ist reich an solchen Bildungen, die in zahlreichen Mineralgruben bei Kussa und Miass ausgebeutet werden. Die einen dieser Vorkommen sind Kontaktbildungen zwischen unterdevonischen Tonschiefen und den kristallinen Schiefen eingelagerten Kalken, mit Dioriten und liegen westlich des Ural-Tau. Die anderen sind Ausscheidungen im Granit und Syenit (namentlich im Miaskit) des Ilmengebirges. Als Edelsteine geschätzt sind verschiedenfarbige Korunde (Rubin, Saphir), Topas, Beryll, Zirkon, Granat, Turmalin.

In der Nähe von Jekaterinburg bei Palkina liegen im Kontakt zwischen Graniten (Gneisgraniten) und älteren Hornblendegesteinen die Minerallager Eugenie Maximilianovna***). Neben anderen Edelsteinen zeichnen sie sich durch schönen meergrünen Beryll — Aquamarin — aus, der auch noch von einer Reihe anderer Fundstellen bekannt ist.

Wichtig ist auch der zu Vasen verarbeitete Rhodonit von Sedelniko (vgl. S. 87).

Als Schmuckstein†) berühmt sind ferner die farbigen Karbonate, die aus dem Kupfererz des Urals durch Aufnahme von

*) Rigasche Industriezeitung 1914, S. 154.

**) Arzruni: Die Mineralgruben von Kussa und Miass. Guide d. excursions d. VII. cong. géol. intern., IV, 1897.

***) Karnojitzky: Gisement de minéraux d' Eugénie-Maximilianovna. Guide, VIII.

†) Danmer-Tietze: Nutzbare Mineralien I, S. 168 u. 477.

Kohlensäure und Wasser hervorgehen. So werden auf Malachit heute noch die Gruben von Mednorudiansk bei Nishne Tagil ausgebeutet. Das grüne, strahlige Mineral findet sich im eisernen Hut der Lagerstätte in Form verschieden großer Knollen, deren größte 25 000 kg schwer war. Hauptsitz der kunstgewerblichen Verarbeitung sind Jekaterinburg und Petersburg.

Nicht mehr als theoretisches Interesse haben vorläufig die gelegentlich in Gold- und Platinseifen gefundenen Diamanten (Goldseife von Bissersk und Kotschkar), sowie die geringen Mengen von Chrysopras, der bei Rewdinsk gefunden wird.

In den letzten Jahren vor dem Kriege brachten die Zeitungen wiederholt Nachricht von Naphthafunden im Ural. Die in Frage kommenden Gebiete gehören jedoch nicht mehr dem uralischen Gebirgslande, sondern der öden Steppe zwischen Ural- und Embafluß*) bis zum Nord- und Nordostufer des Kaspischen Meeres an. Speziell die Landschaft Dossor am Unterlauf des Embaflusses scheint ein beachtenswertes Naphthagebiet zu sein.

Wie bei Maikop im nordwestlichen Kaukasus lösten auch hier die Funde ein großes Unternehmungsfieber aus. Naphtha wurde in einer Tiefe von 225 m erbohrt und bisher 48 Bohrlöcher angelegt, deren eine Fontäne mit einer täglichen Leistungsfähigkeit von 500–600 000 Pud Naphtha zu den ergiebigsten ihrer Art gehört. Man kann hier also ein reiches Naphthagebiet erhoffen, dessen großzügige Erschließung aber durch die schwierige geographische und wirtschaftliche Lage noch lange behindert sein wird. Das Naphtha stammt überwiegend aus jüngeren Tertiärschichten. Günstige Bohrversuche, wobei das Naphtha in geringer Tiefe angetroffen wurde, sind auch bei Karganba im Kreise Temir am mittleren und unteren Lauf des Uralflusses ausgeführt worden.

Schließlich ist auch im Petschoragebiet**) im Kreise Uchta eine naphthaführende Schicht über metamorphem Gebirge nachgewiesen worden, verspricht aber wohl nur geringfügige Ausbeute. Erwähnt sei noch, daß unweit Sterlitamak***) (südlich Ufa) Erdöllager erschlossen worden sind, deren monatlicher Ertrag auf 730 000 kg geschätzt wird.

9. Der Kaukasus

(Von Dr. Ernst Meister)

Zwischen Kaspischem und Schwarzem Meere erhebt sich als natürliche Südgrenze des europäischen Rußlands der mächtige Ge-

*) Rigasche Industriezeitung 1914, S. 188 u. 269.

Tikhonovitsch und Zamjatin: The Ural Naphtha district. Bull. com. géol. St. Petersburg 1912, S. 589–598.

**) Rigasche Industriezeitung 1912, S. 252.

***) Zeitschr. f. prakt. Geol. 1919. Lystchr. S. 54.

birgswall des Kaukasus*). Er durchzieht den Isthmus in diagonaler Richtung und geradlinigem Streichen von OSO nach WNW von Baku bis zur Halbinsel Taman in einer Länge von 1290 km, reicht beiderseits bis hart an das Meer und läßt nur am Kaspischen Meer einen schmalen Küstensaum offen. Seine schroffen, schneegekrönten, zentralen Kammhöhen überragen die höchsten Alpengipfel; aber im Vergleich zu den Alpen ist der Kaukasus schmal, höchstens 170 km breit und verengt sich im mittleren Teil auf 100 km.

Durch die breiten Niederungen und Steppen des Rion und der Kura getrennt, erhebt sich südlich des eigentlichen oder „Großen Kaukasus“ parallel zu diesem der „Kleine oder Anti-Kaukasus“. Er schließt nach Süden gegen das Hochland Armeniens ab und steht durch den Querriegel des Meskischen Gebirges mit dem Großen Kaukasus in orographischer Verbindung.

Aufbau.

In seiner heutigen Gestalt ist er ein junges Faltengebirge, aber nicht das Ergebnis einer einmaligen Auffaltung. Die tangentialen Bewegungen der Erdkruste, die seine Ketten schufen, sind zu wiederholten Malen während des Mesozoikums und des Tertiärs in Tätigkeit gewesen; ihre ersten Anfänge reichen bis in den Jura. Die Hauptfaltung ist allerdings tertiären (pliozänen) Alters. Daß die gebirgsbildenden Kräfte auch heute noch nicht zur Ruhe gekommen sind, lehren die häufigen seismischen Bewegungen im Senkungsfeld der Kura (Schemacha, Nucha, Elisabethpol und Schuscha) am Südfuß des östlichen Kaukasus und im Antikaukasus.

Nachdem das Gebirge fertig aufgerichtet war, setzte im Ausgang des Tertiärs und während der Diluvialzeit in der Zentralzone eine großartige vulkanische Tätigkeit ein, die den Kaukasus in auffallenden Gegensatz zu den Alpen und allen übrigen jungen Gebirgen der europäischen Faltenzonen bringt**). Verwandte Vorgänge kehren in den Anden wieder. Andesitische Magmen durchbrachen die kaukasische Zentralzone und bauten über steil aufgerichteten palaeozoischen Schiefen und Granit moderne Vulkane auf, die im Elbrus (auf Granit aufsitzend) und im Kasbek (auf Schiefen aufsitzend) die höchsten Gipfel des Kaukasus schufen.

*) v. Dechy: Kaukasus, Reisen und Forschungen im kaukasischen Hochgebirge, 1905—1907, Bd. 3.

***) Die vulkanischen Erscheinungen des Kaukasus schildert zusammenfassend Löwinson-Lessing, Min. petr. Mitt. 33, 377—484, 1915. (Referat N. Jahrb. 1917, S. 159.)

Der Bereich dieser jungvulkanischen Tätigkeit beschränkt sich auf die Zentralzone des Kaukasus zwischen dem Elbrus im Westen und dem Archotis-Paß im Osten. Es sind 12—14 Vulkane und Ergußzentren bekannt, die alle die Eigentümlichkeit aufweisen, daß ihnen Aschen und Tuffe zumeist ganz fehlen, während Lavavulkane, Quellkuppen und Spaltenergüsse die Hauptrolle spielen. Von den Eruptivzentren aus ergossen sich mächtige Ströme andesitischer Lava in die Täler, sich vollkommen den Talformen anschmiegend; auf ihrem Wege haben sie gelegentlich ein Haupttal abgedämmt, sind nachher vom Fluß wieder durchschnitten worden, haben die Bergbäche in neue Wege gezwungen oder, wie im Mlety-Gebiet, an ihren Flanken zu neuer Talbildung veranlaßt, wobei der harte Lavastrom selbst als Bergrücken herausmodelliert wurde. Die heutige vulkanische Hochfläche von Kali ist nach Abich auch nur ein von Lavamassen erfülltes Tal der Schieferzone, dessen Talränder später zerstört wurden.

Die Moränen der Talgletscher sowie die fluvioglazialen Ablagerungen sind von Andesitmaterial erfüllt, manche Lavaströme haben aber auch die Moränen überflossen und ihre Oberfläche verschlackt*). Es sind keine Anzeichen vorhanden, daß der Mensch Zeuge dieser gewaltigen Vulkantätigkeit im Kaukasus war, die Beobachtungen lehren aber, daß dieselbe nicht nur jünger ist als die Faltung des Gebirges, sondern auch jünger als die ursprüngliche Talbildung, z. T. sogar jünger als die Vergletscherung. Nach den am wenigsten durch Verwitterung und Erosion angegriffenen Bergformen des Elbrus und Kasbek scheinen diese Vulkane mit die jüngsten des Kaukasus zu sein.

Gerade hierin liegt, wie A. Heim^{**)} gezeigt hat, ein tiefgreifender Unterschied gegen die Alpen. In den Alpen gibt es keine Eruptivgesteine, die jünger wären als Faltung, Talbildung und Eiszeit. Während in den Alpen zu Beginn des Diluviums — während der ersten Interglazialzeit — das Gebirge etwas sank, so den Anlaß zur Bildung der alpinen Randseen gab und sich erniedrigte, sehen wir im Kaukasus zur gleichen Zeit aufbauende vulkanische Kräfte am Werk, die die Gipfel zu jugendlichen, milden Formen erhöhen, während gleichzeitig in anderen Teilen des

*) Ein anschauliches Profil hiervon gibt Löwinson-Lessing in: De Wladikawkas à Tiflis par la route militaire de Géorgie. Guide d. excurs. du VII. congr. géol. intern. XXII, S. 16.

**) A. Heim: Querprofil durch den Zentralkaukasus. Vierteljahrsschrift d. naturf. Gesell. Zürich, 43; 1898, S. 25—45.

Gebirges Gletscher und Verwitterung der Eiszeit die Granitberge nach alpinem Typus in wild zerrissenen Zacken herausmodellierten. Von einem Nachsinken des aufgefalteten Gebirges ist im Kaukasus nichts zu beobachten, wir finden keine Randseen, Talseen und Wasserfälle, die nicht zuletzt den Reiz des alpinen Landschaftsbildes ausmachen. Überhaupt ist das Schicksal der Täler im Kaukasus weniger mannigfaltig als in den Alpen. Seit der Aufrichtung des Gebirges verlief die Talbildung in ruhigen Bahnen und wurde durch die Eiszeit weder neu belebt noch zu landschaftlichem Formenreichtum angeregt. Nach den Beobachtungen von L. Distel*) war die diluviale Vereisung des Kaukasus dank seiner kontinentalen Lage speziell in der Nordabdachung der Zentralkette geringer als am Nordabfall der Alpen. Im Baksantalgebiet mag die eiszeitliche Schneegrenze etwa bis 2800 m hinabgereicht haben, das ist im Vergleich zu heut nur 600—700 m tiefer. In der Gegenwart haben die Gletscher des Kaukasus wie auch die der Alpen um die 50er Jahre des vorigen Jahrhunderts ein Maximum ihres Vorrückens gehabt.

Wenngleich das wilde und unwegsame Gebirge noch keineswegs in all seinen Teilen genügend erforscht ist, so ist doch im Gegensatz zu den Alpen ein einfacherer tektonischer Aufbau unverkennbar.

Kristalline Schiefer und palaeozoische Schiefer mit zahlreichen basischen Eruptivgängen, Trias, Jura, Kreide, Tertiär und schließlich die jungen Ergußgesteine setzen das Gebirge derart zusammen, daß palaeozoische und liassische Schiefer in einer zur Fächerstellung zusammengeschobenen Antiklinale die Zentralkette bilden und ein Zentralmassiv von Granit und kristallinen Schiefen einschließen. Nördlich und südlich der Hauptantiklinale sind Jura, Kreide und Tertiär zu einer ganzen Reihe, der Hauptkette parallelen Faltenzüge aufgeworfen. Über die Zentralkette breiten sich die jungen Ergußgesteine aus.

Nördlich der Zentralkette schließen sich diese Faltenketten, in normaler Anordnung von älteren zu den jüngeren Sedimenten fortschreitend, in breiter Zone an. Sie werden nur durch das jungtertiäre Tafelland der Senke von Wladikawkas buchtenförmig eingeengt. Nach Norden nehmen Intensität der Faltung und Höhen der Ketten allmählich, aber ständig ab, bis schließlich Kreide und älteres Tertiär mit schwacher, nordwärts gerichteter Neigung in die flache sarmatische Tafel von Stawropol verfließen.

*) L. Distel: Ergebnisse einer Studienreise in den zentralen Kaukasus. Abh. d. Hamburgischen Kolonialinstituts, XXII, 1914.

Nur einmal noch werden Kreide und Eocän in der durch seine Mineralquellen berühmten Gegend von Piatigorsk in ihrer ruhigen Lagerung gestört. Quarztrachyte haben sich in Form zahlreicher Lakkolithe in die Kreide- und Tertiärschichten hineingepreßt, sind dort steckengeblieben und haben diese in ihrer Umgebung aufgerichtet. Damit in ursächlichem Zusammenhang stehen zwei nach NO und NW streichende Systeme von Spalten, auf denen — vornehmlich auf den NW-Spalten — die Mineralquellen zutage treten.

Den Südhang des Kaukasus begleitet dagegen eine gewaltige Bruchzone, die besonders im östlichen Teil sehr ausgeprägt ist, und längs der das Gebirge zu den Senken der Kura und des Rion staffelförmig und steil abstürzt. Jura und alle jüngeren Schichten sind hier abgesunken, nur einzelne Schollen junger Sedimente bilden niedrige Vorketten. Fast durchgehend zeigen die Schichten wie am Nord- so auch am Südhang ein Einfallen nach Norden und Nordosten. Dieses gleichmäßige isoklinale Einfallen ist so charakteristisch, daß Abich hierin das Grundgesetz der kaukasischen Gebirgsbildung erblickte und das Gebirge für eine einzige ungeheure Isoklinalfalte hielt.

Normale Altersfolge der Schichten übereinander und gleichmäßige Neigung nach Norden zeichnet besonders den ganzen östlichen Kaukasus (östlich des Terek-Durchbruches) in allen Horizonten bis an seinen Abbruch auf der Südseite aus. In diesem Teil des Gebirges ist die nach N gerichtete Faltung am ausgeprägtesten; es ist nach Norden geneigt und gefaltet und südwärts gebrochen und abgesunken.

Verwickelter sind die tektonischen Verhältnisse im mittleren und nach NW gerichteten Teil.

Auf der Südseite der Zentralzone zwischen Kasbek und Elbrus fallen kristalline Schiefer und palaeozoische, z. T. vielleicht auch schon liassische Tonschiefer gleich einer nach SW überkippten Falte widersinnig und steil gegen NO unter den Granit ein. Weiter nach Süden greift diese überstürzte Lage der Schichten auch auf die jüngeren Formationen über, die Neigung nach Norden schwankt im Betrage, aber nie tritt Südfall ein. Südlich Passanur folgt nach Heim*) Lias mit Einfallen nach N unter palaeozoischen Schiefnern, dann Dogger und Malm unter Lias und bei Ginvani ist schließlich Jura über steil aufgerichtetem Eozän zu beobachten. Im Norden der granitischen Zentralzone sind hingegen nur palaeozoi-

*) Heim, siehe oben S. 39—40.

sche und Liasschiefer in der Fächerachse steil aufgerichtet, während alle jüngeren Sedimente sich in normalen, parallelen Faltenzügen mit Nordfallen und in richtiger Altersfolge der Schichten anschließen. Albert Heim faßt daher auch den ganzen Zentral-Kaukasus als einen einzigen, enorm breiten Fächer auf, an dessen Südrand alle Schichten bis zum Eozän in überkippter oder wenigstens senkrechter Stellung erscheinen, wie es der Fächerstruktur entspricht, während am Nordrand nur die Schiefer bis einschließlich Lias von der vertikalen oder nur wenig überkippten Aufrichtung erfaßt wurden, nach außen überliegende Faltenstellung wie im Süden aber ganz fehlt.

Im Gegensatz zu den Alpen besitzt der Kaukasus nur ein einziges, von Granit und kristallinen Schiefen aufgebautes Zentralmassiv. Es bildet zwischen dem Durchbruchtal des Terek und dem Quellgebiet des Kuban die Zentralkette des mittleren Kaukasus. Der Kern ist Granit, über den sich eine vom granitischen Magma stark injizierte, kontaktmetamorphe Hülle von kristallinen Schiefen legt. Nach Löwinson-Lessing*) ist aber kein einheitliches Zentralmassiv vorhanden, sondern eine Reihe vielleicht lakkolithischer Granitkerne. Die Granite sind sowohl normale Biotitgranite (Darjal-Schlucht) und Zweiglimmergranite als auch Protogingranite, andere Typen wie amphibolführender Plagioklas-Granit[†] sind seltener; als Randfazies beobachtete Löwinson-Lessing echten Tonalit in der Kistinka-Schlucht.

Die Entwicklung der kristallinen Schiefer ist nur gering und in manchen Teilen, wie beispielsweise in dem von Heim gegebenen Querprofil längs der Grusinischen Heerstraße, scheinen sie gänzlich zu fehlen. Am Südhang sind die Schiefer sehr reduziert, am Nordhang besser entwickelt und vornehmlich im westlichen Kaukasus vorhanden. Die Hauptmasse bilden Gneise**), die am Kontakt mit den Graniten als Augengneise erscheinen. Darüber folgen Glimmerschiefer und in den obersten Lagen Chloritschiefer und Serizitschiefer. Daneben sind auch Amphibolite (Epidot-Amphibolite, Zoisit-Amphibolite), Quarzite und Quarzitschiefer, phyllitartige Kontaktschiefer und Serpentin nachgewiesen***).

*) Löwinson-Lessing: Geol.-petrogr. Untersuchungen im Bereich des Massivs und der Ausläufer des Kasbek im Jahre 1899. Mat. z. Geol. Rußlands 21, 1901. S. 53—118.

**) Fournier: Description géologique du Caucase Centrale. Ann. Fac. des Sc. de Marseille 7. 1896.

***) Schafarzik, in Dechy: Kaukasus, Teil III.

Offenbar als Umwandlung von Serpentinien treten gelegentlich Talkschiefer auf, die bei Bshinewi im Kreise Scharopansk, Gouvernement Kutais, Asbest*) einschließen. Die einzelnen Asbestschichten sind 2,5—7,5 cm stark; sie sind in größerer Zahl zu einem bauwürdigen Vorkommen vereinigt und werden mit dem Einfallen mächtiger. Der Asbest ist aber spröde und daher wohl nicht marktfähig. Auch aus dem Kubangebiet wird Asbest gemeldet.

Sowohl der Granit wie auch die kristallinen und auf der Südseite des zentralen Kaukasus auch die palaeozoischen Schiefer werden von Gängen alter basischer Eruptivgesteine in großer Zahl durchschwärmt. Es sind Diabase, Diorite und Porphyrite, die namentlich auf der Südseite des mittleren und westlichen Kaukasus in räumlich bedeutender und einheitlicher Intrusivmasse zwischen Jura- und Kreideschichten zutage treten. Die Beteiligung dieser Gesteine am eruptiven Fundamente des Gebirges ist so erheblich, daß man von einem Granit-Diabaskern des Kaukasus sprechen kann. Im Gegensatz zum Ural sind aber im Kaukasus der Granit wie auch die übrigen Eruptivgesteine weder unmittelbar noch im Kontakt mit ihren Nebengesteinen gute Erzbringer gewesen. Es sind bisher kaum bedeutsame Lagerstätten bekannt geworden, die ihre Schätze dem Magma dieser Gesteine verdanken, und der Verruf des Kaukasus als erzarm scheint in dieser Hinsicht nicht unbegründet. Etwas günstiger liegen die Verhältnisse im Kleinen Kaukasus.

In dem bunten Wechsel der Eruptivgesteine des zentralen Kaukasus unterscheidet Löwinson-Lessing 4 Gruppen:

1. Granitische und basische (Gabbro, Diabas) intrusive Massive.
2. Gänge von Gesteinen des dioritisch-diabasischen Magmas (Grünsteine) in den palaeozoischen Schiefen und in den Graniten.
3. Ältere Lavaströme, Intrusivschichten und Gänge von Melaphyr und Porphyr in mesozoischen Ablagerungen.
4. Junge, vorwiegend andesitisch-dazitische Effusivmassen (Kasbek, Elbrus) und Lakkolithe in tertiären und posttertiären (glacialen) Ablagerungen.

Für den gesetzmäßigen Zusammenhang der eruptiven und tektonischen Vorgänge innerhalb des Gebirges ist es von Bedeutung, daß die Anordnung der jungen Vulkane wie auch das Streichen der alten basischen Intrusivgänge im wesentlichen mit der Richtung der großen Brüche in den palaeozoischen Schiefen zusammenfallen.

*) Zeitschr. f. prakt. Geol. 1905, S. 153.
Rigasche Industr.-Ztg. 1910, S. 284.

Im westlichen Kaukasus (westlich des Quellgebiets des Kuban) setzt sich die granitische Basis mit Gneis und metamorphen Schiefen noch ein Stück in der Zentralkette fort, sinkt aber am Fischt-Dagh und Oschten endgültig unter das Mesozoikum hinab.

Im östlichen Kaukasus (östlich des Terek-Durchbruches) fehlt die kristalline Zentralmasse mit dem granitischen Kern vollkommen bis auf einen schmalen, kurzen Streifen als Fortsetzung der kristallinen Schieferzone am Nordhang der zentralkaukasischen Kette. Im östlichen Kaukasus — dem Daghestanschen Berglande — herrschen die alten palaeozoischen und liassischen Tonschiefer vor und bauen die Hauptketten und höchsten Kammregionen auf. Die Nordabdachung des Gebirges bildet hier eine breite Zone regelmäßiger, paralleler Faltenzüge von Jura, Kreide und Tertiär, die nach Norden immer niedriger werden, nach Norden einfallen und ihre höchsten Schichtenköpfe mit steilem Absturz nach Süden dem Hauptkamm zuneigen. Die Juraschichten bilden jedoch keine eigentlichen, zusammenhängenden Ketten, sondern mit Kreidekalken schwach synklinale gebaute, plateauartige Erhebungen. Im Süden stürzt das Gebiet an den palaeozoischen Schiefen steil und ohne Vorketten zur Ebene von Kachetien hinab; nur durch eine den Hauptkämmen parallelen, tertiären Höhenzug von der Kura-Niederung getrennt. Den Verlauf der Verwerfungslinie am Südhang bezeichnen vulkanische Gesteine am Lagitschberge und eine ganze Reihe von Thermen von Jelissu nordwestlich von Nucha bis Dschebany bei Schemacha. Gegen das Kaspische Meer nimmt das Gebirge schnell an Höhe ab und verliert sich in den tertiären Faltenzügen des Baku-Gebietes. Hier reicht die stark abgeschwächte Faltenbildung gerade noch aus, um im älteren Tertiär jene Mulden und Sättel zu bilden, die die tektonische Vorbedingung für die Ölvorkommen der Halbinsel Apscheron sind.

Im Gebiet des mittleren Kaukasus wird die nördliche Zone der mesozoischen Faltenzüge zunächst durch das jungtertiäre Tafelland von Wladikawkas eingeengt, durch dasselbe ziehen sich aber noch von O nach W zwei niedrige tertiäre Faltenzüge als letzte Vorhöhen gegen die Kaspische Steppe. Westlich der Bucht von Wladikawkas verbreitert sich die mesozoische Faltenzone schnell und reicht bis an den isolierten Eruptivstock des Betsch-tau.

Südlich des mittelkaukasischen Zentralmassivs erlangen die palaeozoischen Schiefer wieder bedeutende Ausdehnung und bilden eine ganze Reihe paralleler Ketten, z. T. höher als der Granit-

kamm. Südwärts folgen dann ähnlich dem östlichen Kaukasus abgesunkene, niedrige Faltenzüge des Mesozoikums und Tertiärs. Verwickelte tektonische Verhältnisse ruft hier besonders das Eingreifen der kristallinen Masse des meskischen Querriegels hervor.

Am Nordrand des mittleren Kaukasus liegt das bedeutendste Gebiet russischer Mineralquellen*). An seinem Aufbau beteiligen sich Nerineenkalke des Neokom, Gaultsandsteine und senone Kalke, die im nördlichen Teil des Quellgebietes von Mergeln und Tonen des Eozän überlagert werden.

Das Tertiär wird von einem nordwestlich und einem nordöstlich streichenden System von Spalten durchsetzt, auf denen die Quellen zutage treten. Ihre Entstehung wird in ursächlichen Zusammenhang mit Quarztrachytkuppen gebracht, die in diesem Gebiet zahlreich vorhanden sind (s. oben S. 106).

Drei Gruppen von Mineralquellen sind zu unterscheiden:

1. Die Quellen von Jeleznowodsk, eisenhaltig bis 51° C. östlich und westlich des Berges Jeleznaja. Die Spalten setzen in aufgerichteten Eozänmergeln und Quarztrachyt auf.

*) Macco: Excursion nach dem Kaukasus und der Krim. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1898, S. 196.

Außer den oben beschriebenen hat der Kaukasus noch zahlreiche, teilweise recht wertvolle Mineralquellen aufzuweisen. Konschin beschreibt aus dem nördlichen Kaukasus noch folgende:

1. Warme, alkalische Quellen am Fuße des Elbrus.
2. Die Chudesischen kohlen-sauren, salzigen und alkalischen Quellen. Sie entspringen in der Nähe der Elbrusquellen in den Engtälern des Indwin und Chudes und ähneln den Quellen von Essentuki.
3. Die Psekunschen heißen Schwefelquellen.

Auch im Naphthagebiet von Grosny sind heiße Mineralquellen bekannt, die kohlen-saure Alkalien führen. In der Terskykette treten diese Quellen auf Spalten aus oligozänen Schichten zutage.

Aus anderen Gebieten des Kaukasus sind die eisenhaltigen Quellen (13—16° R.) von Amagleb im Gouvernement Kutais zu nennen. Im gleichen Gouvernement sind kohlen-saure, eisenhaltige Quellen ähnlich denen von Jeleznowodsk bei Utsery und schwefelig-alkalische Quellen bei Tskhaltuba — etwa 12 km von Kutais entfernt — bekannt.

Auch die Gebiete des Terek (Goriatschewodsk und Braguny) und der vier Aragwas weisen zahlreiche Mineralquellen auf, teils eisenhaltige, teils alkalisch-kohlen-saure oder alkalisch-schwefelige, die z. B. im oberen Terek-tal (Trussow-Schlucht) reinen Schwefel absetzen.

Schließlich seien noch heiße, schwefelige, salzige und alkalische Wässer aus dem Gouvernement Baku (Bezirk Lenkoran), sowie von der Naphthainsel Tschekékén im Kaspischen Meer, ferner die Bitterwässer von Achalzych und die heißen Quellen von Börjom und Abasstuman erwähnt. (Konschin und Lebedeff in Matér. p. l. géologie du Caucase (3) Liv. 2 1899.)

2. Die Schwefelquellen im Gebiet von Piatigorsk, die bedeutendste ist beim Badeort Piatigorsk; sie entspringt auf einer Spalte in eoänem Mergel und Senonkalk am Südhang des Maschuk und liefert in manchen Jahren 6 Mill. Liter täglich. Im Travertin der Goriatchia-Gora setzt eine zweite Spalte auf, deren Wasser bei 26,2—47,8° C. sich durch reichlichen Gehalt an Kohlensäure und Schwefelwasserstoff auszeichnet.
3. Kalte Quellen mit kohlen- und schwefelsaures Alkali oder freie Kohlensäure führenden Wässern des Gebietes von Kislowodsk und Essentuki. Sie treten am Bahnhof Essentuki auf Spalten in eoänem Mergel auf; sie haben 7,8—12° C und sind reich an Ferrokarbonat, aber frei von Sulfat. Der chemische Bestand der Mineralwässer ändert sich aber an den Stellen, wo die Wässer vor ihrem Austritt noch eine diluviale Breccie von Gesteinstrümmern mit kalkigem Bindemittel passieren müssen, Hierbei wird Eisen als Ferrihydrat niedergeschlagen und Kalziumkarbonat und -sulfat durch Mischung mit Tagewässern aufgenommen. Die Quelle von Kislowodsk selbst führt bei 12,8° C weniger mineralische Bestandteile und mehr freie Kohlensäure. Sie entspringt auf einer fast NS streichenden Spalte in Gaultkalkstein.

Die kristalline Zentralzone des westlichen Kaukasus begleiten im N und S nur noch parallele Ketten von Jura und Kreide. Im N ist diese Zone mesozoischer Faltenzüge besonders breit, ähnlich wie in Daghestan. Nachdem das granitische und kristalline Zentralmassiv am Oschten und Fischt Dagh unter die mesozoische Decke untergetaucht ist, nimmt die Kammhöhe stark ab, und westlich davon streicht das Gebirge in zahlreichen Faltenketten aus Kreide und eoänem Flysch kulissenartig mit schroffem Abfall gegen die Küste des Schwarzen Meeres aus. Westlich der letzten Flyschkette setzt sich der Kaukasus in einer niedrigen Faltenzone von sarmatischen Schichten über die Halbinseln Taman und Kertsch nach der Krim fort. In den nur noch schwach gefalteten Erzlagern von Kertsch beobachten wir das Ausklingen der Kaukasusfaltung, die erst im Jailagebirge wieder intensiv genug war, ein Gebirge aufzurichten.

Während aber am Nordhang des Westkaukasus die Schichten konkordant und in ihrem gleichmäßigen Nordfall durch Eruptivgesteine kaum gestört übereinander folgen, haben in der südlichen Sedimentzone die ausgedehnten Eruptivmassen nicht nur kontaktmetamorphe, sondern auch tiefgreifende tektonische Veränderungen zeitigt. Von dem bunten tektonischen Bild dieser Gebirgszone gibt Abich eine treffende Charakteristik. „Es wechseln hier einseitig und zweiseitig gepreßte Gewölbeketten, abwärts gekehrte Fächerketten, Muldenketten und wahre Eruptivketten ab und individualisieren das Gebiet zu selbständigen Gebirgsmassen.“ Die einzelnen Längsgewölbe sind dann weiter durch

zahlreiche Verwerfungen zerstückelt und durch ihre eruptiven Kerne gelegentlich gesprengt worden.

Über die Entstehungsgeschichte des Kaukasus wurde bereits kurz erwähnt, daß das Gebirge das Produkt mehrmaliger Auffaltung ist.

Zwischen dem südrussischen Donezgebirge der älteren Dyas und den gleichfalls dyadischen tauro-iranischen Falten in Armenien und Nordpersien verblieb am Ausgang des Palaeozoikums ein Gebiet, in dem Schichten dieses Zeitalters nur wenig zur Entwicklung kamen. Erst Trias, Jura, Kreide und älteres Tertiär lagerten in dieser Geosynklinale mächtige Sedimente ab, aus denen der heutige Kaukasus aufgefaltet wurde.

Über die Zeit der einzelnen Faltungsphasen gehen jedoch die Ansichten noch weit auseinander*). Der Beginn der Gebirgsbildung dürfte vorliassisch sein. Seit jener Zeit ist der Kaukasus niemals mehr gänzlich im Meer untergetaucht noch zur Ruhe gekommen. Eine intensivere Faltung vollzog sich sodann im oberen Jura, und schließlich ist das Tertiär eine Epoche großer tektonischer Bewegungen. Während des oberen Miozän (sarmatische Stufe) flutete das Meer noch zu beiden Seiten der Kaukasus-Insel, seine Sedimente wurden aber später bis zu 2200 m emporgehoben (im südöstlichen Kaukasus); die letzte große Faltung wird somit erst nach Rückgang des miozänen Meeres im Pliozän eingetreten sein. Dementsprechend lagern auch die oberpliozänen Bakukalke diskordant und in flacher Decke über den miozänen, zum Teil sogar noch unterpliozänen gefalteten Schichten des Ölgebietes.

Während Mesozoikum und Tertiär bis ins Diluvium war zugleich das Kaukasusgebiet der Schauplatz wiederholter vulkanischer Tätigkeit, die mit dem Aufbau moderner Vulkane, wie Elbrus und Kasbek, ihren Abschluß fand. Die hauptsächlichsten Eruptivperioden folgen ungefähr den Zeiten stärkster Krustenbewegung.

Unter den zahlreichen Eruptivgesteinen, die die Sedimente durchbrochen haben, unterscheidet Fournier**) als zeitlich erste Gruppe alle Eruptiva, die älter als die untere Kreide sind. Sie beginnt mit Porphyriten und Diabasen vorliassischer Zeit; im Jura folgen dann weitere Diabasausbrüche, zu denen sich seit dem Oxford noch Melaphyre gesellen. Die zweite Gruppe umfaßt alle tertiären Eruptivgesteine, deren erste Ausbrüche aber bereits im Cenoman einzutreten scheinen. Im unteren Eozän erschienen Andesite, im oberen Eozän ferner Anmesite, Dolerite und Labradorgesteine. Das Maximum der vulkanischen Tätigkeit wird im Anschluß an die letzte Auffaltung mit den großartigen Andesit-eruptionen des Elbrus und Kasbek erreicht.

Der Ansicht über wiederholte Auffaltung des Kaukasus widerspricht Albert Heim. Transgressionsdiskordanzen sind nach Heim***) „vom Sarmatischen bis ins Palaeozoische und Archaische hinab“ nicht vorhanden, und auch andere Teilnehmer an den Kaukasusexkursionen des VII. intern. Geologen-Kongresses sprechen sich besonders gegen die Diskordanz zwischen mittlerem und oberem Jura aus (Bertrand). Grenzflächen, die als solche angesprochen werden, seien nach Heim Dislokationsdiskordanzen, hervorgerufen durch „gleichzeitige, aber ungleichartige Bewegung verschiedener Schichtmassen“. Die einzige einwand-

*) Vgl. Dechy: Kaukasus III, S. 270.

**) Fournier: Description géologique du Caucase centrale. Ann. Fac. des Sc. de Marseille 7. 1896.

***) Heim, S. 44.

freie Transgressionsdiskordanz bilde am Südfuß des Kaukasus das diluviale Konglomerat von Bodorno in flacher Lagerung über steil aufgerichtetem Miozän. Das Konglomerat ist fluvioglazialer Entstehung und stellt einen vom Kaukasus abgeschwemmten Schuttkegel dar, der nach Süden abnimmt, wo allmählich das Konglomerat durch Sande abgelöst wird. Er ist heute in einzelnen Terrassen auf gefaltetem Tertiär angeschnitten, auf deren einer die Stadt Tiflis erbaut ist. Aus dem Fehlen der Diskordanzen schließt Heim weiter, daß der Kaukasus, „wenn auch langsam, doch in einem Male ganz und gar in der Pliozänzeit aufgestaut worden ist“.

Schichtenfolge des Kaukasus.

Nachdem im vorangehenden versucht wurde, den Bau des Kaukasusgebirges in seinen geologischen Hauptzügen zu skizzieren, erscheint es nicht angängig, zu einer Besprechung seiner Mineral-schätze überzugehen, ohne zuvor die stratigraphischen Verhältnisse in Kürze zu betrachten. Der bunte Gesteinswechsel innerhalb der einzelnen Sedimentformationen ist der lebendige Ausdruck für die geologische Geschichte jenes Landstriches. Vornehmlich marine Sedimente mit der Tierwelt ihrer Zeiten, aber auch Gesteine terrigenen Ursprungs mit einer reichhaltigen Landflora bauen das Gebirge auf, und in der Mannigfaltigkeit der marinen Gesteine spiegeln sich die wechselvollen physikalischen Verhältnisse jener Meere wider, die seit dem Palaeozoikum das Kaukasusgebiet ganz oder teilweise überfluteten. Mit ihnen sind die Bedingungen gegeben, unter denen sich sedimentäre Bodenschätze, an denen das Kaukasusgebiet so reich ist, bilden konnten.

Die palaeozoischen Bildungen sind am ausgedehntesten im Bergland von Daghestan entfaltet, sie bilden hier eine 50—60 km breite Zone mit den höchsten Kammregionen. Am Nordhang des mittleren Kaukasus erscheinen sie nur als ein schmales Band, während sie an der Südseite des Zentralmassivs große Mächtigkeit und Ausdehnung erreichen. Im Querprofil längs der Grusinischen Heerstraße*) ist der Streifen der palaeozoischen Schiefer an der Nordseite nur 1—2 km, an der Südseite des Zentralmassivs aber 50 km breit. Ihre Hauptmasse bilden versteinungslose, dunkle bis schwarze Tonschiefer, untergeordnet mit Kalkschiefern (Paßhöhe der Grusinischen Heerstraße), Kalksteinen, Sandsteinen und Quarziten. In solchen Kalkschiefern fand Abich im Keschelta-Tal Fucoiden, sonst sind in dem ganzen Schieferkomplex nur Spuren von Pflanzen und undeutliche, vielleicht palaeozoische, Fossilreste entdeckt worden. Am Südhang des Kaukasus, im Aragwa-Gebiet

*) Heim, S. 31.

(südlich vom Kasbek), werden diese palaeozoischen Sedimente z. T. dem Devon^{*)} zugerechnet. Es sind Schiefer und harte Grauwackensandsteine, in denen Crinoiden (nach Steinmann), Abdrücke von Calamiten und Farnen sowie Orthoceren-ähnliche Gebilde nachgewiesen wurden. In schwarzen, seidenglänzenden Schiefeln hat ferner Laczko 1902 zwischen den Gipfeln Basardjusi und Pfan ein Lepidodendron-ähnliches Bruchstück gefunden, das aber leider vor genauerer Untersuchung endgültig verloren ging^{**)}. Es ist daher noch unmöglich, bestimmte zeitliche Horizonte auszuscheiden, und erscheint zum mindesten fraglich, ob der ganze, für palaeozoisch gehaltene Schieferkomplex tatsächlich palaeozoisch ist, zumal er auch ohne Fazieswechsel in die darüber liegenden, ganz gleichen Tonschiefer des Lias übergeht. So hat denn auch bereits Strishow^{***)} am Nordhang des mittleren Kaukasus bei dem Aul Jus in schwarzen Tonschiefern Belemniten gefunden und somit erwiesen, daß die hier auf Granit aufliegenden, bisher palaeozoischen Schiefer, dem Jura angehören. Nur nach petrographischen Merkmalen unterscheidet Sjögren^{†)} in den palaeozoischen Bildungen in Daghestan zwei Etagen. Die Schiefer der unteren Etage sind weniger kalkig, oft seidenglänzend mit Kalklagern und tonigkalkigem Sandstein und besitzen Transversalschieferung, die die ursprüngliche Schichtung verwischt. Die Tonschiefer der oberen Etage sind dagegen mehr kalkig mit untergeordneten Kalklagern und stets deutlicher echter Schichtung.

Am Südhang des Gebirges werden die palaeozoischen Schiefer von zahlreichen Eruptivgängen und Stöcken durchschwärmt, die die Schiefer in ihrer Nachbarschaft kontaktmetamorph beeinflußt haben.

Ablagerungen der Trias sind im Kaukasus erst ganz neuerdings bekannt geworden^{††)}.

Der Nachweis der Trias beschränkt sich bisher nur auf den nordwestlichen Teil des Gebirges. Hier erscheint im Gebiet der Flüsse Belaja, Kleine Laba, Sochraja und am Berge Tschatsch die Trias in alpiner Fazies und erstaunlicher Vollständigkeit der al-

*) Matérieux: p. l. géol. d. Caucase 1899, Ser. 3, II.

**) Dechy: Kaukasus III, S. 144.

***) Krusch: Über neuere Aufschlüsse in den nordkaukasischen Blei-Zinkerzlagerstätten. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1899, S. 47.

†) Sjögren: Übersicht der Geologie Daghestans und des Terek-Gebietes. Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. 39. 1889, S. 417.

††) Wittenburg: Neue Daten zur kaukasischen Trias. Bulletin de l'Académie St. Pétersbourg; 6, 1, 1912, S. 433-436.

pinen Zonenfolge von der Untertrias (Werfener Schichten) bis zum Rhät. Die Fauna weist bemerkenswerte Bindeglieder zwischen dem alpinen und dem himalayaschen Triasmeer auf (z. B. *Pseudomonotis venetiana* in der unteren Trias), und auch die kaukasischen Megalodonten sind dieselben wie im alpinen Dachsteinkalk und im Himalaya.

Die kaukasische Trias bietet von unten nach oben folgendes Profil:

1. Kieselige, stark gefaltete Kalksteine mit Fauna der scythischen Stufe. In NW-Kaukasus weit verbreitet (Belaja, Sochraja, Tschawschinaja, Berg Tschatsch).
2. Graue plattige Kalksteine mit Cephalopoden der anisischen Stufe (Berg Tschatsch).
3. Mächtiges Konglomerat und darüber rote Quarzsandsteine mit schwarzen Schiefen und Mergeln wechsellagernd und Leitformen der Wengener Schichten. Ladinische Stufe aber im allgemeinen schwach entwickelt (Sochraja).
4. 75 m mächtige schwarze, glimmerhaltige Schiefer im Wechsel mit grauen Sandsteinen und Fauna der karnischen Stufe (Berg Tschatsch).
5. Transgredierend rote, kompakte Kalke mit reicher Korallenfauna und Verwandten der nordsibirischen Form *Pseudomonotis ochotica* und darüber Mergelschichten mit Crinoiden. Im oberen Teil der Kalke Brachiopoden der Rhät-Stufe (Berg Tschatsch).

Trias in alpiner Fazies ist auch auf der Krim nachgewiesen. Mächtiger sind Jura und Kreide entwickelt.

Der Jura des Kaukasus gehört dem großen jurassischen Mittelmeer (Tethys) an, in welchem er durch Neumayr und Uhlig als östliche Hälfte unter dem Namen kimmero-kaukasische Juraprovinz ausgeschieden wird; nach Norden geht dieses Gebiet in die mehr neritisch-litorale Randfazies des südrussischen Juras (Donezgebiet, Orenburger Gebiet und Mangyschlak) über. Im Gegensatz zum eigentlichen Mediterrangebiet war die kimmero-kaukasische Provinz ein Gebiet geringerer Meerestiefe. Ihre Fauna zeigt keine spezifischen Sonderzüge, sondern ist aus mitteleuropäischen und mediterranen Formenelementen gemischt, zu denen sich im oberen Jura als Seltenheit boreale Typen gesellen (*Virgatites dorsoplanus* aus Daghestan). Der kimmero-kaukasische Jura zeichnet sich durch mächtige Entwicklung terrigener Sedimente mit Pflanzenresten und Kohlenflözen aus, die im Lias der Krim und des Kaukasus herrschen und bis in den unteren und mittleren Dogger hinaufgehen, unterbrochen von gelegentlichen marinen Schichten, die den oberen Dogger und Malm ausschließlich bilden. Die Juraformation weist am Nord- wie am Südhang des Kaukasus diese stets wiederkehrende petrographische Zweiteilung auf: Im Lias (mit

Teilen des Doggers) eine terrigene, schiefrig-mergelige Entwicklung, im oberen Dogger und Malm eine kalkig-dolomitische Entwicklung*).

Ablagerungen des Lias bilden längs des ganzen Nordhanges des Kaukasus eine ziemlich breite, zusammenhängende Zone, die besonders im Elbrus-Gebiet und in Daghestan zu großer Ausdehnung gelangt, nach Osten aber schmaler wird. Auf der Südseite ist der Lias nur im westlichen Teil des Gebirges vertreten und bildet hier zwei langgestreckte, zusammenhängende Zonen; die eine nördlich der Kreideketten des Letschgum und Radscha, die südliche nördlich Kutais durch das Okriba-Gebiet und über den Querriegel des meskischen Gebirges bis zur Aragwa nach Osten reichend. Die Fazies des Lias ist die der ostalpinen Gerstener Schichten. Neben Tonen herrschen Schiefer und Sandsteine mit zahlreichen Kohlenflözen vor; die flözführenden Sandsteine erlangen besonders in Daghestan bedeutende Mächtigkeit. Die Liaskohlen sind aber nirgends abbauwürdig. Die fossilführenden marinen Zwischenhorizonte von Kalk und Mergeln sind am Nord- und Südhang des mittleren Kaukasus bekannt**). Unter- und Mittellias lassen sich trennen. Zum Unterlias gehören wohl Sandsteine mit Cardinien am Nordhang. Aus dem mittleren Lias sind bezeichnende Formen, wie *Pentacrinus basaltiformis*, *Rynchonella rimosa* usw. bekannt. Hingegen ist der Oberlias durch Posidonienschiefer gut gekennzeichnet, zu denen am Nordhang noch Kalke und Mergel mit Cephalopoden wie *Harpoceras striatulum* usw. treten.

Auch im südwestlichen Teil beginnt der Lias mit mergeligen Bildungen, geht aber bald in den normalen Sandstein mit Pflanzenresten und kleinen Kohlenflözen über. Hier haben Diabase und Melaphyre, auch Porphyrite den Lias vielfach und in großen Massen durchbrochen. Außer den unwesentlichen Einlagerungen an Kohlen sind im Lias des Okribagebietes nach v. z. Mühlen auch Ölschiefer bekannt.

Mittlerer und oberer Jura sind am ganzen Nordhang des Kaukasus in breiter, zusammenhängender Zone zwischen Lias und Kreide vorhanden, erreichen im südöstlichen Kaukasus in den Kalkplateaus des Schach Dagh, Tschalbus Dagh und Kissilkaja eine

*) Anthula: Über die Kreidefossilien des Kaukasus. Beitr. z. Pal. u. Geol. Österr.-Ung. u. d. Orients. XII. 1900, S. 129—146.

***) Fournier: Description géologique du Caucase centrale. Ann. Fac. des Sc. de Marseille 7. 1896.

mächtige Entwicklung, treten aber im nordwestlichen Teil des Südhangs an Ausdehnung zurück. Am Nordhang herrschen im oberen Jura kristalline Kalke, Dolomite und oolithische Kalke, am Südhang neben kristallinen Kalken Kieselkalke und gipsführende Mergel.

Der Dogger ist überaus fossilreich und in sämtlichen stratigraphischen Horizonten lückenlos vertreten. Seine Fazies ist in den unteren Teilen noch terrigen (Schiefer und Sandsteine), wird aber bereits vom Bathonien an mehr marin durch Hervortreten von Mergeln und Kalken. Im westlichen und mittleren Teil des Nordhangs entsprechen fossilreiche, eisenoolithische, schiefrigsandige Schichten dem Unteroolith und enthalten Sandsteine, Conglomerate und Tone, vielerorts auch recht ansehnliche Kohlenflöze (Kubangebiet). Im südwestlichen Kaukasus kehrt die gleiche Fazies des mittleren Jura wieder, gleichfalls in seinen unteren Partien mit stellenweise sehrmächtigen Kohlenvorkommen, die in den Distrikten von Suchum und Kutais so erhebliche Kohlenmengen einschließen, daß sich ihr Abbau lohnt, was um so wichtiger ist, als, abgesehen von wirtschaftlich kaum nennenswerter tertiärer Braunkohle, der Unteroolith die einzigen abbauwürdigen Kohlen im Kaukasus liefert.

Gerade dieses Gebiet hat zudem auch als Folge tiefgreifender eruptiver und tektonischer Vorgänge eine überaus große Zahl gangförmiger Lagerstätten der verschiedensten Erze aufzuweisen. So beschreibt Zeitlin*) allein vom Berge Dzyschra (Bezirk Suchum) in jurassischen Kalken und Dolomiten 14 verschiedene Erzgänge von silberhaltigem Bleiglanz, Zinkblende, Galmei, Rot-eisenerz und Brauneisenerz. Die meisten dieser Vorkommen liegen aber unerschlossen im wild zerrissenen, unwegsamen Gebirge.

Die Flora der Kohlschichten (*Pterophyllum Abichianum*) ist gleichartig und gleichalterig mit der von Scarborough, Andö, Spitzbergen, Sibirien und Japan. Vom Bathonien an stellen sich neben Kalken und Mergeln braune oder rostfarbene Eisenoolithe und Toneisensteine ein, die besonders in der Kelloway-Stufe und in Oxford eine reiche, vorherrschend mediterrane Fauna von *Phylloceraten* und *Perisphincten* enthalten, in der aber auch die mitteleuropäischen Leitformen nicht fehlen. In Daghestan treten auch in den höheren Schichten des Doggers die Kalke noch sehr zurück; im Unteroolith herrschen schwarze Schiefer und darüber folgt vom oberen Bayeux an das für den ganzen Kaukasus, ganz besonders aber für Daghestan typische Geodenterrain, dunkle Schiefer mit sandigen Zwischenlagen und von Toneisensteingeoden erfüllt, die

*) Zeitlin: Die Erzlagerstätten des Berges Dzyschra in Abchasien. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1904, S. 238.

massenhaft gut erhaltene Fossilien einschließen. Die Zonengliederung des Doggers ist auch hier nach mitteleuropäischen Leitformen bis ins einzelne durchgeführt und auch eine faunistische Trennung von Lias und Dogger möglich, deren Grenzen petrographisch in einem ununterbrochenen Absatz schwarzer Schiefer nicht zum Ausdruck kommt.

Eisenerzkonglomerationen und Sphärosideritlager sind in den Daghestaner Schiefen nicht selten, gelegentlich reichern sie sich zu nicht unwichtigen Lagerstätten an, die im Kjurinski-Revier abgebaut werden. Analoge Vorkommen werden auch im westlichen Kaukasus im Gouvernement Kutais (Tkwibuli) ausgebeutet.

Kohlen und Eisenerze machen den Dogger zu einem wichtigen Glied in der Schichtenfolge des Kaukasus; obgleich beide nur von geringer Qualität sind, steigt ihre Bedeutung bei der Armut des Kaukasus an Kohlen und Eisen überhaupt.

Etwas abweichend scheint der Dogger im südöstlichen Teil des Gebirges entwickelt zu sein, wenigstens erwähnt hier Anthula (nach Abich) Kalkschiefer und Dolomite mit Harpoceras Murchisonae im unteren Dogger und darüber eisenoxydreiche, klastische Schichten, die in sandsteinartigen Dolomit übergehen; ferner Kalkschiefer am Schach-Dagh mit Perisphincten der Kelloway-Stufe.

Ablagerungen des Malm treten mit Dogger zusammen in den gleichen Gebieten wie dieser auf. Ihre Fazies ist rein marin, kalkig-dolomitisch.

Der mediterran-alpine Charakter ist auch faunistisch ausgesprochener als im Dogger; es treten korallogene Kalke vom Typus der Stramberger Kalke auf und in der Krim tithonische Cephalopodenfaunen von alpinem Habitus. Am Nordhang des Kaukasus erscheinen im Malm mächtige weiße und graue, dickbankige Kalksteine mit Korallen, Spongien, Brachiopoden, Diceraten und Nerineen. Im Daghestan-Gebiet haben harte Kalke und Dolomite des Malm im Vergleich zu den sehr mächtigen, leicht verwitternden Schiefen des Doggers nur geringe Mächtigkeit, treten aber durch ihre helle Farbe und schroffen Formen scharf im Landschaftsbild hervor.

Im südöstlichen Gebirgstheil*) entsprechen dem Malm harte Dolomite und marmorartige Kalke mit Korallen, Crinoiden und Nerineen und bauen hier die Hauptmasse der Kalkketten auf.

*) Der südöstliche Kaukasus ist der Gegenstand neuerer Untersuchungen von Bogdanowitsch (Das Dibrar-System im südöstlichen Kaukasus. Mem. du com. géol., N. S. 26, 1906). Daraus geht hervor, daß die Schwankungen des Meeresspiegels während des Juras im südöstlichen Kaukasus sehr erheblich waren, und daß die Zeit der Oxford- und Kimmeridge-Stufe für den Kaukasus als Periode stärkster orogener Vorgänge zu gelten hat.

Außer der Kohle zeichnet noch ein wertvolles Nicht-Erz den kaukasischen Jura aus, der Graphit*). Im nördlichen Kaukasus, unweit des Kasbek beim Dorfe Dshimara, treten zwischen schwarzen Tonschiefern und tonigen Quarziten zwei im Mittel 1 m mächtige Schichten von Graphitschiefer auf, die einige Lagen von reinem Graphit in Stärke von durchschnittlich 14—18 cm einschließen. Der übrige Schiefer enthält 10—60 % Graphit. Das Vorkommen soll im Streichen 1,5 km weit verfolgt sein und einen Vorrat an Graphit von 112 Mill. kg enthalten. Übergänge von Anthrazit in Graphit lehren, daß hier ähnlich wie am Osthang des Urals unter dem kontaktmetamorphen Einfluß benachbarter Eruptivgesteine und unter der Wirkung der Regionalmetamorphose jurassische Kohlen in Graphit verwandelt wurden. Weniger wichtig sind ähnliche Vorkommen in jurassischen Tonschiefern bei Tschumaletzk (Gouv. Tiflis) und in einem Quarzsandstein bei Gwerdiew (Gouv. Kutais).

Kreide**). Die mediterrane Fazies des Malm hält auch in der Unterkreide an und ist durch korallophile und cephalopodenreiche Faunen sowohl im Neokom des Kaukasus als auch der Krim vertreten. Fournier hat die große petrographische wie faunistische Übereinstimmung des zentralkaukasischen Neokoms mit der marinen Unterkreide Südfrankreichs (bathyale und Urgon-Fazies) nachgewiesen, während der Gault Ähnlichkeit mit gleichen Bildungen der Schweiz, Cenoman und höhere Kreideschichten mit solchen des Pariser Beckens haben. Die Unterkreide des Kaukasus birgt dementsprechend eine mediterrane Fauna. Im Gault treten zwar mit zwei Aucellen boreale Elemente hinzu, es sind dies aber Formen, die auch im alpinen Gault wiederkehren und somit die größte Anpassung auch außerhalb des borealen Reiches zu haben scheinen.

Am Nordhang des Kaukasus bilden die Ablagerungen der Unter- und Oberkreide von Valanginien bei Danien eine breite, dem Hauptkamm des Gebirges parallele Zone. Malm und Neokom gehen unmerklich und ohne sichere Grenze ineinander über. Auf der Südseite des Kaukasus bildet der Querriegel des meskischen Gebirges während der Unterkreide nach Anthula anscheinend eine Formationsgrenze nach Osten, künftige Untersuchungen werden

*) Stutzer: Lagerstätten der Nichterze I, S. 49, Lebèdef: Der geol. Bau der Dargwa-Schlucht und die daselbst vorkommende Graphitlagerstätte. Ref. N. Jahrb. f. Min. usw. 1904, I, S. 227.

***) Anthula, s. oben S. 131—137 u 141—145

wohl aber auch hier das Unterkreidemeer weiter nach Osten verfolgen lassen, aus dem vielleicht Teile des meskischen Horstes als Insel herausragten. Östlich dieses Gebirges ist von Favre bereits zwischen dem Ljachva- und Ksan-Tal ein schmaler Zug von Caprotinenkalken und Dolomiten beobachtet worden.

Zur Zeit der Oberkreide (Senon) breitete sich das Meer aber wieder längs des ganzen Südhanges des Kaukasus aus und überflutete auch das meskische Gebirge. Seine Ablagerungen verschwinden in Georgien unter Tertiär, treten aber im Schach-Dagh-Plateau wiederum als mächtiges, gebirgsbildendes Element zutage.

Für die Kenntnis der Kreide am Nordhang sind die Profile von Kislowodsk im Piatigorsker Gebiet und von Akuscha im Daghestan besonders lehrreich und durch Abich und später Anthula näher beschrieben. Für den Südhang ist das Profil der Kreideschichten von Nakuralesch typisch. Ein Vergleich dieser Vorkommen lehrt namentlich für den Nordhang eine außerordentliche Beständigkeit in der Fazies der einzelnen Stufen über weite Gebiete. Die überwiegenden Gesteine der Unterkreide sind helle Kalke, z. T. Korallenkalke und kalkige Mergel. Sie enthalten eine reiche marine Fauna, die lückenlos alle Zonen des südfranzösischen Neokoms vom Valanginien an repräsentiert.

Besonders wichtig ist, daß am Nord- und Südhang des Zentralkaukasus auch Korallenkalke und eine Ostreenbank faunistisch und petrographisch der mediterranen Urgonfazies analog sind und das Urgonien bilden. Im Zentralkaukasus enthalten diese Korallenkalke nach Fournier Requienien und sind im südwestlichen Teil des Gebirges im Gebiet von Kutais als typische kristalline Urgonkalke und Dolomite mit *Caprotina ammonia* und *Caprotina Lonsdalei* entwickelt. Neben dieser urgonischen Riffazies scheint auch die Cephalopodenfazies des Barrémien am Nord- und Südhang entwickelt zu sein.

Im Aptien herrschen kalkige Sandsteinbildungen und tonige Mergel, die an der oberen Grenze durch fossilreiche Grünsandsteine verdrängt werden, während die kalkigen Sedimente auf die Basis beschränkt bleiben. Im Profil von Kislowodsk ist bathyales, unteres Aptien mit *Parahoplites Deshayesi*, *Douvilleiceras Martini* und *Ancyloceras Royerianum* vertreten, weiße Sandsteine des oberen Aptien schließen eine reiche Bilvalven- und Gastropodenfauna ein. Ganz analoge Ausbildung zeigen nach Fournier die Aptienablagerungen an der Südseite des Zentralkaukasus wie auch in dem Profil von Akuscha in Daghestan, wo Abich drei Horizonte unterschied. Von diesen ist der untere — graue, tonige Mergel mit Kalkkonkretionen — durch eine überaus reiche Cephalopodenfauna ausgezeichnet, die eine Menge neuer, von Anthula beschriebener Arten geliefert hat, und die durch das Vorherrschen der Gattungen *Lytoceras*, *Phylloceras* und auch *Parahoplites* ein ausgesprochen mediterranalpines Gepräge erhält.

Der Gault ist im wesentlichen durch Glaukonitsande und Sandsteine an beiden Abhängen des Kaukasus vertreten mit *Thetis caucasica* (Kislowodsk) und einer reichen Cephalopodenfauna, in der auch die abnormen aufgerollten Ammonitenformen wie *Hamites armatus* vertreten sind. An der Basis des Gault enthalten an der Südseite sandige Mergel auch Reste von Crustaceen.

Im Gault von Akuscha unterschied Abich drei Stufen, von denen die obere und untere durch die beiden vorerwähnten borealen Aucellen, *Aucella caucasica* und *Aucella Coquandi* ausgezeichnet sind.

Während der Unterkreidezeit herrschte am Südhang des Kaukasus eine intensive Eruptionstätigkeit, durch die lokal die normale Sedimentbildung beeinflusst wurde. Es kam zur Bildung von Conglomeraten und Breccien mit massenhaften Trümmern von Eruptivgesteinen. Abich bezeichnete diese Bildungen der Unterkreide am Südhang als „Trümmerporphyrformation“.

Cenoman und Turon waren für den Kaukasus lange Zeit zweifelhaft. Im Piatigorsk-Gebiet rechnen russische Geologen mächtige, glaukonitische Grünsandsteine mit cenomanen Leitformen (*Acanthoceras rhotomagense* *Schloenbachia varians* usw.), deren Bestimmung aber unsicher ist, zum Cenoman und fossilere, mergelige Schichten darüber zum Turon. Fournier hat aber im Zentralkaukasus sowohl auf der Nord- wie Südseite beide Horizonte nachgewiesen. Am Nordhang gehören zum Cenoman etwas glaukonitische Sandsteine mit den genannten Leitformen, auf der Südseite weiße Kalke mit *Cerithium maritimum* und Glaukonitsandsteine, die neben Cephalopoden auch Crustaceen enthalten.

Das Turon bilden an beiden Hängen Kreidemergel ohne Feuersteine mit *Inoceramus labiatus* und *Inoceramus calcinatus*. Schließlich konnte auch in Daghestan durch Wysogorsky*) das Turon in rötlichen Kalken mit *Inoceramus Brongniarti* nachgewiesen werden. Auch im Gebiet von Kutais ist nach russischen Geologen das Cenoman vertreten; sicher ist aber hier das Vorhandensein des Turon, und zwar in alpiner Rudistenfazies, wie sie auch weiter südlich im armenischen Gebirgslande wiederkehrt. Es sind 300 m mächtige, hornsteinführende Mergel mit großen Rudisten, die ganze Gebirgszüge bilden und im Biljal-Tal (Suchum-Gebiet) *Exogyra columba*, *Caprina Aguilloni* usw. lieferten.

Ablagerungen des Senon sind am Nord- und Südhang des Kaukasus ein wichtiges Gebirgsmitglied. Im Norden bilden sie einen den Juraketten parallelen Gebirgszug mit steil nach Süden abstürzenden Wänden. Sie erreichen in Daghestan Mächtigkeiten von 1000 m und bauen hier die Hauptwasserscheide zwischen innerem und äußerem Daghestan auf. Ebenso bedeutend an Ausdehnung und Mächtigkeit sind die Senonbildungen am Südhang; es wurde bereits erwähnt, daß zur Senonzeit hier das Meer auch über das

*) Zeitschr. d. Dtsch. geol. Ges. 1904. Monatsber., S. 172.

meskische Gebirge nach Osten hinübergreift, seine Ablagerungen liegen teilweise diskordant über jurassischen Schiefern, Urgonkalken und Granit. Das Senon hat mediterranen Typus, es fehlen aber auch nordeuropäische Faunenelemente nicht. Im südöstlichen Kaukasus gesellt sich noch ein neues Moment hinzu. Hier enthält im Dibrarsystem*) ein dem Cenoman bis unteren Senon entsprechender Schichtenkomplex eine merkwürdige „wahre Liliput-Fauna“ von Ammoniten und Brachiopoden, deren Vertreter unter ungewohnten Verhältnissen gelebt und ihre eigentliche Heimat in Indien haben. Im Cenoman und Turon also standen Kaukasus und Indien in offener Verbindung, und aus diesem Zusammenhang sowie aus dem zeitweilig borealen Einschlag glaubt Bogdanowitsch auf beträchtliche Klimaschwankungen im östlichen Kaukasus während der Kreidezeit schließen zu können. Die herrschenden Gesteine sind helle Kreidemergel, zum Teil auch weiße Schreibkreide und mergelige Kalke mit Feuersteinen.

Bei Kislowodsk wird das Turon bis 300 m mächtig; unten Mergel mit kleinen Lignitflözen und Inoceramen, darüber Mergelkalke mit Inoceramen und Seeigeln. In gleicher Entwicklung hat auch Fournier das Senon an der Nord- und Südseite des zentralen Kaukasus nachgewiesen, und auch im Daghestan sind petrographisch sehr wechselnde Mergel mit Pflanzenresten und „echte weiße Schreibkreide“ mit Feuersteinbänken zu unterscheiden. Darüber folgen noch weiße Kalke und Mergel des Daniën, reich an Seeigeln, dem in Daghestan auch tuffartige Kalke mit Baumstämmen und Blattresten angehören.

Die Senonbildungen am westlichen Südhang in den Gebieten von Letschgum, Radscha, in der Okriba und dem meskischen Gebirge sind hornsteinführende, hellgraue und gelbe Kalke und Mergel.

Die gesamte Kreideformation besitzt, abgesehen von sie durchsetzenden Erzgängen und Brauneisenerz der Rubaner Unterkreide, im allgemeinen wenig mineralische Schätze. Bei Kislowodsk und auch bei Maikop sind senone Kalksteine salpeterhaltig**), deren Durchschnittsproben 2,8—14,6% Kalisalpeter enthalten. Sie können ev. zur Herstellung künstlicher Düngemittel in Frage kommen.

Wohl die wichtigste aller russischen Schwefellagerstätten***) ist diejenige von Kchiuta im nördlichen Daghestan. In einem Schichtenkomplex zwischen Jura und mittlerer Kreide enthalten mergelige Tone und Gipsschichten linsenförmige Lager von Schwe-

*) Bogdanowitsch: Das Dibrarsystem. Mem. du com. géol., N. S. 26, St. Petersburg 1906, S. 161.

**) Rigasche Industr.-Ztg. 1909, S. 2—6.

***) Stelzner-Bergeat I, S. 466.

Dammer-Tietze: Nutzbare Mineralien I, S. 90.
Zeitschr. f. prakt. Geol. 1900, S. 331.

fel in einer Mächtigkeit bis zu 4 m. Ihre Entstehung wird auf die Tätigkeit von Schwefelwasserstoffquellen zurückgeführt. Seit 1894 sind die Gruben wegen schlechter Verhältnisse verlassen. Überhaupt sind Schwefelvorkommen im Bereich der zahlreichen kaukasischen Schwefelquellen keine Seltenheit. Gangförmige Schwefellagerstätten sind südlich Petrowsk (Gik-Salgan) in den Ausläufern von Daghestan bekannt mit einem durchschnittlichen Schwefelgehalt von 30 %.

Das Tertiär ist an der Nord- und Südseite des Kaukasus insofern verschieden entwickelt, als im Süden die Nummulitenfazies des Eozäns ausgebildet ist, im Norden aber fehlt. Für beide Gebiete gleich ist die Verbreitung eines von den russischen Geologen als „Fisch-Etage“ bezeichneten Horizontes. Im südwestlichen Teil des Gebirges (Gebiet von Letschgum und der Okriba) gehen die Senonkalke in grüne Mergel mit Fischresten (*Platax Colchicus*) über. Auch in Georgien und Armenien sind ähnliche, an den Flysch der Apenninen erinnernde Bildungen bekannt, die zum Eozän rechnen; es ist aber immerhin möglich, daß tiefere Teile derselben noch zum Senon gehören. Der gleiche Fischhorizont hat in fossilere, tonig-sandigen Mergeln und dunklen Schiefertönen mit Fischresten (Schuppen) am Nordhang, namentlich im Nordosten, eine ausgedehnte Verbreitung; er ist wichtig durch Naphtha und Ozokeritvorkommen und als Quellhorizont zahlreicher warmer Mineralquellen. Über diesem Horizont folgen am Nordhang, sonderlich im Daghestan, mächtige, fossilere Sande und Sandsteine, ähnlich dem eozänen ostalpinen Flysch. Im nordwestlichen Teil des Südhanges folgen über der Fisch-Etage Nummulitenkalke und Orbituliten-Sandsteine, die südlich der Täler des Rion und der Kura in den Gebirgen von Achalzich und in ganz Armenien außerordentliche Verbreitung erlangen. Östlich des meskischen Gebirges sind die Nummulitenkalke durch Simonowitsch im Aragwa-Gebiet nachgewiesen worden.

Sehr bedeutend ist, wie in der Unterkreide, so auch im Eozän, die eruptive Tätigkeit am Südhang.

Von größter wirtschaftlicher Bedeutung ist das Oligozän im Gebiet von Baku auf der Halbinsel Apscheron*). Es ist der Träger des Erdöls, das diesen Gebieten seit altersher eine wirtschaftliche Bedeutung ersten Ranges sicherte.

In den drei Produktionsbezirken Bibi-Eibat, Surachani und demjenigen von Balakhani-Sabuntschy-Ramany sind die geologischen

*) Macco: Zeitschr. f. prakt. Geol. 1898, S. 199 und 202, und Guide Nr. XXIV.

Verhältnisse die gleichen. Über eoziänen Mergeln und Schiefeln mit Fischresten folgen auf Apscheron trockene und nasse naphthaführende Sande, Sandsteine und Tone des Oligozän, die ihrerseits von neogenen, aralokaspischen Ablagerungen und posttertiärem Löß, Ton und Conglomerat, sowie Ergüssen der vielen Schlammvulkane und Kir, dem Oxydationsprodukt des Naphtha, das durch Schlammvulkane an die Oberfläche befördert wird, überlagert werden.

Im Naphthahorizont unterscheidet man drei Etagen:

1. wasserführende Sande und Tone mit schwerster Naphtha im Liegenden;
2. die produktive Etage, bestehend aus naphthareichen Sanden, Sandsteinen und ärmeren Tonen und Mergeln;
3. wasserführende Tone stellenweise mit Naphtha im Hangenden.

Die Schichten bilden als letzte Ausläufer der kaukasischen Faltenketten gegen das Meer flache Antiklinalen, deren Flügel nach N, O und S einfallen. Die Naphthaschichten treten im Bezirk von Balakhani in breiter Zone zutage und erreichen hier Mächtigkeiten von 100—300 m, bei Ramany und Sabuntschy sogar von 500 m.

Auch die Naphthavorkommen von Grosny*) gehören dem Alttertiär an. Hier bilden unter neogenen Tonen 400 m mächtige paläogene Sedimente auf der Sohle eines Tales einen flachen Rücken. Zuunterst liegen als Ölträger poröse und mürbe quarzitishe Sandsteine im Wechsel mit dunkelbraunen Mergelschiefeln.

Diskordant über dem Alttertiär, das selbst schon flacher als das Mesozoikum einfällt, folgen im Kaukasus schwach geneigt Ablagerungen der sarmatischen Stufe, des jüngeren Miozän: sie werden im Daghestan 250 m mächtig und lassen hier nach Sjögren einen unteren Horizont mit lockeren, gelben Kalksandsteinen, Tonen und Lehm und einen oberen, durch feste helle Fossilkalke (Tapes, Mactra, Cardium) gebildet, erkennen. Auf der Südseite ist die sarmatische Stufe gleichfalls ausgebildet, greift buchtenförmig tief in das Gebirge hinein und bedeckt weite Flächen von Mingrelien und Georgien. Die Entwicklung der Schichten ist derjenigen der Schweizer Molasse ähnlich. Ihre Sedimente wurden durch die pliozäne Faltung im Gebiet von Letschgun bis 1158 am Schach-Dagh bis über 2000 m hoch gehoben.

Das Tertiär birgt die reichsten sedimentären Schätze an nutzbaren Stoffen, die der Kaukasus überhaupt aufzuweisen hat. Eisen- und Manganerze, Kohle, Salz und Naphtha sind weiter unten besonders behandelt, hier seien noch Kieselgur und Borax erwähnt.

*) Macco: Zeitschr. f. prakt. Geol. 1898, S. 199 und 202, und Guide Nr. XXIV

Im Bezirk Achalzich (Gouv. Tiflis) enthält das Tertiär Infusorienerde*) (Kieselgur) in mächtiger Ausdehnung und Vorräten, die auf Hunderte von Millionen Pud geschätzt werden. Von den drei Sorten, weiße, bunte und graue Erde, ist die weiße am besten und reinsten.

Beachtenswert ist auch das Auftreten von natürlichem Borax**) in den zahlreichen Schlammvulkanen — genannt Salsen — auf Kertsch und Taman. Allen Salsen eigentümlich sind Gasentwicklung und Ausstoßen von Schlammströmen. Diese Eruptionen haben jedoch mit vulkanischer Tätigkeit nichts zu tun. Die getrockneten Schlammströme bedecken sich mit Salzkrusten, die neben Soda und Chlornatrium hauptsächlich Borax enthalten.

Schließlich sei noch ein merkwürdiges Vorkommen von natürlichen Eisensalzen***) (Eisenvitriol, Gelbeisenerz, Ursit) von der Naphthainsel Tscheklekén im Kaspischen Meer erwähnt. Sie treten aus ockergelben, erdigen Massen freizutage, gelegentlich mit Ton, Schwefel und organischer Substanz. Die Eingeborenen benutzen das Eisensalz zum Teppichfärben.

Im Gegensatz zum Großen Kaukasus zeigt der Kleine oder Antikaukasus, soweit sich bei der lückenhaften Erforschung dieser Gebiete erkennen läßt, ein ungleich verwickelteres geologisches Bild. Als Kleiner Kaukasus werden die Gebirgszüge zusammengefaßt, die südlich der Niederungen der Kura und des Rion im allgemeinen parallel zum Großen Kaukasus verlaufen und die nördlichen Randketten des armenischen Hochplateaus bilden, von diesem und den nördlichen Ebenen durch Staffelbrüche getrennt.

Ogleich bereits zu Asien gehörend, müssen diese Gebiete hier kurz erwähnt werden, denn bei Besprechung der Bodenschätze der Kaukasusländer wird sich gerade das ehemals russische Armenien als hervorragend wichtig erweisen. In strenger Abhängigkeit von den geologischen Faktoren des Landes erscheinen die zahlreichen heißen und kalten Mineralquellen in Gefolgschaft einer tiefgreifenden Bruchbildung. Mesozoische Eruptivgesteine haben Erze, namentlich Kupfer, Eisen und Kobalt gefördert und in ihren Kontaktzonen aufgespeichert; das verdunstende Miozänmeer hat in den Gouvernements Kars und Eriwan Steinsalz niedergeschlagen, und in den Küsten- und Festlandsstrichen grünten in der gleichen Epoche Braunkohlenwälder, die zwar bescheidene, aber bei dem vollkommenen Mangel an eigentlicher Steinkohle doch bedeutensame Kohlenschätze lieferten.

Der Kleine Kaukasus ist gleichfalls das Ergebnis wiederholter Auffaltung während Mesozoikum und Tertiär, die aber, wie im

*) Matér. p. l. géol. d. Caucase 1899, Ser. 3, II, S. 55.

**) Zeitschr. f. prakt. Geol. 1902, S. 79.

***) Stelzner-Bergeat I, S. 357.

eigentlichen Kaukasus so auch hier, in postoligozäner Zeit am stärksten, wengleich weit schwächer als dort war. Im Gegensatz zum Großen Kaukasus setzte aber im Anschluß an die Hauptfaltung mit Beginn des Pliozän eine intensive Bruchbildung ein, die die einheitlichen Faltenzüge in eine Reihe schräggestellter Schollen aufteilte. Sie erfaßte auch das im Süden angrenzende armenische Zentralplateau, nur mit dem Unterschiede, daß hier die Absenkung der Schollen stärker war als in den Randgebirgen und sich in der Bildung zahlreicher und ausgedehnter Grabenversenkungen kundtat. Die Gräben verlaufen längs paralleler Verwerfungen sämtlich von NW nach SO, und auch die gleichgerichtete Niederung der Kura, die Großen und Kleinen Kaukasus trennt, gehört diesem Grabensystem an.

In pleistozäner Zeit waren die Gräben des armenischen Hochlandes, von denen die Mittelaraxes-Depression die bedeutendste ist, vielfach zu Seen umgebildet, die in der Gegenwart bis auf einige Reste (Goktscha-See usw.) verschwunden sind. Heut sind sie mit rezenten Seeabsätzen, Travertinen und darüber mächtigen Basaltströmen erfüllt.

Überhaupt öffnete die Bruchbildung einer großartigen vulkanischen Tätigkeit die Wege, die auf dem Zentralplateau von Russisch-Armenien am stärksten war und jungeruptive Gesteine, namentlich Trachyte und Basalte und deren Tuffe in solchen Massen förderte, daß große Gebietsteile von Kars und Eriwan unter ungeheuren einheitlichen Eruptivdecken begraben liegen. Diese Laven ergossen sich teils aus Spalten, teils aus reihenförmig angeordneten Vulkanen, zu denen neben zahllosen kleineren Kegeln die höchsten Berge wie Alagös und Arrarat gehören. Die letzte Eruption ereignete sich 1441 am Nimrud-Vulkan in ehemals Türkisch-Armenien.

Die orographische Verbindung zwischen Großem und Kleinem Kaukasus und zugleich die Wasserscheide zwischen Schwarzem und Kaspischem Meer bildet der bereits erwähnte alte Horst des Meskischen Gebirges. Er besteht aus Granit, Gneis und kristallinen Schiefen, durchsetzt von Melaphyren, Diabasen und Porphyriten, mit einer lückenhaften Sedimentdecke von Mesozoikum und Tertiär. Es ist ein im kaukasischen Gebirgssystem durchaus fremdartiges Element. Oswald*) betrachtet das meskische Gebirge als Teil eines alten Tafellandes aus der Zeit der kaledoni-

*) Oswald: Armenien. Handbuch der Regionalen Geologie. V 3, Heft 10, 1912.

schen Gebirgsbildung, von dem die Dobrudscha, die Krim, Teile der pontischen Scholle am Schwarzen Meer und wohl auch der somketische Horst weitere Überreste sind.

Unter den Faltenzügen des Kleinen Kaukasus unterscheidet Oswald die thrialetische-imeretische Scholle, die somketische Scholle, die Goktscha-Scholle, daran schließt sich südostwärts bis zum Araxes die Karabagh-Scholle an. Neben zahlreichen sauren und basischen Eruptivgesteinen und untergeordnetem kristallinen Schiefer bauen Jura (von der Bayeuxstufe bis zum Tithon), Kreide und Tertiär diese Gebirge auf. Uferlinie und Tiefe der mesozoischen und tertiären Meere war im einzelnen großen Schwankungen unterworfen, ihre Sedimente sind aber nicht grundsätzlich verschieden von denen des Großen Kaukasus.

Nur im Turon, dessen Meer Armenien fast völlig bedeckte, herrscht ganz allgemein die südeuropäische Fazies der Hippuritenkalke, die dem Großen Kaukasus fremd oder wenigstens nur räumlich eng begrenzt von seinem Südhang aus dem Gebiet von Kutais bekannt ist. Ähnliche Verhältnisse kehren im Eozän wieder. Über den gleichen Flyschgesteinen des Untereozän wie im Großen Kaukasus breiten sich im Mittel- und Obereozän über ganz Armenien typische und faunistisch reiche Nummulitenkalke der südlichen Fazies aus, die dem Nordrand des kaukasischen Hauptgebirges ganz fehlen und auf seiner Südseite, wo vorhanden, einen mehr litoralen Charakter zeigen.

In ganz Thrialetien und Imeretien bis ans Schwarze Meer beherrschen paläogene Gesteine (Eozän und Oligozän) die Oberfläche. Weiter südöstlich in der somketischen Scholle erscheinen an deren Westrand wieder kristalline Schiefer, die wie im meskischen Gebirge NO—SW streichen und einen alten landfesten Horst bilden, der auch während Kreide und Tertiär vom Meere nicht erobert wurde. Östlich davon haben neben älteren und jüngeren Eruptivgesteinen Jura und Oberkreide ausgedehnte Verbreitung. So sehen wir in der Liahwargruppe Granit von Juraschichten und diese von Turon und Senon überlagert, und über das Ganze breiten sich Ströme saurer Eruptivgesteine aus. In den Jurakalken zum Teil unmittelbar unter dem Turon, liegen saure Ergußgesteine in deren Begleitung die wertvollen Kupfererze von Alahwerdi Achatala und Tschamluk auftreten.

In noch höherem Maße als Somketien ist aber die östlich sich anschließende Goktscha-Scholle das Erzgebiet des Antikaukasus im Bau und der Sedimentfolge der somketischen gleich. Basische

und saure Eruptiva sind auch hier in die mesozoischen Gesteine eingedrungen und haben im Kontakt teils miteinander, teils mit den Kalken von Jura und Kreide (Daschkessan und Kedabeg) wichtige und altberühmte Lagerstätten geschaffen.

Lagerstätten.

Eisenerze im Kaukasus. Der Kaukasus ist an Eisenerzen*) im allgemeinen arm, besonders aber an abbauwürdigen Lagerstätten. Nur die Magneteisenerzlagerstätte von Daschkessan ist nach Erzreichtum und günstiger Lage von hoher wirtschaftlicher Bedeutung. Immerhin haben aber eine ganze Reihe von Vorkommen zum mindesten geologisches Interesse, wenngleich ihr bergbaulicher Wert an und für sich gering ist oder durch schwierige Verkehrsverhältnisse in schwer zugänglichem Gebirge herabgesetzt wird.

Die Eisenerze treten als sedimentäre Sphärosiderit- und Brauneisenerzlager in den Ablagerungen des Juras (vgl. S. 106), der Kreide und des Tertiärs auf; weit wichtiger aber sind die an Eruptivgesteine gebundenen Lagerstätten von Eisenglanz und Magneteisenerz.

Bei Tschatach im Kreise Bortschalj, etwa 70 km von Tiflis entfernt, liegen in einem als Dioritporphyr bezeichneten Effusivgestein zwei bankförmige Eisenglanzlager, deren Entstehung noch ungeklärt ist. Der Eisenglanz durchsetzt in teils blättrigen, teils dichten, nesterartigen Massen vom Hangenden und Liegenden aus das Gestein und reichert sich nach der Mitte zu den eigentlichen Lagern an, gleichzeitig damit wird das Gestein immer chlorit- und epidothaltiger. Nach Oswald handelt es sich hier um zwei NNW-SSO und O-W gerichtete Gangsysteme im Dioritporphyr, die sich im Damir-Dagh schneiden.

Die Erze haben einen durchschnittlichen Fe-Gehalt von 50%, der bis 59,28% steigen, aber auch bis 23% sinken kann. Von dem Vorkommen steht ein Lager am Damir-Dagh in zwei unbedeutenden Bänken von zusammen nur 2 m Mächtigkeit an, das andere beim Kloster Zugruguschen jenseits des Flusses Bolnis als eine bis 10 m mächtige Bank, die bis 480 m im Streichen verfolgt wurde. Der Erzvorrat beider wird auf 1 Mill. t angenommen.

Analoge Vorkommen in angeblichen Effusivgesteinen werden noch von anderen Stellen im Kreise Bortschalj und Tionety im

*) Bogdanowitsch in: The iron ore resources of the world, S. 519—522.

Gouvernement Tiflis sowie aus dem Gouvernement Elisabethpol (Indsherlu etwa 8 km von Elisabethpol entfernt) angegeben.

Wenig bekannt ist ferner unweit Elisabethpol ein titanhaltiges Magneteisenvorkommen, dessen Erze 40—57% Fe und bis 13,98% TiO_2 enthalten und eine bankartige, nach unten in Quarzconglomerat übergehende Lagerstätte bilden. Gleichfalls in der Nähe von Elisabethpol tritt bei Tschinarlidj ein vorzügliches Erz mit 65% Fe auf, das eine Mächtigkeit von 2—21 m besitzt.

Mit an erster Stelle aller kaukasischer Fundstätten steht aber die Magneteisenerzlagerstätte von Daschkessan*) an der Kotschkarka, etwa 32 km südlich Elisabethpol, die wegen des gleichzeitigen Vorkommens von Kobalt und Kupfererzen (s. unten S. 139) besonders wertvoll ist. Ihr großer Erzreichtum läßt sie nach dem Urteil von Terpigoreff**) den großen Magneteisenerzlagerstätten im Ural und in Schweden ebenbürtig erscheinen. Das Vorkommen ist beiderseits des Kotschkarka-Flusses erschlossen und teilweise erforscht. Auf dem linken Ufer liegt der Rücken des eigentlichen Daschkessan und der Bergzug Geck-dasch, rechts das Erzrevier der Brjansky-Hütte.

Die Erze treten inmitten stark veränderter Gesteine auf, die eine deutliche, von Granit durchbrochene Synklinale mit SW-Streichen bilden. Die Lagerstätte fällt mit 10—12° nach SO ein, und steht am Daschkessan 30 m über der Talsohle zutage an. Bogdanowitsch gibt von unten nach oben folgendes Profil:

1. Stark zersetztes Gestein, welches als Porphyrit oder Diorit bestimmt wird, stellenweise mit Pyrit und Magnetit, seltener von Kupferkies durchsetzt.
2. Lager von Magneteisenerz in Gestalt mehrerer 2—4 m mächtiger bankartiger Massen, welche zuweilen in ein mächtiges, durch Spalten in große Blöcke zersprengtes Lager verfließen.

*) Bogdanowitsch, ibd. S. 520.

Oswald: Armenien. Handb. d. Regional. Geologie V, 3, 1912, S. 34.

**) Terpigoreff: Magneteisenerzlagerstätte von Daschkessan im Kaukasus, Gorno-Sawodskaja Gazetta 1900, Nr. 35. Referat in Zeitschr. f. prakt. Geol. 1905, S. 116—118.

Es sei hier wie auch für alle übrigen Lagerstätten auf das leider nur in russischer Sprache erschienene Buch — W. Möller u. M. Denissow: Die nutzbaren Mineralien und die Mineralquellen des kaukasischen Gebiets, Petersburg 1900 — verwiesen. In deutscher Sprache findet sich von O. Krauth eine Besprechung der Mineralschätze des Kaukasus in der deutschen Bergwerkszeitung (Technische Blätter der . . . 1913, S. 49, 57 und 74).

3. Kobalterzlager in Gestalt von Serpentin mit Nestern und Trümmern von Kobalterz.
4. Rötlicher oder grünlichgrauer Porphyrit (Diabasporphyrit), in Felsit übergehend; stellenweise in ein feinkörniges Aggregat von Epidot und Granat umgewandelt.

Die größten Mächtigkeiten des Erzlagers betragen 15—20 Faden (32—40 m). Die Erze sind sehr rein, enthalten 60—68% Eisen und bis 5% Kieselsäure. Ein geringer Gehalt an Kupferkies beeinflußt ihre Güte nicht allzusehr, während ein bedeutenderer, beständiger Gehalt an Kalkspat ihre Verhüttung erleichtert; auch die die einzelnen Erzblöcke trennenden Spalten sind mit Kalkspat ausgefüllt. Außerdem ist der Magnetit mit Granat, Epidot, Strahlstein, Quarz, Zinkblende und Eisenglanz vermengt.

Der Granatfels, der das Erz gewöhnlich begleitet, sowie das Auftreten von Kontaktmineralien, wie Diopsid und Salit im Hangenden der Lagerstätte, sind Merkmale einer typischen kontaktmetamorphen Lagerstätte. Nach Ern und Uspensky lagert die Erzfolge auch stellenweise unmittelbar auf marmorartigem Kalk des Juras, deren Ketten von Daschkessan bis südlich Kedabeg (Kupfererzlagerstätten) zu verfolgen sind. Die in den Jura eingedrungenen Intrusivmassen haben also dessen Kalke teilweise marmorisiert und eingeschmolzen. Dieser Prozeß schuf die magnetit- und kupferkiesführenden Kontaktgesteine, zu denen auch die sogenannten Porphyrite im Liegenden der Lagerstätte zum Teil gehören mögen. Die Erzvorräte der Lagerstätte werden von Bogdanowitsch auf 13 Mill. t angegeben, dürften aber wahrscheinlich erheblich größer sein.

Sedimentäre Sphärosiderit- und Brauneisenerzorkommen des Mesozoikums sind in der nördlichen wie auch südlichen Sedimentzone des Großen Kaukasus recht häufig. Sie treten in zusammenhängenden Erzsichten auf oder bilden durch Erzkonkretionen ausgezeichnete Horizonte; beide können gelegentlich recht beständig sein.

Im Dogger von Daghestan (Kjurinski-Revier, s. oben S. 116) und im Gouvernement Kutais (bei Tkwiwuli) sind solche Sphärosideritlager bekannt; ferner in der unteren Kreide am Schwarzen Meer und im Kuban-Distrikt, wo z. B. an der Staniza Cholmskaja recht beträchtliche Mengen hochprozentiger Erze gefunden wurden.

Weitere Funde in Daghestan (Temir-Chan-Schurinski-Revier) gehören dem Tertiär an, desgleichen im Kuban-Gebiet, wo der pliozäne Brauneisenerzhorizont der Halbinsel Kertsch längs des

Nordrandes des Kaukasus bis zur Staniza-Cholmskaja zu verfolgen ist, ohne aber bedeutsame Erzmengen zu enthalten.

Wirtschaftliche Bedeutung kommt dieser Art Lagerstätten zunächst aber noch nicht zu, dazu sind sie im unwegsamen, unerschlossenen Gebirge zu verstreut, ihre Lager meist zu wenig mächtig und ihre Erze zu arm.

Erwähnt seien schließlich noch Brauneisenerze, die im Karstgebiet von Kuban (zwischen den Flüssen Belaja und Malaja Laba) in Hohlräumen der verkarsteten Kalke und Dolomite sich bildeten.

Tertiäre Eisenerze von Kertsch. Die Lagerstätten der Halbinsel Kertsch*) enthalten groboolithische, lockere Brauneisenerze, die sich aus 1—10 mm großen schaligen Körnern und unregelmäßigen größeren Erzbrocken zusammensetzen, in ockerigem Ton als Grundmasse liegen und sedimentären (marinen) Ursprungs sind. Sie treten als Lager von wechselnder Mächtigkeit in den oberen Schichten der pontischen Stufe (unteres Pliozän) auf, konkordant zwischen unterpontischen Mergeln und Kalken im Liegenden und mittlerem Pliozän im Hangenden, das aber teilweise durch Denudation abgetragen ist. Unter dem eigentümlichen Erzhorizont liegen 0,2 m mächtige, von Eisen und Mangan imprägnierte Fossilkalke, das Untererz oder Podroudok genannt. Die erzhaltigen Tone sind flach gefaltet und bilden mehrere erzreiche Mulden, von denen Nowo-Karantinnaja unweit der Stadt Kertsch mit 15 Milliarden Pud Erzvorrat, Baksanskaja und Ossowinskaja mit 3½ Milliarden Pud, ferner die Mulde Kamysch-Burunskaja mit über 20 Milliarden Pud und Janysch-Takilskoje mit 5 Milliarden Pud Vorrat neben kleineren Vorkommen die bedeutendsten sind.

Die Erzsichten treten an der Landenge Jenikale und am Asowschen Meer zutage; ihre Mächtigkeit beträgt bei Assovina, Katerless und Kamouich-Bouroun 6—7 m, bei Siem-Kalotza 7—8 m und bei Janisch-Takil sogar 10 und 16 m. Weniger mächtig sind die Lager bei Ortel und Tobetchik.

Die Kertscher Brauneisensteine sind durch hohen Mangan-gehalt (5—7 und mehr %) ausgezeichnet, der in den oberen Hori-

*) Bogdanowitsch in: The iron ore resources, S. 513—515.

Stelzner-Bergeat I, S. 223.

P. Trassenster: L'industrie charbonnière et sidérurgique de la Russie méridionale. Revue universelle des mines, Liège 1896. Ref. Krusch, Zeitschr. f. prakt. Geol. 1897, S. 184.

B. Simmersbach: Die südruss. Eisenerzfelder von Kriwoi Rog und Kertsch. Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen, 62, 1914, S. 305.

zonten der Erzfolge bis zum echten Manganerz steigt; der beständig wechselnde Fe-Gehalt beträgt 34–42% und der Phosphorgehalt 1,5–2,7% neben 14–17% Kieselsäure. Kristallisierter Vivianit kommt vor. Der Wassergehalt beträgt 15–20%.

Die Eisenerze sind gleichzeitig mit den sie einschließenden Sedimenten gebildet worden, doch scheinen die ursprünglichen Eisenoxyde später noch umgelagert zu sein.

Die Erze von Kertsch nehmen eine Oberfläche von mehreren Millionen ha ein; ihr Gesamtvorrat wird auf 900 Mill. t angegeben, denen etwa 360 Mill. t Roheisen entsprechen. Die Förderung betrug 1901 420000 t, ist in den späteren Jahren aber etwas (bis 300000 t) zurückgegangen und betrug im Jahre 1912 wieder 413104 t. Die Erze werden im Tagebau mit Hilfe von Baggermaschinen gewonnen. Im Jahre 1912 waren nur 2 Erzgruben bei Eltingen und Kisaul südlich Kertsch in Betrieb, von denen jede rund 200000 t förderte. Das reichste Vorkommen bei Kertsch selbst lag seit 1903 still, sollte aber im Herbst 1913 wieder in Angriff genommen werden.

Manganerzlagerstätten. Für den Reichtum Rußlands und des ganzen Ostens an Manganerzen*) kommt der Kaukasus in erster Linie in Betracht. Die Hauptfundstätten liegen im südlichen Teil des Kaukasusgebirges, und unter ihnen sind die Lagerstätten im Gouvernement Kutais von allen bisher bekannten auf der Erde die größten und reichsten, die allein fast die Hälfte des Weltbedarfs an Mangan liefern. Die kaukasischen Manganvorkommen treten sowohl als Gänge wie als schichtige Lagerstätten auf, die letzteren sind die ungleich wichtigeren. Die bekannten Manganerzgänge setzen in Eruptivgesteinen (Melaphyren) auf, die Lager sind primäre Sedimente in marinen Schichten der oberen Kreide und ganz besonders des Eozäns, die genetisch wie See- und Wiesenerze zu erklären sind.

Zu den letzteren gehören die ausgedehnten Lagerstätten im Gouvernement Kutais. Sie bedecken eine Fläche von 120–130 qkm (nach Bergeat sogar 143 qkm) im Flußbecken der Kwirila, eines Nebenflusses des Rion im südlichen Vorlande des mittleren Kaukasus. Der Mittelpunkt des Erzdistriktes ist Tschiatura**), die bedeutendsten Fundstätten sind bei den Dörfern Zeda-Rgani, Mgwimewi und Schukruti beiderseits der Kwirila. Der Kwirila-Bach und

*) Stelzner-Bergeat I, S. 257 mit 2 Profilen der Lagerstätte von Tschiatura.

**) Macco: Excursion nach dem Kaukasus und der Krim. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1898, S. 203–205 und ebenda S. 400.

seine Nebenflüsse haben sich hier mit steilen, terrassenförmigen Wänden in ein Tertiärplateau eingeschnitten. Die tiefsten aufgeschlossenen Schichtglieder sind helle Kalke und Mergel des Turon, darüber folgen Sande und Sandsteine des Eozän und Oligozän. Das ganze Schichtsystem liegt fast horizontal ohne wesentliche Störungen. Die Manganerze bilden ein Flöz von durchschnittlich 2, stellenweise bis 5 m Mächtigkeit im Eozän. Ihr Liegendes sind 0,5—4 m mächtige, rote und grüne Sande unmittelbar über der Kreide, das Hangende Sandsteine und kieselführende Kalke. Etwa $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{6}$ des Manganflözes besteht aus reinem Erz (Pyrolusit), in meist fünf, gelegentlich auch sieben bis zwölf festen Bänken; das Übrige bilden grob- bis feinkörnige, bisweilen auch erdige Erzmassen mit Sandsteinzwischenlagen und teilweise von Sanden feindurchschichtet. Am ausgezeichnetsten sind die Erze in der Mitte des Erzbezirkes bei Tschiatura; in den äußeren Teilen der Lagerstätte nehmen die Sandsteine auf Kosten der Mächtigkeit und Reinheit der Erze zu.

Die Erze der festen Bänke enthalten durchschnittlich 56% Mangan und besitzen meist ausgezeichnete Oolith-Struktur. Die weicheren Partien sind ärmer an Mn, werden aber z. T. noch mit gewonnen. Der Gehalt der Erze an Phosphor beträgt durchschnittlich 0,16%, an Kieselsäure nicht über 8%.

Nach Kozowsky kommen auf 4,54 qm der erzführenden Fläche 4360 kg Erz, daraus ergibt sich ein Gesamtvorrat von 110 Mill. t.

Zu etwas ungünstigerem Ergebnis kommt Frank Drake, der die abbauwürdige Fläche der Lagerstätte nur auf 57 qkm schätzt mit einem Erzvorrat von 80 Mill. t.

Der Abbau wird seit 1877 betrieben. Die Förderung ist von Jahr zu Jahr gestiegen. Bis Ende 1897 waren rund 1682400 t Erz gewonnen; im Jahre 1900 betrug die Förderung bereits 661154 t, nach anderen Angaben sogar 751373 t, 1913 rund 600000 t. Davon betrug der deutsche Verbrauch 433000 t. *)

Außer diesen wertvollsten Lagerstätten sind im Gouvernement Kutais noch nördlich der Bahn Kutais-Poti bei Samtredi und Nowosenaki Vorkommen weniger reicher Manganerze bekannt. Ebenfalls dem Eozän gehören eine ganze Reihe unbedeutenderer Manganvorkommen im Gouvernement Elisabethpol an. Das wichtigste

*) Vogt: Über Manganwiesenerz, Zeitschr. f. prakt. Geol. 1906, S. 225.

Krusch: Lebensdauer unserer Eisenerzlagerstätten und die Versorgung Deutschlands mit Eisen und Manganerzen nach dem Kriege; Zeitschr. f. prakt. Geol. 1918, S. 23.

ist die Lagerstätte von Tagli mit einem Flächenraum von 800 ha. Die Erze sind gut und enthalten 54,8% Mn. Bei Perekeschkül (am Sumgait-tschai) im Gouvernement Baku findet sich in eozänen Mergeln ein steil einfallendes, fußdickes Manganerzlager, und weitere unbedeutende Vorkommen sind im Gebiet von Baku und Eriwan verstreut.

Dem Senon gehören Lagerstätten im Gouvernement Tiflis am Alget (beim Dorf Tschchikfta und am Berg Madeni-sseri) an. Sie erreichen Mächtigkeiten bis 2,4 m und fallen unter 40° steil ein.

Manganerzgänge sind gleichfalls im Gouvernement Tiflis bekannt im Kreise Gory am Fluß Zeteli-gele und Fluß Tscheratchevi. Sie durchsetzen Melaphyre und werden bis zu mehreren Metern mächtig.

Lebedeff*) erwähnt schließlich noch ein Vorkommen von Manganerzen in Porphyrtuffen im Tschoroch-Tal (Distrikt Artwin, Gouvernement Kutais). Gleichfalls in Melaphyren sind ausgedehnte gangartige Lagerstätten bei Akstafa erschürft.

Die gesamte Manganerzförderung im Kaukasus betrug 1912 beinahe 1 Mill. t.

Dagegen ist schon in den ersten Kriegsjahren der kaukasische Manganerzbergbau erheblich zurückgegangen. Die Förderung, die 1913 noch fast 1 Mill. t erreichte, betrug 1916 nur noch ein Viertel davon**).

Kupfererzlagerstätten. Während das kaukasische Hochgebirge an Kupfererzen wie an Erzlagerstätten überhaupt arm ist, ist das südliche Vorland, Transkaukasien, reich an Erzen, und unter ihnen stehen die Kupfererze an erster Stelle. Der umgehende Bergbau ist sehr alt, und schon die Meder und Perser sollen die Erzgänge von Sangesur — namentlich ihre weicheren Partien (Bornit) — abgebaut haben, während sie die schwieriger gewinnbaren härteren Erze stehen ließen.

Die Erze treten teils in Erzgängen, teils in schichtigen und Kontaktlagerstätten auf. Die Erzgänge setzen zumeist in Eruptivgesteinen auf.

Der Erzdistrikt von Sangesur, Katar und Sünik***), Gouverne-

*) Lebedeff: Geolog. Untersuchungen und Nachforschungen nach Gold im Flußtale des Tschoroch. Mat. p. la géol. du Caucase (3). 1. 1898, S. 83—152.

**) Zeitschr. f. prakt. Geol. 1919, Lagerstättenchronik S. 45.

***) Ermisch: Die Kupfererze der Sünikgruben im Gouvernement Elisabethpol, Transkaukasien. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1902, S. 88. Stelzner-Bergeat II, S. 821.

ment Elisabethpol, liegt in dem Bergland zwischen Elisabethpol und Araxes unweit der persisch-türkischen Grenze. Die Kupfererzgänge, deren 30 bekannt sind, durchsetzen die aus Quarzporphyr, Diabas, Andesit und Jurakalken gebildeten Hochflächen. Aus dem Gebiet der Sünikgruben berichtet Ermisch von 20 Gängen, die 0,15—1,10 m mächtig sind und einen NW streichenden Gangzug bilden. Manche dieser Erzgänge sind im Streichen über 2 km weit zu verfolgen. Die hauptsächlichste Gangart ist Quarz, seltener Kalkspat oder sekundär gebildeter Gips. An Erzen treten neben Kupferkies reiner Pyrit, ferner ein Gemenge von Kupferkies und Schwefelkies, Bornit und Antimonfahlerz auf. Die Erzgänge führen auch untergeordnet Zinkblende und Bleierz. In den oberen Teufen erscheint zuweilen gediegenes Kupfer. Bemerkenswert ist der Silber- und Goldgehalt der Vorkommen dieses Gebietes. Der Kupferkies enthält 14—28% Kupfer. Seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts gewann der Kupferbergbau der genannten Gebiete erneut an Bedeutung. 1902 wurden 5000 t Erz gefördert, die 983 t metallisches Kupfer lieferten. Von weiteren Fundstätten dieses Gebietes sind die Gruben von Kawart und Halisuri zu nennen.

Nicht ganz reinen Gangcharakter hat ein Vorkommen bei Agarak im obengenannten Sangesurgebiet, wo die Erze in einer Kontaktbreccie zwischen Syenit und Diorit als Kupferkies mit 36% Cu, Bornit mit 56% Cu und Molybdänglanz auftreten.

Auch in den Küstengebieten am Schwarzen Meer*) geht ein alter Kupferbergbau auf Erzgängen um, der neuerdings wieder auflebt und im Artwindistrikt 1907 104 t brachte. In die Kreidesandsteine sind hier Diabasporphyrite eingedrungen und beide durchsetzen Quarzgänge mit sulfidischen Erzen, vornehmlich von Kupfer und Eisen.

Die Blei- und Zinkerzlagertstätten im Distrikt von Wladikawkas im nördlichen Vorland des mittleren Kaukasus führen gelegentlich Kupfererze; neuerdings hat Strishow**) in der Schlucht von Kartakinsk sechs gangförmige Kupferkieslagerstätten mit quarziger Gangart nachgewiesen, die teils in Tonschiefern, Quarziten und Sandstein, teils in jungmesozoischen Porphyriten aufsetzen. Die Erze sollen aus den Porphyriten stammen.

Aus dem kaukasischen Hochgebirge seien dann noch zwei

*) Oswald: Armenien; Handbuch der Regionalen Geologie V, 3 1912, S. 32—33.

**) J. Strishow: Geologischer Bau der Schlucht von Kartakinsk und der an ihrem Anfang gelegenen Kupferkieslagerstätten. Bergjournal 1902. 3, S. 103—116 (Ref. N. Jahrb. f. Min. usw. 1904 I, S. 227).

in Tonschiefern auftretende Kupferkiesgänge mit Schwefel- und Magnetkies der Grube Dewdurak am Kasbek erwähnt, deren Betrieb sich in deutschen Händen befindet.

Größere Bedeutung als diese Kupfererzgänge haben die Lagerstätte Kedabeg und diejenigen von Alahwerdi, Achtala und Tschamluk*). Während Bergeat**) diese Vorkommen für kupferführende Tuffe anspricht, dürfte Kedabeg nach Chaustoff dagegen sicher eine Kontaktlagerstätte sein.

Kedabeg liegt 60 km südwestlich Elisabethpol. Das Liegende der Lagerstätte bilden Quarzporphyre, die die Erzkörper einschließen. Der Quarzporphyr wird von Quarzdiorit durchbrochen, und über dieses Eruptivsystem breiten sich mächtige Deckenergüsse von Diabas und Diabasporphyrit aus. In Begleitung der Erze erscheint in der Grenzzone gegen den Diabasporphyrit ein Augit-Granatgestein — Kedabegit — mit typischen Kontaktmineralien, wie Wollastonit und Vesuvian. Die Erzkörper sind stock- und linsenförmig, 2—50 m mächtig und bis 250 m lang. Das Haupterz ist Kupferkies, dazu gesellen sich Schwefelkies, Zinkblende, Bleiglanz, Magnetit, Gold und Silber in Spuren und innerhalb der Hutbildung gediegene Kupfer- und Kupferschwärze.

Das Kedabeg-Werk (Kalakent-Hütte) produzierte vor dem Kriege jährlich rund 1200—1500 kg Kupfer.

Auf einer Kontaktlagerstätte baut anscheinend auch die Kupfererzgrube Dzansul im Küstengebiet am Schwarzen Meer, 60 km südlich Batum. Hier tritt ein Porphyrmassiv mit Kreidekalken in Kontakt. Die kiesigen Kupfererze sind gut und in bedeutender Menge (über 3½ Mill. t) vorhanden, so daß das Werk neuerdings zu einem modernen Großbetrieb ausgebaut werden kann.

Weniger klar liegen die genetischen Verhältnisse bei den Vorkommen von Alahwerdi, Achtala und Tschamluk, 80 km südlich Tiflis. Bei Alahwerdi treten die Kupfererze, von Schwefelkies, Zinkblende und Bleiglanz begleitet, in stellenweise recht mächtigen (bis 16 m) Nestern in Quarzandesiten auf. Dieses Werk ist von den drei genannten das produktivste und erzeugte 1912 1240 t Kupfer, nach Schnaß vor dem Kriege sogar jährlich 3000—4000 t.

Bei Achtala sind zwei durch eine Quarzbank getrennte Horizonte zu unterscheiden, von denen der untere, 0,5—4,5 m mächtig,

*) Oswald: Armenien; Handbuch der Regionalen Geologie V, 3 1912, S. 32—33.

**) Stelzner-Bergeat I, S. 441 u. II, S. 1179.

Chaustoff: Das Kupfererzbergwerk zu Kedabeg. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1913, S. 338—343.

Kupferkies, Buntkupfererz und Schwefelkies, der obere außer Kupferkies noch Bleiglanz und Zinkblende enthält und sich durch Silbergehalt auszeichnet.

Südlich Tiflis liegt die berühmte Magneteisen- und Kupfererz-lagerstätte von Daschkessan, die bei den Eisenerzen näher besprochen wurde. Der Kupferkies tritt sowohl in Nestern im kobalt-führenden Serpentin im Hangenden des Magneteisenerzlaggers auf, als auch als Impragnationen im Magnetit selbst.

Im Kaukasus wurden 1893 60045 t Kupfererz gefördert. 1913 wurden 610661,08 Pud Kupfer ausgeschmolzen; 1914 ging dieser Ertrag bereits um 18,9% auf 495388,14 Pud zurück*). Die durchschnittliche Jahreserzeugung des Kaukasus an Kupfer betrug vor dem Kriege 9000 t.

Blei-Zinkerz-lagerstätten. Im mittleren Teil des nördlichen Kaukasus, Bezirk Wladikawkas, sind eine große Anzahl Blei- und Zinkerz-lagerstätten erschürft worden. Über die Ergiebigkeit der Lagerstätten fehlen noch genauere Angaben; immerhin sind die Vorkommen nach den neueren Angaben von Strishow und Schnaß von wirtschaftlicher Bedeutung und wachsendem Interesse. Das Erzgebiet erstreckt sich auf Teile des Granit-Diabaskernes des Kaukasus und die nördlich sich unmittelbar daran anschließende gefaltete Sedimentzone, die Löwinson-Lessing für palaeozoisch hielt, die durch Belemnitenfunde aber nach Strishow sich wenigstens teilweise als jurassisch erwiesen hat. Die Gesteine sind stark metamorphisierte Schiefer (schwarze Tonschiefer) und Sandsteine. Die gangförmigen Erz-lagerstätten treten in großer Zahl sowohl im Granit wie in den Tonschiefern auf und gehören in der Regel zur quarzigen Bleiformation**).

Seit langem bekannt sind die Zink-Bleierzgänge der Sadonschen Gruben und die Erzvorkommen von Cholst bei Alagir, westlich Wladikawkas. Das Alagir-Werk wurde bis 1895 unlohnend von der russischen Regierung betrieben und lieferte 1893 169 Tonnen Blei als Nebenprodukt der Silberverhüttung. Seit 1895 gehört das Werk einer belgischen Gesellschaft, die die Lagerstätten in großem Maßstabe erschließt. Die Förderung der Sadon-Gruben betrug in den letzten Jahren durchschnittlich 25000 t Erz. Neuerdings sind Lagerstätten bei Gulak, Archon, Dulakau, ferner 20 km von der Zentralkette des Kaukasus entfernt bei Dunta und Unsar erschürft

*) Zeitschr. f. prakt. Geol. 1916, S. 144.

***) Stelzner-Bergeat II, S. 806.

und untersucht worden*). Bei Dunta (50 km von Alagir entfernt) lagern auf dem Granit Schollen von jurassischen Tonschiefern und Sandsteinen. Unmittelbar beim Dorf Dunta setzen dreizehn Erzgänge sowohl im Granit wie im Tonschiefer auf. Die Gangart ist quarzig und führt neben Kalkspat an Erzen: silberhaltigen Bleiglanz, Zinkblende, Schwefelkies und Kupfererze. Besonders wichtig sind zwei Gänge im Berge Asmecklokh am linken Ufer des Songuti Don, von denen der eine 0,7—2 m, der andere 1 m mächtig ist. An den Quellen des Donizar Don ist eine 1 m mächtige Lagerstätte von grobkristallinem Bleiglanz bekannt, der 52,16% Blei und 0,21% Silber führt. Der maximale Bleigehalt solcher Gangerze beträgt fast 56%, ist aber gewöhnlich bedeutend niedriger. Der Zinkgehalt steigt bis 18,81%, der Kupfergehalt bis 5,77%. Die Alagir-Hütte lieferte 1910 134 734 Pud Zink.

Abweichende Erzführung haben Lagerstätten in der weiteren Umgebung von Dunta; am Berge Radu-Khoh führt ein Gang von 45 cm Mächtigkeit Quarz, Arsenkies, Buntkupfererz und Kupferkies, ein anderer im Granit aufsetzender am Berge Khoranta-Khoh bei 20—40 cm Mächtigkeit neben wenig Quarz hauptsächlich Arsenkies, ferner Kupferkies, Scheelit, Molybdänit, etwas Bleiglanz und Schwefelkies.

Am Berge Sturfars-Khoh (15 km von Dunta) enthält eine 1 m mächtige Lagerstätte Magneteisen, Schwefelkies, Kupferkies, Molybdänit und wenig Bleiglanz.

Ähnlich den Bleierzgängen des Dunta-Gebietes sind Erzvorkommen bei Gulak an der ossitinischen Straße, 23,4 km von Alagir entfernt, die wegen ihrer Lage an einer guten Verkehrsstraße günstige Abbaubedingungen haben. Eine anscheinend gangförmige Lagerstätte im Schiefer-ton ist mehrere Meter mächtig; im Ausgehenden führt sie Weißbleierz, während in der Tiefe Bleiglanz in quarziger Gangart mit Kalkspat ansteht; in nächster Nähe dieses Bleierzganges tritt ein wenig mächtiger Schwefelkiesgang mit kalkiger Gangart auf.

4 km südlich Gulak beim Aul Archon findet sich derber Bleiglanz in einer Mächtigkeit von 1,10 m auf einer Lagerstätte in sandigen Schiefen. Die Erze sind ausgezeichnet und enthalten 75,5—85,5% Blei und 0,0375—0,0680% Silber.

*) Krusch: Über neuere Aufschlüsse in den nordkaukasischen Blei-Zinkerzlagern. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1899. S. 47—49.

Krusch: Nutzbare Lagerstätten Rußlands. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1897, S. 276.

Durch bedeutenden Reichtum an sulfidischen Erzen zeichnet sich auch das wahrscheinlich jurassische Schiefergebiet von Dalakau und Suarkai, 16 km östlich Gulak, aus. Die eigentlichen Lagerstätten innerhalb der Schiefer sind nicht bekannt, sondern veraten sich nur durch massenhafte kiesige Erzstufen in den Tälern und Flußbetten. Es werden ein ausgedehnter oder mehrere kleine Erzgänge von quarziger Gangart mit Schwefelkies, Bleiglanz und Zinkblende vermutet. Die Erze enthalten 0,3–0,5% Kupfer, 8,9% Blei, 10,8% Zink, 30,5–32% Schwefel, 0,0028–0,0064% Silber und Spuren von Gold.

J. Strishow*) hat in neuerer Zeit aus dem Kreise Wladikawkas 75 Bleiglanz- und Zinkblendelagerstätten angegeben. Auch die bisher nicht bekannt gewesenen sind zumeist sulfidische Quarzgänge, die bei NO–SW-Streichen und steilem Einfallen gewöhnlich Granite durchsetzen. Sie enthalten wie die oben beschriebenen außer silberhaltigem Bleiglanz und Zinkblende noch andere sulfidische Erze; ihre Mächtigkeit schwankt von geringer Stärke bis zu 26 m.

Im Gebiet des Uruch sind am Oberlauf des Songutidon**), Nebenfluß des Uruch, zahlreiche Gänge von silberhaltigem Bleiglanz nachgewiesen, die Granite und wahrscheinlich jurassische Tonschiefer durchsetzen, neben Bleiglanz führen diese Erzgänge als Begleiter Zinkblende, Arsenkies, Kupferkies, Schwefelkies, Magnetkies, Antimonglanz, Siderit, Limonit und deren Zersetzungsprodukte. Der Silbergehalt des Bleiglanzes erreicht bis 0,21%.

In den südlichen Kaukasusländern (Transkaukasien) sind Bleiglanz und Zinkblende als Begleiter der Kupfererzgänge von Sangesur und Achtala bekannt (vgl. Kupfererz, S. 132). Lebedeff***) erwähnt aus dem Tschoroch-Tal im Distrikt Artwin, Gouvernement Kutais, Erzlagerstätten von Blei- und Kupfererzen in Quarziten mesozoischen Alters.

*) Strishow: Neue Lagerstätten von Bleiglanz und Zinkblende im Ter-Gebiet. Bergjournal 1902. 3. 157–168. Ref. N. Jahrb. f. Min. usw. 1904, I, S. 227.

**) J. Strishow: Einige Erzlagerstätten im mittleren Teile des nördlichen Kaukasus. Mat. z. Geol. d. russ. Reiches 1899. Heft 1. S. 111–118 (Beilage z. Bull. Soc. Natur. Moscou. Ref. N. Jahrb. f. Min. usw. 1901 II, S. 405).

***) Lebedeff: Geolog. Untersuchungen und Nachforschungen nach Gold im Flußtale des Tschoroch. Mat. p. la géol. du Caucase (3) 1. 1898. S. 83–152.

Schnaß: Eine Studienreise durch den Kaukasus. Glückauf 1914 I, S. 918–923 und 959–967. Hier auch eine ausführliche Beschreibung der Sadon-Grube des Alagir-Werkes.

Diese Vorkommen bei Kerchane 4 km westlich Artwin am linken Ufer des Tschorochs sind neuerdings durch E. Schnaß untersucht und günstig angesprochen worden. Der derbe Bleiglanz tritt in Erzlinsen im Quarzit der Kreideformation auf, in dessen nächster Nähe Porphyry ansteht. Die Lagerstätte wird als kontaktmetamorphe Bildung im Kontakthof des Porphyry aufgefaßt, wobei speziell kontaktmetasomatische Vorgänge, das heißt Verdrängung des Quarzites durch Erzlösungen eine besonders wichtige Rolle gespielt haben werden.

Gleichfalls im Tschoroch-Gebiet im Beglewan-Tal ist ein 2 m mächtiger Blei- und Zinkerzgang bekannt, der im Andesit aufsetzt und Kalkspat als hauptsächlichste Gangart führt.

Schließlich seien noch die Blei-Zinkerzvorkommen von Mechmahna erwähnt. Der Ort liegt südöstlich Kedabeg, 80 km südwestlich Jewlach, einer Station der transkaukasischen Eisenbahn. Hier treten die gleichen Kreide-Quarzite wie bei Kerchane auf, ebenfalls in Verbindung mit Eruptivgesteinen. Diese Quarzite werden in SW-NO Richtung von einer Anzahl Gangspalten durchsetzt, die Blei- und Zinkerze führen. Gelegentlich werden 50% des Gangquerschnittes von derber Zinkblende eingenommen. Spuren alten Bergbaues sind in dieser Gegend vorhanden, und Schnaß setzt auf dieses noch kaum durchforschte Erzgebiet von Mechmahna einige Hoffnung.

Im Jahre 1911 wurden im Kaukasus 800 t Blei und 3000 t Zink erzeugt. Das gesamte Rußland produzierte 1911 1000 t Blei und 9500 t Zink; abzüglich der kaukasischen Erzeugung entfällt der Rest auf Polen und Sibirien.

Silbererze. An silberhaltigen Erzen sind im Kaukasus nur die Silber-Bleierze (silberhaltiger Bleiglanz) des Gebietes von Wladikawkas und besonders der Blei-Zinkerzgänge der Sadonschen Gruben bei Alagir von Bedeutung (vgl. Blei-Zinkerzlagerstätten). Das Alagir-Werk*) lieferte bis 1895 durchschnittlich jährlich 500 kg Silber (Kaukasus 1893 insgesamt 554,32 kg Silber). Unter den zahlreichen Blei- und Zinkerzlagerstätten des Ter-Gebietes erwähnt Strishow Vorkommen von silberhaltigem Bleiglanz, der auf ein Pud 4,3—14,9 g Silber enthält. Vom Songutidon, Bezirk Wladikawkas, erwähnt der gleiche Autor silberhaltigen Bleiglanz mit einem Silbergehalt bis 0,21%. Südlich des eigentlichen Kaukasusgebirges, in Transkaukasien, sind schließlich noch die Kupfererzgänge von Sangesur im Bergland zwischen Elisabethpol und Eriwan durch merklichen Silbergehalt (auch Goldgehalt) ausgezeichnet; sie führen außer Kupfererzen und Pyrit auch Zinkblende und Bleiglanz. Auch die obere, aus Bleiglanz, Blende und Kupferkies gebildete Etage der Kupfererzlagerstätte von Achtala zeichnet sich durch Silbergehalt aus, und der Bergbau war hier ursprünglich nur auf Gewinnung des Silbers gerichtet.

*) Krusch: Nutzbare Lagerstätten Rußlands. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1897, S. 277.

Große Reichtümer an Gold^{*)} sind in dem kaukasischen Gebiet bisher nicht bekannt geworden. Viele der sulfidischen Kupfer-, Blei- und Zinkerzlagerstätten weisen einen mehr oder weniger nennenswerten Goldgehalt auf. Primäre Lagerstätten liegen am Oberlauf des Ingur und in den Erzdistrikten der Kreise Nachitschewan (Gouv. Eriwan) und Sangesur (Gouv. Elisabethpol). Am Akstafa wurden goldführende Quarzgänge ausgebeutet. Die Goldseifen sind im allgemeinen wenig erforscht und arm. Das Kuragebiet und seine rechten Nebentäler, sowie die linken Zuflüsse des Araxes verdienen Beachtung. In den Alluvionen des unteren Tschoroch^{**) (Bezirk Artwin)} wird noch heute Gold zusammen mit Palladium, Rhodium, Osmium und Iridium gefunden.

Kobalterze. Die Kobalterze wurden im Jahre 1867 von Walter Siemens auf der Magneteisen- und Kupfererzlagerstätte von Daschkessan^{***)} südlich Elisabethpol entdeckt. Die geologischen Verhältnisse dieser berühmten Lagerstätte wurden bei Besprechung der kaukasischen Eisenerze bereits eingehend erwähnt. Die Kobalterze treten in einer wenig mächtigen Serpentinzone zwischen dem Magneteisenerzlager im Liegenden und dunklen, angeblich porphyrischen Gesteinen im Hangenden auf. Der kobaltführende Serpentin, der aus einem Salitgestein hervorgegangen ist, ist nur 0,6 m mächtig und besitzt eine skarnähnliche Lagerart mit grüner Hornblende, Chlorit, Epidot, Granat und Quarz.

Kobaltglanz und Kupferkies treten in wenig mächtigen Linsen auf und sind wie untergeordnete Beimengungen von Bleiglanz und Zinkblende spätere Bildungen im Vergleich zur Bildung des Magnetits, Granats und Skarns. Die Kobalterze enthalten 17% Kobalt, 0,25% Nickel und 32% Arsen.

Es wurden im ganzen drei Nester von Kobaltglanz abgebaut, die 185 t Erz lieferten. 1893 betrug die Förderung nur noch 3 t. 1905 wurden 917 kg Kobalt erzeugt.

Die extrem basischen Eruptivgesteine, die im Ural eine Fülle wertvollster Bodenschätze bergen, sind auch im Kaukasus gelegentlich erzführend. Sie enthalten in ihrem Umwandlungsprodukt, dem

*) Lebedeff: Gold im Kaukasus. Historischer Abriss der Nachforschungen und Schürfungen. Mat. p. la géol. du Caucase (3) 1. 1898. Ref. N. Jahrb. f. Min. usw. 1901 II, S. 404.

**) Oswald: Armenien; Handb. d. Regional. Geol. V, 3, 1912, S. 34.

***) Stelzner-Bergeat II, S. 1179. Oswald: ibd. S. 32.

Serpentin, Chrom- und Nickelerze, die diesem besonders eigen sind, aber, soweit heute bekannt, nur in recht bescheidenem Umfang. So sind vor einigen Jahren durch Besborodko Chromitlagerstätten*) am nördlichen Kaukasus, und zwar im südlichen Teil des Kubangebietes, ca. 12 km südlich Psemjonowka, bekannt geworden. Das Chromeisenerz bildet einzelne gangartige Stöcke im Serpentin, von denen die beiden untersuchten 1,1 m bzw. 0,3 m mächtig, im Streichen aber nur auf wenige Meter verfolgt sind. Das Erz ist teils körnig, vornehmlich aber derb und enthält neben 18,43% FeO 59,09% Cr₂O₃. Seine Bildungsweise aus einem primären Chromgehalt der ursprünglichen Peridotitgesteine läßt vielleicht weitere Chromitfunde in diesem Serpentinegebiet erwarten. Begleitende Nickelsilikate erwecken die gleiche Hoffnung für Anhäufungen von Nickelerzen. Bedeutendere Nickelvorkommen hat zurzeit nur Daghestan aufzuweisen. Der Fundort ist Tscherkei; die Erze sollen ca. 2% Nickel haben.

Von Quecksilbererzen**) (Zinnober) sind nach Krauth im Kaukasus nur die Fundpunkte Chpeck, Ruchun und Gepze in Daghestan bekannt. Das Fördererz, von dem 0,58 bis 59,2% Hg angegeben werden, tritt in Klüften im Schiefer und eingesprengt in diese auf. Die Erze werden durch die Nikolajewsche Quecksilbergrube gewonnen. Die Produktion ist aber sehr gering und betrug 1906 etwa 50000 Pud Erz.

Kohlen im Kaukasus***). Das produktive Steinkohlengebirge des Karbons ist im Kaukasusgebiet nicht zur Ausbildung gekommen. Dafür zeichnet sich aber der Jura dieser kimerokaukasischen Juraprovinz durch sehr mächtige terrigene Sedimente mit Pflanzenresten und Kohlenflözen aus. Eigentliche hochwertige Steinkohlen sind daher im Kaukasus nicht vorhanden. Die Vorkommen sind sämtlich vom Typus der Braunkohlen, gelegentlich aber, wie an einigen Fundstellen im Gebiet Kutais, steinkohlenähnlich und von guter Qualität. Die abbauwürdigen Flöze im Distrikt Kuban, Suchum und Kutais, wie auch wirtschaftlich

*) Besborodko: Über eine neue Chromeisenerzlagerstätte am nördlichen Kaukasus usw.; N. Jahrb. f. Min. usw. 1912. Beil. Bd. 34, S. 783–797.

**) Krusch: s. oben S. 277.

Lamansky: Die Mineralreichtümer Rußlands. Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1902, S. 437.

Krauth: Techn. Blätter d. Deutsch. Bergw.-Ztg. 1913, S. 58.

***) Veber und Czarnocki in: The coal resources of the world III, S. 1213–1219.

weniger bedeutende Vorkommen in Daghestan, gehören dem mittleren Jura an; sie erlangen bisweilen recht ansehnliche Mächtigkeiten.

Auch tertiäre (miozäne) Braunkohlen sind in den südlichen Kaukasusländern (Distrikt Olti und einige kleinere Vorkommen in anderen Gebieten) bekannt. Qualität und zumeist auch Mächtigkeit der Kohle sind jedoch zu gering, um einen bedeutenden Bergbau zu lohnen. Die Armut des Kaukasus an Kohlen wird aber durch seinen Reichtum an oligozänem Erdöl und seinen brennbaren Nebenprodukten in den Ölgebieten von Baku, Grozny und Kuban in wirtschaftlich glücklicher Weise ausgeglichen.

In der nördlichen mesozoischen Sedimentzone des mittleren Kaukasus sind zahlreiche Kohlenvorkommen nachgewiesen. Ihr hauptsächlichstes bekanntes Verbreitungsgebiet haben sie längs des NS gerichteten Oberlaufes des Kuban zwischen Ober-Nikolajewsk und der Einmündung der Teberda.

Die Flöze liegen im mittleren Jura und haben in den weitaus meisten Fällen nur geringe Mächtigkeiten, durchschnittlich 0,30 bis 0,50 m und weniger, höchstens bis 0,70 m; sie fallen im allgemeinen nach N und NNW ziemlich flach ein.

Die Qualität der Kohle ist verschieden; sie enthält 60,41 bis 77,17 % C und 1,80 bis 12,97 % Asche. Ihr Heizwert schwankt zwischen 5700 und 7902 Kalorien.

V. Veber gibt aus dem obengenannten Gebiet acht Lokalitäten an, wo Kohle vorkommt und abgebaut wird (nähere und weitere Umgebung von Ober-Nikolajewsk, beim Dorfe Khumarinskaja, an der Einmündung der Mara in den Kuban und oberhalb an der Mara, am rechten Ufer der Khumara, am linken Ufer des Karakent und am Indish-Fluß); an den meisten Punkten sind aber nur immer zwei bescheidene Flöze bekannt, die überdies durch recht bedeutende Sandstein- und Tonmittel getrennt werden. Bei Khumarinskaja wird das flözleere Mittel 100 m mächtig.

Nur am Indish-Fluß sind sechs Kohlenlager von 0,30, 0,35, 0,45, 0,55, 0,70 und 0,55 m Mächtigkeit bekannt; auch die Qualität dieser Kohle mit 77,17 % C und nur 1,80 % Asche ist besser als bei den übrigen Vorkommen.

Angestellte Vorratsberechnungen haben keinen großen Wert, zumal nicht feststeht, wieviel Flöze überhaupt vorhanden sind, und wie weit an den verschiedenen Fundstellen dieselben Flöze erscheinen. Im Kohlengebiet des Indish-Flusses werden drei abbauwürdige Flöze mit zusammen 1 131 000 t Kohle in Rechnung gestellt

und für das gesamte Kuban-Gebiet 13 281 000 t Vorrat angenommen.

Erwähnt sei schließlich noch, daß am Nordabhang des Elbrus bei Betchessan bereits von Abich Kohlenvorkommen in Sandsteinen festgestellt wurden, die möglicherweise zum unteren Jura gehören. Genauere Untersuchungen fehlen.

Am Südabhang des westlichen Kaukasus birgt die Landschaft Abchasien, speziell der Distrikt von Suchum (am Schwarzen Meer), Kohlenvorräte, die auf 145 Mill. t geschätzt werden. Die Kohlen treten in stark gefalteten und verworfenen Juraketten am Oberlauf des Galizga-Flusses auf. Sie gehören dem oberen Dogger an und treten vielfach in nahe Berührung mit Eruptivgesteinen und vulkanischen Tuffen. Bisweilen ist der Kohlenhorizont nur durch ein dunkelgrünes Tuffconglomerat von den Tuffen im Liegenden getrennt. Das Kohlengebiet wird in sechs nach kleineren Zuflüssen benannte Felder geteilt, unter denen das Kohlenfeld an der Makmé und Heli-Kvara das wichtigste ist. An der Heli-Kvara wurde die größte Mächtigkeit reiner Kohle mit 7,1 m beobachtet. In der Regel setzt sich aber der kohlenführende Horizont aus einer ganzen Reihe mehr oder weniger starker Kohlenflöze mit tauben Zwischenlagen von Schiefer zusammen. Innerhalb dieses ganzen Schichtkomplexes erlangen aber die Kohlenlagen bedeutende Gesamtmächtigkeiten von mehreren Metern. Am Arshi z. B. ist der produktive Horizont 13,5 m mächtig, davon sind 8,11 m Kohle. Der Qualität nach ist es eine brauchbare Kokskohle mit rund 79 % C, 5,92 bis 6,37 % Asche und 0,93 bis 1,00 % Feuchtigkeit. Der Schwefelgehalt steigt bis 1,39 %.

Obgleich nach Mächtigkeit und Qualität recht günstige Abbaubedingungen für diese Vorkommen bestehen, hat sich doch wegen der Wildheit und Unzugänglichkeit des Gebirges bisher kein Bergbau entwickeln können.

Südöstlich der eben genannten Gebiete im Gouvernemen Kutais sind lohnende Kohlenvorkommen in dem Okriba genannten Gebiete nördlich von Kutais*) bekannt, und zwar nördlich von Tkwibuli am Fuße des Nakeralberges und in der unmittelbaren Nähe von Kutais bei Kursebi. Das Gebiet bauen

*) Macco: Exkursion nach dem Kaukasus und der Krim. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1898, S. 203.

Syrkin: Neues aus dem Kaukasus. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw., 1892, S. 427.

gefaltete Juraschichten auf, denen Kalke und Dolomite der Kreide konkordant auflagern. Kohlen sind in allen drei Etagen des Jura vorhanden, erlangen aber nur an der Grenze von Lias und Dogger abbauwürdige Mächtigkeiten. Am Nakeralberge folgen über dem Lias tonige Sandsteine mit Kohlenflözen, die das produktive Kohlengebirge bilden und im allgemeinen nach NNO und N einfallen. Im allgemeinen beträgt die Gesamtmächtigkeit des kohlenführenden Horizontes 16–30 m einschließlich einiger Zwischenmittel von Kohlschiefer und Sandstein. Er ist im Streichen auf mehr als 4 km verfolgt. Durch die Zwischenmittel werden 15–30 einzelne Kohlenflöze sehr wechselnder Dicke ausgeschieden, die in ihrer Gesamtheit 8–14 m reine Kohle enthalten. Qualität und Mächtigkeit der Kohlen wechseln auf kurze Entfernungen. In den Zwischenmitteln stellen sich auch Spat- und Brauneisenerze ein, die zeitweise gewonnen wurden.

Die Kohle kommt guter Magerkohle recht nahe, ist aber nicht koksartig; sie enthält 67–73,89 % C, 9–12,6 % Asche, 1,9–1,6 % Schwefel, 26,11 bis 34,0 % flüchtige Bestandteile und 0,19–0,39 % Feuchtigkeit; ihr Heizwert beträgt 6576–7525 Kalorien. Bis zu einer angenommenen Flöztiefe von etwa 210 m (700 Fuß) berechnet sich der Kohlenvorrat am Nakeralberge auf 94 500 000 t. Die Flöze werden seit 1894 abgebaut.

Im Gegensatz zu diesem bedeutenden Vorkommen am Nakeralberge sind in der Nähe von Kutais die Flöze desselben Horizontes nur sehr wenig mächtig. Bei Kursebi erbohrte man zwei durch ein glimmerreiches Sandsteinmittel getrennte Kohlenflöze, von denen das obere 1,15 m Kohle enthält, das untere aber bedeutend schwächer ist. Die Kohle ist fest und enthält zwar 20,55 % flüchtige Bestandteile, aber auch 35,75 % Asche, wodurch sie minderwertig wird. Die Flöze fallen mit 12° SO ein; in den hangenden und liegenden Sandsteinen sind verkieselte und in Lignit verwandelte Baumstümpfe häufig.

Jünger als die bisher genannten Vorkommen sind Kohlen in der Provinz Kars nahe der türkisch-armenischen Grenze. Es sind dies tertiäre Braunkohlen im Distrikt Olti, 35 km von der Stadt Olti entfernt. Sie gehören der sarmatischen Stufe an und werden von salzführendem obersten Miozän überlagert.

Der kohlenführende Horizont setzt sich aus Sandsteinen, Tonen, gelegentlich auch Kalken und Mergeln zusammen. Tertiäre Ergußgesteine begleiten den Horizont; teils sind sie älter als die kohlenführenden Schichten, teils haben sie dieselben

durchbrochen und bilden Eruptivdecken im Hangenden des produktiven Gebirges.

Vier abbauwürdige Flöze sind nachgewiesen, die aber durch mächtige flözleere oder wenigstens nur schwache Kohlenlagen enthaltende Sedimente getrennt werden. Den größten Kohlenreichtum birgt der westliche Teil des Gebietes; nach Osten werden die bauwürdigen Flöze allgemein immer schwächer.

Aus dem Hangenden nach dem Liegenden gegangen, ergibt sich folgende Schichtenfolge:

Flöz Nr. 1 2,00—2,50 m mächtig mit einigen tauben Zwischenlagen.

Flözleere Sedimente 160—170 m mächtig.

„ „ 2 2,40 m mächtig.

Grüngraue Sandsteine mit zehn unbedeutenden Kohlenlagen, von denen die beiden untersten 0,5 m Kohle haben, 200 m mächtig.

„ „ 3 am stärksten; im westlichen Teil über 5 m mächtig. Sandsteine mit abermals zehn dünnen Kohlenlagen; 200 m mächtig.

„ „ 4 2,25 m mächtig.

Grüngraue, auch rötliche Sandsteine als Liegendes.

Die Qualität der Kohle wechselt in den verschiedenen Flözen und bleibt sich auch in ein und demselben nicht gleich.

Die Analyse der besten Kohle (aus Flöz 2) ergab: 67,07 % C, 4,73 % H, 10,68 % Asche, 2,52 % Schwefel und 15,61 % N + O.

Der gesamte Vorrat der vier Flöze bis zu einer Tiefe von 600 m wird auf 36 720 000 t angenommen.

Eine Reihe Vorkommen tertiärer Braunkohle sind auch in anderen Gegenden des Kaukasus bekannt, so bei Achalzich zehn Flöze (jedes etwa 0,60 m mächtig), im Signach-Distrikt (ein Flöz 0,76 m; Kohle enthält 46,8 % Asche) und auch nördlich des Gebirges im Gebiet von Wladikawkas und Sukumi. All diese Funde haben aber keine wirtschaftliche Bedeutung.

Salzvorkommen*). Das kaukasische Gebiet liefert Stein-, Sud- und Seesalz. Der für Ost- und Südrußland so wichtige Salzhorizont des Perm ist hier nicht vorhanden, an seine Stelle tritt das Miozän. Im eigentlichen Kaukasus fehlt Steinsalz. Dagegen hat sich in einem großen Becken, das Teile der Gouvernements

*) Buschmann: Das Salz, I, Europa, S. 34—38.

Rigasche Industrie-Zeitung 1910, S. 332; 1912, S. 329.

Eriwan und Kars umfaßt und sich noch weit nach Persien und wohl auch ins ehemalige türkische Armenien hinein erstreckte, im jüngeren Tertiär (oberstes Miozän) Steinsalz in mächtigen Lagern und Stöcken abgesetzt. Eins der größten Vorkommen ist das Salzlager von Kulpi*) (Eriwan), das eine Fläche von etwa 2 qkm bedeckt und 150 m — nach Buschmann sogar 288 m — mächtig ist. Die einzelnen Steinsalzbänke sind 2—20 m stark. Das Salz ist von ausgezeichneter reiner Beschaffenheit. Es liegt vielfach frei an der Oberfläche und wird im Tagebau gewonnen; mangelhafte Verkehrsverhältnisse lassen jedoch keine bedeutende Salzindustrie aufkommen. Das Gouvernement Eriwan hatte 1903 3 Werke im Betrieb — Kulpi, Nachitschewan und Susti —, die zusammen 32 435 t Salz förderten. Im Gouvernement Kars wurden im Jahre 1903 in zwei Steinsalzbergwerken — Kagysman und Olti — 10 142 t gewonnen. Auch auf der Insel Tscheleken im Kaspischen Meer wird Steinsalz abgebaut.

Soolquellen, wohl aus gleichfalls miozänem Horizont gespeist, treten im Terekgebiet, in Daghestan und bei Achalzich zutage. Sudsalz erzeugen jedoch nur Daghestan und Terek, im Jahre 1903 zusammen nur 509 t.

Die Steppengebiete nördlich und südlich des Kaukasus sind reich an Salzseen. Die meisten besitzt die Kubansche Steppe, daneben kommen für die Gewinnung von Seesalz das Gouvernement Stawropol und besonders Baku in Betracht, wo die Salzseen besonders auf Apscheron in enger Verbindung mit den Naphthaquellen auftreten. 1903 erzeugte das Kaukasus-Gebiet 8 334 t Seesalz.

Das Erdöl**). Erdöl findet sich nirgends im eigentlichen Kaukasus, erst an seinen Rändern ist die Faltung schwach genug, um die natürlichen Gefäße des flüssigen Brennstoffes zu schonen, und doch stark genug, um ihnen die besondere Gestalt zu geben, deren das leichtere Öl bedarf, um sich von dem schwereren Salzwasser zu trennen, mit dem es gemischt ist.

Der stoffliche Ursprung des Erdöls liegt hier wie allgemein in organischen Resten der Vorzeit, die unter besonderen Bedingungen konserviert und destilliert worden sind. Seinen Ausgang nahm dieser chemische Prozeß am Meeresgrund, wie Fossilien beweisen; und die Schlamm-, Sand- und Kalkmassen, die an dem

*) Oswald: Armenien; Handb. d. Reg. Geol. V, 3, S. 35.

***) Engler-Höfer: Das Erdöl, Karte S. 439, Tafel VIII.

Niederschlag beteiligt waren, spielen die Rolle der Gefäßwände, das Meereswasser die Rolle des chemischen Agens.

Wenn spätere Bodenbewegungen dahin führen, die ölführenden Schichten in tektonische Wellen zu legen, so sind es bekanntlich die Wellenberge — Sättel — oder Kuppeln, in denen sich Öl und Gas sammeln und fangen, während das Salzwasser in die Mulden sinkt. Daher die Anordnung des Erdöls auf „Öllinien“ der Oberfläche, denen im Untergrunde „Antiklinalen“ entsprechen; auf ihnen kann nach zuverlässiger geologischer Prognose das Öl oder Gas erbohrt und der natürliche Behälter — sei es dank dem eigenen Gasdrucke, sei es unter Mithilfe von Pumpen — entleert werden.

Die beiden natürlichen Bedingungen des Erdöls — besondere Zusammensetzung der Sedimente und flache Faltung — treten in ganz Europa nirgends so glücklich zusammen, wie auf der den Kaukasus und seine Faltung nach Südosten in den Kaspisee hinein fortsetzenden und verschwächenden Halbinsel Ap-scheron. An den Namen Baku knüpfen sich schon seit Jahrhunderten besondere Wünsche und Vorstellungen, mit der Anbetung des natürlichen Feuers beginnend, die schon aus dem sechsten Jahrhundert gemeldet wird. Marco Polo hat auf seinen Reisen einen Umweg über die berühmte Örtlichkeit nicht gescheut. 1872 von einem seit 1806 darauf lastenden russischen Staatsmonopol befreit, hat die Gegend in wenigen Jahrzehnten eine märchenhafte, zeitweise die Nachfrage weit überholende Entwicklung erlebt. Nachdem man lange nur Schächte und „Brunnen“ gegraben hatte, wurde 1869 die erste Bohrung niedergebracht. Seit 1875 durch die Gebrüder Nobel stark gefördert, ist dann Baku führend geworden und bis heute geblieben. Die Produktion betrug im Bezirk von Baku 1906 7 Mill. Tonnen*).

Die anderen Erdölgebiete der Kaukasusgegend treten gegen Baku heute und wohl für alle Zeiten zurück. Am entgegengesetzten Ende des Gebirges findet sich Erdöl in aus Kreide und Tertiär aufgebauten Antiklinalen des Kubangebietes**). Über 200 km lang erstrecken sich in nordwestlicher Richtung die Sättel bei einer Breite von nur 7 km. Zahlreiche Bohrungen sind erst in den letzten Jahren fündig geworden, und die geologische Kennt-

*) Über eine moderne Beschreibung berichtet Fritz M. Behr: Der geologische Aufbau des Erdölgebietes von Bibi-Eibat. Petroleum XIV, 65.

***) S. Czarnocki: Mém. com. géol. N. S. livr. 91, 151. S., 1914. A. Gubkin, ebenda, livr. 115, St. Petersburg 1915.

Nach einer Mitteilung in der Rigaschen Industrie-Zeitung 1912, S. 110 berechtigten die Naphthavorkommen von Maikop, die einige Zeit viel Aufsehen

nis des Gebietes ist noch so unvollkommen und ungleichmäßig, daß man sich von neuen, ins einzelne gehenden Forschungen manches versprechen darf (Höfer, S. 396). Über die Vorräte ist demgemäß auch noch gar kein Anhalt zu gewinnen. Czarnocki beurteilt die Vorkommen ungünstig.

Geringer werden die Aussichten des am Nordfuß des Kaukasus gelegenen Erdölgebietes der „Schwarzen Berge“, östlich Wladikawkas, beurteilt. Die Gesteine und das steile Fallen der ebenfalls nordwestlich streichenden Bergketten sind nicht glücklich.

Nördlich von hier zieht sich WNW von Grozny eine 23 km lange Antiklinale hin, die auf ihrem Scheitel und dem flacheren südlichen Flügel eine Ölregion trägt. Grozny hat 1906 nicht ganz ein Zehntel der Produktion geliefert. Die Erzeugung von Grozny betrug 1916 103 Mill. Pud*).

Im Süden des mittleren Kaukasus endlich findet sich die Tertiärantiklinale von Tschatma, mit einer monatlichen Produktion von 250—330 kg aus zwei Erdölniveaus.

10. Die Karpathen**)

Mit den Karpathen und ihrer bogenförmigen Fortsetzung durch Rumänien bis an das Eiserne Tor betreten wir ein Gebiet, das nur durch seine Lage zu Osteuropa gehört, seine wirtschaftliche Entwicklung aber in engem Anschluß an die westeuropäische Kultur vollzogen hat. Diese Tatsache entbindet den Geologen von einer erschöpfenden Behandlung der Lagerstätten und ihres erdgeschichtlichen Rahmens, von einer Aufgabe, die zudem in einem so lange und gründlich durchforschten Gebiete den Rahmen einer zusammenfassenden Darstellung weit überschreiten würde.

Wir dürfen uns vielmehr für die Länder Galiziens, Österreichs, Ungarns, ja, zum Teil auch noch Rumäniens mit einem kurzen Überblick begnügen. Wer mehr sucht, findet es in den Jahrbüchern, Kartenwerken und Zusammenfassungen der beteiligten Länder ohne Mühe.

Die Karpathen sind die nächste östliche Fortsetzung des Alpenbogens, aber nicht des ganzen. Von den drei Zonen, mit

erregten, zu keinerlei Hoffnung. Sie gaben Anlaß zu allerhand verfehlten Spekulationen. Wirkliche Resultate ergaben nur zwei Bohrungen bei Staniza Schirwanskaja und Apscheronskaja. Im ganzen westlichen Kaukasus wie auch auf Taman sind größere, zusammenhängende Lagerstätten nicht zu erwarten, sondern nur sporadische Nester, die bald erschöpft sein werden.

*) Zeitschr. f. prakt. Geol. 1917, S. 149.

***) Hauptsächlich nach Uhlig: Bild und Bau Österreichs, I.

denen die Alpen an die Donau herantreten, verlieren gerade die beiden wichtigsten an Bedeutung: die Kalkzone verschwindet überhaupt zunächst und kommt erst am Westabhang der kleinen Karpathen wieder; die kristalline Zone kehrt im Leithagebirge, in den Hundsheimer Bergen, in den kleinen Karpathen wieder, löst sich aber hier in einzelne „Zentralkerne“ auf. An Stelle beider entwickelt sich die in den Alpen nebensächliche Sandsteinzone breit und hoch und umspannt gleich einer riesigen einheitlichen Klammer von außen her das bunte, oft unterbrochene Mosaik der übrigen Stücke. Sie ist als jüngste Zone die einzige, die das Gebirge zusammenhängend begleitet. Als jüngste beherbergt sie zugleich die beiden jüngsten und vergänglichsten Bodenschätze, Erdöl und Salz, und spielt also in praktischer Beziehung eine ähnliche Rolle für die Karpathen wie die jüngeren Rand- und Endstücke für den Kaukasus. Die Salze Galziens, zum Teil der Bukowina ebenso wie mit wenigen Ausnahmen diejenigen Rumäniens liegen in dem ihr angehörigen subkarpathischen Miozän, während das Erdöl in ähnlicher Weise in einer inneren, meist etwas älteren, dem Gebirge genäherten Zone zu Hause ist. In dem rückwärtigen Teil des Gebirges findet sich dann an palaeozoische Rumpfe, alte Granite, vor allem aber an die mächtig ausgebreiteten jungvulkanischen Massen gebunden die ganze Blütenlese der ungarischen und siebenbürgischen Erzlagerstätten — Geschenke der Tiefe, die wir in jener seichten Außenzone vergeblich suchen.

Wir ordnen das verwickelte Gebiet unter der Anleitung Uhligs (S. 4). Die Mittel- und Westkarpathen zeigen südlich der durch die Oberjura- und Unterkreide-„Klippen“ bereicherten Sandsteinklammer drei innere Zonen, eine Klippenzone, einen Gürtel der Kerngebirge und einen inneren Gürtel aus südfallenden varistischen Falten, zu dem als praktisch wichtiger Bestandteil das Zips-Gömörer Erzgebirge gehört. Ganz am Innenrande folgen dann die jungen Vulkane. Im Streichen des Gebirges klappt sodann eine Lücke, die nur von der Sandsteinzone, der inneren Klippenzone und dem Vulkangebirge überbrückt wird. Die daranschließenden Südostkarpathen sind wieder vollständig; hinter der „Sandsteinklammer“ bildet „älteres Gebirge“ eine zusammenhängende Zone und die inneren Vulkangebiete geben den Rückhalt.

Für die Bodenschätze bieten sich in dem sehr verwickelten Bau des ganzen Gebirges doch nur drei Möglichkeiten. Einmal sind mit der tertiären Auffaltung und ihren Begleiterscheinungen

juvenile Stoffe hochgekommen, vor allem hat der Vulkanismus des Hinterlandes eine für solche tertiären, noch wenig abgetragenen Vulkanbauten erstaunliche Fülle nutzbarer Metalle gefördert (ungarisches und siebenbürgisches Erzgebirge). Zweitens hat die der Faltung unmittelbar vorausgehende Ablagerung der tertiären Sedimente wie so vielfach die Ausscheidung von schichtigen Bodenschätzen im Gefolge gehabt, die dann durch die anschließenden Bewegungen in eine, dem Abbau günstige Lage gebracht werden: Salze und Erdöl des Außensaumes. Eine dritte, sehr umfangreiche Gruppe aber ist durch die Geschehnisse der Tertiärzeit weder erzeugt noch gefördert worden, sondern war bereits als Erbe einer älteren Gebirgsbildung gegeben und wurde nur passiv und zufällig an neue, der Aufsuchung und Ausbeutung zugängliche Plätze gebracht. Hierhin gehören alle die palaeozoischen Erzgänge und anderen Erzlagerstätten des zentralen Gebirges, sowie die mit den Graniten und anderen älteren Tiefengesteinen verknüpften Vorkommen.

Die schichtigen Tertiärlagerstätten sollen am Schluß behandelt werden.

Über die jungvulkanischen Erzgebiete Ungarns und Siebenbürgens kann man eigentlich entweder überhaupt nicht oder aber nur ganz eingehend sprechen.

In jedem Museum, in jedem beschreibenden Werke knüpfen sich reiche Vorstellungen an die Namen Schemnitz, Kremnitz, Nagybanya, Felsöbanya oder an die siebenbürgischen Funde und Gewinnungsorte Nagyag, Offenbanya u. a., die schon seit der Römerzeit systematisch ausgebeutet werden. Die „Silber- und Golderzformation“, von einem prangenden Schweife anderer Mineralien gefolgt, erscheinen hier im Anschluß an die Kaolinisierung und sogenannte Propylitisierung, Umwandlungsvorgänge, welche die junggeförderten Schmelzmassen noch im Gefolge und unter der Wirkung der vulkanischen Vorgänge selbst erfahren haben. Es sind also die seltenen Chemikalien wie so oft nicht mit der Hauptphase der Ausbrüche gefördert, sondern in einem Stadium des Absterbens, in welchem der Vulkan die stofflichen Reste aus seinen Magazinen leert.

Die älteren Erzlagerstätten im Schiefergebirge der Ostkarpathen und des „Zips-Gömörer Erzgebirges“ sind nicht minder berühmt, aber von gänzlich anderer Art. Hier sitzen die Metalle in Schiefen und Quarziten oder in Kieselschiefen, Serpentin-schiefen (Dorna Watra) usw., also echten Sedimenten, die aber

von basischen Intrusivmassen (Grünstein, Hornblendeschiefer) und von „Porphyrchiefern“ durchsetzt werden, vielleicht sind diese wie so oft als die „Erzbringer“ anzusehen.

Die Erzgänge des Zips-Gömörer Komitats in Oberungarn sind geradezu mit den Siegener Gängen verwandt (Stelzner-Bergeat, S. 848); um Kotterbach als größte Eisensteingrube des Bezirkes gruppiert sich ein Bergbau, der uralte ist und schon vor Jahrhunderten deutsche Bergleute angezogen hat. Ursprünglich auf Kupferkies, Silber- und Quecksilberfahlerz, in Dobschau seit 1780 auch auf Kobalt- und Nickelerze gerichtet, hat der Bergbau erst später die Eisenerze „entdeckt“. Die moderne Massenproduktion dient neben dem ungarischen und mährischen auch dem deutsch-schlesischen Bedarf. Ganz ähnlich wie im Siegerland herrscht die „Karbonspatformation“: Eisenspat, Kalkspat, Ankerit mit Quarz in mächtigen, O-W streichenden, südfallenden Gängen, die 20 m, ja 30—34 m mächtig werden können und bis 10 km weit verfolgbar sind. Verschieden von den Verhältnissen bei Siegen ist das Alter, sofern es zutrifft, daß es sich um „Produkte einer post-vulkanischen Tätigkeit in jungpaläozoischer Zeit“ handelt.

Im Schiefergebirge der Ostkarpathen erscheint, an eine Kieselschieferzone zwischen Serizit- und Hornblendeschiefer gebunden, der Manganeisenstein von Dorna Watra (Cotta, Jahrb. R. A. VI, Posepny, Jahrb. R. A. XV, Verh. R. A. 71, Athanasiu, Verh. R. A. 1899, S. 93), ein Gemenge von Manganerzen, Brauneisenstein und Quarz, aus manganhaltigem Schiefergestein durch Verwitterung entstanden. Auch hier liegt (nach Bruno Walther, Jahrb. R. A. 1876, S. 330) eine Analogie zum rheinischen Schiefergebirge, und zwar zu gewissen manganerzführenden Kieselschiefern des Devons vor. Weit über die Grenze der Bukowina hinaus reicht ferner die kupfererzführende Zone von Balán, Rodna, Barsabanya; Magnetit und Eisenglanzgänge finden sich bei Russoia bei Kirlibaba, Runk bei Jakoben. Beide stehen zu grünen Amphibolitgesteinen in Verbindung, sind also ebenfalls vulkanischen Ursprungs.

Unmittelbar in seinem vulkanischen Ursprungsgestein Serpentin liegt der vor dem Kriege nicht mehr als bauwürdig bezeichnete Chromeisenstein von Briuza in der Bukowina (Stelzner-Bergeat, S. 36). Ein Eisenerzlager, das neben hornblendehaltigen Glimmerschiefern in Kalk und mit diesem in Gneis gebettet ist, ist bei Marmaros und bei Kirlibaba zur Basis eines Eisenerzdistriktes geworden.

Kurz, es sind dies einige Beispiele der auch aus anderen älteren Faltenrumpfen zur Genüge bekannten Lagerstättentypen, die hier

inmitten der jungen Faltung passiv in die Höhe gebracht und so sekundär zugänglich geworden sind. Die Auswahl würde vervollständigt, wenn man etwa noch die goldführenden Granite der Westkarpathen (goldführende Quarzgänge bei Limbach und Boca) oder die gold- und antimonführenden Quarzgänge der Niederen Tatra (Jahrb. R. A. XVIII, S. 257) hinzunähme.

Viel enger mit dem Akt der Gebirgsbildung verbunden sind dann wieder die jungen Salz- und Erdölvorkommen des Gebirgssaumes. Besonders die Erdölbildung steht, obwohl schwer greifbar, mit der Vorbereitung des Gebirges in einem bestimmten Zusammenhang. Erreicht doch gerade im Karpathenbogen jene eigentümliche, der Hauptfaltung vorangehende marine Sand- und Schlammhäufung, die man in der Schweiz als Flyschbildung bezeichnet, ihre höchste Steigerung. Es war ein stark getrübtcs, sandreiches Meer, in welchem die Bedingungen zur Erdölbildung verwirklicht wurden, sehr ähnlich (nach R. Zuber, Zeitschr. f. prakt. Geol. 1901), dem Flachmeer des Orinokodeltas. An den Küsten fielen die Sande nieder, weiter ab, in Tiefen bis zu 200 Faden, die Tone; das rasche Sterben der Erdöl liefernden Tiere wird auf plötzliche Einschwemmung von Süßwasser zurückgeführt. Das fertige Erdöl sammelt sich vorwiegend in porösen Sanden und Sandsteinen, doch sind besondere Lagen, wie der Magurasandstein, auch wieder „öltaub“, während andere Horizonte, wie die „Inoceramusschichten“, „Ropiankaschichten“, „Menilitschiefer“, endlich in Rumänien die Miozängesteine als besondere Ölhorizonte gelten dürfen. Die Öllinien, auf denen sich auch hier die Funde anordnen, sind teils Sattellinien, wie gewöhnlich, teils Spalten, die das Öl ähnlich anziehen und fortleiten wie das Grundwasser. Gangförmig wird auch das feste Erdwachs von Boryslaw gefunden*).

Die Ausbeute ist in Galizien so groß, daß sie nach der Produktion vor dem Kriege den Bestand der Industrie auf 50—100 Jahre sicherstellt (nach Zuber, Uhlig, S. 829). Das galizische Öl ist schon seit 1721 erwähnt.

1886 wurden	40 000 t	} nach amtlicher
1896 „	260 000 „	
1906 „	737 000 „	
1907 „	1 175 000 „	

gefördert.

*) Angesichts der Beweglichkeit des Erdöls ist am Karpathenrande damit zu rechnen, daß Öl aus einer tektonischen Einheit (Decke) in eine andere gewandert ist und sich heute auf völlig fremder Lagerstätte befindet. L. v. zur Mühlen in Zeitschr. f. prakt. Geol. 1917, S. 108.

Von Ungarn sagt Posewitz (1907), daß die Petroleumfrage noch „ungelöst“ sei. „Man weiß noch immer nicht, ob sich Petroleum in lohnender Menge vorfindet oder nicht.“

Rumänien führt Erdöl fast nur im Tertiär (Galizien auch in der Kreide), und zwar in dem NS-Ast des Gebirges (s. Karte bei Höfer, S. 357), nicht in Transsylvanien. Das Erdölgebirge ist so kompliziert gebaut, daß sich die Verhältnisse kaum je auf mehr als 500 m streichende Länge gleichbleiben. Lästig ist auch der leicht Schwimmsand erzeugende Druck in den Bohrungen. Hier wurde schon 1646 Erdöl gewonnen, aber nur als Wagenschmiere verwendet. Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts datiert, und zwar zunächst durch die Nachfrage, nicht durch das Angebot angeregt, der riesige Aufschwung, seitdem 1856 ein Bukarester Bürger in Frankfurt a. M. Petroleumlampen kennengelernt und danach die Beleuchtung Bukarests eingerichtet hatte. Während 1851 der Export an Rohöl erst 41 000 Frank betrug, erreichte er bereits

1866 $1\frac{1}{2}$ Mill. Frank und

1867 $2\frac{1}{2}$ „ „

Von 1875—1900 wurde die amerikanische Konkurrenz drückend empfunden.

1896 wurden 80 000 t

1900 „ 250 000 „

1904 „ 500 000 „

1907 „ 1 130 000 „ produziert.

Die Salze des Karpathengebietes sind am besten und längsten durch den Namen Wieliczka bekannt. In Galizien ist es das Miozän, das die Salzlager und stöcke umschließt, bei Kalusz sind 26 km vom Karpathenrand über einem unteren Salzgebirge mit 50—55 % NaCl, obere Salze mit 8—16 cm Kainit und einem Sylvinitlager, also Kalisalze bekannt. (Vgl. auch E. Tietze, Jahrb. R. A. 1893, S. 89.) Die Sandsteinzone der Bukowina und Moldau enthält mächtige Salzlager in Alttertiär. In Rumänien selbst beginnt dann wieder das Miozän, mächtige Salzlager zu umschließen. Mit der Umbiegung nach SW, vom Trotustal ab, setzt eine Kette von 50 Massiven ein, die bis 3—4 km lang werden, bei einer Breite von 300—500 m und 100 m Mächtigkeit (Kärtchen bei Uhlig, S. 874) und gewaltige Salzmassen darstellen. Mrazek hält sie für die Kerne alttertiärer Sättel, die erst durch spätere Faltung in die jungen Schichten eingepreßt sind.

Im großen ist die ganze subkarpathische Salzformation als eine breite Mulde aufzufassen, eingebettet zwischen die alttertiäre Überschiebung des Karpathenrandes und die sarmatische Platte.

Orts- und Sachverzeichnis

- | | | |
|--|--|---|
| <p>Absakowa 92
 Achalzich 123, 144, 145
 Achtala 134, 137, 138
 Agarak 133
 Akstafa 139
 Alagir 135, 136, 138
 Alahwerdi 134
 Alapajewsk 72, 82
 Alget 132
 Algonkium 7
 Amur 93
 Anamesit 42
 Andesit 42
 Andreewskygrube 91, 94
 Annowka 53
 Antikaukasus 123, 124
 Apscheron 121, 122, 146
 Araxes 133, 139
 Archaicum 5, 7
 Archon 135
 Ardatow 27
 Armenien 121, 123, 125, 145
 Arsen, Kaukasus 136
 Arsenerze, im Ural 91
 Artemiewka 81
 Artwin 133, 137—139
 Asbest, Bildungsweise 96
 —, im Kaukasus 106
 —, Ural 98, 99
 Asmeckloh 136
 Asowscher Horst 42, 51
 Asowsches Meer 129
 Assovina 129
 Anferowskoje 77
 Aufbereitung, geologische
 4
 Aul Archon 136</p> <p>Bachmut 42, 48, 49, 50
 Baewsk 72
 Bakal 87
 —, Eisenerze 73
 Baksanskaja 129
 Baku 121, 132, 146
 —, (G) Mangan 132
 Balakhani 121, 122
 Basalt 42
 Batum 134</p> | <p>Beglewan 138
 Berdiansk 54
 Beresit 88
 Beresowsk 88, 90, 93, 94
 Bernstein 36
 Beryll 92, 99
 Betchessan 142
 Bibi-Eibat 121, 122
 Bissersk 100
 Bjeloreczk 33
 Blagodat 75—77, 94, 97,
 98
 Bleierze, Donezgebiet 51
 Blei, Förderung im Kau-
 kasus 138
 —, Förderung in Rußland
 138
 —, Kaukasus 135—137
 —, Transkaukasien 137,
 138
 —, im Ural 94
 Bogorodizk 27
 Bogoslowsk 72, 73, 93, 94
 Bogoslowsksches Berg-
 revier 80, 83, 85
 Bolnis 126
 Borax, Kaukasusgebiet 123
 Borowka-Fluß 71
 Borowsk 32
 Bortschaly 126
 Brandschiefer 22
 Brauneisenerz, Finnland
 20
 Brauneisensteine, Olonez
 36
 Braunkohlen 35
 —, Ural 72
 Brest-Litowsk 36
 Brjansky-Hütte 127
 Bronnizy 32
 Buhanovka 25
 Bukowina 150</p> <p>Charkow (G.), Karbon 44
 —, Kohle 45
 —, Salz 38, 49
 Cherson (G.), Bernstein 36
 —, Eisen 52—54</p> | <p>Cholst 135
 Chpeck 140
 Chromerze, Kaukasus 140
 Chrommineralien 89
 Chromit, Entstehung 96
 —, Förderung 98
 —, Karpathen 150
 —, im Ural 63, 97, 98
 Chrysopras 100
 Czenstochau 34</p> <p>Daghestan 141
 —, Eisen 128
 —, Nickel 140
 —, Salz 145
 —, Schwefel 33
 —, Quecksilber 140
 Dalakau 137
 Damir-Dagh 126
 Dankow 27
 Daschkessan 126, 127
 Daschkewan, Kobalt 139
 Demyansk 26
 Devon 9
 —, im Ural 65
 Dewdurak 134
 Diabase 64
 Diamant 92, 96
 Diamanten, Ural 100
 Diluvium 16
 Dmitriewsk 32
 Dobschau 150
 Dobrudscha 125
 Donezgebiet, Aufbau und
 Bodenschätze 41—43
 —, Bergbau 47
 —, Bleierze 51
 —, Dogger 43
 —, Eisenerze im Karbon
 48
 —, Gold 51
 —, Karbon 44
 —, Kohlen 45
 —, Kupfer 41
 —, Salz 37, 48—50
 —, Schwefelerze 33
 —, Silbererze 51
 —, Zinkerze 51</p> |
|--|--|---|

- Donizar Don 136
 Donsches Heer (Gebiet), Eisen 48
 —, Kohlen 46
 —, Phosphor 33
 Dorna-Watra 149, 150
 Dossor 100
 Dulakau 135
 Dunit 63, 95, 97
 Dunta 135, 136
 Dyasformation, Kupfer-
 erze 40
 Dzansul 134
- Edelsteine 92
 —, Ural 99
 Egorshino 71
 Eisenerze, Daschkessan
 126, 127
 — im Jura 33, 34
 — im Karbon des Donez-
 gebietes 48
 —, Karpathen 150
 —, Kaukasus 116, 126 bis
 130
 —, Kertsch 129, 130
 — in der Kreide 33
 —, Ural 73—84
 —, Vorräte 27
 —, Zentralrußland 26
 Eisenerzförderung des
 Ural 82
 Eisensalze, Kaspisee 123
 Eisenvorräte des Ural 82
 Eiszeit 16
 Ekaterinopol 35
 Elbrus 142
 Eletz 34
 Elisabethpol 138
 — (G.), Eisen 127
 —, Gold 139
 —, Kupfer 132—134
 —, Mangan 131
 Embafluß 100
 Enare-See 66, 67
 Erdöl, Karpathen 151, 152
 —, Kaukasusgebiet 121,
 122
 —, Kaukasus 145—147
 —, Uralgebiet 100
 Eriwan 132, 138, 145
 — (G.), Gold 139
 —, Salz 145
 Estland 22, 52
 Eruptivgesteine des Ural
 62—64, 67
- Erzreicher Ural 61
 Erzseifen 77
- Faltung im Ural 67
 Finnland 19
 —, Magneteisen 19
- Gabbro 63
 Galizga-Fluß 142
 Galizien 147—152
 —, Erdölförderung 151
 Geck-dasch 127
 Gellivara 20
 Georgien 121
 Gepze 140
 Gik-Salgan 33
 Gips 49, 50
 Glimmerschiefer 52
 Glint 21, 52
 Gneiß 52
 Gold, Donezgebiet 51
 — im Ural 87—94
 —, Kaukasus 139
 —, Produktion in Rußland
 94
 Golderzgänge im Ural
 88—91
 Gora Magnitnaja 79
 Gora Ossokina 77
 Gornyschtschit 93
 Gory 132
 Granat 92
 Granit 52, 62
 —, Finnland 21
 Graphit, Finnland 21
 —, im Ural 72
 —, Kaukasus 117
 —, Südrußland 55
 Grodno 22, 30, 33
 — (G.), Braunkohle 35
 Grosny 122
 Grouchevka 46
 Grozny 147
 Grundgebirge 5, 19
 — Lagerstätten des 19
 Grünschiefer 64
 Gubakhinskigrube 70
 Gulak 135, 136
 Gumeschewsk 85
- Halisuri 133
- Iljinskaja 72
 Imeretien 125
 Indisch-Fluß 141
- Indsherlu 127
 Ingulez 52
 Ingur 139
 Insel 33
 Iremel 62
 Iridium 139
 Isjum 43
 Issetsk 93
 Iwanowskoje 77
- Jailagebirge 43
 Jakobeni 150
 Jaman-Tau 62
 Janisch-Takil 129
 Jänisvaara 20
 Janysch-Takilskoje 129
 Jaroslaw (G.), Phosphorit
 31, 32
 Jatulische Formation 7
 Jekaterinburg 40, 85, 87,
 93, 98—100
 Jekaterinoslaw (G.), Eisen
 48, 52—54
 —, Kohlen 44, 45
 —, Mangan 55
 —, Salz 38, 49, 50
 Jenikale 129
 Jergeni 43
 Jewlisch 138
 Jotnische Formation 7
 Jura, im Kaukasus 113
 —, im Ural 66
 —, Kohlen 72
 Juraformation 14, 29
 Juraschichten, im Donez-
 gebiet 43
 Jurawka 35
 Jussaro, Magneteisen 19
 Juva-Kaisenmaa 20
- Kagysman 145
 Kalakent-Hütte 134
 Kalatinsk 33
 Kalevische Formation 7
 Kalisalze 39
 —, Galizien 152
 Kaluga, G. 24—27
 —, Eisen 37
 —, Kreis 27
 —, Phosphorit 32
 Kalusz 152
 Kama 81
 Kamenez 42
 Kamensk 39
 Kamouch-Bouroun 129
 Kamysch-Burunskaja 129

Kamyschak 92
 Kamyschni 32
 Kanin 60
 Kara-Tau 42
 Karbon im Donezgebiet
 44
 —, Moskauer, Gliederung
 24
 —, Palaeogeographie 9
 — im Ural 65
 Karbonische Faltung 10
 Karchane 138
 Kargalinskische Steppe 41
 Karpathen 147—152
 Karpinskysche Linien 2,
 17, 42
 Kars (G.), Salz 145
 — (Provinz), Kohlen 143
 Kartakinsk 133
 Kasan (G.), Phosphorit 31,
 32
 Kasbek 134
 Kaspisches Meer 100
 Kaspisee, Eisensalze 123
 Katar 132
 Katschkanar 75, 98
 Kawart 133
 Kaukasus 43, 100—147
 —, Auffaltung 110
 —, Blei 135
 —, Bleiförderung 138
 —, Borax 123
 —, Chromit 140
 —, Eisenerze 116, 126 bis
 130
 —, Erdöl 121, 122, 145
 bis 147
 —, Eruptivgesteine 106
 —, Geolog. Bau 101—111
 —, Gold 139
 —, Graphit 117
 —, Kieselgur 123
 —, Kobalt 139
 —, Kohlen 115, 140—144
 —, Kupfer 132
 —, Kupfererzeugung 135
 —, Lagerstätten 126ff.
 —, Mangan 130—132
 —, Mineralquellen 108,
 109
 —, Nickelerze 140
 —, Salpeter 120
 —, Salz 144, 145
 —, Schichtenfolge 111
 —, Schwefel 33, 120, 121
 —, Silber 138

Kaukasus, Tertiär 121
 —, Quecksilber 140
 —, Zentralmassiv 105
 —, Zink 135
 —, Zinkförderung 138
 —, Zinnober 140
 Kedabeg 128, 134, 138
 Kehint 33
 Kelivaara, Magneteisen 20
 Kerensk 33
 Kertsch 123, 128
 —, Eisenerzlager 129, 130
 —, Mangan 129, 130
 Kieselgur im Kaukasus-
 gebiet 123
 Kiew 36
 — (G.), Braunkohlen 35
 —, Faltung 42
 —, Phosphor 33
 Kiimi—Mäggi 21
 Kineschema 32
 Kirlibaba 150
 Kiruna 20
 Kisel 81
 —, Kohlen 69, 70
 Kissowsk 33
 Kittila 20
 Kleiner Kaukasus 123, 124
 Kobalt, Daschkessan 128
 —, Karpathen 150
 —, Kaukasus 139
 Kohlen im Donezgebiet
 45, 46
 — im Kaukasus 115, 140
 bis 144
 — im Mesozoikum 35
 —, Moskauer 23—25
 —, Vorräte 26
 — im Ural 68—73
 — Verteilung im Karbon
 10
 Kola 66
 Kolomna 32
 Komarowo 86
 Konstantinow-Kamen 60
 Kontaktlagerstätten 19
 Korsak Mogila 54
 —, Eisenvorräte 55
 Korund 92
 —, Herkunft 96
 Kostroma (G.), Eisen 37
 —, Phosphorit 31
 Koswa 71
 Koswinsky-Rücken 63
 Kotschkar 90, 91, 94, 100
 Kotschkarka 127

Kotterbach 150
 Kowno 22
 — (G.), Kohlen, mesozo-
 ische 35
 Krapiwna 27
 Krasnoslobodsk 32, 33
 Kreide, Kohlen 72
 —, im Kaukasus 117
 —, im Ural 66
 Kreideformation 14, 29
 Krementschuk 54
 Krim 125
 Kristalline Massive Süd-
 rußlands 51
 — Schiefer im Kaukasus
 103
 — des Ural 64
 Kriwoi-Rog 51—54
 —, Eisen, Vorräte 54
 —, Graphit 55
 —, Mangan 55
 Kromy 33
 Kuban, Eisen 128, 129
 —, Kohle 140
 Kubangebiet, Chromerze
 140
 —, Erdöl 146
 Kuckers 22
 Kujawa 32
 Kulpi 145
 Kuolajärvi 20
 Kuoeslaksi 20
 Kupfer, Karpathen 150
 —, Kaukasus 132, 137
 —, Transkaukasien 132
 Kupfererze der Dyas 40
 —, Finnland 20
 —, im Ural 83—85
 Kupferförderung 85
 Kupferlasur 40
 Kuragebiet 139
 Kursebi 142, 143
 Kursk (G.), Eisen 34
 — 26, Phosphat 32
 Kuschwa 75
 Kutach 33
 Kutais 140
 — (G.), Blei 137, 138
 —, Eisen 128
 —, Kohle 142, 143
 —, Kupfer 137, 138
 —, Mangan 130—132
 Kutim 81
 Kuusjärvi 20
 Kwirila 130
 Kyschtym 33, 85, 94, 97, 98

- Ladogasee 19, 21
 Lagerstätten, Bildungsweise allg. 3
 Lappmarken 66
 —, Magneteisen 19
 Lebjaschinskoje 78
 Leitergänge 89
 Letschgum 121
 Lias im Ural 66
 Lipezk 27
 Litauen, Braunkohle 35
 Liwny 27
 Lovattal 22
 Lunjewka 68
- Magmatische Lagerstätten, Ural 75ff.**
 Magnesit, Herkunft 96
 Magneteisen 54
 —, Finnland 19, 20
 —, Kriwoi-Rog 52—54
 Magneteisenerze, Ural 75
 Magnitnaja 79, 80
 Malachit 40, 100
 Malaga-Blagodot 77
 Malewka 27
 Mangan, Kaukasus 130—132
 —, Kertsch 129, 130
 —, Kutais 130, 131
 Manganerze, Innerrußland 35
 —, im Tertiär von Kriwoi-Rog 56
 —, Ural 86, 87
 Mangyschlak 42
 Marmaros 150
 Marsjatal 86
 Mechmahna 138
 Mednorudiansk 83, 84, 100
 Melenki 27, 34
 Mesikisches Gebirge 124
 Mesozoikum 12
 Mesozoische Decke 27
 Miäß 87, 90, 93, 94, 97
 Miatschkowo 27, 37
 Mineralien, Ural 99
 Mineralquellen, Antikaukasus 123
 —, Kaukasus 108, 109
 Minsk (G.) Bernstein 36
 —, Braunkohle 35
 —, Eisen 37
 Morschansk 35
 Moskauer Becken 22
 Moskau (G.) 25
- Moskan, Phosphorit 32
 Moskauer Stufe des Oberkarbons 24
 Motmos 27
 Muhodschargebirge 62
 —, Kohlen 72
- Nachitschewan 139, 145
 Nakeralberg 142
 Naphtha im Ural 100
 Nasarowskoje 77
 Neozoikum 15
 Nevjansk 93
 Nickel, Karpathen 150
 —, Kaukasus 140
 —, Ural 98
 Nickelsilikate, Herkunft 96
 Nikitowka 50
 —, Förderung 51
 Nikolajewsk 32
 Nikopol 55—56, 86
 Nischne-Tagil 71, 77, 85, 97
 Nowaja-Semlja 60, 67
 Nowgorod 25
 — (G.) 25—27
 —, Eisen 37
 Nowo-Karantinaja 129
 Nowo-Senaki 131
 Nowotorschok 37
 Nura-Tau 42
- Obidimo 25
 Oblensk 25
 Okriba 121, 142
 Olekma 93
 Olonez (G.), Rasenerze 36
 Ölschiefer 23
 Olti 141, 143, 145
 Onega 21
 Opal 96
 Orel (G.) 26, 27
 —, Eisen 33, 34, 37
 Orenburg 39, 40
 — (G.), Asbest 99
 —, Gold 90
 —, Kupfer 41
 —, Salz 38
 —, Solquellen 39
 Ortel 129
 Osmiridium, Ural 97
 Osmium 139
 Ossowinskaja 129
 Ostashkoff 26
 Osteuropa, Gliederung 17
 Outokumpu 20
- Pae-Choi 60
 Pahtawaara 20
 Palaeozoikum 8
 — im Kaukasus 111
 Palaeozoisches Becken 21
 Palkina 99
 Palladium 139
 Pawlograd 43
 Pensa (G.), Phosphat 31, 33
 Perekeschkül 132
 Peridotit 96
 Perm 83
 — (G.), Asbest 99
 —, Aufbau 37
 —, Kalisalze 39
 —, Kohlen 68, 69
 —, Kupfer 40
 —, Salz 38
 —, Verwitterungslagerstätten 81
 Permformation 11
 Permgebiet des Uralvorlandes 37
 Permkarbon im Ural 66
 Persien 145
 Pessotschnaja 27
 Petrowsk 33, 121
 Petschoragebiet 100
 Phosphat, Bildungsweise 13, 15
 Phosphatlager in Mittellußland 29—32
 Pitkäranta, Magneteisen 19
 Platin, Förderung 97
 —, Herkunft 96
 —, im Ural 94—97
 —, Lagerst. 4
 Pobedink-Tschulkowo 25
 Podolien 30
 —, Braunkohle 35
 Podolischer Horst 51
 Podolsk 32
 Poltawa (G.), Eisen 54
 —, Faltung 42
 Porkona 20
 Porphyre 62
 Powenez 36
 Psemjonowka 140
 Puschkariha 87
 Pyschmink 90
 Pyschminko-Kaljut-schewskoi 85
- Quecksilber 94
 —, Karpathen 150

- Quecksilber, Kaukasus 140
 —, Nikitowka 50, 51
 Radu-Khoh 136
 Ramany 121, 122
 Rasenerze 36
 Revda 98
 Revdinsk 98, 100
 Rhät im Ural 66
 Rhät-Lias, Kohlen 72
 Rhodium 139
 Rhodonit 99
 Rion 130
 Rjäsan (G.) 25, 26, 27
 —, Eisen 27, 34
 —, Phosphorit 32
 Roteisen, Kriwoi-Rog 52 bis 54
 Rotes Gebirge 96
 Rowno 42
 Ruchun 140
 Rumänien 147—152
 Rumänien, Erdöl 152
 Rußland, Förderung von Blei 138
 —, Förderung von Zink 138
 Rylsk 32
 Sabuntschy 121, 122
 Sadonsche Gruben 135, 138
 Saksagan 52
 Salpeter, Kaukasus 120
 Salze des Devons 22
 Salz, Karpathen 151, 152
 —, Kaukasus 144, 145
 — des Perm 37
 Samara (G.), Phosphorit 32
 Samtredi 131
 Sandomirgebirge 42
 Sangesur 132, 133, 137
 Saratow 32
 — (G.), Phosphorit 32
 Sasurskisches Waldgebiet 34
 Schaitanskoje 82
 Schaulen 35
 Scheich-Djeli 42
 Schlammvulkane 122, 123
 Schmucksteine 99
 Schwarze Berge 147
 Schwarzes Meer, Kohle 142
 —, Kupfer 133, 134
 Schwefel, Kaukasus 120, 121
 — im Mesozoikum 15
 Schwefel im russischen Perm 50, Fußnote
 Sedelniko 99
 Seerze 36
 Seifen 91
 Seminowski-Prisk 92
 Serginsk 82
 Seriewsk 52
 Serpentinlagerstätten im Kaukasus 139, 140
 — im Ural 94, 95
 Serpentinstammbaum 96
 Sibirien 93
 Siem-Kalotza 129
 Signach 144
 Silber, Karpathen 150
 —, Kaukasus 136, 138
 —, Transkaukasien 138
 — im Ural 94
 —, Donezgebiet 51
 Simbirsk (G.), Eisen 34
 —, Phosphorit 32
 Sinowjewo 33
 Skopin 25
 Slatoust 98, 99
 Slawjansk 49
 Smijew 43
 Smolensk (G.), 25, 26
 —, Eisen 37
 Soimonowtal 85, 94
 Somketien 125
 Songutidon 136, 137, 138
 Sosnowka 35
 Souline 46
 Spateisensteine 33
 Sphaerosiderite 34
 Ssedelnikow 87
 Stammbaum des Serpentin 96
 Staniza Cholmskaja 128, 129
 Sterlitamak 100
 Sturfars-Khoh 136
 Suarkai 137
 Suchum, Kohlen 140, 142
 Südural 61
 Sukumi 144
 Sumpferze 36
 Sundosero 36
 Sünik 132, 133
 Surachani 121, 122
 Susti 145
 Syenit 62
 Syntulsky-Hütte 27
 Sysstersk 85
 Tagli 131
 Taman 123
 Tambow (G.), Eisen 37
 —, Mangan 35
 —, Phosph. 32—33
 Taurien (G.), Eisenerze in krist. Schieferen 54
 —, Karbon 44
 Terek 145
 Ter-Gebiet 138
 Temir-Chan-Schurinski 128
 Tertiär, Führung nutzbarer Stoffe im Kaukasus 122
 —, Kaukasus 121
 —, Ural 66
 Tertiärzeit 15, 16
 Thrialetien 125
 Tiflis 134, 135
 — (G.) 123
 —, Eisen 126, 127
 —, Mangan 132
 Timangebirge 60
 Tionety 126
 Tkwibuli 142
 Tobetchik 129
 Topas 92
 Torf 36
 Toula (G.) 24—27
 —, Eisen 34
 Tovarkowo-Malewka 25
 Transbaikalien 93
 Transkaukasien, Blei 137, 138
 —, Kupfer 132
 —, Silber 138
 —, Zink 137, 138
 Triasformation 13, 28
 Trias im Kaukasus 112, 113
 — auf der Krim 113
 Trotustal 152
 Tschamluk 134
 Tschatach 126
 Tschatma 147
 Tschelekén 123, 145
 Tscheljabinsk 62, 72, 87, 90, 92, 94
 Tschembar 33
 Tscherat-chevi 132
 Tscherkei 140
 Tschiatura 130, 131
 Tschinarlidj 127
 Tschoroch 132, 137—139
 Twer (G.) 25, 26
 —, Eisen 37

- Tula 27
 Turja 83
 Turjiterze 34
 Uchta 100
 Ufa 100
 Ufa-Plateau 60, 61, 67
 Ufalei 98
 Ufalejsk 82
 Uginsee 26
 Ukraine, Mangan 55—56
 —, Salz 48—50
 Ukschosero 36
 Ungarn 147—152
 —, Erdöl 152
 Unsar 135
 Ural 4, 56—100
 —, Blei 94
 —, Braunkohlen 72
 —, Diamanten 100
 —, Edelsteine 99
 —, Eisen 73—84
 —, Eisenförderung 82
 —, Eisenvorräte 82
 —, Erdöl 100
 —, Faltung 67
 —, Förderung 61
 —, Formationen 65—67
 —, geol. Bau 57—67
 —, Gesteine 62—64
 —, Gliederung 57—62
 —, Gold 87—94
 —, Goldseifen 91—93
 —, Graphit 72
 —, juvenile Lagerstätten 74
 —, Kohlen 68—73
 —, Kupfererze 83—85
 —, Kupfer, Förderung 85
- Ural, Lagerstätten 67—100
 —, Malachit 100
 —, Mangan 86, 87
 —, Mineralien 99
 —, Naphtha 100
 —, Platin 94—97
 —, Platinseifen 97
 —, Schwefelkies 33
 —, Serpentinlagerstätten 94, 95
 —, Silber 94
 —, Stellung seiner Lagerstätten 56, 57
 —, Streichrichtungen 66
 —, Verwitterungslagerstätten 81
 —, Zink 94
 —, Zinnober 94
 Uralfuß 62
 Ural-Tau 67
 Uruch 137
 Ust-Urt 60, 62
- Vereisung im Kaukasus 103
 Verwitterungslagerstätten im Ural 81
 Vilva 71
 Vischni-Volotschek 26
- Waigatsch 60
 Wälimäki, Magneteisen 20
 Wassiljewskigrube 84
 Weimarn 23
 Werch-Issetsk 72, 85, 87, 94
 Werchne-Uralsk 92
 Wieliczka 152
 Wielun 34
 Wilna 22
- Witim 93
 Wjatka 81
 Wladikawkas 133—137
 —, Erdöl 147
 —, Kohle 144
 —, Silber 138
 Wladimir (G.) 26, 27
 —, Eisen 34, 37
 —, Phosphorit 32
 Wolhynien, Bernstein 36
 —, Braunkohlen 35
 —, Eisen 37
 —, Graphit 55
 —, junge Eruptivgesteine 42
 Wologda (G.) Salz 38
 Woronesch (G.), Eisen 34
 —, Phosphor 33
 Wyschni-Wolotschek 37
 Wyssokaja 77—78, 85
- Yasenki 25
- Zechstein 12
 Zeteli-gele 132
 Zink, Donezgebiet 51
 —, Förderung im Kaukasus 138
 —, Förderung in Rußland 138
 —, Kaukasus 135, 137
 —, Transkaukasien 137
 —, Ural 94
 Zinnober 51, 94
 —, Kaukasus 140
 Zinnstein 20
 Zips-Gömörer Erzgebirge 149, 150
 Zugruguschen 126
 Zytomierc 55

Additional material from *Bau und Bodenschätze Osteuropas :
Eine Einführung*,

ISBN 978-3-663-15643-7, is available at <http://extras.springer.com>

