

F 288

m

PROF. DR. HANS SCHNEIDERHOFF  
DIREKTOR DES MINERALOGISCHEN INSTITUTS DER UNIVERSITÄT WÜRZBURG

# MINERALISCHE BODENSCHÄTZE IM SÜDLICHEN AFRIKA



mit Beiträgen von

## DIE DIAMANTLAGERSTÄTTEN SÜDAFRIKAS

Von dem Regierungsrat Prof. Dr. Erich Käfer,  
Direktor des Instituts für allgemeine und angewandte  
Geologie der Universität Würzburg

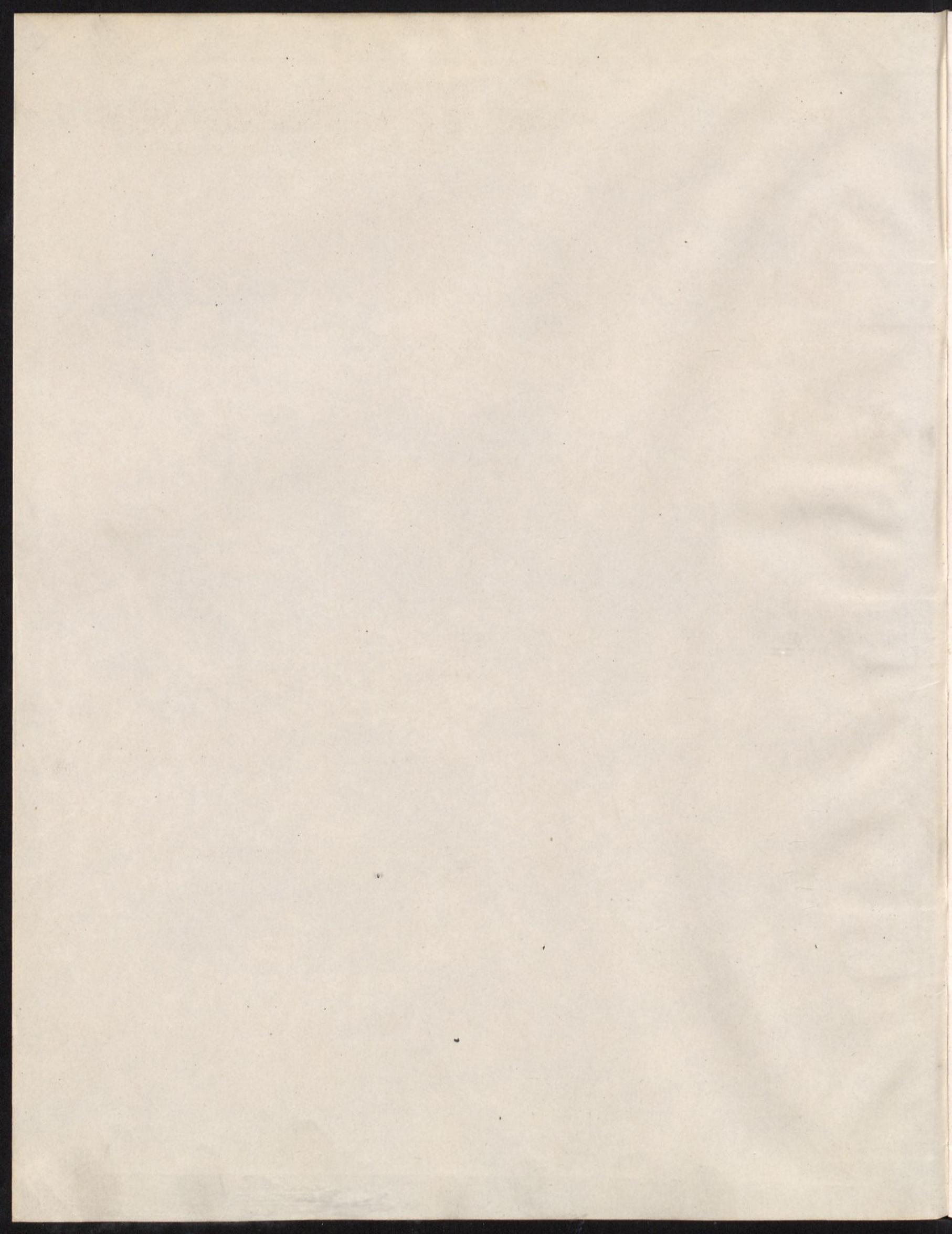
und

## DIE KOHLENVORKOMMEN SÜDAFRIKAS

Von Prof. Dr. Paul Kunkel,  
Leiter der geologischen Abteilung  
des Staatlichen Bergbau-Institutssamens in Brixton

1931

NEUMANN, NEUMANN, NEUMANN  
BERLIN 1931



**PROF. DR. HANS SCHNEIDERHÖHN**  
DIREKTOR DES MINERALOGISCHEN INSTITUTS DER UNIVERSITÄT FREIBURG I. BR.

# **MINERALISCHE BODENSCHÄTZE IM SÜDLICHEN AFRIKA**



Mit Beiträgen über:

## **DIE DIAMANTLAGERSTÄTTEN SÜDAFRIKAS**

Von Geh. Regierungsrat Prof. Dr. Erich Kaiser,  
Direktor des Instituts für allgemeine und angewandte  
Geologie der Universität München

und

## **DIE KOHLENVORKOMMEN SÜDAFRIKAS**

Von Prof. Dr. Paul Kukuk,  
Leiter der Geologischen Abteilung  
der Westfälischen Berggewerkschaftskasse in Bochum

**1931**

**NEM-VERLAG / BERLIN W 10**

1931.1136

F 288 m



Inu. 20547.

## VORWORT

Vorliegendes Werkchen ist aus Reiseberichten über südafrikanische Lagerstätten entstanden, die ich 1929 anlässlich des XV. Internationalen Geologenkongresses besucht habe. Die Berichte und Lagerstättenschilderungen wurden in 7 Fortsetzungen in der Zeitschrift „Metallwirtschaft“ in der Zeit vom Dezember 1929 bis Juli 1930 veröffentlicht. Aus dem Leserkreis tat sich ein mehr als gewöhnliches Interesse an dem Gegenstand kund. Der Schriftleiter des Wissenschaftlich-technischen Teils der Metallwirtschaft, Herr Dr.-Ing. P. Rosbaud, gab mir deshalb die Anregung, die Aufsätze gesammelt als eigenes Werk herauszugeben. Ich entsprach der Anregung um so lieber, als ich mich selbst beim Abfassen der Berichte immer mehr für den Gegenstand erwärmt hatte, je nördlicher ich mit den Berichten kam, je weniger erforscht Gegend und Lagerstätten wurden und je weniger von ihr in Europa oder wenigstens in Deutschland bekannt war. In Einzelheiten konnte ich auch eigene neue (Bushveld) oder abweichende (Nord-Rhodesia, Katanga) Feldbeobachtungen und Laboratoriumsbefunde dazusteuern, die z. T. auch zu abweichenden genetischen Ergebnissen führten.

Zu dieser Zusammenfassung mußte aber die Form straffer gewählt werden und der Inhalt wesentlich vervollständigt werden. Zwar beansprucht das Werkchen keinesfalls, „die“ Lagerstätten Südafrikas darzustellen. Dazu fehlen zunächst fast alle kleineren und wirtschaftlich unbedeutenden Vorkommen, die allerdings z. T. wissenschaftlich und genetisch interessant und wichtig sind. Vor allem sind auch eine gar nicht kleine Anzahl wirtschaftlich recht bedeutender Lagerstätten aus dem einfachen Grund nicht aufgenommen worden, weil ich sie in der kurzen Zeit nicht besuchen konnte. Es seien nur erwähnt die großen Manganerzlager von Postmasburg, die Goldgänge des Barbertondistrikts, die Goldvorkommen von Pilgrimsrest, die Kupfererzgrube Messina und manche andere.

Dagegen durften zwei Gruppen von Vorkommen nicht weggelassen werden, bzw. mußten wesentlich ausführlicher behandelt werden: die Diamantlagerstätten, vor allem die neuen Alluvialfunde mit ihren märchenhaften Reichtümern und die Kohlenvorkommen, die wirtschaftliche Grundlage jeder Industrie. Wegen ihrer Bearbeitung wandte ich mich an hervorragende Fachmänner auf diesen Gebieten, die ebenfalls am Kongreß teilnahmen. Herr Geh. Regierungsrat Prof. Dr. E. Kaiser, einer der besten Kenner und Erforscher der südafrikanischen Diamantlagerstätten und Verfasser des zweibändigen Standardwerkes „Die Diamantwüste Südafrikas“ bearbeitete den größten Teil des Abschnitts über die Diamantlagerstätten. Der bekannte Kohlengeologe, Herr Prof. Dr. P. Kukuk in Bochum, verfaßte den Abschnitt über die Kohlenvorkommen Südafrikas.

Beiden verehrten Kollegen sei herzlicher Dank für ihre Bereitwilligkeit und ihre wertvollen Beiträge ausgesprochen.

Eine weitere Ergänzung erfolgte durch eine Darstellung der auf den Vorexkursionen der deutschen Gruppe besuchten Lagerstätten des Otavibergrands in Südwestafrika. Ich konnte hierzu eine ausführliche Arbeit benutzen, die ich zu dem Kongreß-Sonderheft der „Zeitschrift für praktische Geologie“ im Juni 1929 verfaßt hatte. Schriftleitung und Verlag der Zeitschrift habe ich besonders zu danken dafür, daß die Druckstöcke hier zum Abdruck gebracht werden konnten.

Endlich wurde auch der Abschnitt über Eisenerzlagerstätten wesentlich erweitert.

Zu danken habe ich auch dem Assistenten am Mineralogischen Institut der Universität Freiburg i. Br., Herrn Dipl.-Bergingenieur H. Moritz, der mich bei der Zusammenstellung und Abfassung der technischen Abschnitte weitgehend unterstützt hat.

Endlich sei der Schriftleitung der „Metallwirtschaft“, besonders Herrn Dr. P. Rosbaud, herzlich gedankt für die großzügige und entgegenkommende Ausstattung dieses Werkchens.

Möge diese Schrift den „alten Afrikanern“ in Deutschland, die so viel Wertvolles und Grundlegendes zur Erforschung südafrikanischer Lagerstätten geleistet haben, ein kleines Andenken sein an das Sonnenland und möge sie dazu beitragen, daß bei den deutschen Geologen, Lagerstättenforschern und Bergleuten auch in Zukunft das Interesse an diesem schönen und zukunftsreichen Lande nicht aufhört.

FREIBURG I. BREISGAU, IM JUNI 1930

H. SCHNEIDERHÖHN



# INHALTSVERZEICHNIS

	Seite		Seite
<b>VORWORT</b>		Primäre Vorkommen	20
<b>I. DER XV. INTERNATIONALE GEOLOGENKONGRESS IN SÜDAFRIKA</b>	1	Sekundäre Vorkommen	21
1. Überfahrt	1	Von <b>E. Kaiser</b>	
2. Kongreßprogramm	1	<b>C. Einzelbeschreibung einiger primärer Vorkommen</b>	22
3. Die Kongreß-Sitzungen in Pretoria	2	Von <b>H. Schneiderhöhn</b>	
<b>II. SÜDWESTAFRIKA</b>	2	Die diamantführenden Kimberlit-Röhren	22
1. Exkursionen durch die nördliche Namib (Edelsteinpegmatite, Zinnerze)	2	Die Premier-Mine bei Pretoria	24
2. Fahrt durchs Hereroland zum Otavibergland	4	Anhang: Exkursion zu den fluviatilen Diamantseifen	25
3. Das Otavibergland	4	<b>D. Die alluvialen Diamantvorkommen Süds- und Westafrikas</b>	26
Geographischer Überblick	4	Von <b>E. Kaiser</b>	
Geologischer Aufbau	5	<b>3. Die Goldlagerstätten des Witwatersrandes</b>	33
Oberflächenbildungen und Deckschichten	6	Allgemeine geologische Lage	33
Gebirgsbau und Tektonik	7	Tektonik	34
Die Erzlagerstätten	7	Vorkommen und Verteilung des Goldes	34
4. Die Tsumeb-Mine	7	Entstehung der Goldlagerstätte des Randes	35
Räumliche Verhältnisse und Tektonik	7	Tektonik und Wirtschaft am Rand	36
Die einzelnen Teile des Erzkörpers	9	Allgemeine Verhältnisse	36
Der Erzinhalt: aszendente Erzminerale	10	Aufbereitung	36
Nichtmetallische Bestandmassen und Mineralien	10	Goldgewinnung	37
Verwachsungsgefüge	10	Einige statistische Bemerkungen	37
Deszendente Zementationserze	10	Kongreß-Exkursionen in und um die Randminen	37
Die Mineralien des Oxydationsbereichs	11	<b>4. Einige Salzpfannen in Transvaal</b>	38
Die räumliche Verteilung der Tiefenzonen	12	<b>5. Umgebung von Pretoria, Stratigraphie und Tektonik des Transvaal-Systems</b>	39
Chemische Zusammensetzung der Erze	13	<b>6. Der Eruptivkörper des Bushvelds</b>	42
Natur des Minen „aplits“	14	Allgemeiner Überblick	42
Genetische Verhältnisse	14	Die Noritgruppe, ihre „Schichtenfolge“ und die petrographische Natur der einzelnen Gesteinsglieder	43
Bergbauliche Gewinnung der Erze	14	Die Gruppe des Roten Granits	44
Hüttenmännische Anlagen	15	<b>7. Die Chrom-Nickel- und Platinlagerstätten des Bushvelds</b>	44
5. Der Kupfererzgangbezirk von Guchab im Otavital	16	Chromitlagerstätten	44
6. Die kupferführenden Dolomitschlotten	17	Platinarme bis platinfreie Nickelmagnetkiesvorkommen	46
7. Vanadiumerzlagerstätten	17	Die Platinlagerstätten des Merensky-Horizonts	46
8. Verlauf der Exkursionen im Otavibergland	18	Platinerze in kontaktmetamorphen und pegmatitischen Gesteinen	47
9. Fahrt Otavi-Windhuk-Kalahari-Oranje-De Aar-Kapstadt	18	Platinführende Dunitröhren	48
<b>III. IN DER SÜDAFRIKANISCHEN UNION</b>	19	Technik und Wirtschaft der südafrikanischen Platinlagerstätten	49
1. Exkursionen in der Umgebung von Kapstadt	19	Abbauverfahren	49
2. Die Diamantlagerstätten Südafrikas	20	Aufbereitung und metallurgische Anreicherung	50
Von <b>Erich Kaiser</b> , München und <b>Hans Schneiderhöhn</b> , Freiburg i. Br.		Gegenwärtiger Stand und Zukunftsaussichten der südafrikanischen Platinindustrie	52
A. Allgemeine Bedeutung der Diamantlagerstätten für Südafrika	20	Von <b>E. Kaiser</b>	
Von <b>E. Kaiser</b>		<b>8. Die Zinnerzlagerstätten des Bushvelds</b>	53
B. Übersicht über die verschiedenen Arten der Lagerstätten	20	<b>9. Rückblick auf das Bushveld</b>	54

	Seite		Seite
<b>10. Die Eisenerzlagerstätten Südafrikas</b>	<b>55</b>	<b>2. Geologie</b>	<b>84</b>
Titanomagnetite des Bushvelds	55	<b>3. Die Blei-, Zink- und Vanadiumlagerstätten von Broken Hill</b>	<b>84</b>
Pneumatolytische und hydrothermale Eisenerzlagerstätten	56	<b>4. Das Kupfererzgebiet von Nord-Rhodesia</b>	<b>86</b>
Junge festländische Verwitterungseisenerze	56	Überblick	86
Kohlen- und Toneisensteine in Gesteinen der Karrooformation	56	Geologische Grundzüge	87
Eisenerzlager in Gesteinen der Transvaal-Formation	56	Primärformation	87
Die gebänderten Eisenquarzite der Dolomit-Serie	56	Die Bwana M'Kubwa- oder Roan-Serie	87
Sekundäre Hämatitanreicherungen der gebänderten Eisenquarzite	57	Die Christmas-Serie	88
Eisenglanzbrekzien in der Transvaal-Formation in Griqualand-West	58	Die Kundelungu (Tanganjika- od. Mutondo-) Serie	88
Die oolithischen Eisenerze in der Pretoria-Serie	58	Der metamorphe Zustand der Gesteine der Katanga-Formation	88
Entstehung der oolithischen Eisenerze der Transvaal-Formation	59	Jüngere Eruptivgesteine in der Katanga-Formation	88
Metamorphe Eisenerze	59	Tektonik	90
Zusammenstellung der Eisenerzvorräte Südafrikas	59	<b>5. Die einzelnen Kupferbezirke</b>	<b>90</b>
<b>11. Die Kohlenvorkommen Südafrikas</b>	<b>60</b>	Bwana M'Kubwa	90
Von P. Kukuk (Bochum)	60	Mufulira	91
Allgemeine geologische Verhältnisse	60	Roan Antelope	92
Die einzelnen Kohlenbezirke	62	N'Kana und Chambishi	95
1. Die Kohlenfelder Transvaals	62	N'Changa	96
Das Witbank Revier	63	Andere Kupfererzfunde in Nord-Rhodesia	97
Springs-Heidelberg-Bezirk	65	<b>6. Die Entstehung der nordrhodesischen Kupferlagerstätten</b>	<b>97</b>
2. Die Kohlenfelder des Oranje-Freistaats	66	<b>7. Die Erschließung</b>	<b>99</b>
3. Die Kohlenfelder von Natal und des Zululandes	66	Entwicklungsgeschichte	99
Das Klip-River (Main Line) Kohlenfeld	67	<b>8. Bergbau. Aufbereitung und Verhüttung</b>	<b>101</b>
Das Vryheid Kohlenfeld	67	<b>9. Wirtschaftlicher Ausblick</b>	<b>101</b>
Das Utrecht Kohlenfeld	67	Vorräte	101
Die Kohlenfelder des Zululandes	67	Arbeiterfrage	102
4. Die Kohlenfelder der Kapprovinz	68	Hygienische Verhältnisse	102
Kohlenwirtschaftliche Verhältnisse der südafrikanischen Union	68	Verkehrsverhältnisse	102
Das Wankie-Kohlenfeld in Süd-Rhodesia	68	<b>VI. KATANGA</b>	<b>103</b>
<b>IV. SÜD-RHODESIA</b>	<b>72</b>	<b>1. Geographisch-morphologischer Überblick</b>	<b>104</b>
<b>1. Geographischer Überblick</b>	<b>72</b>	<b>2. Geologische Verhältnisse</b>	<b>104</b>
<b>2. Geologische Übersicht</b>	<b>72</b>	Allgemeiner Überblick	104
<b>3. Die Primärformation</b>	<b>72</b>	Schichtenfolge der Katanga-Formation	104
<b>4. Lagerstättenübersicht</b>	<b>73</b>	Stratigraphischer Vergleich zwischen Katanga und Nord-Rhodesia	105
<b>5. Chromitlagerstätten</b>	<b>74</b>	<b>3. Tektonik</b>	<b>105</b>
<b>6. Asbestlagerstätten</b>	<b>75</b>	<b>4. Erzlagerstätten</b>	<b>106</b>
<b>7. Erzpegmatite</b>	<b>77</b>	Allgemeine Übersicht	106
<b>8. Hydrothermale Golderzgänge</b>	<b>78</b>	Die primären sulfidischen Erze	106
<b>9. Der Great Dyke und seine Lagerstätten</b>	<b>81</b>	Zementationszone	107
<b>10. Die Viktoria-Fälle des Sambesi</b>	<b>82</b>	Die oxydischen Kupfererze	107
<b>V. NORD-RHODESIA</b>	<b>84</b>	Die Einzelminen	107
<b>1. Allgemeiner Überblick</b>	<b>84</b>	<b>5. Die Entstehung der Erzlagerstätten</b>	<b>109</b>
<b>IV</b>		<b>6. Gewinnung und Verarbeitung der Kupfer- und Kobalterze</b>	<b>110</b>
		<b>7. Die Uran- und Radiumlagerstätte Chinkolobwe</b>	<b>111</b>
		<b>8. Wirtschaftliches</b>	<b>111</b>
		<b>ORTSVERZEICHNIS</b>	
		<b>GEOLOGISCHE UND ANDERE KARTEN IM TEXT</b>	

## ORTSVERZEICHNIS

Abkürzungen: Kat = Katanga  
NRh = Nordrhodesia  
SA = Südafrikanische Union  
SRh = Südrhodesia  
SWA = Südwestafrika

### A

Abenab (SWA) Vanadiumlagerstätten 17, 18  
Alexanderbucht (SA) Diamanten 29  
Amboland (SWA) 4  
— Oberflächenbildungen 6  
Angola, Diamantproduktion 20, 27  
Antelope Goldmine (SRh) 78  
Arandis (SWA) 3  
Auasgebirge b. Windhuk (SWA) 18  
Aukas (SWA) Vanadiumlagerstätten 17  
Awagobib (SWA) Tektonik 7

### B

Bahnhofsberg b. Tsumeb (SWA) Vanadiumlagerstätte 17  
Benguela-Bahn 103  
Bethel-Feld (Transvaal), Kohlen 65  
Betschuanaland, Diamantrohren 20  
Bilton (SRh) Asbestlagerstätten 76  
Birthday (SRh) Asbestlagerstätten 76  
Black Beas Gold Mine (SRh) 78  
Bobos (SWA) Geologie 5  
— Vanadiumlagerstätten 17  
Boeckenhoekfontein, Rustenburg Distr., Chromitvorräte 46  
Brasilien, Diamantproduktion 20  
Britisch-Guayana, Diamantproduktion 20  
Broken Hill (NRh). Blei-Zink-Vanadiumlagerstätten,  
(Abb. 86—90) 84—86  
Bultfonteingrube b. Kimberley (SA) Diamantgehalt 21  
— Qualität der Diamanten 23  
Büffelhoek (SA) Eisenquarzite 56  
Bushveld-Becken (SA) Geol. Karte (Abb. 42) 40  
— Profil (Abb. 43) 41  
Bushveld (SA) Chromitlagerstätten 44—46  
— Eruptiv-Komplex 42—44  
— Kontaktmetamorphe u. pegmatitische Platinlagerstätten 47—48  
— Nickelmagnetkieslagerstätten 46  
— Platinführende Dunitröhren 48—49  
— Platinlagerstätten des Merensky-Horizonts 46—47  
— Titanomagnetite 55—56  
Bwana M'Kubwa (NRh) Kupferlagerstätte (Abb. 92—95)  
90—91

### C

Cam and Motor Goldmine (SRh) 78—80  
Chambishi (NRh) Kupferlagerstätte 95—96  
Chapmans Peak b. Kapstadt (SA) Profil (Abb. 17) 19  
Chifumpa (NRh) Kupfergoldlagerstätte 97  
Chinkolobwe (Kat) Uran-Radiumlagerstätte 111  
Cornelia-Cleydesdale-Felder, Oranjefreistaat (SA) Kohlen  
(Abb. 65—66) 66

### D

De Beersgrube b. Kimberley (SA) Diamantgehalt 21  
De Roodepoort, Transvaal (SA) Eisenerze 56  
Devil Peak b. Kapstadt 19  
Djoué (Franz.-Äqu.-Afr.) Kupferlagerstätte 110  
Doornbosch, Lydenburg Distr. (SA), Chromitvorräte 46  
Doornhoek, Waterberg Distr. (SA), Zinnerz 53  
Doornspruit, Rustenburg Distr. (SA), Profil Merensky-Horizont (Abb. 48) 45  
Driekop, Lydenburg Distr. (SA), Platindunitröhre 49  
— Platinabbau 50  
— Platinaufbereitung 51  
Du Toitspan-Mine b. Kimberley (SA) Diamantgehalt 21  
— Diamantqualität 23

### E

Elandsdrift, Rustenburg Distr. (SA), Profil Chromitlagerstätte (Abb. 48) 45  
Elandsfontein, Rustenburg Distr. (SA), Platingehalt 47  
Elisabethbucht (SWA) Diamantabbau (Abb. 33) 32  
— Diamantaufbereitung (Abb. 34) 33  
Ermelofeld, Transvaal (SA) Kohlen, Profil (Abb. 61) 62  
Erongo (SWA) 4  
Etoile du Congo (Kat) Kupferlagerstätte 108  
Etoschapfanne (SWA) 4, 5

### F

Forest Hill, Lydenburg Distr. (SA), Platingehalte 47  
Fred Goldmine (SRh) 78  
Friesenberg b. Tsumeb (SWA) Vanadiumlagerstätte 17

### G

Gaika Goldmine (SRh) 78, 80  
Gamagara, Griqualand West (SA), Eisenerze 58  
Gatkop, Transvaal (SA), Eisenerze 56  
Gaub (SWA) Geologie 5  
Geitsigubib (SWA) 39  
Globe and Phoenix Goldmine (SRh) 78, 80  
Goanikontes (SWA) 2

Golden Valley Goldmine (SRh) 78  
Government Gold Mining Areas Ltd. b. Johannesburg (SA) (Abb. 39) 37—38  
Great Dyke (SRh) (Abb. 80—81) 81  
Griqualand West, Diamantröhren 20  
Grootboom, Lydenburg Distr. (SA), Chromitvorräte 46  
Grootfontein (SWA) 5  
Großer Brukaros (SWA) 39  
Großotavi (SWA) Vanadiumlagerstätten 17  
Groß-Spitzkopje (SWA) (Abb. 3) 3  
Guchab (SWA) Kupfererzgänge 16—17  
— Geologische Karte (Abb. 13) 16  
— Kupfererzführende Schloten 17  
Gwelo (SRh) Schwespatgänge 81

## H

Hartebeestport-Damm (SA) (Abb. 44) 41  
Harts River (SA) Diamanten in Flußseifen 21  
Hazeldene, Natal (SA), Eisenerze 56  
Heidelberg-Belfast-Feld, Transvaal (SA), Kohlen 65  
Heilbron-Distr., Oranjefreistaat (SA), Kohlen 66  
Helena, Lydenburg Distr. (SA), Profil Chromerz (Abb. 46) 43  
— Profil Merensky-Horizont (Abb. 48) 45  
— Platingehalte Merensky-Horizont 47  
Hereroland (SWA) 4  
Hoba-West (SWA) Meteorit (Abb. 15) 18  
Hopetown (SA) Diamanten 27  
Hüttenberg b. Tsumeb (SWA) 7

## J

Jachtlust, Lydenburg Distr. (SA), Profil Chromerz (Abb. 48) 45  
Jagersfontein (SA) Diamantröhre 20  
Johannesburg (SA) Diamanten im Goldkonglomerat 21  
— Goldlagerstätten des Witwatersrandes 33—36

## K

Kalahari (SWA) 4, 18  
Kambowe-West (Kat) Kupferlagerstätte 108  
Kambowe-Zentral (Kat) Kupferlagerstätte (Abb. 113, 114) 108  
Kansanshi (NRh) Kupfergoldlagerstätte 97  
Kansonso (NRh) Kupfergoldlagerstätte 97  
Kapprovinz (SA) Kohlenlagerstätten 68  
Kapstadt (SA) 19  
Karawatu (SWA) Vanadiumlagerstätte 17  
Karoo (SA) 19  
Katanga, Diamantröhren 20  
— Erzlagerstätten 106—111  
— Geographie 104  
— Geologie 104—105  
— Geologische Karte (Abb. 111) 106  
— Tektonik 105—106  
Khami (SRh) Ruinen 78  
Kimberley (SA) Diamantröhren 20  
— Diamantminen, Abbaufverfahren 23  
— — Aufbereitung 24

## VI

— — Stammbaum der Verarbeitungsanlage (Abb. 21) 24  
Kimberley-Grube b. Kimberley (SA) Diamantgehalt 21  
— Profil (Abb. 20) 22  
— Tagebau (Abb. 19) 22  
Kipushi (Kat) Kupferlagerstätte 108  
Klein-Spitzkopje (SWA) (Abb. 3) 3  
Klipfontein-Kroondal, Rustenburg Distr. (SA), Platingehalte 47  
Klip-River, Natal (SA), Kohlenfeld 67  
Komatiport-Feld, Transvaal (SA), Kohlen 65  
Kongostaat, Diamantenproduktion 20, 27  
Krokodilfluß (SA) Eisenquarzite 56  
Kromdraai, Transvaal (SA), Eisenerze 56  
Kronstadt-Distr., Oranjefreistaat (SA), Kohlen 66  
Kroondal, Rustenburg Distr. (SA), Profil Merensky-Horizont (Abb. 48) 45

## L

Lebombofeld, Transvaal (SA), Kohlen 65  
Leeuwpot, Waterberg Distr. (SA), Zinnerz 53  
Lichtenburg Distr. (SA), Diamanten (Abb. 26) 27, 28  
Likasi (Kat) Kupferlagerstätte (Abb. 116) 108  
Lions Head b. Kapstadt (Abb. 16) 19  
Lobito Bay (Angola) 103  
Lonely Reef Goldmine (SRh) 78  
Lüderitzbucht (SWA) Diamantlagerstätten 21, 27, 30  
Luishia (Kat) Kupfer- und Kobaltlagerstätte (Abb. 115) 108  
Lunsemfroa (NRh) Kupfergoldlagerstätte 97  
Lydenburg-Distr. (SA) Chromitlagerstätten 44

## M

Maandagshoek, Lydenburg-Distr. (SA), Platinaufbereitung (Abb. 54) 51—52  
— Profil Merensky-Horizont (Abb. 48) 45  
Malipsdrift (SA) (Abb. 45) 43  
Matopoberge b. Bulawayo (SRh) 72  
Merensky-Horizont 46—47  
— Abbau 49  
— Profile (Abb. 48) 45  
Molopo (SA) Diamantseifen 21  
Mooihoek, Lydenburg-Distr. (SA), Chromitvorräte 46  
— Profil Chromerz (Abb. 48) 45  
— Platinabbau 50  
— Platinaufbereitung 51  
— Platindunitröhre (Abb. 51) 47, 49  
Mufulira (NRh) Kupferlagerstätte (Abb. 96—100) 91—92  
Muliashi (NRh) Kupferlagerstätte 92—95  
Mutue Fides, Waterberg-Distr. (SA), Zinnerze 53

## N

Nagaib (SWA) Vanadiumlagerstätte 17  
Namaqualand (SA) Diamanten 29  
Namib (SWA) 2, 3  
Namib-Diamanten 21, 27, 30, 31  
Natal (SA) Kohlen 66—67  
N'Changa (NRh) Kupferlagerstätte 96—97  
Niari (Franz.-Äqu.-Afr.) Kupferlagerstätte 110  
Nil Desperandum (SRh) Asbestlagerstätte (Abb. 78) 76—77

N'Kana-Konzession (NRh) 90  
 N'Kana (NRh) Kupferlagerstätte 95—96  
 Nooitgedacht (SA) Glazialschrammen (Abb. 58) 38, 61  
 Nordrhodesia, Bergbau, Aufbereitung und Verhüttung 101  
 — Erschließung 99—101  
 — Geographie 84  
 — Geologie 84  
 — Geolog. Karte (Abb. 91) 89  
 — Konzessionsgebiete (Abb. 108) 100  
 — Konzessions- und Bergbaugesellschaften (Abb. 109) 100  
 — Kupferlagerstätten 86—103  
 — Wirtschaftliches 101—103  
 Nosib (SWA) Geologie 5  
 — Tektonik 7

## O

Olifantsfontein (SWA) Vanadiumlagerstätten 17  
 Omaheke (SWA) Oberflächenbildungen 6  
 Omaruru (SWA) 4  
 Onverwacht, Lydenburg-Distr. (SA), Platindunitröhre (Abb. 51) 47—48  
 — Platinabbau 50  
 — Platinaufbereitung 51  
 Oranje b. Upington (SA) 19  
 Oranje (SA) Diamanten in Flußseifen 21  
 Oranjefreistaat (SA) Diamantröhren 20  
 — Kohlen 66  
 Oranjemund (SA) Diamanten (Abb. 31) 29—30  
 Ostafrika, Diamantröhren 20, 27  
 Otavibahn (SWA) 4, 5  
 Otavibergland (SWA) Erzlagerstätten 7  
 — Geographie 4—5  
 — Geologische Karte (Abb. 4) 6  
 — Geologie 5—6  
 — Oberflächenbildungen 6—7  
 — Tektonik 7  
 Otavital (SWA) Erzlagerstätten 7  
 — Tektonik 7  
 Outjo-Franzfontein, Gebirgszug (SWA) 4

## P

Pad Gaub-Gaus (SWA) Vanadiumlagerstätte 17  
 Piet-Retief-Wakkerstromfeld, Transvaal (SA), Kohlen 65  
 Pomonagebiet (SWA) Diamanten (Abb. 32) 31  
 Postmasburg, Griqualand West (SA), Kimberlittuff (Abb. 18) 21  
 — Eisen- und Manganerze 58  
 Potgietersrust-Distr. (SA) Platinabbau 50  
 — Platinaufbereitung 51  
 — Platinlagerstätten 47—48  
 Premier-Mine (SA) Diamantgehalt 21  
 — Geologie 24—25  
 — (Abb. 23, 24) 25, 26  
 Pretoria (SA) Eisenerzlagerstätten (Abb. 55) 58—59  
 — Geologie der Umgebung 39—41  
 Pretoria-Saltpan (SA) (Abb. 41) 39  
 Prieska (SA) Diamanten 27

Prince of Wales Goldmine (SRh) 78  
 Pristvik, Natal (SA), Eisenerze 56

## Q

Que-Que (SRh) Schwerspatlagerstätten 81

## R

Rezende Goldminen (SRh) 78  
 Rhodesia, Diamantröhren 20  
 Rietfontein (SWA) 5  
 Riverton-Saltpan (SA) 38  
 — (Abb. 40) 39  
 Roan Antelope (NRh) Kupferlagerstätte (Abb. 101—104) 92—95  
 Rodgerberg (SWA) 18  
 Rooiberg, Waterberg-Distr. (SA), Zinnerze 53  
 Rössing (SWA) Beryll u. Rosenquarz 3  
 Ruashi (Kat) Kupfer- und Kobaltlagerstätte (Abb. 112) 108  
 Rustenburg (SA) Geol. Karte (Abb. 49) 45  
 Rustenburg-Distr. (SA) Chromitlagerstätten 44

## S

Sambesi, Viktoria-Fälle (Abb. 82—85) 82—84  
 Sandfeld (SWA) Oberflächenbildungen 6  
 Sandsloot, Potgietersrust-Distr. (SA), Platinlagerstätten 48  
 Schildpadnest, Rustenburg-Distr. (SA), Platingehalt 47  
 — Profil Merensky-Horizont (Abb. 48) 45  
 — Gesteinsprofil (Abb. 46) 43  
 Schlangental (SWA) Vanadiumlagerstätten 17  
 Seapoint b. Kapstadt (SA) Granitkontakt (Abb. 16) 19  
 Selukwe (SRh) Geol. Karte (Abb. 74) 74  
 — Chromitlagerstätten 74—75  
 Shabani (SRh) Geol. Karte (Abb. 76) 75  
 — Asbestlagerstätten (Abb. 77) 75—77  
 Shamva-Goldmine (SRh) 78  
 Slip (SRh) Asbestlagerstätte 76  
 Springbock-Flatsfeld, Transvaal (SA), Kohlen 65  
 Springs-Heidelberg-Bezirk (SA) Kohlen 65  
 Stavoren, Waterberg-Distr. (SA), Zinnerz 53  
 Stiepelmanns Zinnerzmine (SWA) 3  
 Südafrikanische Union, Diamantproduktion 20  
 — Eisenerzvorräte 57, 59—60  
 Südrhodesia, Asbestlagerstätten (Abb. 75) 74, 75—77  
 — Chromitlagerstätten (Abb. 75) 74—75  
 — Erzpegmatite 77—78  
 — Geographie 72  
 — Geologie 72  
 — Geol. Karte (Abb. 73) 73  
 — Goldlagerstätten (Abb. 79) 78—82  
 — Lagerstättenübersicht 73—74  
 Südwestafrika, Diamantproduktion 20  
 Swakopmund (SWA) 2  
 Swakoptal (SWA) (Abb. 2) 2, 3

## T

Tafelberg b. Kapstadt (SA) 19  
 Transvaal (SA) Diamantröhren 20  
 — Kohlen 62—65

Transvaal-Formation, Schichtentafel 41  
 Tsumeb (SWA) Geol. Karte (Abb. 5) 8  
 — Geologie 7  
 — Tektonik 7  
 Tsumeb-Mine (SWA) (Abb. 6—12) 7—15  
 Tsumeb-West (SWA) Vanadiumlagerstätten (Abb. 14) 17

## U

Uitkomst (SWA) 5  
 Uitsab (SWA) Vanadiumlagerstätten 17  
 Upington (SA) 19  
 Uris (SWA) Vanadiumlagerstätten 17  
 Ur-Oranje (SA) 31  
 Usakos (SWA) 4  
 Utrecht-Kohlenfeld, Natal (SA) 67

## V

Vaal (SA) Diamanten in Flußseifen 21, 25, 28  
 — Diamantschotter (Abb. 27) 28  
 Vaalkap, Potgietersrust-Distr. (SA), Platinlagerstätten 48  
 Vierfontein-Felder, Oranjefreistaat (SA), Kohlen 66  
 Viktoria-Fälle, Sambesi (SRh) (Abb. 82—85) 82—84  
 Village Deep Ltd.-Goldmine b. Johannesburg (SA) 38  
 Vlakfontein, Rustenburg-Distr. (SA), Nickelmagnetkies 46  
 Vryheid-Kohlenfeld, Natal (SA) 67

## W

Wankie-Kohlenfeld (SRh) 68—72  
 — Geol. Karte und Profil (Abb. 68) 69  
 — Pflanzenreste (Abb. 70—72) 70  
 Waterberg-Feld, Transvaal (SA), Kohlen 65  
 Waterval, Rustenburg-Distr. (SA), Merensky-Horizont (Abb. 50) 46  
 Wedza-Platinmine (SRh) 82  
 Wesselton-Grube b. Kimberley (SA) Diamanten 23  
 Windhuk (SWA) 18  
 Winterveld, Lydenburg-Dystr. (SA), Chromit (Abb. 47) 44—46  
 Witbankbezirk (SA) Kohlen (Abb. 57, 62, 63) 61—64  
 — Geol. Karte (Abb. 62) 63  
 Witwatersrand (SA) Goldlagerstätten 33—36  
 — Profil (Abb. 35, 37) 33—34  
 — Technik und Wirtschaft 36—37

## Z

Zaaiplaats, Potgietersrust-Distr. (SA), Zinnerze (Abb. 52, 53) 53—54

Zandfontein, Rustenburg-Distr. (SA), Profil Chromiterz (Abb. 48) 45  
 Zeekoogat, Lydenburg-Distr. (SA), Profil Merensky-Horizont (Abb. 48) 45  
 Zimbabwe (SRh) Ruinen 78  
 Zoutpansberg-Feld, Transvaal (SA), Kohlen 65  
 Zululand (SA) Kohlen 67  
 Zwartfontein, Potgietersrust-Distr. (SA), Platinlagerstätte 48

## GEOLOGISCHE KARTEN UND ANDERE KARTEN IM TEXT

Abb.	Seite	6
4	6	Otavibergland (SWA) 1 : 500 000
5	8	Umgebung von Tsumeb (SWA) 1 : 50 000
13	16	Umgebung von Guchab (SWA) 1 : 15 000
25	27	Diamantlagerstätten des südl. Afrika
42	40	Bushveld-Becken (SA) 1 : 2 000 000
49	45	Umgebung von Rustenburg (SA) 1 : 400 000
56	60	Kohlenfelder der Südafrikanischen Union
62	63	Witbank-Kohlenbezirk (SA) 1 : 200 000
68	69	Wankie-Kohlenfeld (SRh) etwa 1 : 250 000
73	73	Südrhodesia 1 : 5 000 000
74	74	Umgebung von Selukwe (SRh) 1 : 75 000
76	75	Asbestlagerstätten von Shabani (SRh) 1 : 40 000
79	79	Goldlagerstätten der Bezirke Gwelo und Hartley (SRh) 1 : 1 000 000
80	81	Great Dyke zwischen Gadzema und Salisbury (SRh) 1 : 250 000
82	82	Viktoria-Fälle des Sambesi (SRh) 1 : 54 000
86	85	Erzlagerstätte von Broken Hill (NRh) 1 : 60 000
91	89	Kupfergebiete von Nordrhodesia 1 : 600 000
98	93	Umgebung von Mufulira (NRh) 1 : 50 000
101	94	Erzmulde von Roan Antelope u. Muliashi (NRh) 1 : 2 000 000
108	100	Konzessionsgebiete in Nordrhodesia und Katanga 1 : 5 000 000
110	103	Verkehrskarte von Südafrika 1 : 30 Mill.
111	106	Kupfergebiete von Nordrhodesia und Katanga 1 : 1 700 000
112	108	Kupferlagerstätte Ruashi (Kat) 1 : 33 000
113	109	Kupferlagerstätte Kambowe Zentral (Kat) 1 : 8000

# I. Der XV. Internationale Geologen-Kongreß in Südafrika

## 1. Überfahrt

An dem 15. Internationalen Geologen-Kongreß in Südafrika, Mitte 1929, konnten erfreulicherweise eine größere Anzahl deutscher Geologen, Mineralogen und Bergleute teilnehmen. Im ganzen werden es etwa 40 Teilnehmer aus Deutschland, Österreich und der Schweiz gewesen sein. Die Mehrzahl, 34, reiste mit D. Toledo des Deutschen Afrikadienstes am 15. Juni von Hamburg aus, über Rotterdam, Southampton, Gran Canaria nach Walfischbay bzw. Lüderitzbucht oder Kapstadt. Die offiziellen Reichsvertreter waren: der Präsident der Preussischen Geologischen Landesanstalt, Geheimrat Prof. Dr. P. Krusch, der Geologe an der Münchener Universität, Geheimrat Prof. Dr. E. Kaiser, der Geologe der Bonner Universität, Prof. Dr. H. Cloos und der Mineraloge an der Universität Freiburg i. Br., Prof. Dr. H. Schneiderhöhn. Die auf der Toledo ausreisenden Teilnehmer zeigt beifolgendes Bild, Abb. 1. Da den meisten Teilnehmern Südafrika, seine Geologie und Lagerstätten unbekannt waren, wurden, auf Anregung von Prof. Dr. Kaiser und Prof. Dr. Lotz, auf der langen Überfahrt eine Anzahl vorbereitender Vorlesungen gehalten, wozu die Hamburger Leitung des deutschen Afrikadienstes dankenswerterweise einen Projektionsapparat zur Verfügung stellte. E. Kaiser sprach über die Morphogenie und die Tektonik Südafrikas, P. Range über die Stratigraphie, H. Cloos über den Vulkanismus und die Intrusivgesteine, H. Schneiderhöhn über die nutzbaren Lagerstätten Südafrikas, R. Stappenbeck über die

Goldlagerstätten des Witwaterrandes und H. Lotz über die politische und wirtschaftliche Entwicklung Südwestafrikas. Eine weitere fachliche Abwechslung bot der Aufenthalt auf Gran Canaria, der zu vulkanologischen Exkursionen unter Führung von E. Kaiser und J. Friedländer, Neapel, benutzt wurde.

## 2. Kongreß-Programm

Es waren folgende Veranstaltungen des Internationalen Geologen-Kongresses vorgesehen:

### A. Exkursionen vor dem Kongreß

- 16. Juli: Chapmans Peak und Tafelberg bei Kapstadt.
- 17. Juli: Seapoint bei Kapstadt.
- 18.—27. Juli: Kap-Kimberley, meist stratigraphisch und tektonisch. — Dazu eine Parallelexkursion:
  - 17.—26. Juli: Kimberley—Johannesburg, meist lagerstättenlich.
- 28. Juli: Umgebung von Pretoria.

### B. Während des Kongresses

- 31. Juli bis 1. August: Platinlagerstätte bei Rustenburg und Pilandsberg.
- 3. August: Alkaligesteine von Franspoort.
- 4. August: Salzpflanze von Pretoria.
- 5. August: Eisenerzlagerstätten bei Pretoria.
- 6. August: Premier-Diamant-Mine.



Abb. 1.

Die Teilnehmer des XV. Internationalen Geologen-Kongresses auf D. Toledo des Deutschen Afrika-Dienstes.

Obere Reihe: v. Papp (Budapest).  
Zweite Reihe: v. Braunmühl (Berlin), Quensel (Stockholm), Range (Berlin), Ahlfeld (Marburg i. H.), Cloos (Bonn), Hummel (Gießen).

Dritte Reihe: Seidl (Berlin), Goetl (Warschau), Schriell (Berlin), Lotz (Berlin), Pratz (Königsberg i. Pr.), Scheumann (Leipzig).

Vierte Reihe: Born (Berlin), Gutnick (Berlin), Reich (Berlin), Reich (Leoben), Wolff (Dillenburg), Schneiderhöhn (Freiburg i. Br.), Friedländer (Zürich), Arbenz (Bern), Stappenbeck (Berlin), Kukuk (Bochum), Ramdohr (Aachen), Schuhmacher (Freiburg i. Sa.), Loth (Warschau), Kaiser (München), Suess (Wien), de la Sauce (Halle a. d. S.), Arlt (Berlin).

Untere Reihe: Keilhack (Berlin), Krusch (Berlin), Miss Noel (London), Frau v. Papp (Budapest), Hammer (Wien), Purkinje (Prag), Friedländer (Neapel), Gavelin (Stockholm).

### C. Exkursionen nach dem Kongreß

Mehrere Parallelexkursionen:

8.—10. August: Der Granitdom von Vredefort.

7.—10. August: Devils Kantoort in den Drakensbergen.

10.—17. August: Karroo-Formation zwischen Bloemfontein und Port Elizabeth.

10.—20. August: Durban—Zululand.

12.—22. August: Das Bushveld und seine Erzlagerstätten.

7.—20. August: Südrhodesia.

20.—29. August: Nordrhodesia.

26. August bis 9. September: Südwestafrika.

### 3. Die Kongreßsitzungen in Pretoria

In den Tagen vom 29. Juli bis 7. August fanden die eigentlichen Sitzungen, Vorträge und Verhandlungen des Kongresses statt. Die Räume des Extra-Mural Buildings, eines zur Universität Pretoria gehörigen Hörsaalgebäudes, waren dazu hergerichtet. Präsident des Kongresses war der langjährige verdienstvolle Direktor der südafrikanischen geologischen Landesanstalt, Dr. A. W. Rogers, Geschäftsführer war der hervorragende Geologe und Petrograph an derselben Anstalt, Dr. A. L. Hall. Alle geschäftlichen Verhandlungen und repräsentativen Veranstaltungen waren wohltuend kurz und bündig. Kongreß-Sprachen waren Englisch, Französisch, Deutsch und „Afrikaans“. Offiziell vertreten waren 48 Staaten. Die Teilnehmerzahl dürfte 300—350 gewesen sein. Lange Debatten gab es auch in den Sitzungen des „Conseil“ nicht, dem die offiziellen Delegierten der einzelnen Staaten angehörten. Von den hier verhandelten Gegenständen sei erwähnt, daß auf Antrag von Präsident Krusch beschlossen wurde, bis zum nächsten Kongreß einen Antrag an die Regierungen vorzubereiten, es solle ein, dem Völkerbund anzugliederndes Internationales Institut für Bergwirtschaft gegründet werden, mit dessen Geschäftsführung Deutschland betraut werden soll. Ferner wurde die Bearbeitung der großen internationalen geologischen Kartenwerke auch weiterhin der Preußischen geologischen Landesanstalt anvertraut (Neuaufgabe der Intern. geol. Karte von Europa 1:1,5 Mill. und der Intern. geol. Karte der Erde 1:5 Mill.). In Aussicht genommen ist die Schaffung eines geologischen Erdglobus von 80 cm Durchmesser, sowie eines geologischen Atlas, der soweit als möglich auch den Meeresboden berücksichtigen soll.

Endlich wurde beschlossen, den nächsten Internationalen Geologen-Kongreß im Jahre 1932 in den Vereinigten Staaten von Nordamerika abzuhalten.

Die wissenschaftlichen Vorträge traten diesmal sehr zurück, was zum großen Teil damit zusammenhing, daß während der Sitzungstage und stets mit Sitzungen zusammenfallend, ganz- und halbtägige Exkursionen stattfanden. Natürlich wollten die meisten Teilnehmer lieber die Exkursionen mitmachen als die Vorträge mitanhören. Es wurde öfters die Frage erörtert, ob man überhaupt in Zukunft auf diesen Geologen-Kongressen die Vorträge nicht noch wesentlich mehr zurücktreten lassen sollte und noch mehr als es bis jetzt schon geschehen ist, die verfügbare Zeit auf Exkursionen verwenden sollte.

Erörterungsgegenstände in den Vorträgen waren diesmal:

Magmatische Differentiation;

Vordiluviale Vergletscherungen;

Das Karroo-System;

Genesis von Petroleum;

Geologische Tätigkeit der Mikroorganismen;

Verwerfungstäler;

Die Goldvorräte der Welt.

Die üblichen repräsentativen Einladungen der Regierung und der Lokalbehörden waren in ansprechenden zwanglosen Formen gehalten. Dasselbe ist auch von den zahlreichen Malen während der Exkursionen zu sagen, wo die Lokalbehörden, Grubengesellschaften usw. die Kongreßmitglieder stets in überaus gastfreundlicher und zwangloser Weise bewirteten. Auch der Direktion der südafrikanischen und rhodesischen Eisenbahnen muß mit Dank gedacht werden, die zu allen Exkursionen Extrazüge mit Schlafwagen und Speisewagen zur Verfügung stellte und die den Kongreßmitgliedern noch bis zum Ende des Jahres halbe Fahrt auf allen Strecken bewilligte.

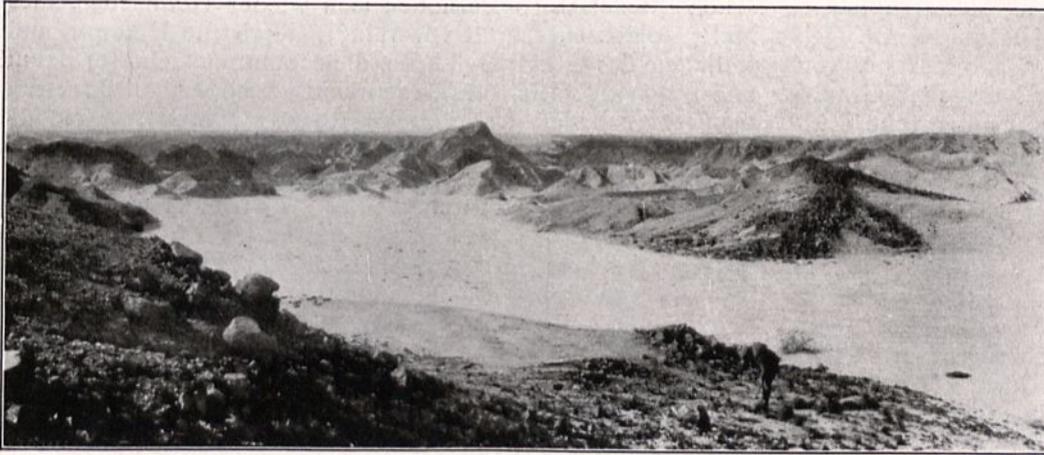
Für die umsichtige Vorbereitung und reibungslose Durchführung des Kongresses sind die Teilnehmer der Kongreßleitung zu großem Dank verpflichtet, dem Präsidenten Dr. Rogers und dem sprachgewandten, allgegenwärtigen und stets hilfsbereiten Generalsekretär Dr. Hall.

Als besonders erfreulich sei endlich noch betont, daß das Zusammenarbeiten und der persönliche Verkehr zwischen den Angehörigen aller Nationen durchaus freundschaftlich war.

## II. Südwestafrika

### 1. Exkursionen durch die nördliche Namib (Edelsteinpegmatite, Zinnerze)

Um die 10 Tage vor Beginn des Kongresses auszunutzen, waren Vorexkursionen für die mit der „Toledo“ ankommenden Teilnehmer durch Südwestafrika von H. Lotz und E. Kaiser organisiert worden. Eine Gruppe führte E. Kaiser von Lüderitzbucht zu den dortigen Diamantfeldern und auf dem Landweg über Keetmanshoop durch die Kalahari und die Küstenwüste südlich des Oranje nach Kapstadt. Die Mehrzahl nahm an einer Exkursion unter Führung von E. Reuning und H. Schneiderhöhn teil, welche von Walfischbay aus in den Norden Südwests führte zu den Otavilagerstätten und auf einer 3000 km langen Bahnfahrt über Windhuk und de Aar die Teilnehmer nach Kapstadt brachte. Als diese Gruppe am 6. Juli in Walfischbay landete, wurde sie von den Vertretern des Deutschen Vereins in Swakopmund begrüßt. Alle Teilnehmer waren Gäste unserer Swakopmunder Landsleute. Abends fand eine öffentliche Zusammenkunft statt, wobei P. Kukuk, Bochum, den Ruhrkohlenfilm und W. de la Saucé, Halle, den Braunkohlenfilm vorführten. Die Vorführung und die erläuternden Vorträge dazu wurden mit großem Beifall aufgenommen, ebenso die Begrüßungsworte des Vorsitzenden des Deutschen Vereins, Dr. Schwietering, und die Dankworte, die im Namen der Exkursionsteilnehmer Präsident Krusch den Landsleuten in Südwest für die freundliche Aufnahme sagte. Am nächsten Tag fand eine Autofahrt durch die Namibwüste in das untere Swakoptal statt, nach Goanikontes, wo inmitten der extremariden Wüste das aufgestaute Grundwasser im trockenen Swakopbett üppige Gemüse- und Obstanlagen ermöglichte. Am 9. Juli wollten wir mit dem fahrplanmäßigen Zug nach Tsumeb (der zweimal in der Woche verkehrt) die erste Teilstrecke bis Usakos fahren. Der Deutsche Verein hatte zur freudigen Überraschung der Teilnehmer eine Autofahrt durch die ganze Wüste organisiert, wobei auch mehrere Edelstein- und Zinnerzvorkommen, sowie die landschaftlich großartigen Spitzkopjes mit ihren hochinteressanten Buschmanns-Felszeichnungen besucht werden konnten. In Verbindung mit der Fahrt am Tage vorher gab diese Exkursion den Teilnehmern einen schönen Überblick über den geologischen Untergrund, die Gesteine und die Typen der nutzbaren Lagerstätten, sowie die eigenartigen Oberflächenformen und formbildenden Vorgänge der nördlichen 150 km breiten Küstenwüste Süd-



**Abb. 2.** Vegetationslose Namibwüste in der Nähe des Swakop-Trockentales, 20 km landeinwärts von Swakopmund. Von tiefen Erosionsschluchten zerschnitten, die zum tief eingeschnittenen Swakop-tal ziehen. Im Vordergrund eines dieser trockenen Seitentäler mit Sandschüttung. Das anstehende Gestein ist nur wenig mit Verwitterungsschutt bedeckt, so daß die Gesteinsverbände fast überall sichtbar sind. So sieht man von rechts vorn über das Trockental weit nach dem Hintergrund zu einen Diabasgang durchstreichen, dessen schwarze Verwitterungsblöcke nur wenige Meter seitlich gewandert sind. (Aufn. Schneiderhöhn.)

westafrikas<sup>1)</sup>. Diese nördliche Namib baut sich ausschließlich aus ältesten hochmetamorphen Gesteinen der sogenannten südafrikanischen Primärformation auf und großen Massen in sie eingedrungener alter Granite. Fast auf dem ganzen Weg waren in der vegetationslosen, nackten, nur von losen Schuttmassen sparsam bedeckten Wüste die Gesteinsverbände prachtvoll zu sehen. (Abb. 2.) Kilometerlang waren Quarzgänge, Pegmatitgänge und jüngere Gänge von Karroo-Diabasen als Mauern mit Blockhalden ausgewittert und weit hin zu verfolgen. In stetiger Steigung von 1 : 100 hebt sich die ungeheure Wüstenfläche zum Inland, überragt von Inselbergen, die aus widerstandsfähigen Einlagerungen und Gesteinsdurchbrüchen bestehen. Das tief eingeschnittene Trockental des Swakops und seine zahllosen steilwandigen Seitenschluchten geben auf viele Kilometer Länge vollkommen sichtbare geologische Profile, die bei jeder neuen Biegung des Weges die Begeisterung unserer, dieser Anblicke ja völlig ungewohnten europäischen Geologen und Petrographen erregten. Die nutzbaren Lagerstätten der Namib sind fast nur an Pegmatite, miarolithische Granit-Drusen, kontaktpneumatolytische und pneumatolytische Zonen geknüpft. Der langjährige Erforscher der Geologie und Lagerstätten der Namib, E. Reuning, Gießen, war in Walfischbay zur Exkursion gestoßen und wir hatten die Freude, unter seiner Führung alle diese interessanten Dinge zu sehen. Eingehender wurde zunächst die Edelsteinlagerstätte Rössing besichtigt, 45 km landeinwärts von Swakopmund, wo ein flach-

<sup>1)</sup> Eine gute Einführung in die Geologie des Landes gab den Teilnehmern ein Aufsatz von P. Range: Rechts und links der Eisenbahn in Südwestafrika in dem Kongreß-Sonderheft der Ztschr. prakt. Geol. 37, 1929, S. 78—85. Ferner: E. Reuning: Der Intrusionsverband der Granite des mittleren Hererolandes und des angrenzenden Küstengebietes in Südwestafrika. Geol. Rdschau, 1923, S. 232 bis 239. (Mit geol. Karte des mittleren Teiles von Südwestafrika.)

Vgl. auch: H. F. Frommurtze und T. W. Gevers: South West Africa. XV. Intern. Geol. Congr. 1929. Guide Book, Exc. C. 21. 46 p.

liegender Pegmatitgang große Massen des schönsten tiefgefärbten Rosenquarzes, und in pegmatitischen Drusen aufgewachsene Edelberylle führt, nebst eingewachsenen Riesenkristallen von Feldspat, Turmalin, Beryll, Glimmer usw. Der Betrieb, der deutschen Kolonialgesellschaft für Südwestafrika gehörig, hat in den Jahren 1911 bis Anfang 1914 etwa 40 kg verschleifbaren Edelberyll, beinahe 1 kg der nur hier vorkommenden uranhaltigen Beryllvarietät Heliodor und etwa 20 t verschleifbaren Rosenquarz geliefert. Auch mehrere Tonnen gewöhnlichen Berylls wurden an ein chemisches Werk in Deutschland geliefert.

Weiterhin wurde die Zinnerzmine von Stiepelmann zwischen Arandis und Klein-Spitzkopje besucht. Sie wurde erst vor kurzem gefunden und befindet sich noch im Aufschlußzustand. Es handelt sich anscheinend um eine bis jetzt auf mehrere hundert Meter verfolgte Spalte im Streichen des Nebengesteins, eines hochkristallinen Marmors, die unregelmäßig taschenartig mit Zinnerz und Sulfiden (Pyrit, Magnetkies, Kupferkies, wahrscheinlich auch Zinnkies) ausgefüllt ist. Die Kiese waren von der Oberfläche aus in Brauneisen umgewandelt, während Zinnerz unverwittert darin lag. Schöne Drusen mit prachtvollen, fast klaren Zinnerzkristallen kommen im Marmor vor. Das Ganze stellte offenbar eine pneumatolytisch-hydrothermale Entgasungsspalte dar, mit raschem Temperaturabfall während der Bildung. Eine eingehende wissenschaftliche Untersuchung dieses sehr interessanten Vorkommens, das vielleicht mit einigen malayischen Zinnerzvorkommen im kristallinen Kalk vergleichbar ist, wurde nach Schluß des Kongresses von P. Ramdohr, Aachen, durchgeführt.

Die Fahrt ging dann in der Mittagshitze weiter über die fast tischglatte und schon fast völlig ebene innere Namibfläche (etwa 1000 m hoch), aus der die beiden Inselberggruppen der Spitzkopjes sich immer imposanter heraus hoben. (Abb. 3.) Seltsame Luftspiegelungen flimmerten über der mittagheißen Wüste, und ab und zu werden Strauße



**Abb. 3.** Etwa 1000 m hohe Hochfläche der inneren Namibwüste, etwa 100 km landeinwärts von Swakopmund. Einebnungsfläche, mit einer dünnen Verwitterungsschuttrinde bedeckt. In flachen Senken, wo etwas Feuchtigkeit zirkuliert, wachsen streifenweise Akaziensträucher (2 parallele Streifen im Mittelgrund und Hintergrund). Von der Fläche erheben sich 500—700 m höher als Inselberge die Granitdome der Großen und Kleinen Spitzkopje. (Aufn. Schneiderhöhn.)

und Antilopen gesichtet. Die völlig glatten, polierten, leuchtend rot glänzenden Granitdome heben sich in steilen Kugelschalen 400—700 m aus der Fläche heraus, umsäumt von kleineren Rundkuppen, um die ein Kranz haushoher Granitkugeln liegt. Der Granit enthält viele pegmatische Entgasungszonen, welche als Pegmatitgänge, oder in der Granitmasse verschwindende grobkörnigdrusige Zonen mit prächtigen miarolithischen Drusen ausgebildet sind. In diesen Drusen und Pegmatitzonen sind Berylle, Topase und Turmaline einzeln und aufgewachsen. Wir besuchten die Beryllminen eines unserer freundlichen Swakopmunder Führer, des Herrn Brodtmann, dessen herrliche Mineraliensammlung am Tage vorher das Entzücken der Teilnehmer erregt hatte. Auf großen Tischen und Haufen lagen hier die sortierten Rohedelsteine, mit denen jeder Teilnehmer sich die Taschen vollstopfen konnte. In den Schürfen und am anstehenden Fels waren die Lagerstätten und die Gesteinsverbände in klarster Weise entblößt.

Der Rest des Nachmittags war den Spuren der Ureinwohner gewidmet, indem wir einige Buschmannshöhlen mit wohlerhaltenen Buschmannszeichnungen an den Wänden an der Kleinen und besonders schön an dem 20 km entfernten noch steileren Dom der Großen Spitzkopje besuchten. Die impressionistisch und hochkünstlerisch ausgeführten Tier- und Menschenfiguren, Jagd- und Tanzszenen, deren Alter und deren Verfertiger völlig unbekannt sind, erregten das größte Interesse der Besucher. Auch primitive Steinwerkzeuge, Topfscherben und Straußeneierschalen konnten in den Höhlen noch gefunden werden. Zum Schluß ging es über steile und glatte Felsen und durch enge Schluchten in einen inneren Kessel, der von allen Seiten geschützt ist, und der besonders viele schön bemalte Höhlen enthält, das sogenannte Buschmannsparadies.

Schon in sinkender Nacht brachten uns die Autos nach Usakos, wo übernachtet wurde. Wir schieden mit herzlichem Dank von den Swakopmunder Landsleuten, die uns diese herrliche und lehrhafte Autofahrt von 230 km durch eine der extremsten Wüsten der Welt, durch eine Fülle von geologisch, petrographisch und lagerstättenlich hochinteressanten Aufschlüssen und durch die landschaftlich schönsten und ethnographisch bemerkenswertesten Teile unseres alten Schutzgebietes beschert haben. Möge der zähe Kampf um die Erhaltung des Deutschtums in Südwest von Erfolg gekrönt sein, und möge vor allem immer mehr die Heimat die Wichtigkeit dieses Kampfes und die Notwendigkeit seiner Unterstützung erkennen!

## 2. Fahrt durchs Hereroland zum Otavibergland

Am 9. Juli wurde die 410 km lange Strecke Usakos—Tsumeb mit der ehemaligen Otavibahn<sup>1)</sup> durchfahren, die nach der Besetzung des Schutzgebietes von der südafrikanischen Union annektiert wurde. Sie ist mit ihrer Spurweite von 60 cm, bei einer Länge von 560 km die längste Schmalspurbahn der Erde, auf der sogar Speisewagen verkehren. Die Fahrt führte allmählich durch die Halbwüste in der Gegend des massigen Gebirgsstocks des Erongo, in dessen Umgebung zahlreiche kleinere Zinnerzvorkommen seit langem abgebaut werden, in das Gebiet der flachen ebenen innerafrikanischen Steppen. Diese, hier als Hereroland bezeichnet, fangen etwa bei Omaruru an, zunächst noch mit anstehendem Gestein, überragt von schroffen Inselbergen, später immer mehr eingedeckt von rotem Oberflächensand und meterdicken Bänken von Oberflächenkalk. Dies ist die beste Gegend für Viehfarmen. Gegen Abend, als es

<sup>1)</sup> Die Direktion der South West African Railways hatte uns dankenswerter Weise zwei Sonderwagen zur Verfügung gestellt und auch sonst während der Fahrt durch Südwestafrika ausgezeichnet für uns gesorgt.

schon dunkel wurde, erhoben sich wieder Höhenzüge, diesmal geschlossener, und wir fuhren durch die Dolomit- und Kalkzüge des Otaviberglandes, die schon mit dichterem Baum- und Buschvegetation bestanden sind, entsprechend ihrer rein tropischen Lage. Um 10 Uhr abends fuhren wir um die letzte Kurve in den Bahnhof Tsumeb ein, wo sich uns 600 km von der Küste entfernt, mitten in Afrika der fesselnde und überraschende Anblick eines großartigen Bergbaus und Hüttenunternehmens bot; ein großes Hüttenwerk, mit Schlackenabstich, glühenden Schlackewagen, rauchenden Schloten, surrendem Elektrizitätswerk, hellerleuchtetem Fördermaschinenhaus. Dutzende von Autos brachten uns sofort in das Minenhotel, wo wir von dem Bergwerksdirektor und Vorstandsmitglied der Otavi-Minen- und Eisenbahngesellschaft, Herrn F. W. Kegel, und seinen Beamten begrüßt wurden.

## 3. Das Otavibergland

Die folgende eingehendere Darstellung des Otaviberglandes und der Tsumeb-Mine und anderer Lagerstätten entnehme ich einer Arbeit in einem zum Kongreß erschienenen Sonderheft der Zeitschrift für praktische Geologie<sup>1)</sup>.

**Geographischer Überblick.** Das Otavi-Bergland ist der nordöstlichste Gebirgsstock Südwestafrikas. Es ist allseitig den großen Flächen und Ebenheiten aufgesetzt.

Nach Norden, Osten und Süden ist die Grenze scharf, während es nach Westen allmählich in die Höhenzüge von Outjo-Franzfontein verläuft. Im Süden ist ihm ein Hügelland vorgelagert, das allmählich in die Flächen und Inselberglandschaften des Herero-Landes übergeht. Nördlich der letzten Ausläufer des Otavi-Berglandes breitet sich eine unermeßliche Buschsteppe aus, in der die große Salzpflanze der Etoscha liegt und die nördlich der Etoscha in den Grassteppen und Savannen des Ambo-Landes ihre Fortsetzung findet. Diese Buschsteppe sowohl wie das Ambo-Land selbst sind geographisch nur als Teil jenes ungeheuren Steppen- und Flächengebietes Südafrikas aufzufassen, das mit dem gemeinsamen Namen Kalahari bezeichnet wird. Zur Kalahari gehört dann auch schon das dem Otavi-Bergland östlich, südöstlich und nordöstlich vorgelagerte Gebiet. Es ist somit im ganzen betrachtet das Otavi-Bergland ein vorgeschobener Gebirgs-posten der westafrikanischen Küstengebirge gegen den Rand der Kalahari zu.

Mit den morphologischen Grenzen des Gebirges gegenüber den vorgelagerten Flächen stimmt im großen und ganzen auch der Wechsel in dem geologischen Aufbau überein. Im Bereich des Otavi-Berglandes herrschen die Glieder der Otavi-Formation. In breiten Buchten dringen im Osten anscheinend ältere granitische Intrusivgesteine in das Gebirge ein. Die der Kalahari angehörigen vorgelagerten Flächen lassen so gut wie nirgends anstehende Gesteine erkennen, sondern viele Meter

<sup>1)</sup> H. Schneiderhöhn: Das Otavibergland und seine Erzlagerstätten. Ztschr. f. prakt. Geol. 37, 1929. 85—116.

Die Ausführungen in dieser Arbeit sind aus der freundschaftlichen Zusammenarbeit des Verfassers mit den Herren H. Lotz und A. Stahl in Berlin entstanden. Zu ihrer Abfassung wurden zunächst die eingehenden Untersuchungen benutzt, die ich im Otavi-Bergland und seinen Erzlagerstätten in den Jahren 1914—1918 anstellen konnte. Sie wurden wesentlich erweitert und in manchen Punkten berichtigt und verbessert durch die Untersuchungen von Herrn A. Stahl in den Jahren 1922—1923 und 1924—1926.

Der Direktion der Otavi-Minen- und Eisenbahngesellschaft in Berlin danke ich ebenfalls für die großen Unterstützungen, die sie von jeher den wissenschaftlichen Bearbeitungen ihrer Lagerstätten und des Otavi-Berglandes angedeihen läßt. Insbesondere verdanke ich ihr fortlaufende Proben aus den seit meinem Weggang von Tsumeb neu aufgefahrener Sohlen und der Mitteilung der Grubenrisse und Profile.

Auch Herrn H. Lotz-Berlin sei für die vielfältige Unterstützung herzlich gedankt!

mächtig ist das ganze Land von jüngeren Oberflächenbildungen eingedeckt. Endlich kommen im Süden allenthalben zwischen den Oberflächenbildungen Hügel und Bergzüge heraus, deren Gesteine schon den älteren Formationen, insbesondere der sogenannten „südafrikanischen Primärformation“ angehören.

Im Gebiet des ariden Afrika ist der Landschaftscharakter nicht wie in humiden Gegenden durch den Gegensatz zwischen Berg und Tal charakterisiert, sondern auf mehr oder minder ebenen oder sehr schwach einseitig geneigten Flächen sind Einzelberge, Bergzüge oder ganze Gebirgsstöcke aufgesetzt: es herrscht die Inselberglandschaft.

Die ringsum sich ausbreitenden Flächen haben im Süden eine durchschnittliche Meereshöhe von 1400—1450 m und dachen sich ganz allmählich nach Norden und Osten zu ab. Nördlich Tsumeb beträgt die Höhenlage der Fläche etwa 1200 m und die Etoscha-Pfanne ist nur etwa 1000 m über dem Meer gelegen.

Das Otavi-Bergland gehört klimatisch zur ariden Tropenregion und unterscheidet sich dadurch von dem größeren Teil Südwestafrikas, der schon subtropisch ist. Die Niederschlagsmengen sind erheblich höher als sonst in Südwestafrika. Es herrscht eine sehr reiche Vegetation. Reine Grasflächen sind spärlich, die herrschenden Vegetationsformen sind der Trockenwald und die Baumgrassteppe. Im allgemeinen unterscheidet sich die Vegetation der Flächen merklich von der der Berge.

Als morphologisch isoliertes Gebirge war das Otavi-Bergland von jeher auch ethnologisch ein Rückzugsgebiet für schwächere Völkerstämme vor den im Süden wohnenden Hereros und den im Norden und Osten hausenden Buschleuten.

Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts kamen wohl die ersten Weißen in die Nähe des Otavi-Berglandes, meist Jäger. Dann kam Anfang der 80er Jahre ein größerer Treck Buren, der die Orte Grootfontein, Rietfontein, Uitkomst usw. gründete und die „Republik Upingtonia“ schuf. Als 1884 das Deutsche Reich durch Verträge mit den Eingeborenen das Land erhielt, stellten sich diese Buren freiwillig unter die deutsche Herrschaft. Doch erst anfangs der 90er Jahre kamen Weiße auch mehr ins Innere des Gebirges, als die schon lange bekannten Erzählungen von großen Kupferlagerstätten immer bestimmtere Formen annahmen. Am 12. September 1892 erteilte die deutsche Regierung der South West African Company Ltd. London umfassende Land- und Minenkonzessionen im Otavi-Bergland und weit darüber hinaus. Aber erst von 1900 an, als zur Ausbeutung der Metallschätze die deutsche Otavi-Minen- und Eisenbahngesellschaft gegründet wurde, fing ein lebhafterer Betrieb an. Die Eisenbahn Swakopmund—Tsumeb und die Teilstrecke Otavi—Grootfontein wurden von der Firma Orenstein & Koppel in Berlin in den Jahren 1904—1906 (während des Herero-Aufstandes) gebaut. Die Otavi-Bahn erschloß nicht nur die Erzlagerstätten, sondern war schon von ihrem Bestehen ab das wichtigste Mittel zur kolonialen und kulturellen Erschließung des Nordens von Südwestafrika. Aus diesem Grunde erwarb die deutsche Regierung im Jahre 1910 die Otavi-Bahn käuflich und übergab den Betrieb pachtweise an die Otavi-Minen und Eisenbahngesellschaft. Von 1906 ab siedelten sich zahlreiche Farmer in den fruchtbaren Ackerbaugebieten an, die Minenbetriebe wuchsen allenthalben aus der Erde hervor, das Industriezentrum des Nordens, Tsumeb, entstand und der Distrikt Tsumeb-Grootfontein nahm durch deutschen Fleiß und deutsche Arbeit einen immer blühenderen Aufschwung. Die politischen Umwälzungen des Weltkrieges hatten zur Folge, daß die Mandatsregierung der Otavi-Gesellschaft den Betrieb der Bahn entzog und sie an die South African Railways angliederte. — Die Otavi-Bahn ist mit rund 600 km Länge bei einer Spurweite von 60 cm die längste Schmalspur-

bahn der Erde. Sie hat sich in den 24 Jahren ihres Bestehens in ihren technischen und betrieblichen Einrichtungen hervorragend bewährt.

#### Geologischer Aufbau.

An dem Aufbau des Otavi-Berglandes nehmen die Gesteine folgender Formationsglieder teil (siehe dazu die geologische Skizze Abb. 4): Südafrikanische Primärformation und andere ältere Formationen, Otavi-Formation, junge Oberflächenbildungen, außerdem sind noch Intrusivgesteine vorhanden, die wohl älter als die Otavi-Formation sind.

Als „südafrikanische Primärformation“ faßt man eine gewaltige Serie mehr oder weniger metamorpher und sehr stark aufgefalteter kristalliner Schiefer, Kalke, Quarzite, Gneise und Eruptivgesteine zusammen. Dazu werden auch die Gesteinsglieder gerechnet, welche die Unterlage der Otavi-Formation bilden. Sie treten vor allem am Südrand des Otavi-Berglandes heraus. Es ist wahrscheinlich, daß hierzu auch die ausgedehnten Granitflächen von Grootfontein-Nosib bis Gaub zu rechnen sind.

Diskordant auf den älteren Gesteinen liegt die Otavi-Formation. Sie beginnt mit den klastischen Nosib-Schichten als Basis. Sie haben im Süden nur eine Mächtigkeit von 0,5—1 m und gehen dann sofort in einen mehrere Meter mächtigen Quarzschiefer über. Im mittleren Teil des Gebirges bei Nosib und Gaub fängt die Nosib-Serie an mit Sandsteinen und Quarziten, nach oben entwickeln sich außerordentlich mächtige und grobe Konglomerate. Es herrscht dort mit unter- und zwischengelagerten Sandsteinen und Arkosen eine Dicke von 300—400 m. Die Gerölle sind sehr schön gerundet und oft über kopfgroß, sie bestehen meist aus Quarzit, Granit und Gneis des Grundgebirges. Bei Nosib gehen die Konglomerate und Sandsteine mit einer dünnen Zwischenlage von schiefrigem Dolomit sofort in klotzigen Dolomit über, während im Süden erst ein Quarzschieferband und dann eine 100—200 m mächtige Lage wohlgeschichteter Plattenkalkes sich einschleibt. Auf diese folgen dann erst die klotzigen Dolomite. Sie sind ungeschichtet und massiv und enthalten zwei auffällige Einlagerungen in kurzem Abstand voneinander: ein 100 m mächtiges Band von Serizitschiefer („Auroschiefer“) und ein 400—500 m breites Band von Plattenkalk. Auf den Plattenkalk folgt dann wieder klotziger Dolomit. Diese Schichtenfolge herrscht im südlichen und mittleren Teil des Otavi-Berglandes. Erst in der Gegend von Tsumeb-Bobos sind auf dem über dem Plattenkalk lagernden Dolomit noch höhere Schichtglieder erhalten, die aus schichtigen Dolomiten mit Hornsteinbändern und schwarzen Dolomiten und Stinkalken mit Hornsteinbändern und Oolithbänken bestehen.

Die schwarzen Kalke gehen bei Tsumeb, Bobos usw. in mehrere Meter dicke kalkig-mergelige dünn-schiefrige Lagen und endlich in einen mittel- bis grobkörnigen feldspatreichen Arkosesandstein über. Diese Schichten bilden das oberste bekannte Glied der Otavi-Formation.

Die Gesamtmächtigkeit der Otavi-Formation dürfte etwa 5000 m betragen. Davon sind allein 3000 m reine Kalke und Dolomit. Damit hat die Otavi-Formation eine Aufeinanderfolge von karbonatischem Gestein, die zu den mächtigsten überhaupt bekannten gehört.

Über ihr Alter ist nichts Genaueres bekannt, wahrscheinlich ist sie jungalgonkisch. Jedenfalls ist sie der im Süden von Südwestafrika entwickelten Nama-Formation und der in der Südafrikanischen Union eine große Rolle spielenden Transvaal-Formation gleichaltrig. Auch die Lomagundi-Schichten Süd-Rhodesias und die Katanga-Formation Nord-Rhodesias und Katangas dürften gleiches Alter besitzen.

Oberflächenbildungen und Deckschichten. Dem Otavi-Bergs land sind im Norden und Osten und zum großen Teil auch im Süden jene großen Flächen vorgelagert, welche im einzelnen als Amboland, Sandfeld und Omaheke bezeichnet, in ihrer Gesamtheit aber als Kalahari zusammengefaßt werden. Sie sind mit mächtigen, meist lockeren jüngeren Deckschichten überschüttet, die teils als äolische, teils als chemische Sedimente entwickelt sind. Sie sind von S. P. a s

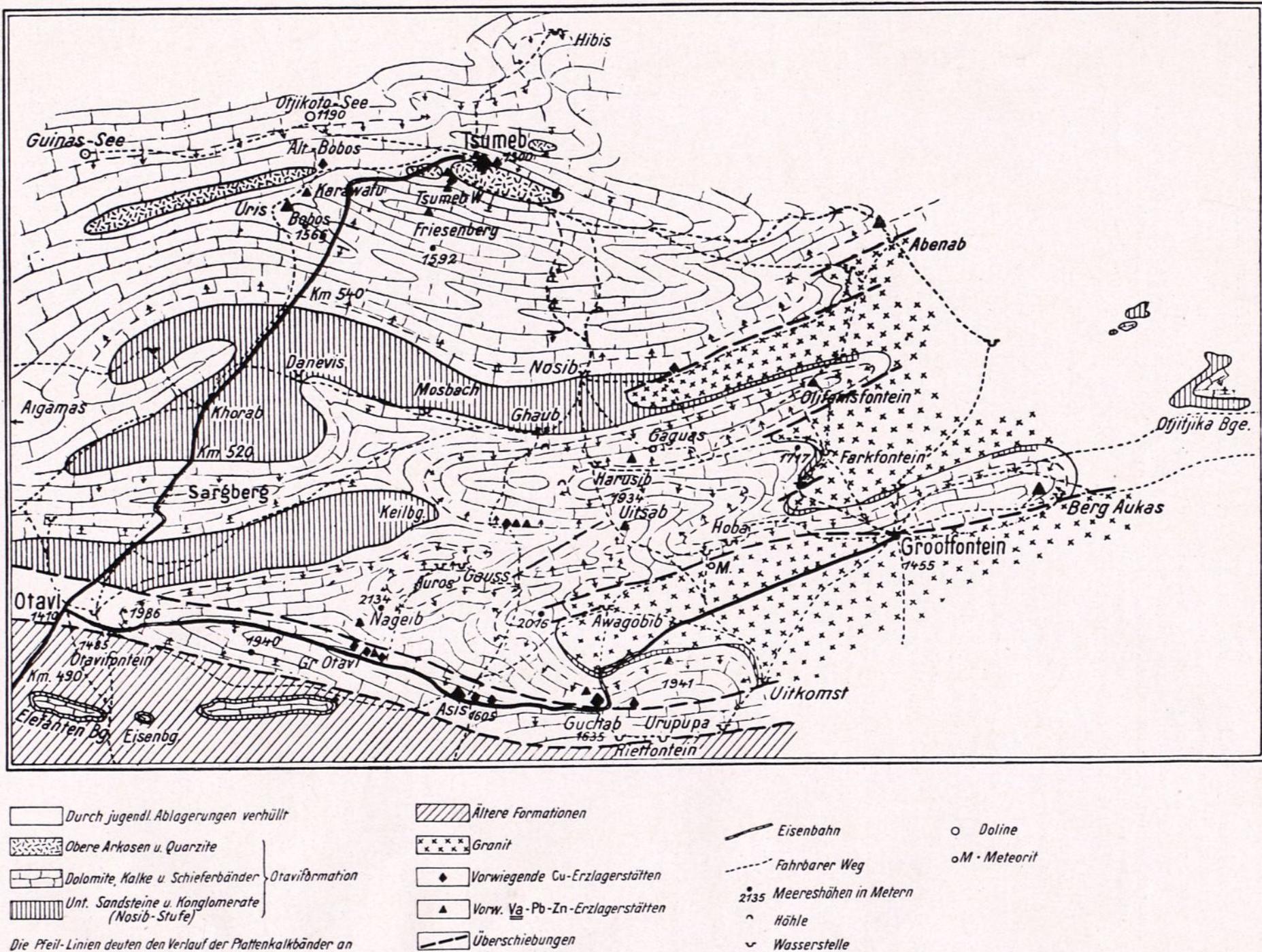


Abb. 4. Geologische Karte des Otavi-Berglandes. Nach Aufnahmen von H. Schneiderhöhn, 1915–1929 und A. Stahl 1924–1926. Gezeichnet von A. Stahl 1929. 1 : 500 000.

sarge für die Kalahari ausführlich beschrieben worden. Ähnliche, zum Teil genau dieselben Oberflächenbildungen spielen nun auch im Otavi-Bergland eine große Rolle. Es sind Ablagerungen, die für die ariden subärischen Denudationsbedingungen, wie sie wahrscheinlich seit Beginn des Mesozoikums in diesem Teil Afrikas herrschten, kennzeichnend sind. Rein petrographisch kann man zwischen roten Sanden, grauschwarzen kalkig-humosen Sanden und Oberflächenkalken unterscheiden. Dazu kommen noch die Schuttmassen anstehender Gesteine.

Es ergibt sich folgende Altersgliederung der Oberflächenbildungen im Otavi-Bergland und in den ihm vorgelagerten Flächen:

#### A) Ältere Oberflächenbildungen.

1. Roter Flugsand als lückenlose, mehrere Meter mächtige Decke auf den Flächen am Rande und außerhalb des Gebirges und lückenhaft in den Vertiefungen zwischen den anstehenden Gesteinsbänken, auf den Flächen mehr im Innern des Gebirges.

#### B) Jüngere Oberflächenbildungen.

2. Schwarzgrauer kalkig-humoser Vleyboden, aus dem roten Flugsand in Vleys und Senken entstanden durch Anreicherung von Kalk und Humus und Entziehung von Eisen.

3. Oberflächenkalk („Steppen- oder Kalaharikalk“), meterdicke Kalkbänke und Lagen von Kalkkonkretionen in und auf dem Vleyboden, an der Auflagerungsfläche des Sandes auf älteren Gesteinen, sowie Verkittungsmassen von Schutt und Gekriech am Fuß mancher Berghänge.

4. Schuttkegel und Schuttströme in Wasserrissen im Gebiet der geschichteten Dolomite und Kalke.

5. Humoser Boden in Vertiefungen zwischen den anstehenden Gesteinsbänken auf vegetationsbedeckten Bergen.

**Gebirgsbau und Tektonik.** Das Otavi-Bergland ist ein durch nordsüdlich wirkenden Tangentialdruck aufgefaltetes Gebirge. Die Faltenzüge streichen im großen und ganzen ungefähr nordwestlich. Oft sind einzelne Faltschenkel im Ausstrich kilometerweit mit gleichem Streichen zu verfolgen, während an anderen Orten die Streichrichtung auf kurze Entfernung stark wechselt und die größeren Kulissenfalten in kleinere Spezialfalten aufgelöst sind. Da die Tiefe der Falten nicht sehr groß ist und das Axialgefälle der Sättel und Mulden sehr wechselnd ist, sind in dem heutigen Denudationsniveau an vielen Orten recht komplizierte Ausstrichlinien der einzelnen Schichten freigelegt.

Die Falten selbst sind oft symmetrisch gebaut mit annähernd senkrecht stehender Achsenebene. Es kommen aber auch schiefe Falten vor, und oft wechselt die Neigung der Achsenebene innerhalb derselben Falte von Ort zu Ort.

An Stellen stärkerer Beanspruchung ist in dem Mittelschenkel im Streichen der Schichten der Zusammenhang gerissen und es treten überschiebungsartige Dislokationszonen innerhalb der Otavi-Gesteine und an ihren Grenzen gegen Granit auf (Tsumeb, Nosib, Awagobib, Otavital).

Die neueren Forschungen von A. Stahl haben über die Tektonik weiteres Licht verbreitet. Stahl konnte insbesondere eine Anzahl Antiklinalzonen und Zonen lebhafterer Faltungsintensität nachweisen, die ebenfalls wie bei Tsumeb oft mit Mittelschenkelzerreißen und mit Überschiebungen verknüpft sind. Es sind dies auch die Häufungsstellen der Erzlagerstätten.

Das Gebirge als Ganzes hat nach Stahl tektonische Grenzen. Insbesondere ist die scharfe Südgrenze der Otavi-Formation, längs der eine Reihe starker Quellen entwickelt sind, eine tektonische Linie. Ebenso ist wahrscheinlich im Norden ein tektonischer Abbruch vorhanden, dessen Ausstrich freilich meist durch die Oberflächenbildungen des

Sandfeldes verhüllt ist. Auch die Nordseite der Awagobibfläche (Grenze Granit-Dolomit) wurde von Stahl als tektonische Linie erkannt, und die durch den Bergbau schon länger als solche aufgefaßte Zone Nosib-Mine—Gaub konnte er auch als tektonische Linie bestätigen.

Der Einfluß der Tektonik auf die morphologischen Verhältnisse ist sehr deutlich. Es herrscht völlige Reliefumkehr. Die großen Flächen, die mit Ost-Weststreichen in das Gebirge einschneiden, entsprechen den ausgeräumten Sattelzonen, die Gebirgszüge den Muldenzonen.

**Hydrographie und Karsterscheinungen.** Eine schwach gefaltete Schichtenfolge von mehreren tausend Metern Karbonatgesteine, die als Gebirge emporragt, ist ein ideales Karstgebiet. Besonders wenn, wie hier, noch eine erhebliche Niederschlagsmenge hinzukommt. In der Tat sind die hydrographischen Verhältnisse allein aus der Karstnatur des Gebirges zu verstehen und zu erklären. Dazu kommen noch zahlreiche Klein- und Großformen auf Schritt und Tritt vor, die für ein Karstgebiet charakteristisch sind.

**Die Erzlagerstätten.** Den wirtschaftlichen Wert des Otavi-Berglandes machen die großen Erzlagerstätten aus, die hauptsächlich auf Kupfer, daneben aber auch auf Blei, Zink und neuerdings in besonders starkem Maß auf Vanadium abgebaut werden.

Die Hauptlagerstätte ist die Tsumeb-Mine, die zur Zeit in 16 Sohlen bis auf eine Teufe von 460 m aufgeschlossen ist, bis heute über 1 Mill. t Erze mit etwa 12 Prozent Cu, 25 Prozent Pb und 10 Prozent Zn geliefert hat.

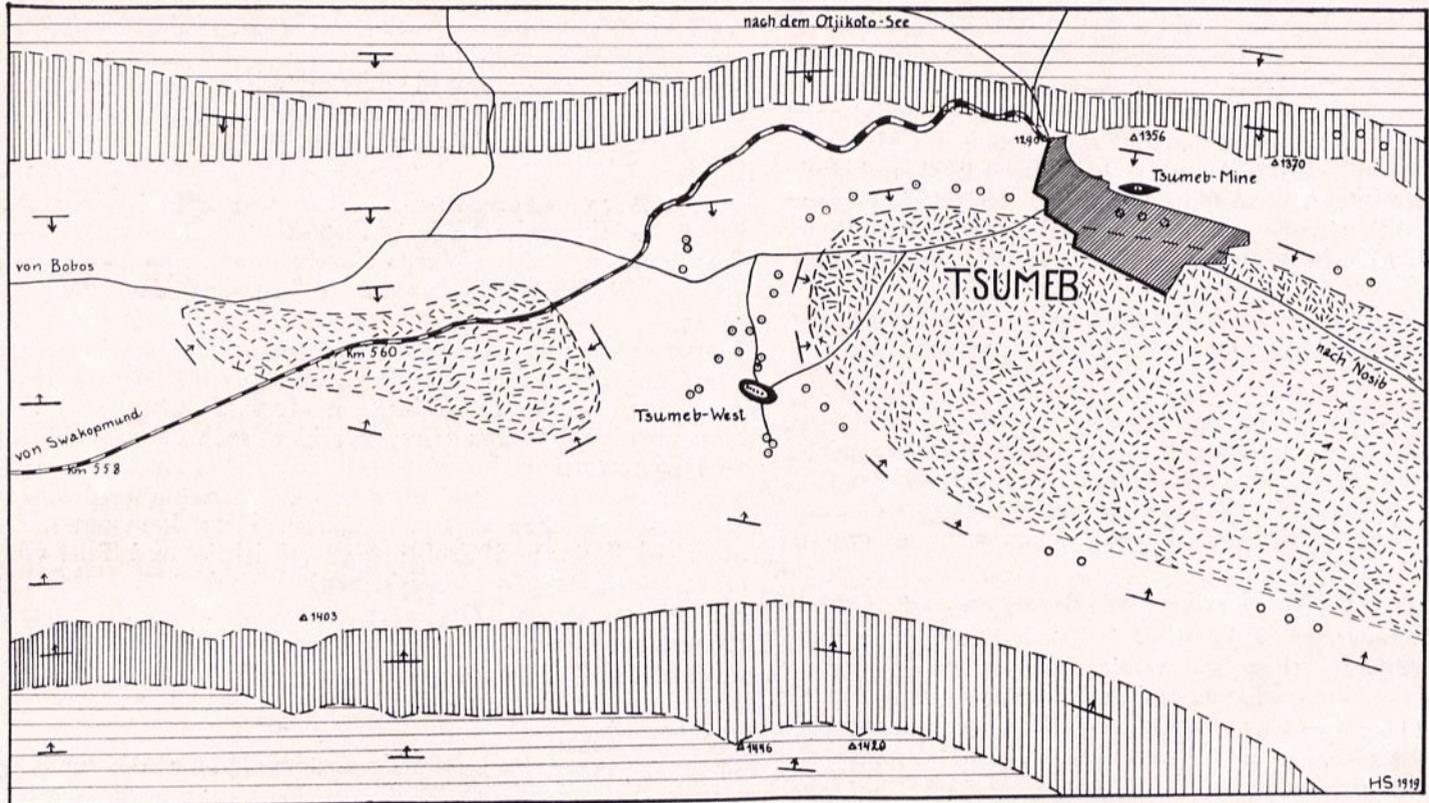
Eine größere Anzahl von einzelnen kleineren Fundpunkten und Schürfstellen befindet sich in der Nähe, in Tsumeb-West, die zum Teil hochhaltige Erze, besonders Kupferglanz und Vanadiumerze, geliefert haben.

Ein sehr ergiebiger Erzstrich ist die Nordseite des Otavital, die 30 km lange Strecke von Guchab über Asis bis nach Groß-Otavi. Es sind dort viele Erzfundpunkte, von denen einzelne größere Bedeutung besaßen. Weitere schon länger bekannte Lagerstätten sind Bobos, Groß-Otavi und Nosib. In den letzten Jahren sind eine Anzahl von Fundpunkten von hochhaltigen Vanadiumerzen dazugekommen, besonders in der Umgebung von Grootfontein im äußersten Südosten des Otavi-Berglandes, aber auch in der Nähe von Tsumeb und Bobos.

#### 4. Die Tsumeb-Mine

Der Ort Tsumeb liegt im nördlichen Teil des Otavi-Berglandes, wo die geschlossenen Dolomitzüge sich schon in Inselberge auflösen, um allmählich nach Norden und Osten unter die ungeheuren buschbedeckten Sand- und Oberflächenkalkflächen der Kalahari unterzutauchen (siehe Abb. 5 u. 6). Die Minenanlagen und Wohngebäude für die Weißen (1918 etwa 500 Männer, Frauen und Kinder, dazu 2000 Eingeborene) liegen am Nordrand einer 3 km breiten, tief in die Berge einschneidenden, mit dichtem Busch bedeckten Fläche, die nach Osten zu mit der offenen Kalahari in Verbindung steht. Direkt nördlich des Ortes zieht sich eine niedere Hügelkette hin mit dem sich 70 m über Tsumeb erhebenden Hüttenberg. Zwischen dem Hüttenberg und den Minengebäuden liegt die Lagerstätte (Abb. 6) am Nordflügel einer großen ostweststreichenden symmetrischen Mulde, welche die obersten überhaupt nachgewiesenen Gesteinsglieder der Otavi-Formation umfaßt. Dort werden die „Oberen geschichteten Kalke und Dolomite“ von arkoseartigen Gesteinen überlagert. Durch die Denudation sind diese klastischen Gesteine heute nur noch an drei getrennten Orten in den Muldenkernen erhalten, dazwischen ist alles abgetragen (Abb. 5 u. 6).

**Räumliche Verhältnisse und Tektonik.** Der Erzkörper befindet sich an der Stelle, wo der Nordflügel der Mulde am



**Abb. 5.**  
(Statt Mikrogranitlager, eingefaltet, muß es heißen: „Muldenarkose“.)  
HS 1919

## Die Erzlagerstätten bei Tsumeb

1:50 000

Ausschnitt aus der „Geologischen Karte der Umgebung von Tsumeb“ 1:25 000, aufgenommen v. Dr. H. Schneiderhöhn.

- |                                |                                      |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| Deszendente Erze               | Obere geschichtete Kalke u. Dolomite |
| Aszendente Erzlagerstätten     | Untere geschichtete Dolomite         |
| Aplitschlote                   | Klotzige Dolomite                    |
| Mikrogranitlager, eingefaltet. |                                      |
- Bem.: Die lockeren Deckschichten sind weggelassen.

steilsten einfällt. Dort ist innerhalb des Dolomits und annähernd konkordant mit ihm eingelagert ein elliptischer Körper von Feldspatquarzit („Aplit“) von 40 bis 50 m streichender Länge und 10–35 m querschlägiger Dicke vorhanden, der mit mehreren Unterbrechungen und einigen erheblichen Verzweigungen bis in die größte heute erreichte Teufe von 460 m reicht. An ihn und an seine unmittelbare Umgebung ist der stockförmige Erzkörper gebunden.

Die mit 50–60° nach Süden einfallenden Dolomitschichten rings um die Lagerstätte sind durch zahlreiche Störungszonen in eine Anzahl von Schollen und Keilen zerlegt, deren Trennungsflächen teils annähernd parallel dem Fallen und Streichen des Gesteins verlaufen, teils einen spitzen Winkel damit bilden. Die Störungszonen finden sich nur innerhalb der Nebengesteine. Das kompakte sulfidische Erz stößt stets glatt an ihnen ab, so daß ihre Fortsetzung völlig vom Erz aufgefressen ist. Die räumlichen Verhältnisse des Erzkörpers

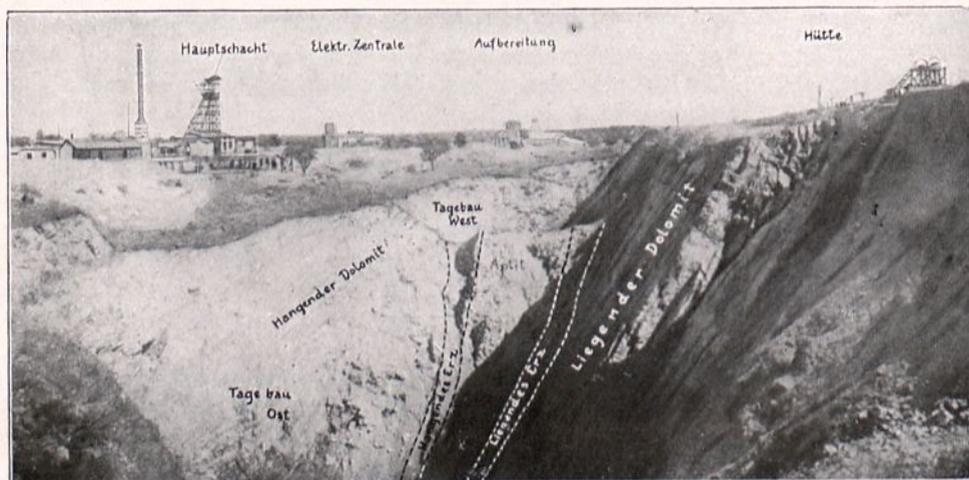
und dieser Störungszonen zeigen die Grubenrisse Abb. 7 und die Profile Abb. 8.

Auf ihre Wirkung lassen sich auch verschiedene Einschnürungszonen des Erzkörpers zurückführen, vor allem eine Auswulzung und Zertrümmerung des „Aplits“ zwischen 80 und 95 m, ferner ähnliche Störungszonen in größeren Teufen.

Da in den sulfidischen Erzen so gut wie jede Spur dieser Störungszonen verschwunden ist, war die tektonische Phase in der Hauptsache vorbei, als die aszendente Erzbildung begann.

Die Störungsintensität des Nebengesteins nimmt mit wachsender Entfernung vom „Aplit“ rasch ab.

Diese Störungszone in der Tsumeb-Mine ist also nur eine lokale Schichtenzerreißung von überschiebungähnlichem Charakter, die eintrat anlässlich der disharmonischen Aufwulzung der Otavi-Formation und die hervorgerufen wurde durch den in spitzem Winkel die Dolomitschichten durch-



**Abb. 6.** Ansicht der Tsumeb-Mine von Osten im Jahre 1918 (Aufn. H. Schneiderhöhn).

setzenden „Aplit“körper. Der plastische Aplit gab dem tangentialen Faltungsdruck in viel höherem Maße nach als der spröde feste Dolomit.

Die azendente Erzbildung folgte der tektonischen Epoche nach. Die längs des porösen „Aplits“ hochkommenden hydrothermalen Erzlösungen fanden in den heute aufgeschlossenen Teufen mehrere, kaum mehr miteinander zusammenhängende „Aplit“stücke vor und eine Unmasse von einzelnen Breccienzonen, sowie ganze in sich verruschelte Zermalmungs-komplexe. Die Erze schieden sich überall zunächst innerhalb des „Aplits“ ab und verdrängten von hier aus mit Vorliebe längs der Störungs- und Breccienzonen auf eine gewisse, ziemlich konstante Reichweite hin das Nebengestein. Die in ostwestlicher Richtung langgestreckte Form des Erzkörpers erklärt sich also aus diesen Verhältnissen ebenso wie die Tatsache, daß den Scherungszonen des „Aplit“ auch eine Einschnürung des Erzkörpers entspricht.

Es ergibt sich somit als äußere Form die charakteristische Gestalt einer Verdrängungslagerstätte im auflöschlichen Gestein, die weitgehend von der Lagerung, der Tektonik und dem Gefüge dieses Gesteins beeinflusst ist. Diese Form der Tsumeb-Lagerstätte gibt das Würfeldigramm Abb. 9 wieder.

Die Lagerstätte bildete seinerzeit an der Oberfläche einen etwa 12 m hohen grünen Hügel, der fast nur aus Malachit mit Resten von Kupferglanz und Bleiglänze bestand. Die Erzführung maß in ostwestlicher Richtung etwa 180 m, in nordsüdlicher Richtung etwa 40 m. Seit Anfang des Jahrhunderts hat sich das Bild um den „Tsumeber Kupferhügel“ sehr verändert. Der Kupferhügel ist abgebaut und an seiner Stelle sind zwei tiefe Tagebaue getreten (siehe Abb. 6).

**Die einzelnen Teile des Erzkörpers.** Die unterirdischen Baue, zur Zeit 16 Sohlen, die von zwei Schächten aus aufgeschlossen werden, haben folgende erzführende Komplexe erschlossen:

Der vererzte „Aplit“ = Feldspatquarzit. Er bildet den Kern des ganzen Erzkörpers. In der „primären“ Zone haben aufsteigende hydrothermale Lösungen unter gleichzeitiger Umbildung der Feldspäte zu Serizit diesen und teilweise auch den Quarz verdrängt und an ihre Stelle Sulfide und Arsensulfide abgelagert. In der Zementationszone verdrängen descendente Kupfersulfide einen Teil der azendenten Erze. In der Oxydationszone sind alle sulfidischen Erze ersetzt, der oberste Teil des „Aplits“ ist meist ausgelaugt, die tiefere Oxydationszone ist stark imprägniert mit oxydischen Kupfer-, Blei- und Zinkerzen in wechselnden Mengen.

Der Haupterzkörper stellt die Zone dar, innerhalb deren die längs des „Aplits“ hochkommenden Erzlösungen in das dolomitisch-brecciöse Nebengestein eingedrungen sind, es bis auf wenige Reste metasomatisch verdrängt und in kompakte, derbe Erzmassen umgewandelt haben. Das primäre Sulfidgemenge wurde im Bereich der Zementation stufenweise in immer reineren, descendenten Kupferglanz umgewandelt. In dem Oxydationsbereich entstanden unter wesentlichen Konzentrations- und Metallverschiebungen große Massen von dichten und drusigen oxydischen Erzen.

Was die Besucher der Tsumeb-Mine beim Betrachten der Aufschlüsse unter Tage wie des Fördergutes über Tage immer wieder in Erstaunen setzt, ist die außergewöhnliche Reinheit des derben sulfidischen Erzes auf weite Erstreckung hin. Auf viele Meter weit stehen die Abbaustöße auf den unteren, rein sulfidischen Sohlen im derben, kompakten Erz, und nur hier und da sieht man ein nuß- bis handgroßes Stückchen eines schwarzen Hornsteinrestes oder von gelbgebleichtem Dolomit. Im Bereich des Haupterzkörpers ist also das ursprüngliche brecciöse dolomitisch-kalkige Gestein fast völlig durch Erze verdrängt. Weiterhin fällt auf die fast völlige Abwesenheit von Gangarten. Mit bloßem Auge wahrhaft man nur selten einzelne erbsengroße Stücke von Kalkspat und Dolomit oder millimeterschmale Kalkspatadern.

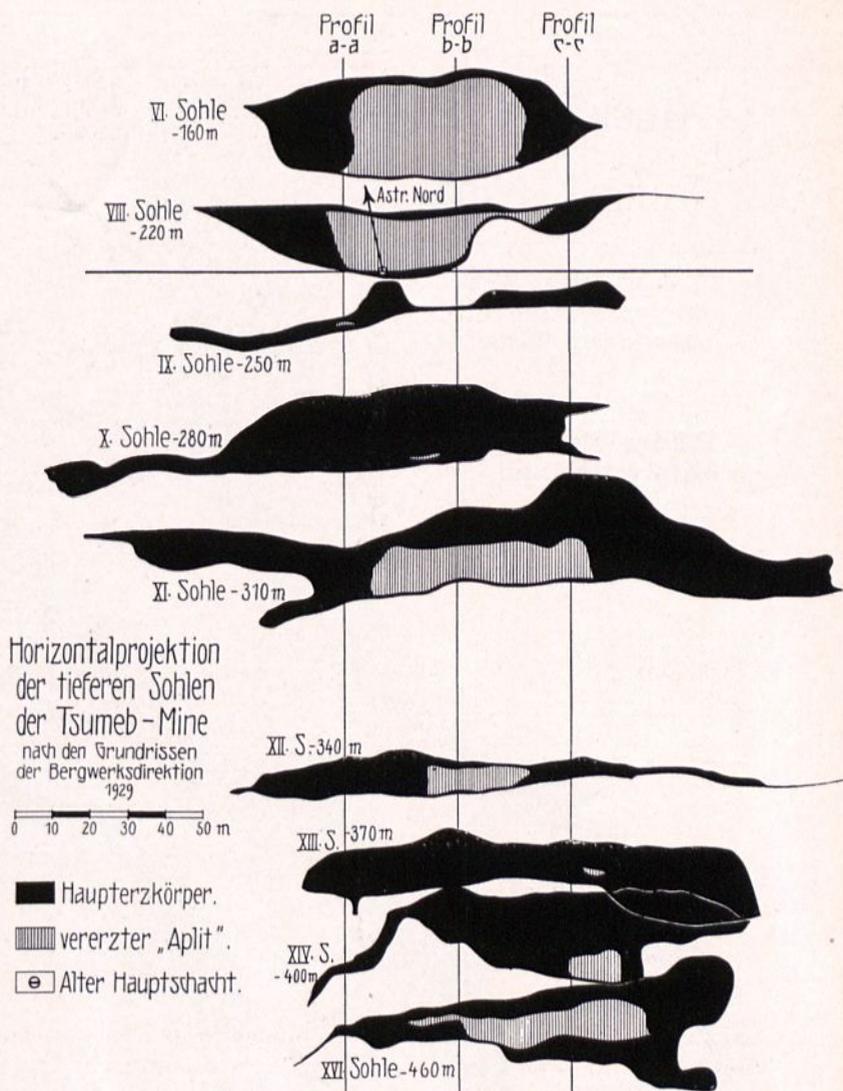


Abb. 7.

Daneben ist nur noch Quarz in kleinen Körnern vorhanden. Somit besteht das Erz in den beiden sulfidischen Zonen zum größten Teil aus einem meist mittel- bis grobkörnigen derben Gemenge von Sulfiden und Arsensulfiden. Die Struktur ist stets kompakt, richtungslos massig. So gut wie nie treten im sulfidischen Erz primäre Drusenräume auf und nie zeigt sich auch nur eine Andeutung von Band- oder Lagenstruktur. Das Erz stößt an den Hornstein- und Dolomiteinschlüssen scharf ab, ohne Strukturänderung, insbesondere zeigen sich keinerlei Überkrustungserscheinungen. Öfters sind diese Einschlüsse einander parallel gelagert oder liegen reihenweise nebeneinander. Kleine Trümchen von Erz durchhärdern die meisten Einschlüsse.

Sowohl durch die zementierenden als auch durch die oxydierenden Vorgänge wurde ein weiterer Teil des Nebengesteins, der vorher noch von den primären Erzen eingenommen war, metasomatisch verdrängt und vererzt (Zementations- und Oxydationsmetasomatose).

Die leitend-führenden Grenzzonen und Lösungsklüfte enthalten meist oxydische Erze in wechselnden Mengen in feiner Verteilung oder in größeren koncretionären Knollen.

Schwach vererzter Dolomit rings um den Erzkörper jenseits der Grenzklüfte kommt in größerem Umfange nur im Bereich der Zementations- und Oxydationszone vor, in ersterem in Form schmaler Trümchen von Kupferglanz, der im Oxydationsbereich sich in Malachit umwandelt. Er stellt das letzte Ausklingen der Zementations- und Oxydationsmetasomatose dar.

# Querprofile der Tsumeb-Mine

Nach eigenen Beobachtungen  
u. den Grundrissen  
der Bergwerksdirektion  
entworfen von H. Schneiderhöhn  
1929.

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 m

- Haupterzkörper.
- ▨ vererzter „Aplit“.
- ▤ Letten.
- ▧ Dolomit.
- ▩ Überschiebungen.

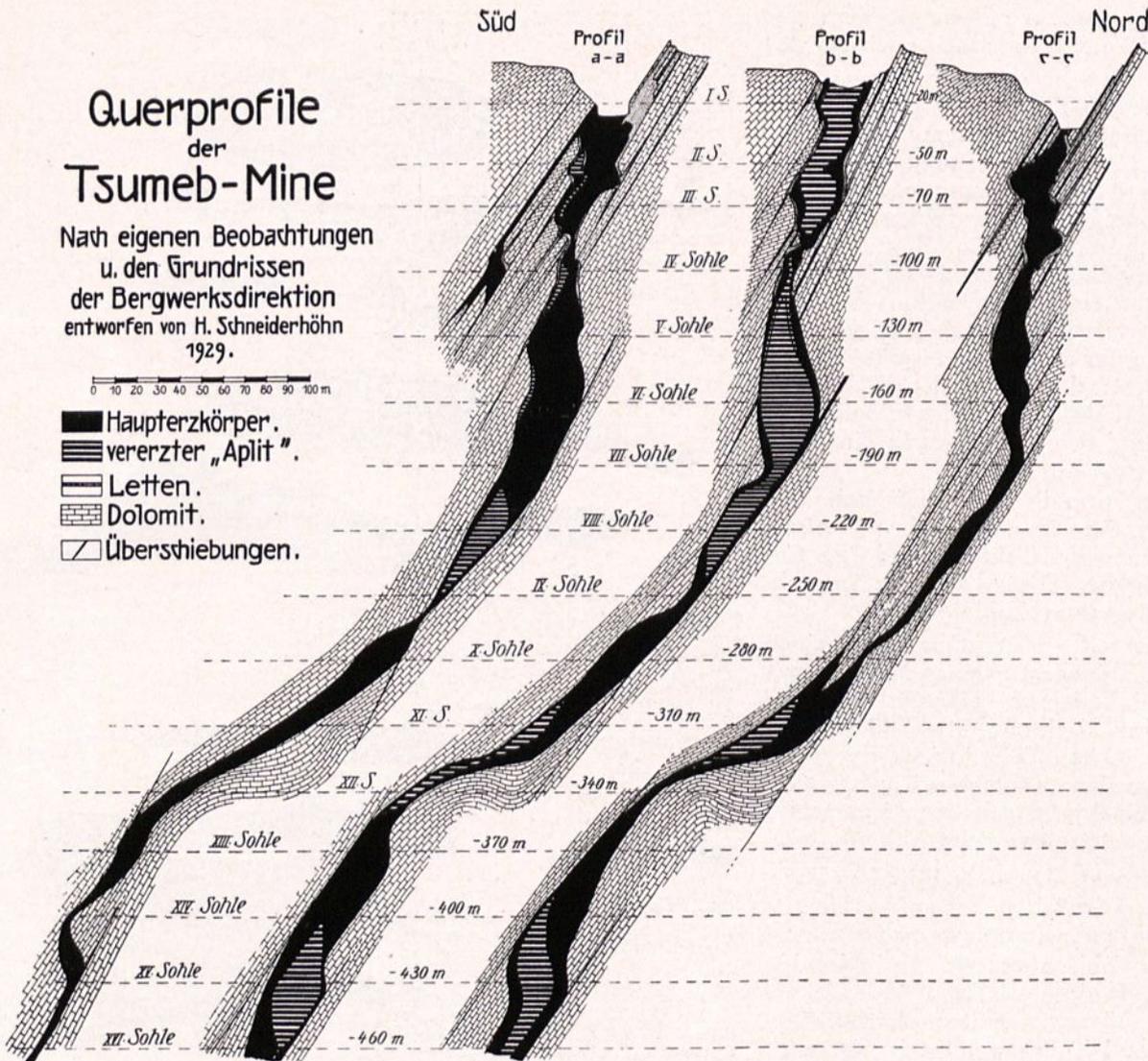


Abb. 8.

Die Seitentrümer bilden Breccienzonen außerhalb des Erzstocks, in denen durch die aufsteigenden primären Erzlösungen nur stellenweise wenig Bleiglanz abgesetzt wurde. Dagegen sanken auf ihnen die absteigenden zementierenden Lösungen reichlich hinunter und verdrängten die wenigen sulfidischen Erze und das brecciöse Bindemittel in größerem Umfang durch deszendente Kupferglanz. Deshalb reichen diese Seitentrümer auch nur bis in 130 m Tiefe.

**Der Erzinhalt: Aszendente (primäre) Erzminerale.** Die in der Tsumeb-Mine auftretenden sulfidischen Erzminerale sind folgende (nach der Altersfolge geordnet): Pyrit (Kupferkies, Buntkupferkies), Germanit, Zinkblende, Enargit (rosa und grüne Varietät), Kupferarsenfahlerz, Bleiglanz, lamellarer Kupferglanz, regulärer CuS-haltiger Kupferglanz.

Die Haupterze sind gesperrt gedrückt. Die nur mikroskopisch hin und wieder vorkommenden Erze sind eingeklammert.

**Nichtmetallische Bestandmassen im aszendente Bereich.** Genetisch sind den sulfidischen Teilen der Tsumeb-Lagerstätte zweierlei nichtmetallische Bestandmassen zu unterscheiden:

1. Nicht umkristallisierte Verdrängungsreste des ursprünglichen Dolomits und seiner verkieselten Einlagerungen sowie des Aplits.
2. Nichtmetallische Mineralien, welche sich bei der metasomatischen Verdrängung des Nebengesteins oder der älteren Erze bildeten, und deren Bildungselemente entweder aus dem verdrängten Nebengestein stammen oder aber mit den aszendenten Erzlösungen mit heraufgebracht wurden.

Die Verdrängungsreste des Nebengesteins sind Stücke von mehr oder weniger verkieseltem Dolomit und von den ihm eingelagerten Hornsteinbänken, oder Aplitstücke.

Die Größe dieser Verdrängungsreste schwankt in den weitesten Grenzen, von mikroskopischen Dimensionen bis zu Kubikmetern. Vorherrschend sind aber nuß- bis faustgroße Fetzen. Die Dolomitstücke sind bedeutend mehr zerfressen und aufgeblättert als die Hornsteinstücke. Sie bestehen meist noch zur Hälfte bis drei Viertel aus Dolomitspat, wie auch aus allen Haufwerks- und Gesteinsanalysen hervorgeht.

**Nichtmetallische Mineralien.** Die eigentlichen Gangarten im engeren Sinne treten, wie schon bemerkt, hier sehr stark zurück. Kaum daß mit den sulfidischen Erzen Kalkspat oder Quarz in einer derartigen Form und Größe und so verknüpft ist, daß die gleichzeitige Ausscheidung aus der Lösung deutlich erscheint. In mikroskopischen Blättchen kommt ferner noch Serizit vor.

**Verwachsungsgefüge der primären Mineralien.** Es ist in jeder Weise ein typisches Verdrängungsgefüge. Sowohl die Erze in ihrer Gesamtheit haben die Nebengesteine bis auf geringe Reste verdrängt, als auch verdrängen sich die primären sulfidischen Erze untereinander. Besonders gut und klar sind die Verdrängungsbilder von Zinkblende, Enargit und Fahlerz durch Bleiglanz.

**Deszendente Zementationserze.** Von solchen kommen hier nur körniger (ursprünglich rhombischer) Kupferglanz und Kupferindig vor. Ersterer in überaus großen Massen, letzteres nur in spärlicher Menge.

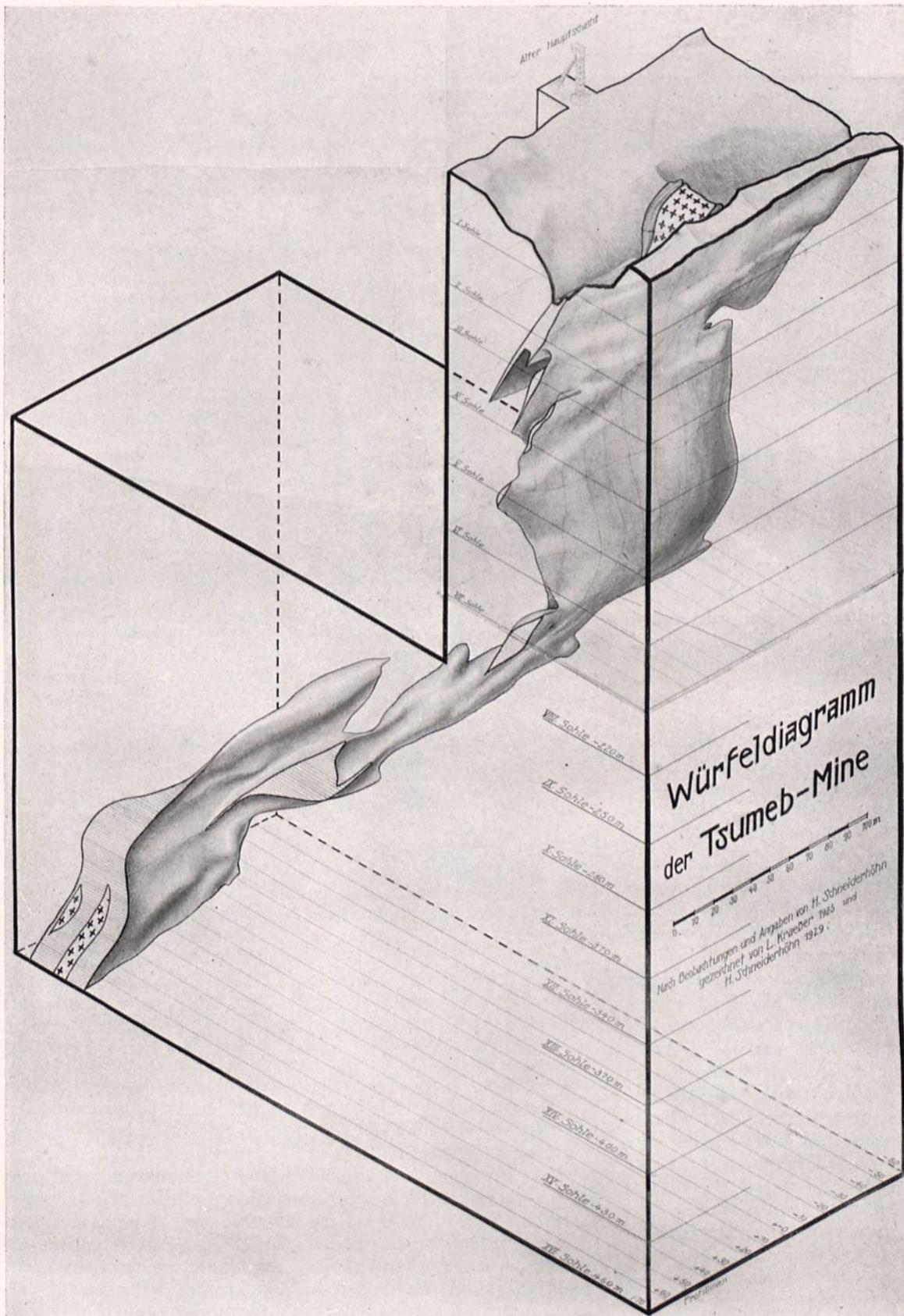


Abb. 9.

Der körnige Kupferglanz kam im Haupterkörper der oberen Sohlen in massigen Partien mit wenig Resten anderer Erze und des Nebengesteins vor. Auf der III.—IV. Sohle fanden sich Massen bis zu 20 cbm aus fast reinem 60 bis 65 Prozent Cu enthaltenden Kupferglanz. Oder aber er zieht sich in Form von Gängen und eines mehr oder minder feinen Gesäßers zwischen den anderen Erzen hin und verdrängt diese allmählich. Im „Aplit“ imprägniert er die Grundmasse oder füllt alle Lücken zwischen den Quarzkörnern aus. In den Seitentrümmern bildet er größere bis mikroskopisch kleine

Gängchen und Adern zwischen den stehengebliebenen Bruchstücken und Verdrängungsresten des Nebengesteins.

**Die Mineralien des Oxydationsbereichs.** Während die sulfidischen Partien des Haupterkörpers im allgemeinen ziemlich gleichförmig auf weitere Erstreckung sind, so daß man nur wenige Erzsor ten zu unterscheiden braucht, waren die oxydischen Partien in Struktur und Zusammensetzung außerordentlich mannigfaltig. Im einzelnen können alle auftretenden Strukturarten, Verwachsungen, Paragenesen, Assoziationen, Sukzessionen, sowie die ganze Vielgestaltigkeit der

Umwandlungen und pseudomorphen Verdrängungen bei weitem hier nicht angeführt werden. Im allgemeinen sind die oxydischen Erze kavernös bis drusig struiert, wenn auch ganz dichte Partien nicht selten sind. In den Drusen sind dann meist jene prachtvollen und wundervoll kristallisierten Mineralien auskristallisiert, die für die Tsumeb-Mine so charakteristisch sind und die sie zu einem Mineralfundpunkt ersten Ranges gemacht haben. Ein weiteres Kennzeichen der oxydischen Zone ist, daß sich die einzelnen Metallverbindungen weitgehend voneinander getrennt haben und fast nie jenes innige Gemenge auftritt, wie es in den sulfidischen Erzen der Fall ist. So sind die Zinkkarbonate meist am Liegenden angereichert und sind somit am weitesten gewandert, während größere reine Bleikarbonat- und Sulfatmassen sich stets nur direkt um Bleiglanzklumpen oder an deren Stelle befinden. Die Kupferkarbonate und Arseniate nehmen eine mittlere Stellung ein. An die Grenzen des Erzkörpers sind schließlich auch die Vanadate gebunden.

Die auftretenden oxydischen Erze sind außerordentlich zahlreich. Die häufigeren sind Malachit, Kupferlasur, Cerussit, Anglesit, Zinkspat; dann treten noch stellenweise in größeren Mengen Mottramit, Olivenit, Mimetesit auf. Pseudomorphosen „aller nach allen“ Oxydationsminerale sind überaus häufig. Noch etwa 50 weitere Spezies, zum Teil neuer Mineralien, können festgestellt werden, so daß die Tsumeb-Mine mit zu den mineralreichsten Fundpunkten gehören dürfte. Die Metallkonzentration in der oxydischen Zone des Haupterzkörpers ist überall gleichmäßig hoch, so daß die oxydischen Partien große Mengen sehr hochhaltiger Erze geliefert haben.

**Primäre Teufenunterschiede.** Innerhalb des primären Mineralbestandes ist bis jetzt noch keine einsinnig verlaufende Verschiebung mit zunehmender Tiefe festzustellen, weder nach Art noch nach Menge der Mineralien. In einer ausführlichen Arbeit von H. Moritz werden alle Verhältnisse der sulfidischen Erze der Tsumeb-Mine an Hand von über 1000 Proben eingehend dargelegt<sup>1)</sup>.

**Die räumliche Verteilung der Oxydations-, Zementations- und aszendenten Erze und ihre Abhängigkeit von der Karsthydrographie** (siehe Abb. 10). Bei vielen Cu-führenden Lagerstätten ist es die Regel, daß in einer oberen Oxydationszone ausschließlich oder fast ausschließlich oxydische Erze auftreten, daß in einer darunter liegenden, in der Gegend des Grundwasserspiegels sich befindlichen Zementationszone die Zone der „reichen Kupfersulfide“, Kupferglanz und Kupferindig. folgt, während unter dieser „Anreicherungszone“ gewöhnlich mit ziemlich scharfer Grenze die „primären“, „aszendenten“, meist erheblich ärmeren Erze folgen. Dieses Schema stimmt hier nun keineswegs, und die räumliche Verteilung dieser drei Zonen ist in dem Haupterzkörper der Tsumeb-Mine bis zu einem gewissen Grad von der Tiefe unabhängig. Es ist dies in den hydrographischen Verhältnissen begründet, welche ja überhaupt zur Ausbildung der beiden deszendenden Zonen Veranlassung gegeben haben und somit für deren räumliches Verhalten in erster Linie maßgebend sind. Während obiges Schema für durchlässige Nebengesteine gilt, wo ein durchgehender Grundwasserspiegel vorhanden ist, sind hier die oxydierenden Einflüsse den schmalen, in die Tiefe setzenden, wasserführenden Lösungsspalten gefolgt, welche sich besonders an den Grenzflächen der Lagerstätte gegen das Nebengestein und gegen den Aplit befinden, welche aber auch mitten im Erz- oder Aplitkörper auftreten können. Somit ist bis in die heute erreichte größte Tiefe stets der Erzkörper von einem Mantel von oxydischen Erzen umgeben, der nach unten meist an Dicke abgenommen

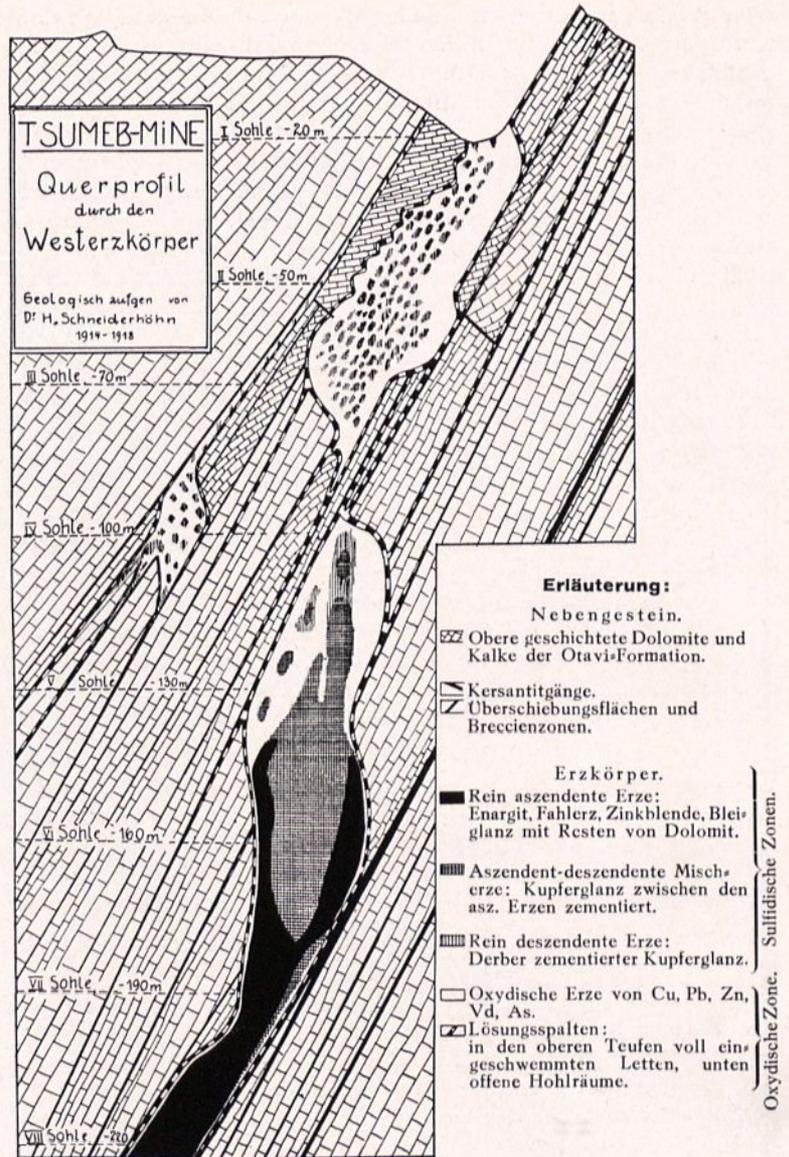


Abb. 10. Die Verteilung der Teufenzonen in der Tsumeb-Mine.

hat, aber auch plötzlich noch einmal größere Ausdehnung annehmen kann.

Auch innerhalb des kompakten Erzkörpers sind auf den tieferen Sohlen stets noch einzelne offene Spalten, deren Wände einige Zentimeter weit mit oxydischen Erzen imprägniert sind. Diese Spalten haben zum Teil hervorragend schöne kristallisierte Mineralien geliefert. Infolge des karbonatischen Nebengesteins, dessen bikarbonathaltige Oberflächenwässer mit den Oxydationslösungen der Erze sofort schwer lösliche Verbindungen bildeten, ist die Oxydationszone überall sehr reich an Metallen, und eine ausgelaugte metallarme Zone, wie sie in quarzigen Nebengesteinen oft in den obersten Teufen vorzukommen pflegt, tritt im Haupterzkörper nicht auf. Im großen und ganzen läßt sich natürlich eine Abhängigkeit der Menge der oxydischen Erze von der Tiefenstufe konstatieren, insofern, als sie oberhalb der IV. Sohle (bis 100 m) erheblich zunehmen. Sie treten dort in größeren derben drusigen Massen auf und kommen den sulfidischen Erzen ungefähr gleich. Aber stets finden sich auch auf den oberen Sohlen über Tage innerhalb der oxydischen Erze noch Kerne von reinen Sulfiden, deren Größe von 1 cm bis zu 1 cm schwankt. Diese Sulfidmassen auf den oberen Sohlen bestehen nun keineswegs ganz oder auch nur meistens aus zementiertem oder deszendendem Kupferglanz, sondern man findet häufig große Blöcke, welche fast nur die deszendente Erze, Bleiglanz, Zinkblende, Enargit und Fahlerz enthalten, und in denen erst das Mikroskop ganz schmale Trümchen von deszendendem Kupferglanz feststellen konnte.

<sup>1)</sup> H. Moritz: Die sulfidischen Erze der Tsumeb-Mine. Dissert. Freiburg i. Br. 1931.

Umgekehrt findet man noch bis in die tiefsten Sohlen Klumpen und Trümer reinen, deszendenzementierten Kupferglanzes, in dem erst mikroskopisch winzige Verdrängungsreste von Bleiglanz, Zinkblende und Enargit festzustellen sind. Also auch für die räumliche Verteilung des Zementationsbereiches im Haupterkörper gilt dasselbe, was für den Oxydationsbereich gesagt wurde: er ist an keine bestimmte Tiefenzone geknüpft, sondern seine Produkte sind unregelmäßig in allen bis jetzt erreichten Teufen im Erzkörper verteilt. Eine gewisse Abhängigkeit von der Teufe liegt natürlich auch hier vor: die riesenhaften, bis zu 20 cbm großen Massen fast reinen Kupferglanzes kamen nur auf den oberen Sohlen vor, und von etwa — 100 m an ist reiner Kupferglanz nur noch in Trümmern von 10—20 cm Mächtigkeit innerhalb des Erzkörpers verbreitet, während er in mikroskopischen Äderchen noch überall zu finden ist.

Zwischen diesen regellos verteilten und oft zusammenhängenden Massen deszendenter Erze liegen nun noch in allen Teufen Reste des ursprünglichen aszendenten Erzinhalt. Meist sind diese aszendenten Erze auf den oberen Sohlen mit einem nur mikroskopisch feinen Geäder von Kupferglanz durchtrümmert, der gewisse Erze zementativ zu verdrängen beginnt. Etwa von der fünften Sohle an kommen aber auch größere Erzmassen vor, in denen selbst das Mikroskop keine Spur deszendenter Erzminerale mehr nachweist und die nun also ganz reine Teile der aszendenten Zone darstellen.

Ganz anders als im Haupterkörper sind die Bereiche im „Aplit“ verteilt. Es sind hier wirkliche Zonen. Wenn wir zunächst die Zementations- und die aszendente Zone als die „sulfidische“ Zone zusammenfassen, dann ist deren Grenze gegen die oxydische Zone nun tatsächlich genau von der Tiefe abhängig, indem der ganze „Aplit“ bis zu etwa — 115 m rein oxydisch vererzt ist, während der „Aplit“ von etwa — 140 m an nach unten rein sulfidisch vererzt ist.

Die Zwischenzone zwischen 115 und 140 m Tiefe hat einen mit der Tiefe zunehmenden sulfidischen Kern, der nach der Aplitgrenze zu von einem nach unten stets schmaler werdenden oxydischen Mantel umgeben ist. Infolge des Nebengesteins treten auch hier in den obersten Teufen der Oxydationszone größere, fast völlig ausgelaugte Partien auf. Dieses vom Haupterkörper abweichende Verhalten des „Aplits“ erklärt sich aus den hydrographischen Verhältnissen, indem einerseits an den Grenzklüften des „Aplits“ das Wasser-niveau viel tiefer stand, bei 125 m, und dann in dem „Aplit“ als durchlässigem Gestein die oxydierende Diffusion von allen Seiten viel energischer einwirken konnte als in dem Erz-

körper, wo sie an Spalten geknüpft ist und in der undurchlässigen Erzmasse nur langsam fortschreitet.

**Die chemische Zusammensetzung der Erze.** Aus dem Vorhergesagten ergibt sich schon zweierlei über die chemische Zusammensetzung der Tsumeb-Erze: einmal der ungewöhnlich hohe Metallgehalt, und andererseits ein Wechsel in dem Verhältnis der einzelnen Metalle zueinander, etwa von der VI. Sohle an, wo der deszendente Zementationskupferglanz ganz zurücktritt und die primären aszendenten Erze überwiegen.

Aus über 1000 Analysen, die zur Berechnung benutzt werden konnten, ergeben sich folgende Durchschnittsgehalte der ersten 160 m von Übertage bis einschließlich der VI. Sohle:

	Haupterkörper %	Aplit %
Cu . . . . .	13—14	etwa 6
Pb . . . . .	23—24	„ 10—11
Zn . . . . .	8—9	„ 3

Unterhalb der XI. Sohle sind die Metallgehalte des Aplit ungefähr dieselben, aber der Haupterkörper enthält 7 bis 9 Prozent Cu, 26—28 Prozent Pb, 13—15 Prozent Zn.

Die Gesamtmetallgehalte sind also etwa konstant geblieben und betragen innerhalb des Haupterkörpers im ganzen Bereich der seither aufgeschlossenen 460 m  $Cu + Pb + Zn = 45—50$  Prozent.

Das entspricht etwa einem Gehalt von 65—70 Prozent Metallsulfid und -arsensulfid. Den Rest von 30—35 Prozent des Haufwerks bilden die nichtmetallischen Mineralien, von denen Quarz und Dolomitspat je zur Hälfte die Hauptbestandteile sind.

Innerhalb dieser schon im Durchschnitt hochprozentigen Erze kommen fortwährend, oft fast in rhythmischem Wechsel, besonders reiche Partien vor. Es ist dies besonders schön in den fortlaufenden Streckenanalysen zu sehen, die auf allen Sohlen jeden Meter genommen werden. Es bedingt dies auch, daß im laufenden Betrieb mit Leichtigkeit ein hochprozentiges verschiffbares „Normalerz“ ausgehalten werden kann. Bei diesem rhythmischen Wechsel zwischen mehr oder weniger reichen Erzpartien macht man durchweg die Erfahrung, daß nicht die drei Hauptmetalle gleichlaufend an-schwellen und abfallen, sondern daß je zwei, meist Cu und Pb, aber auch Cu und Zn sich einander reziprok verhalten und die Maxima des einen mit dem Minima des anderen zu-

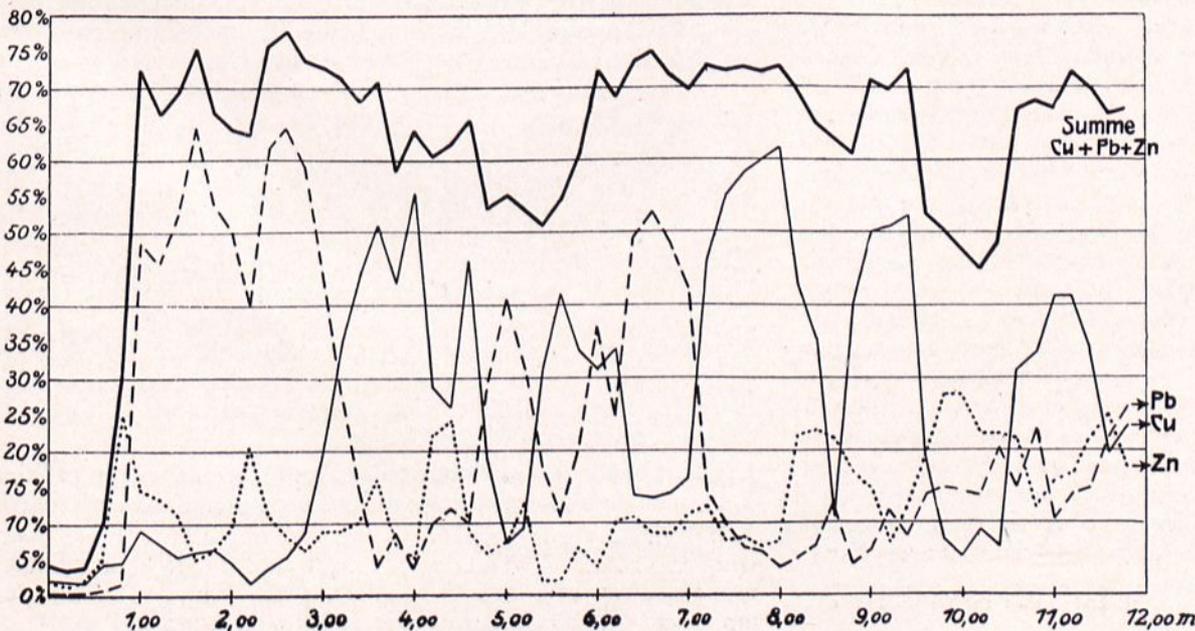


Abb. 11. Reihenanalysen im Haupterkörper der VI. Sohle West in Abständen von 20 zu 20 cm. Sie zeigen den gleichmäßig hohen Gesamtmetallgehalt des aszendenten Erzes und den sehr starken Wechsel der einzelnen Metallgehalte untereinander, wobei Cu: Pb oder Cu: Zn sich oft reziprok verhalten.

sammenfallen. Von zahlreichen derartigen Kurven, die ich zusammengestellt habe, sei nur eine angeführt, von der VI. Sohle, westlicher Haupterzkörper, Strecke vom Westgesenk nach Westen. Dort wurde 1916 zur genaueren Verfolgung dieser rhythmischen Vererzung auf eine Strecke von 12 m alle 20 cm eine 50 cm tiefe Bohrprobe genommen und von diesen 60 Proben Cu, Pb, Zn, Ag und As bestimmt. Abb. 11 zeigt das Kurvenbild. Die Auswertung dieses und vieler anderer ähnlicher Kurvenbilder aus der Tsumeb-Mine für den Chemismus der metasomatischen Erzbildung bei komplexen Metallösungen soll später an anderer Stelle erfolgen. Auch die folgende Abbildung der Metallgehalte der verschifften Erzmenen in den Jahren 1907—1928 zeigt, daß durch die in allen Sohlen gleichbleibenden reicheren Erzpartien auf lange Zeiten hinaus ein nur wenig in seinem Gehalte schwankendes Versanderz ausgehalten werden kann. (Abb. 12.)

Von anderen, seltener auftretenden Metallen seien nur Silber und Cadmium erwähnt. Aus vielen Hunderten von Analysen geht hervor, daß in den Tsumeb-Erzen Kupfer und Silber einander parallel laufen. Und zwar zeigt eine genaue Auswertung der Analysen, daß das Silber speziell mit dem Kupferglanz parallel geht. Den Kupfer-Arsenerzen, insbesondere dem Fahlerz, fehlt Silber zwar nicht, aber in der Hauptsache ist es doch an Kupferglanz, und zwar sowohl an die beiden aszendenten Arten als auch an den deszendenten körnigen Kupferglanz, isomorph gebunden. Im großen Durchschnitt enthalten die Tsumeb-Erze für je 10 Prozent Cu 200 g Ag/t. Das entspricht etwa auch dem Silbergehalt der Butte-Erze. Eine Beziehung des Silbers zu Blei oder Zink fehlt völlig.

Besonders wichtig ist auch der sehr erhebliche Cadmiumgehalt. Und zwar ist er in den sulfidischen Erzen ausschließlich an die Zinkblende gebunden. Die sehr eisenarme Tsumeber Zinkblende enthält auf reines ZnS 2,5 Prozent Cd oder 2,9 CdS, was einem Verhältnis Zn : Cd wie 27 : 1 entspricht. Es ist dies einer der höchsten Cadmiumgehalte, der bei Zinkblende beobachtet wurde. Auch die karbonatischen Zinkerze enthalten noch ebenso hohe Cd-Gehalte.

Über die Gehalte der Erze an spurenweise vorhandenen anderen Elementen liegen schon eine Anzahl spektrographischer Messungen von H. Moritz vor, die in seiner Arbeit ausführlicher gebracht werden. Jedenfalls spielen für die Verhüt-

tung andere Elemente, auch Antimon, keine Rolle, oder sie fehlen praktisch völlig, wie Wismut, Selen, Tellur, Quecksilber, Nickel, Zinn. Nur Vanadium kommt noch in gewichtsanalytisch gerade nachweislichen Spuren vor.

**Die Natur des Minen-, „Aplits“** (siehe dazu geologische Karte, Abb. 5). Die eingehende und wiederholte mikroskopische Bearbeitung von mehr als 100 „Aplit“-proben aus der Tsumeb-Mine hat immer mehr den Glauben an die eruptive aplitische Natur dieses Gesteins zerstört. Dagegen wurden beim Durcharbeiten dieses großen Materials, besonders der tieferen Sohlen, wo die zementative Veränderung fehlt, und beim Vergleich mit der Mulden-Arkose die weitgehenden Ähnlichkeiten dieser beiden Gesteine immer klarer. Die starke Vererzung und die in ihrem Gefolge verursachte hydrothermale Veränderung und seine sehr erhebliche tektonische Durchbewegung und endlich der überhaupt sehr wenig charakteristische Mineralbestand hat so viele Beobachter getäuscht und seine wahre Natur so lange verschleiern können. Ich glaube heute mit ziemlicher Sicherheit behaupten zu können, daß der Minen-„aplit“ in Wirklichkeit petrographisch und genetisch mit der Mulden-Arkose gleichzusetzen ist und am besten als „Feldspatquarzit“ bezeichnet wird.

Auch die durch K r u s c h zuerst bekanntgewordenen und von mir an über 50 Stellen festgestellten „Kersantitgänge“ hielten einer eingehenden Prüfung nicht stand. Es handelt sich entweder um tonig-mergelige Einlagerungen im „Aplit“ oder um verlettete Ruscheln im Dolomit, welche sehr viel Karbonate enthalten und örtlich anscheinend hydrothermal sehr stark verglimmert und dazu dann stark mit Oxydationserzen imprägniert sind.

Wenn der Minen-„aplit“ mit der Mulden-Arkose identisch ist, dann scheint für ihn am ehesten folgende Entstehungsmöglichkeit vorzuliegen: nach Absatz der obersten Dolomite und vor Absatz der Arkose erfolgte eine Heraushebung der karbonatischen Gesteine, die dann schon damals einmal verkarstet wurden. Da, wo der Minenaplit heute ist, bildete sich ein horizontal verlaufendes offenes Karstgerinne, etwa 200 bis 250 m unter der damaligen Oberfläche. Als dann die Arkosen sich absetzten, wurde dieses Karstgerinne mit den Quarz-Feldspatsanden zugespült. Die nachfolgende tektonische Phase konnte sich an dieser Stelle wegen des Aneinanderstoßens der ungleichartigen Gesteine besonders heftig als Überschiebungszone auswirken. Die faziellen Anzeichen einer solchen Sedimentationsunterbrechung sind durch die Faltungsdiskordanzen an den Grenzflächen Dolomit-Arkose verwischt.

**Die genetischen Verhältnisse der Tsumeb-Mine.** Es herrscht Übereinstimmung darüber, daß die Tsumeb-Mine in ihren aszendenten Teilen eine intrusiv-hydrothermale Verdrängungslagerstätte ist. Der paragenetische Typus ist als eine eisenarme Kupfer-Blei-Zink-Arsenvergesellschaftung zu bezeichnen. Mineralogisch und paragenetisch bestehen große Ähnlichkeiten mit den Erzgängen von Butte in Montana und mit den Erzstöcken und Verdrängungslagerstätten von Tintic, Utah. Mit letzteren bestehen auch manche Formähnlichkeiten<sup>1)</sup>.

Der Erzinhalt entstammt der Entgasung eines sauren Intrusivgesteins. Nach Wegfall des „Aplits“ und nachdem die östlichen Granite wahrscheinlich älter sind, ist im Otavi-Bergland zur Zeit noch kein derselben Provinz zuzurechnendes Intrusivgestein entblößt. Daß jüngere Intrusiva in Südwest da sind, zeigt der Erongo-Granit.

**Die bergbauliche Gewinnung der Erze<sup>2)</sup>.** Die Gewinnung der Erze aus dem stockförmigen Erzkörper geschah anfänglich

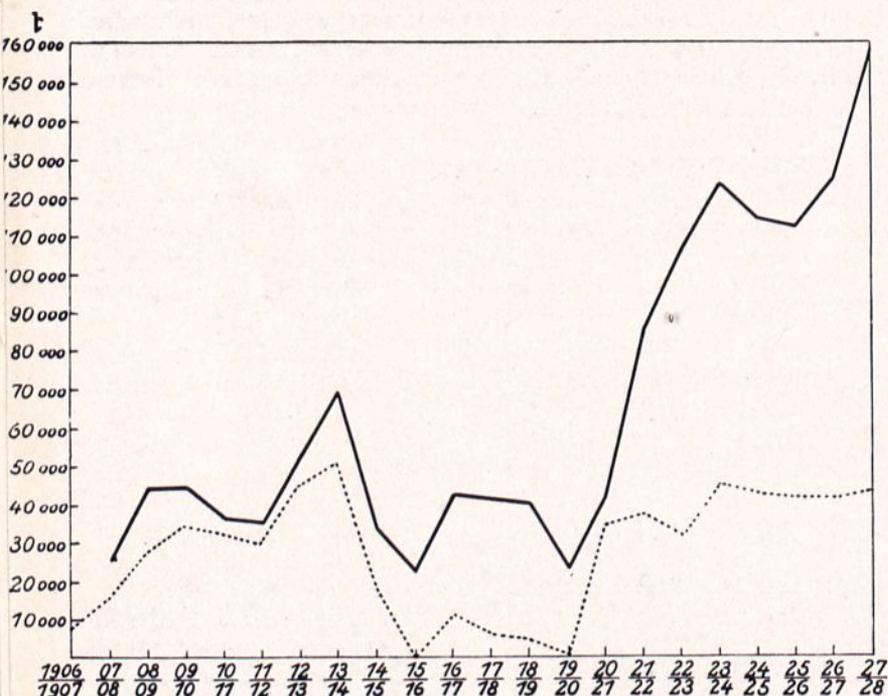


Abb. 12. Erzproduktion (starke Linie) und Erzverschiffung (punktierte Linie) der Tsumeb-Mine in den Jahren 1905—1928 (nach den Geschäftsberichten der Otavi-Minen- und Eisenbahngesellschaft).

<sup>1)</sup> Auf die Ähnlichkeiten zwischen Tintic und Tsumeb weist auch W. Lindgren hin („Mineral deposits“ 1928, 3. Aufl., S. 667).

<sup>2)</sup> Nach einer Zusammenstellung von Generaldirektor W. Thometzek.

lediglich durch Tagebau, späterhin auch im Tiefbau von dem südlich der Lagerstätte niedergebrachten seigeren alten Hauptschacht aus. Die einzelnen Fördersohlen haben einen seigeren Abstand von durchschnittlich 30 m. Der Aufschluß der Lagerstätte erfolgt gewöhnlich durch einen oder mehrere streichende Strecken vom Hauptquerschlag aus, der auf jeder Sohle die Verbindung zwischen Förderschacht und Erzkörper herstellt. Die eigentliche Abbaumethode kann als scheibenförmiger Versatzbau charakterisiert werden. Von der streichenden Strecke aus beginnt zunächst der Verhieb der ersten Scheibe im Niveau der Fördersohle in einzelnen Abschnitten je nach Form und Mächtigkeit der Lagerstätte. Die Hohlräume werden mit Versatzbergen ausgefüllt. Ist die erste Scheibe ganz oder teilweise hereingewonnen, so wird hochgebrochen, und es beginnt der Abbau der nächst höheren Scheibe, wobei die Erze in nachgeführten Erzrollen nach der unteren Fördersohle abgezogen und die Versatzberge durch Bergerollen aus der nächst höheren Sohle in die Abbaue versetzt werden. Vom Hauptschacht aus sind so im ganzen acht Sohlen bis —220 m vorgetrieben und in Abbau genommen worden. Im Jahre 1922 machte sich dann das Abteufen eines zweiten Förderschachtes westlich des ersten in größerem Abstand vom Erzkörper notwendig, da der bisherige mit dem Vorrücken des Abbaues in größere Tiefen in das Bereich des Erzkörpers geraten war und Gefahr lief, zu Bruche zu gehen. Von dem neuen Förderschacht aus sind dann bis heute weitere acht Tiefbausohlen angesetzt, vorgerichtet und in Verhieb genommen worden. Die tiefste Sohle ist zu Zeit die 16. bei —460 m.

In den ersten Jahren, als die Erzgewinnung sich in den obersten, ungewöhnlich reichen, in der Hauptsache oxydischen Partien mit 20 und mehr Prozent Kupfer bewegte, beschränkte man sich auf ein Durchklauben der geförderten Erze von Hand. Später, als neben den oxydischen auch sulfidische Erze gewonnen wurden, schritt man im Jahre 1913/14 zur Errichtung einer naßmechanischen, von der Firma Maschinenbauanstalt Humboldt, Köln-Kalk, entworfenen Aufbereitungsanlage. Mit zunehmender Teufe begann sich der Zinkgehalt der Erze anzureichern, und um diese kupfer-, blei- und stark zinkhaltigen Erze wirtschaftlich verwerten zu können, wurden umfangreiche Flotationsversuche in Deutschland vorgenommen. Diese sind noch nicht abgeschlossen, berechtigten aber zu der Hoffnung, daß es gelingen wird, im Wege der Schwimmaufbereitung auch diese Erze zugute zu machen.

#### Hüttenmännische Anlagen in Tsumeb<sup>1)</sup>.

Von den aus der Tsumeb-Mine geförderten Erzen gelangen die reichen Erze direkt zur Verschiffung, während die ärmeren Erze, soweit sie zur Zeit verarbeitungsfähig sind, an Ort und Stelle hüttenmännisch vergütet werden.

Die Behandlung und Verwertung der Erze ist auf verschiedenen Wegen versucht worden, je nach der wechselnden Beschaffenheit der Erze, die ja in den oberen Teufen reicher an oxydischem Material waren und auch je nach äußeren Umständen. Schon bei Beginn des Minenbetriebes war durch Aufstellung zweier Schachtöfen von je 1×3 m Formebene die Verhüttung der geringeren Erzsorten in Aussicht genommen. Um den zu geringen Schwefelgehalt zu ersetzen, führte man Kiesabbrände, auch Kies aus Norwegen, ein; der Koks kam aus Westfalen. In Südafrika ist es erst während des Weltkrieges gelungen, einen für Hüttenzwecke genügenden Koks herzustellen. Im Jahre 1908 wurde bei Kalkfeld ein Eisenerzvorkommen erworben, dessen Erz als Zuschlag zu brauchen war. Seitdem die Bahnverbindung mit der Union von Südafrika hergestellt ist, gelangt nur noch Natalkoks zur Verwendung.

Die Hüttenanlage hat sich nach mancherlei Versuchen und Schwierigkeiten zu dem heutigen Stand entwickelt, stark begünstigt durch den mit wachsender Teufe stärker werdenden Schwefelgehalt der Erze und auch durch die leichtere Koksbeschaffung.

**Die Hochöfen.** Die Hütte verfügt zur Zeit über drei Schachtöfen von 9 m Höhe. Ein Ofen mißt in der Formebene 6×1 m, die beiden anderen sind von 3×1 m auf 5×1 m umgebaut worden. Es sind Wassermantelöfen mit 28 bzw. 20 Düsen. Es wird ein 40—50prozentiger Kupferstein erzeugt, der außerdem noch etwa 20 Prozent Blei enthält. Daneben fällt Werkblei mit 98 Prozent Pb, beide fertig zum Versand. Der Silbergehalt ist etwa 1000 g je Tonne; die Jahresproduktion beträgt 15 000—20 000 t Kupferstein und etwa 4000 t Werkblei.

Die geförderten dolomitischen Erze werden gemischt in Haufen zu je 800 t auf dem Gichtboden gelagert, von dort gelangen sie von Hand durch eingeborene Arbeiter in die Beschiebungstrolleys. Als Kieselsäurezuschlag dient der aus der Grube geförderte Aplit mit etwa 50 Prozent SiO<sub>2</sub> und 7 bis 10 Prozent Cu. Der Eisenzuschlag in Form von Roteisenstein, der mit der Bahn von der der Gesellschaft gehörigen Grube bei Kalkfeld antransportiert wird, enthält als hauptsächlich basische Schlackenbildner 50—55 Prozent FeO und 5—8 Prozent MnO, leider sonst keine verwertbaren Metalle. Die einzelnen Materialien werden in der Trolley abgewogen und in Sätzen von 2500—3500 kg zusammen mit 12—13 Prozent Koks in die Öfen gegeben. Die Öfen haben eine offene Gicht, den Abschluß bildet die Beschickung. Zu jedem Ofen führt eine Windleitung, durch die der von dem jeweiligen Gebläse erzeugte Wind mit einer Pressung von 100—150 cm Wassersäule durch die Düsen in den Ofen geblasen wird. Es sind fünf Gebläse (Kreiskolbengebläse Bauart Jaeger, Leipzig) verschiedener Größe von 140—250 cbm Wind je Minute vorhanden. Die Produkte zusammen mit der Schlacke fließen zunächst in den aus Lehm gestampften Vorherd. Dort setzen sich Blei und Kupferstein infolge ihres höheren spezifischen Gewichtes ab. Die Schlacke hat folgende Zusammensetzung: 35 bis 37 Prozent SiO<sub>2</sub>; 18—21 Prozent FeO; 12—17 Prozent CaO; 6—8,5 Prozent MgO; 10—12 Prozent ZnO; 1,5 Prozent BaO; 1,5 Prozent Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,3 Prozent Cu; 1,5 Prozent Pb.

Die Abfuhr der Schlacke besorgt eine elektrische Lokomotive, die ihren Strom einer mit Gleichstrom gespeisten Oberleitung entnimmt. Zeitweilig wird die Schlacke granuliert. Der erzeugte Schlackensand eignet sich vorzüglich zur Betonherstellung.

Wenn der Vorherd voll Kupferstein ist, wird er abgestochen. In einem Topf sammelt sich das Werkblei, das mit einem Löffel in Formen geschöpft wird. Der Kupferstein läuft auf ein aus Eisenplatten hergestelltes Bett, wird zerschlagen und geht zum Versand. Zum Transport dient eine vor den Öfen herlaufende elektrische Kranbahn mit einer Hubleistung von 7,5 t. Die Weiterbehandlung findet in Europa statt.

**Cottrellanlage.** Zwei Ventilatoren von je 1000 cbm minütlicher Leistung saugen die aus den Öfen austretende Gase ab. Diese führen große Mengen an Blei in Form von Flugstaub mit. Sie werden zunächst durch einen langen Kanal geführt. Durch Düsen eingespritztes Wasser fällt bereits einen großen Teil des Staubes. Der Rest wird in der elektrischen Gasreinigungsanlage (System Cottrell-Möller, gebaut von der Lurgi-Apparatebau-Gesellschaft, Frankfurt a. M.) gewonnen. Die Gase werden durch ein senkrechtes Rohrsystem geleitet. In jedem Rohr hängt ein Eisendraht, der mit Gleichstrom von 40 000—50 000 Volt beschickt wird. Die Rohrwand dient als Kathode, an der sich die feinen Staubteilchen niederschlagen. Von Zeit zu Zeit werden die Rohre abgeklopft, der Staub, der 50 Prozent Blei enthält, fällt in darunterliegende Bunker. Er wird von dort in einen Sintertopf ab-

<sup>1)</sup> Nach einer Zusammenstellung von Herrn Dipl.-Ing. Miksch.

gezogen und agglomeriert. Die Endgase, nahezu staubfrei, treten durch einen Tunnel, der durch den Hüttenberg führt, in den auf dem Berge stehenden Kamin. Der agglomerierte Flugstaub wird wieder im Schachtofen verschmolzen, so werden so jährlich etwa 1 000 t Blei gewonnen, die vor Errichtung der Anlage verlorengingen. Durch die Gasreinigung ist es auch gelungen, den Cadmiumgehalt der Tsumeber Erze auszubehuten. Das Cadmiumsulfid, welches im Erz isomorph an die Zinkblende gebunden ist, wird im Ofen zu Cd reduziert, verflüchtigt und geht praktisch ganz in den Flugstaub. Beim Wiederverschmelzen des Agglomerats wird das Cd wiederum ausgetrieben, so daß der Flugstaub sich mehr anreichert. Wenn der Gehalt an Cd etwa 10 Prozent erreicht, so wird der Flugstaub in einem kleinen 1-m-Rundofen gesondert mit etwas Schlackenzusatz verschmolzen, und das Produkt, ein Staub mit etwa 25 Prozent Cd, in einer Abteilung der Cottrellanlage aufgefangen.

**Dwight-Lloydanlage:** Da die Erze nicht alle in der für einen Hochofen günstigen Stückform vorliegen, sondern sehr viel feines Material gefördert wird, ist ein Dwight-Lloydapparat aufgestellt, auf dem diese Feinerze zusammen mit Flugstaub und einem geringen Koksbeitrag agglomeriert werden. Beim Bau dieser Anlage, die seit August 1928 in Betrieb ist, wurde vor allem Rücksicht auf den ständigen Mangel an eingeborenen Arbeitskräften in Tsumeb genommen. Beschickung und Abtransport des Fertigproduktes sind daher weitestgehend mechanisiert. Ein Transportband fördert die Mischung aus selbsttätig austragenden Bunkern auf den runden (8 m Durchmesser) D.-L.-Apparat. Zum Anzünden der Beschickung dient ein Zündofen, der mit Roh- bzw. Gasöl beheizt wird. Die Leistung beträgt bei einer Umdrehungsdauer des Tisches von 1—1½ Stunden 100—120 t je Tag. Das fertig agglomerierte Material wird vom Abstreicher einem Pfannentransporteur zugebracht, der es in einen Bunker auf der Gicht entleert. Der benötigte Koks wird in einer magnetischen Aschenaufbereitung (Bauart Krupp) aus der Kesselasche der Kraftzentrale gewonnen.

Außer diesen Anlagen besitzt die Hütte noch einen mit Ölfeuerung versehenen Seigerofen, in dem alle an den Hochöfen

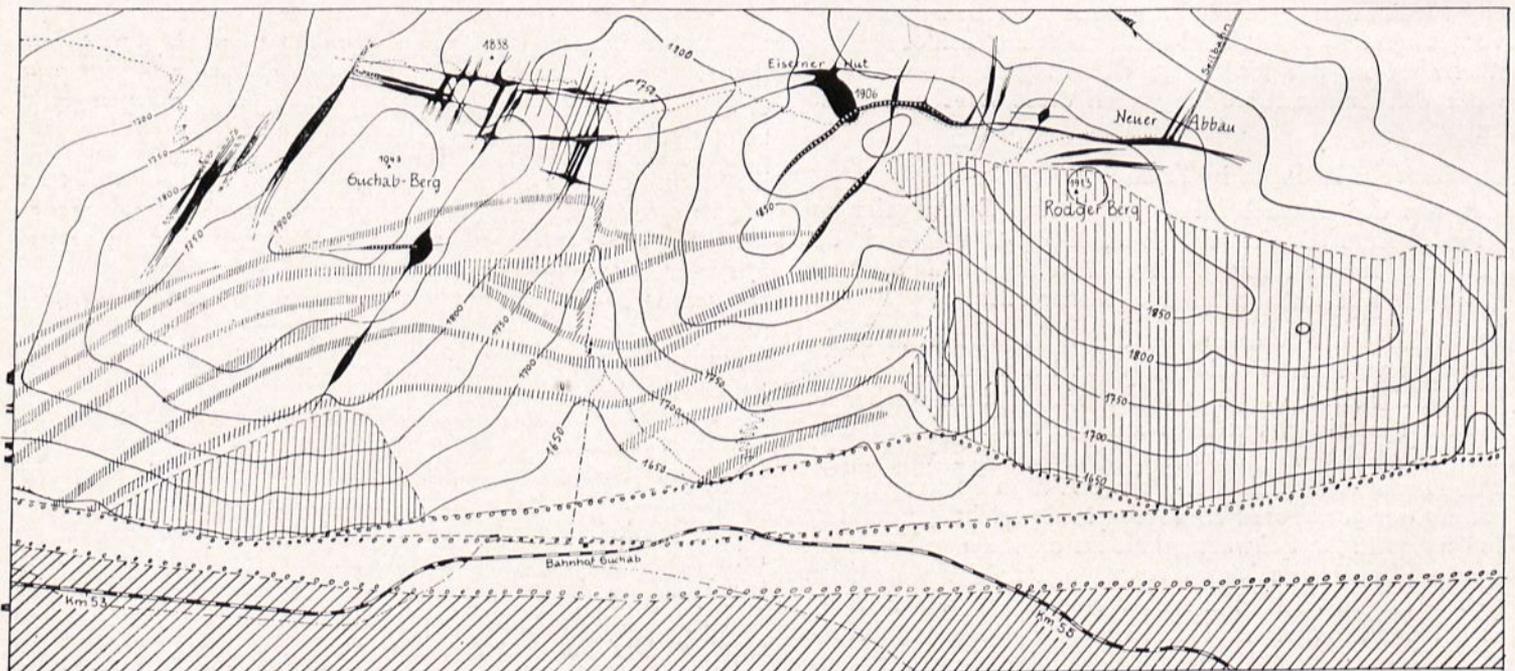
gefallenen Bleischwarten und sonstigen bleihaltigen Abfälle eingeschmolzen werden. Im Hüttenbetriebe werden ungefähr 50 weiße und 600 eingeborene Arbeiter beschäftigt.

### 5. Der Kupfererzgangbezirk von Guchab im Otavi-Tal (Abb. 13.)

Die Erzvorkommen beschränken sich auf einen ost—westlich verlaufenden schmalen Streifen. Die durchschnittliche Breite dieser Zone beträgt 150—300 m. Man kann dort etwa 50 einzelne Gänge unterscheiden. Das Nebengestein ist stets klotziger Dolomit. Die Gänge streichen in einer Meereshöhe von 1750—1900 m aus.

Innerhalb dieses Streifens sind die Erze an Gänge und Gangzonen geknüpft, die sowohl in Richtung dieses Erzstreifens verlaufen als auch quer zu ihm. Das Einfallen beider Gangzonen ist ausnahmslos sehr steil. Es handelt sich stets um Gangzonen oder Mineralisationszonen, die recht genau der Definition der „zusammengesetzten Gänge im Sinne Kruschs“ entsprechen. In querschlägiger Richtung wechseln viele schmale Erztrümer, die auch oft quer zum Generalstreichen verlaufen, ab mit Gangarten, Breccien und Schollen Nebengesteins. Eine scharfe Grenze ist nirgends vorhanden, die Vererzung klingt vielmehr allmählich nach beiden Seiten ab. Es ist somit auch eine genaue Mächtigkeitzahl nicht anzugeben. Öfters laufen mehrere solcher vererzten Zonen von 5—8 m Mächtigkeit einander parallel, durch ebenso breite, schwach oder gar nicht vererzte Breccien geschieden. Bei den meisten Gangzonen ist eine vererzte Zone von 2—4 m sichergestellt. Im Streichen keilt sich die Vererzung bald aus, es entstehen somit langgestreckte Erzlinsen auf den Gängen, die bis 300 m lang werden und im Durchschnitt etwa 100 m betragen mögen.

Bis jetzt wurden ausschließlich Kupfererze in den Guchaber Gängen beobachtet, wenn auch manche Haufwerksanalysen auf das Vorhandensein von zink-, seltener Pb- und As-haltigen Erzen hindeuten. Von Sulfiden werden nur Kupferglanz und Kupferindig beobachtet, als sehr seltener Verdrängungsrest auch unter dem Mikroskop Kupferkies.



GEOLOGISCHE KARTE DER KUPFERERZVORKOMMEN  
BEI GUCHAB IM OTAVITAL

1:15 000

Geol. aufgen. v. H. Schneiderhöhn. 1916.

- |  |                   |  |                           |  |                                 |
|--|-------------------|--|---------------------------|--|---------------------------------|
|  | Otavianschiefer   |  | Tektonische Breccienzonen |  | Fahrweg                         |
|  | Klotziger Dolomit |  | Vererzte Brecciengänge    |  | Fussweg                         |
|  | Quarzitstöcke     |  | Taube                     |  | Höhenkurven im Abstand von 50 m |
|  | Verquarzte Zonen  |  | Junge Aragonitgänge       |  |                                 |

Topogr. Aufn. v. W. Volkmann 1916.

Abb. 13.

Die oxydischen Erze sind reich, mannigfaltig und zum Teil sehr schön kristallisiert. Malachit, Dioptas und „Plancheit“ (wasserhaltiges, krist. Kupfersilikat) sind die häufigsten, besonders Dioptas und Plancheit sind für die Guchab-Erze charakteristisch.

Die hauptsächlichste Gangart ist Kalkspat. Nur lokal stellt sich Quarz in vereinzelt Partien ein. Im Gegensatz zur überwiegend karbonatischen Gangart ist das eigentliche Ganggestein ein dichter hornsteinartig verkieselter Dolomit, der eine Breccie von ebenfalls verkieselten Dolomitstücken mit brauneisenschüssigem und kalkigem Bindemittel verkittet. Einzelne Längsgänge haben junge Aufreißungen erlitten, welche mit Aragonitsinter gefüllt wurden.

Wie die tieferen Aufschlüsse zeigen, reichen sowohl die Breccienzonen, als auch die auf ihnen befindlichen Erze nicht sehr weit in die Tiefe. In Teufen von 50 m unter der jeweiligen Oberfläche sind die Erze verschwunden, und auch die Breccienzonen sind kaum mehr angedeutet. Öfters wurde schon in 10 m unter der Oberfläche eine merkliche Verarmung gefunden.

Das Vorkommen von Dioptas ist ausschließlich auf die Längsgänge beschränkt. Auch Plancheit kommt mit wenigen Ausnahmen nur in Längsgängen vor. Da Dioptas ein Mineral der Oxydationszone ist, kann man annehmen, daß die Längsgänge in geologisch junger Zeit noch wiederholte Aufreißungen erlitten haben, auf denen SiO<sub>2</sub> beladene Thermalwässer zirkulierten. Diese setzten sich mit den Kupferlösungen und in Wechselwirkung mit Kalkspat um zu Dioptas. Wahrscheinlich war dies dieselbe Phase, in der die Aragonitgänge entstanden, die auch zum größten Teil auf die Längsgänge beschränkt sind.

Was die Entstehung der Guchaber Gänge betrifft, so ist ihr reicher Erzinhalt unbestritten deszendenzementativer Natur. Ich selbst glaubte die Erzgänge überhaupt als deszendenz auffassen zu müssen, während Stahl annimmt, daß sie nach der Tiefe zu in sehr arme, mit spärlichem Kupferkies und Pyrit imprägnierte primäre Mineralisationszonen übergehen.

## 6. Die Kupfererzführenden Dolomitschlotten

Ein eigenartiger Erztypus, der zwar für Eisen- und Manganerz weit verbreitet ist, für Kupfererze aber zum ersten Male aus dem Otavi-Bergland bekannt geworden war, sind die Kupferglanz- und Malachitkonkretionen in den mit Flugsand gefüllten Dolomitschlotten. Sie kommen an zahlreichen Orten oft in vielen Hunderten von Stellen vor, und haben besonders in der ersten Zeit des Bergbaues, in den Jahren zwischen 1900 und 1912, zum Teil ganz erhebliche Mengen hochhaltiger und reiner Kupfererze geliefert.

Guchab. Die reichen Guchaber Erze, die bis jetzt gefördert wurden, entstammen einerseits den vorhin beschriebenen Gängen, zum größten Teil aber den als „Sandlöcher“ bezeichneten Schlotten, die auf den Erzgängen aufsitzen.

Was die Verteilung dieser Erze anlangt, so finden sie sich hier in Guchab ausschließlich in denjenigen Schlotten, die von Erzgängen durchkreuzt werden. Dieser Unterschied ist selbst bei Schlotten, die nur 1/2 m voneinander getrennt sind, ganz scharf. Innerhalb der erzführenden Schlotten sind die Erzknollen oft regelmäßig durch die ganze Masse verteilt, oft jedoch ist eine Zone bevorzugt, die die Verbindungslinie des ein- und ausmündenden Erzganges darstellt. Nie jedoch wurde gefunden, daß etwa die Basisschicht der Schlotten mehr oder größere Erzknollen geführt hätte als die oberen Partien, wie überhaupt nie eine Sonderung nach horizontalen Lagen beobachtet wurde. Die Erzknollen selbst bestehen meist aus Malachit, der radialfasrig struiert ist. Die Gestalt der Knollen ist unregelmäßig gerundet, aber nie abgerollt, die Größe schwankt von Erbsen- bis Faustgröße und darüber.

Öfters ist ein Kern von Kupferglanz vorhanden, der aber nie sehr groß ist.

Alle diese Daten sprechen für eine konkretionäre Entstehung des Erzes innerhalb der Sandmassen, hervorgerufen durch chemische Ausfällung des Kupfers aus Lösungen und Konzentrationen um gewisse Sammelpunkte.

## 7. Vanadiumerzlagertstätten

In ebensolcher Weise wie die Kupfererze sind nun auch Vanadiumerze an Schlotten gebunden. Kleine Konkretionen und bis über kopfgroße Klumpen oft ganz reiner Kupfer-, Blei- und Zinkvanadate (Descloizit und Cuprodescloizit) liegen zusammen mit Blöckchen verkieselten Dolomits in rotem Flugsand, der die Schlotten ausfüllt. Auch roter Oberflächenkalk findet sich in den Schlotten und verkittet in Form einer Pseudobreccie noch Stücke des Nebengesteins. Die Dolomitklötze und die Wände der Schlotten sind auch oft überkrustet mit Vanadaten. Die ersten Vorkommen dieser Art wurden schon vor dem Krieg bei Tsumeb-West gefunden (Abb. 14). Dort war ein Nest Dolomit mit 20 m Länge, 10 bis 15 m Breite und 5 m Tiefe mit rotem Sand, Blöcken verkieselten Dolomits und bis kopfgroßen Klumpen von Vanadinerzen ausgefüllt. Das Nebengestein ist ein verkieselter Dolomit mit Hornsteinbändern. Adern und Trümchen von Vanadinerz von mehreren Zentimetern bis zu 0,5 m Breite reichen noch eine Zeitlang ins Nebengestein hinein und keilen dann aus. Öfters folgen sie den undeutlich ausgeprägten Schichtflächen. Ein längerer und mächtiger Erz-



Profilskizze des Vanadiumerzvorkommens von Tsumeb-West. 1:500

-  Obere geschichtete Kalke u. Dolomite mit Hornsteinbändern
-  Pb-Cu-Vanadate in lockerem Sand

HS  
1917

Abb. 14.

gang wurde in 5 m Tiefe am nördlichen Stoß des Tagebaues aufgeschlossen. Er war mit derbem Vanadiumerz und einzelnen Sandnestern mit Erzkongkretionen erfüllt, wurde 22 m weit nach Norden verfolgt, wo er allmählich auskeilte. Die Wände des im Tagebau entblößten Nebengesteins und die Oberfläche der bis Kubikmeter großen Blöcke verkieselten Dolomits, welche lose inmitten des Nestes im Sand lagen, sind zellig zerfressen, mit Brauneisenstein und einer schmalen Rinde von Vanadiumerzen überzogen.

Von 1920 an wurden an anderen Punkten des Otavi-Berglandes noch zahlreiche weitere Lagerstätten entdeckt, so daß das Otavi-Bergland heute einer der Hauptvanadiumproduzenten der Welt ist.

Von W nach O sind folgende Fundpunkte bekannt: Uris und Karawatu bei Bobos; Friesenberg, Tsumeb-West, Tsumeb-Süd, Bahnhofsberg und Tsumeb-Mine bei Tsumeb; an der Pad Gaub-Gaus, Uitsab, Berg Aukas im mittleren Gebirge; zwischen Guchab und Uitkomst, Schlangental bei Guchab; Groß-Otavi, Nagaib im Otavi-Tal; Olifantfontein und Abenab am Ostrand.

Einige dieser Lagerstätten sind zum Teil sehr weit in die Tiefe verfolgt worden und es wurden dort einige Male sulfidische Erze, Bleiglanz und Zinkblende gangförmig im Nebengestein festgestellt, wobei dann aber die Vanadiumführung aufhörte.

Stahl glaubt, daß die Vanadate Hutbildungen von sehr armen darunter an Ort und Stelle befindlichen Bleiglanz- und

Zinkblendeerzen sind. Es dies nicht unmöglich, in dessen scheint mir dafür die Anreicherung viel zu groß zu sein. Auch wurden eigentliche primäre Vanadiumerze bzw. primäre Vanadiumgehalte anderer Sulfide bis jetzt einwandfrei noch nicht festgestellt. Verfasser kann sich des Eindrucks nicht erwehren, daß in diesen Vanadatlagerstätten, die in zum Teil genau derselben Weise an zahlreichen anderen Orten der Erde bekannt sind, das Vanadium biogenen Ursprungs ist und aus den Oberflächenwässern uralter Landoberflächen her stammt. Es kann hier diese Hypothese nicht weiter verfolgt werden, jedenfalls geben diese hochinteressanten Lagerstätten des Otavi-Berglandes noch manches Rätsel auf. (Vgl. hierzu auch die ganz analoge Vanadiumlagerstätte in Broken Hill, Nordrhodesia, S. 84.)

## 8. Verlauf der Exkursion im Otavi-Bergland

Am Vormittag des 10. Juli fand eine mehrstündige Befahrung der Tsumeb-Mine statt, auf der die Teilnehmer den hochhaltigen, mächtigen und reinen Erzkörper bis zur tiefsten Sohle bewundern konnten. Die Besichtigung der Tagesanlagen zeigte uns die neuen und modernen Anlagen, die in den letzten 10 Jahren zur Verhüttung der schwierigen komplexen Erze geschaffen worden waren, nebst den vielen anderen Neuanlagen in diesem noch völlig deutschen Industriezentrum von Südwest. Eine Fußwanderung über die Höhenzüge nördlich Tsumeb diente zur Erläuterung des geologischen Profils, der Tektonik und Morphologie des Otavi-Berglandes.

Der nächste Tag führte uns auf einer 220 km langen Autofahrt quer und längs durchs Otavi-Bergland. Wir befuhren zunächst die Vanadiumlagerstätten Abenab der South West African Comp. Im unteren klotzigen Dolomit befindet sich dort eine NO-SW streichende Ruschelzone, die in Abenab bis in größere Tiefen stark brecciös ausgebildet ist. Die locker gepackten, eckigen, größeren und kleineren Dolomitstücke sind umrindet und verkittet mit zentimeterdicken Krusten von Kalkspat und Cuprodescloizit,  $4(Pb, Cu)O \cdot V_2O_5 \cdot H_2O$ , die zum Teil in ausgezeichneten Kristallen hier vorkommen. Die Vanadiumerzführung setzt stockförmig in die Tiefe. Die Lagerstätte wird abgebaut in einem etwa 50 m tiefen Tagebau von 60:70 m Durchmesser, und darunter auf mehreren Tiefbausohlen, die durch einen außerhalb des Tagebaues stehenden Schacht zugänglich sind. Das geförderte Haufwerk hat etwa 3,5 Prozent  $V_2O_5$ . Eine naßmechanische Aufbringung verarbeitet pro Tag 180 t Haufwerk und erzeugt ein Konzentrat von 19 Prozent  $V_2O_5$ . Mit einer Monatsförderung von 200 t dieses Konzentrates ist Abenab zur Zeit der größte Vanadiumproduzent der Erde. Mit lebhaftem Dank an die South West African Comp. und ihren Generalmanager Clarke schieden wir von dieser hochinteressanten Vanadiumkonzentration.

Die weitere Fahrt brachte uns zu einer der größten geologischen Sehenswürdigkeiten von Südwest, die man auch anderswo in freier Natur kaum zu sehen bekommt: der Rieseneisenmeteorit von Hobas West. Er wurde erst um 1920 herum bekannt. Der Meteorit liegt in der Awagobib-Fläche dicht südlich der Farm Hobas West, etwas östlich des Weges nach Otjihaenene. Der Block ist annähernd parallelepipedisch, etwa 1,50 m hoch, 3 m lang und 1,50 m breit und wiegt schätzungsweise 50 t (Abb. 15). Er ist ein reiner Eisennickelmeteorit. Er stak fast ganz in dem Oberflächenkalk. Zur Zeit der ersten Besuche von Fachleuten im Jahre 1925 war er leider schon völlig an den Seiten freigelegt, so daß nicht entschieden werden konnte, ob der Kalk in unmittelbarer Nähe Kontakterscheinungen zeigte. Er ist verhältnismäßig frisch, zeigt eine höckerig-löcherige Oberfläche und hat nur an der Unterseite eine verrostete und mit grünen Nickelhydraten durchsetzte Rinde. Eine nähere Untersuchung steht bis jetzt aus. Besonders interessant wäre die Feststellung, ob er mit



Abb. 15. Der Eisenmeteorit von Hobas West im Otavi-Bergland. Ringsum aus dem lockeren Oberflächenkalk ausgegraben. (Aufn. Schneiderhöhn.)

dem bekannten großen Meteoriten von Mukerop (bei Gibeon im Süden von Südwest) Verwandtschaft zeigt. Über die Fallzeit ließ sich nichts in Erfahrung bringen, jedenfalls scheint er in historischen Zeiten schon dagewesen zu sein.

Am Nachmittag wurde eine Fußwanderung unternommen zum Besuch der vorhin auf Seite 13 und 14 näher beschriebenen Kupfererzgänge von Guchab. Während des steilen Aufstiegs konnte der klotzige Otavidolomit mit seinen schönen Zerschattungsformen und seine eigenartige Vegetation studiert werden. Die zum Teil noch anstehenden Kupfererzgänge waren gut zu sehen; die charakteristischen Guchaber Mineralien, Dioptas und Plancheit konnten reichlich und in guten Stücken gesammelt werden. Das eigenartige verkieselte Gipfelgestein des Rodgerberges gab zu stratigraphischen Erörterungen Anlaß, und die prächtige Aussicht vom 1940 m hohen Gipfel des Rodgerberges über das Otavi-Bergland nach Norden und in die unermessliche Kalahari nach Süden konnte gerade noch bei Sonnenuntergang bewundert und erläutert werden. Nach halbschwerem Abstieg erreichten wir die Autos und fuhren durchs Otavital über Asis nach der Bahnstation Otavi. — Der Otavi-Minen- und Eisenbahngesellschaft in Berlin, insbesondere Herrn Direktor Kegel und seinen Beamten in Tsumeb sei auch an dieser Stelle der herzlichste Dank der Teilnehmer dargebracht für all das Schöne und Interessante, was sie uns in diesen Tagen zeigten, für die glänzende Durchführung des Programms, was bei der leider sehr beschränkten Zeit recht schwierig war, und für die gastfreundliche Aufnahme in diesem alten deutschen Kultur- und Industriezentrum.

## 9. Fahrt Otavi—Windhuk—Kalahari—Oranje—De Aar—Kapstadt

In Otavi erreichten wir unsere beiden Sonderwagen, in denen wir uns, so gut es ging, für die Nacht einrichteten und fuhren frühmorgens wieder nach Usakos zurück, wo wir abends ankamen und auf den durchgehenden Zug Walfischbay—Windhuk—de Aar umstiegen. Auch in diesem Zug hatten wir dank der Vorsorge der Direktion der South African Railways einen Sonderwagen, der sogar ausnahmsweise von de Aar weiterlief bis Kapstadt. Die ganze Strecke Otavi—Kapstadt war 2880 km lang, sie wurde einschließlich der Aufenthalte mit den fahrplanmäßigen Zügen in 4 Tagen 5 Nächten (95 Stunden) durchfahren. Leider hatten wir wegen des sofortigen Beginns der Kongreßexkursionen gar keine Zeit, die alte Südwest Hauptstadt Windhuk zu besuchen. Landschaftlich hervorragend war am zweiten Tag die Fahrt von Windhuk aus durch das Ausgebirge, weiterhin die lange Fahrt am Westrand der Kalahari entlang, wo wir stundenlang die in ihrer Eintönigkeit eindrucksvollen horizontalen Tafelberge der Karroo-Schichten beobachten konnten.

ten, wo in den tischglatten Flächen dazwischen sich Steinpanzerungen, Lesedecken und Anzeichen von Schichtfluten bemerkbar machten. Auch beim Erwachen am nächsten Tag waren wir wieder in der Kalahari, nachdem wir nachts an den Karasbergen in der Südostecke der alten Kolonie vorbeigefahren waren. Die Überfahrt über den Orange bei Upington konnte noch beobachtet werden, und am nächsten Morgen waren wir schon in de Aar, wo wir die Hauptlinie Kapstadt—Kimberley—Johannesburg erreichten.

Auch die weitere Fahrt nach Kapstadt ging den ganzen Tag lang nur durch Karrooschichten, die in großer Eintönigkeit unendliche Flächen mit aufgesetzten, schön profilierten Tafelbergen und ganzen tafelförmig aufgebauten Gebirgsstöcken darboten. Die Karroo ist eine Steppe, wo spärliche Viehzucht und Ackerbau nur an Wasserstellen und durch künstliche Bewässerung möglich ist. In dieser Jahreszeit, am Ende des Winters, lag sie dürr, nackt und braun da, ein kalter Wind blies und auf den hohen Bergen lag sogar Schnee!

Am späten Nachmittag kamen in die horizontalen Karrooschichten ab und zu einige Wellungen, die in der klaren Luft meilenweit zu verfolgen waren. Sie sind die Vorläufer der Kapfaltung, die an der 1200 m hohen Steilstufe der großen Karrootafel zu dem Atlantischen Ozean, von der Karrooformation aus alle tieferen Formationen ergreift und sie in ein weithin gespanntes, ganz Südafrika im W, S und O umfassendes Faltengebirge gelegt hat. Wo diese Faltung beginnt, legt sich ein höherer Wulst um die innere schüsselförmige Karroo-Hochfläche und dann kommt die imposante steile und durch Schluchten zerrissene Abtragsstufe zur schmalen Küstenebene. Sie wird als das „great escarpment“, oder von E. Krenkel, dem Verfasser der neuen ausgezeichneten Geologie Afrikas (Verlag Bornträger, Berlin, I. Teil, 1926, II. Teil 1928) zu Ehren des hochverdienten langjährigen Direktors der Geological Survey of South Africa als „Rogers-Stufe“ bezeichnet. — Es war schon tiefe Nacht, als wir durch diese geologisch hochinteressanten und landschaftlich hervorragenden Schluchten den Höhenunterschied von 1200 m in wenigen Stunden überwandten.

Im Morgengrauen des 16. fuhren wir in Kapstadt ein, gerade röteten sich die Spitzen des Devil Peak und des Lions Head und die breite massige obere Fläche des Tafelberges. Im Hotel klappte alles vorzüglich, das Überseegepäck stand in jedem Zimmer, das sehnlichst erwünschte Bad befreite uns von dem unsagbaren Staub der Flächen der Kalahari und der Karroo. Dann ging's zum Ausschluß des Internationalen Geologen-Kongresses, wo Drucksachen, Führer, Programme usw. in Empfang genommen wurden.

### III. In der südafrikanischen Union

#### 1. Exkursionen in der Umgebung von Kapstadt

Da die am 16. Juli abgehenden Exkursionen von uns nicht mehr erreicht wurden, machten wir nachmittags unter Führung einiger ortskundiger, in Kapstadt ansässiger Landsleute eine herrliche Autofahrt zum Sea-Point und dem Chapmans Peak im Süden der Kapstadt-Halbinsel, wohin auch die Kongreßexkursionen gegangen waren. Am Sea-Point<sup>1)</sup> ist ein höchst instruktiver und bei Ebbe sehr gut aufgeschlossener Kontakt von Granit mit den alten Schiefen des Grundgebirges (Abb. 16).

Auf einer Strecke von mehreren hundert Metern kann man einen allmählichen Übergang vom massigen Granit mit halbaufgefressenen Schieferschollen über „Migmatite“ (Granit-Schiefer-Aufschmelz-Mischgesteine) und hochgradig injizierte Schiefer zu den Schiefen sehen. Der ganze Komplex ist durchsetzt von jüngeren aplitischen und pegmatitischen

<sup>1)</sup> A. R. E. Walker: The seapoint granite-slate contact. XV. Intern. Geol. Congr. 1929. Guide Book. Exc. A. 3. 5 p.

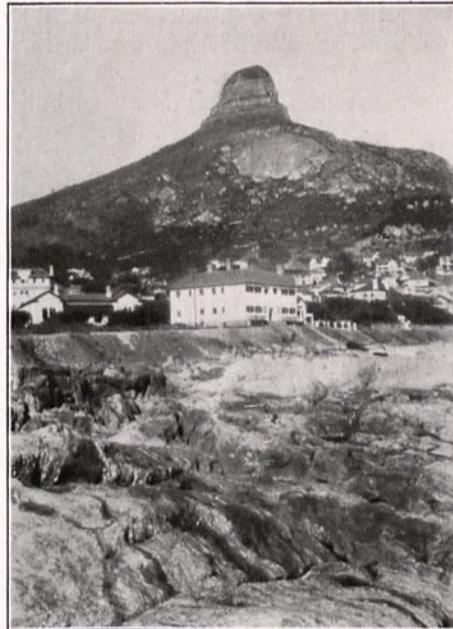


Abb. 16. Der Schiefer-Granitkontakt von Sea-Point bei Kapstadt. Im Vordergrund links sind die dunklen Schiefer mit hellen Feldspatierungs-zonen, Pegmatit- und Aplitgängen injiziert („Mischgesteine“). Das Granitmaterial nimmt nach rechts immer mehr zu und rechts im Mittelgrund ist schon der helle massive Granit sichtbar. Er zieht sich über den Häusern des Lions Head empor und bildet einen Sockel, wie an den großen glatten Schalen zu sehen ist. Die oberste, mit scharfem Knick aufgesetzte Kappe des Lions Head wird von horizontal lagernden Schichten des Tafelbergsandsteins gebildet, der diskordant auf dem Granit liegt. (Aufn. Schneiderhöhn)

Gängen. Diese Art der Aufschmelz- und Injektionskontakte wird als ein Zeichen für einen sehr tiefmagmatischen Vorgang angesehen, der bei hohen Drucken stattfand und wo die Abkühlung, Entgasung und Erstarrung des Magmas nur sehr langsam vor sich ging. Dies ist mit die Ursache, weshalb man an solchen Kontakten in der Regel keine nutzbaren Konzentrationen von Schwermetallen oder anderen wirtschaftlich wichtigen Mineralstoffen findet.

Die weitere Fahrt führte auf guter Straße am Abhang der flachgelagerten, steilwandigen Tafelbergketten entlang, hoch über dem Meer, mit stets wechselnden prächtigen Ausblicken. Noch war die berühmte Kapvegetation zum größten Teil im Winterschlaf, aber manches blühte schon. — Am Chapmans Peak<sup>1)</sup> konnte man als weitere berühmte geologische Sehenswürdigkeit der Kaphalbinsel die Überlagerung des Tafelbergsandsteins auf dem Granit, entlang der Straße mehrere hundert Meter weit gut aufgeschlossen studieren (Abb. 17).

Auf der Rückfahrt über Muizenberg—Wynberg entlang der Ostseite des Tafelberges wurde auch der herrliche Botanische Naturgarten besucht.

Am 17. Juli nachmittags fuhr der Extrazug mit beinahe 100 Teilnehmern der zehntägigen Exkursion A 6 Kimberley—Johannesburg von Kapstadt ab, An-



Abb. 17. Die Auflagerung des Tafelbergsandsteins (wohlgeschichtete, fast horizontale Bänke) auf dem Granit bei Chapmans Peak, 30 km südlich Kapstadt. Der Granit bildet die beiden im Meer vorspringenden Riffe im Mittelgrund und ist an seiner helleren Farbe, seiner senkrechten Zerklüftung und rundlichen Verwitterungsformen deutlich zu sehen. (Aufn. Schneiderhöhn.)

<sup>1)</sup> A. Young: Chapmans Peak. XV. Intern. Geol. Congr. 1929. Guide Book. Exc. A. 1. 8 p.

kunft in Kimberley am 18. abends. Diese Exkursion diente dem Studium der diamantführenden Kimberlit-„pipes“, der Diamantseifen und der Goldlagerstätten des Witwatersrandes. Eine andere Diamantröhre, die Premier Mine östlich von Pretoria, wurde später während der Versammlung von Pretoria aus besucht.

**Erich Kaiser, München und Hans Schneiderhöhn, Freiburg i. Br.**

### Die Diamantlagerstätten Südafrikas

#### A. Allgemeine Bedeutung der Diamantlagerstätten für Südafrika

Von Erich Kaiser

Nächst dem Gold hat der Diamant den größten wirtschaftlichen Wert für Südafrika im weiteren Sinne, aber in erster Linie für die Südafrikanische Union. Der Wert der bisher in Südafrika gewonnenen Diamanten beträgt etwas mehr als ein Viertel des dort gewonnenen Goldes. Der um die Erkenntnisse der Geologie und der Lagerstätten so hochverdiente, kürzlich leider recht früh verstorbene Dr. P. A. Wagner schätzt die Menge der von 1867—1926, in 50 Jahren, gewonnenen Diamanten auf ungefähr 42 t<sup>1)</sup> im Werte von über 5,4 Milliarden RM. Die offizielle Statistik der Südafrikanischen Union führt bis einschließlich 1927 einen Wert von über 5,8 Milliarden RM. an.

Der Anteil Südafrikas an der Weltproduktion geht aus folgender Tabelle hervor (in Gewichtsprozenten der Weltproduktion):

	Süd-afrikan. Union	S.W. Afrika	Kongo-staat	Angola	Britisch-Gulana	Bra-silien	Andere Länder
1912	83.4	11.7				3.3	1.6
1913	75.9	19.9	0.1			4.1	
1919	76.4	13.6	6.3	1.4	0.5	1.7	0.1
1922	47.8	10.3	17.9	6.9	11.7	4.3	1.1
1924	62.4	12.6	14.0	3.0	4.9	3.1	
1926	56.5	12.0	19.6	2.7	3.0	6.2	

Man ersieht aus diesen Ziffern das immer wieder sehr starke Anwachsen der Produktion an verschiedenen Stellen außerhalb von Südafrika. In der letzten Ziffer für andere Länder steckt schon ein neuer Konkurrent, der in Westafrika an der Goldküste 1919 hinzugekommen ist und 1928 550 000 Karat lieferte.

Die Südafrikanische Union brachte nach dem Weltkriege damit, daß sie als Mandatar von Deutsch-Südwestafrika einen großen Einfluß auf dessen Produktion ausübte, 90 Prozent der Weltproduktion an Diamanten unter ihre Kontrolle. Von dieser bevorzugten Monopolstellung, die sie schon vor dem Auffinden der Diamanten in dem Wüstensande der Namib Südwestafrikas hatte, ist sie nun weit zurückgedrängt worden! Dazu machen sich die verschiedenen großen Unsicherheiten des ganzen Diamantenmarktes für Südafrika erneut immer wieder fühlbar, was sich in der Einnahme von Abgaben, Steuern und anderen Gefällen auswirkt.

Daß auch heute nicht alle Gefahren behoben sind, geht so klar aus den Worten hervor, welche der schon erwähnte Dr. P. A. Wagner vor einem Jahre niederlegte, daß die bis dahin in Südafrika nachgewiesenen Vorräte gewinnbarer Diamanten selbst dann noch für mehr als 100 Jahre den Weltbedarf decken könnten, wenn keine neuen Lagerstätten aufgefunden würden — welches letzteres aber undenkbar sei! Dazu kommen dann die anderen Schwierigkeiten und Gefahren auf dem Weltmarkte: Jede Weltgeldkrise wirkt auf

<sup>1)</sup> Um diese Ziffern mit den folgenden vergleichbar zu machen, sei hervorgehoben, daß 42 t 210 Millionen Karat entsprechen, wenn man, wie jetzt allgemein angenommen, das metrische Karat zu 200 mg oder 1/5 g einsetzt. Die ältere Statistik ist nicht immer direkt vergleichbar, da oft ein anderes Karatgewicht zugrunde gelegt ist.

den Diamantenmarkt, wie auch wieder die New Yorker Krise vom Oktober 1929! Nach dem Kriege wurden Alt-diamanten in so großer Menge auf den Markt geworfen, daß zeitweise (1921—22) neue Diamanten fast unverkäuflich waren! Diese Wirkungen auf die südafrikanische Diamantenausbeute kommen in den Abb. 28 und 29 zum Ausdruck. Immer noch versucht man, Diamanten künstlich herzustellen! Usw.

Die Diamantenausbeute in der Südafrikanischen Union betrug 1927 4 708 038 Karat im Werte von 248 Millionen RM., die in Südwestafrika 723 877 Karat, wovon 577 371 im Werte von 32 Millionen RM. verkauft wurden. Die Südafrikanische Union bezog 1927/28 allein an Exportabgaben für ausgeführte Rohdiamanten 25 Millionen RM.

#### B. Übersicht über die verschiedenen Arten der Lagerstätten

Die Diamantlagerstätten Südafrikas und Südwestafrikas lassen sich folgendermaßen gliedern (vgl. auch die Übersicht in der Kartenskizze Abb. 25, Seite 27).

##### I. Primäre Vorkommen.

1. Kimberlitröhren und -gänge. Vulkanische Ausbrüche, wahrscheinlich kretazeischen Alters. Nach den bisherigen Erfahrungen nur an wenigen Punkten ausbeutbar, wozu die Röhren der Umgebung von Kimberley, Jagersfontein und die Premier-Mine bei Pretoria gehören und einige kleinere Vorkommen. Wenn sie in unserer Darstellung etwas zurücktreten, so liegt das daran, daß auf ihnen in neuerer Zeit keine so Aufsehen erregenden Beobachtungen gemacht wurden, wie auf den später zu erörternden Alluvialvorkommen.

Die diamantführenden Durchschlagsröhren (pipes) treten in größerer Verbreitung in Südafrika auf. Wir kennen sie aus Südwestafrika, aus Griqualand West und anderen Teilen der Kapprovinz, aus Britisch Betschuanaland, aus dem Oranje-Freistaat, aus Transvaal, Rhodesien, Katanga und selbst aus Ostafrika. Viele Durchschlagsröhren sind diamantarm und was ganz besonders betont werden muß, nicht abbauwürdig, oder sogar völlig diamantfrei. Nur einige wenige dieser Ausbruchschlote gestatten einen Abbau auf Diamanten. Besonders betont sei, daß alle in Südwestafrika bisher auf Abbau-fähigkeit untersuchten Kimberlitröhren ungünstige Ergebnisse zeigten.

Von über 250 Kimberlitvorkommen erwiesen sich höchstens 25 als abbauwürdig und von diesen haben nur 7 die größte Menge der aus Kimberlit gewonnenen Diamanten geliefert: Die Kimberley-Grube, dann De Beers, Du Toits Pan, Bultfontein und Wesselton, diese alle in oder in der Nähe der Stadt Kimberley in Griqualand-West (zur Kapprovinz gehörig), sodann die Premier Grube bei Pretoria in Transvaal und endlich die Jagersfontein-Grube bei Jagersfontein im Oranje-Freistaat. Nur wenige kleinere Gruben haben noch einige Bedeutung.

Die Ausfüllung der Diamantröhren besteht aus einem vulkanischen Ausbruchprodukt, aus Explosionsbreccien (vgl. Abb. 18). Wild durcheinandergewürfelt sind größere und kleinere, ja sandige und staubige Bestandteile vulkanischen Materials aus der großen Erdtiefe. Bruchstücke aus dem Nebengestein der Röhren liegen dazwischen und stammen entweder aus der Tiefe oder sogar aus höheren Teilen neben der Durchschlagsröhre, welche heute nicht mehr sichtbar sind. Das Auftreten von Bruchstücken des Nebengesteins, welches einst über der heutigen Abtragungsfläche (der heutigen Erdoberfläche) angestanden hat, lehrt uns, daß nach Wagner mindestens 1000—1500 m der Röhre und des Nebengesteins in der Gegend von Kimberley seit jenen vulkanischen Ausbrüchen der Kreidezeit abgetragen worden sind. Daraus erklärt sich auch das so überaus häufige Vorkommen von Alluviallagerstätten über ganz Südafrika hinweg.



**Abb. 18.** Kimberlit Tuff, Postmasburg Diamantgrube in Griqualand West. Man beachte die Tuffstruktur, das Auftreten von großen und kleinen Auswürflingen, die z. T. magmatischer Herkunft sind, mit mannigfachen Differentiationserscheinungen, z. T. aber Bruchstücke des Nebengesteins. (Aufnahme E. Kaiser)

Die eigenartige Tatsache muß noch hervorgehoben werden, daß der Karatgehalt pro Einheit in den Diamantröhren mit der Tiefe im allgemeinen abnimmt. A. F. Williams, der General Manager der De Beers Consolidated Diamond Mines, Ltd., durch seine Stellung ein ausgezeichnete Kenner der primären Vorkommen, gibt in seiner neuesten unten zitierten Schrift an, daß auf der Kimberley-Grube im Load von 16 Kubikfuß an der Oberfläche 0,33 Karat, aber in einer Tiefe von 3520 Fuß nur 0,30 Karat Diamanten enthalten gewesen seien, während in der De Beers Grube die Arbeiten in höherem Niveau 1,25 Karat, auf der 2040 Fuß Sohle 0,4 Karat gaben. Auf der Premier Grube schwankte der Karatgehalt in den obersten Teilen des Kimberlites zwischen 0,8 und 1,29 Karat, während zwischen der 410 und 510 Fuß Sohle nur 0,19 Karat erzielt wurden. Zahlreichere Einschlüsse in den oberen Teufen können den Karatgehalt zurückdrücken (z. B. DuToitspan, Bultfontein). Aber ganz im allgemeinen wird immer die Tatsache der Abnahme nach der Tiefe hervorgehoben. Hier liegt ein besonderes Problem vor für die vulkanologische und geochemische Betrachtung der primären Diamantvorkommen!

A. F. Williams schließt nun aus der Abnahme des Diamantgehaltes in den jetzt zugänglichen Teilen der Diamantröhren (pipes), daß in den abgetragenen Teilen der Diamantröhren verhältnismäßig viel mehr Diamanten pro Volumeinheit enthalten gewesen seien, als man sie jetzt beim Abbau in den nicht abgetragenen Teilen der Diamantröhren nachweise. Daraus erkläre sich auch der stellenweise erstaunliche Reichtum vieler Alluvialvorkommen!

Nahe der Oberfläche ist die in der Tiefe blau gefärbte Ausfüllung der Röhre (Blaugrund; blue ground) durch die Verwitterung gelb gefärbt und gelockert (Gelbgrund; yellow ground). Der Diamant muß in diesen Explosionsröhren trotz der vielen darüber vorhandenen Streitschriften als magmatischer, vulkanischer Herkunft und als in Tiefen von 60 bis 100 km gebildet angesehen werden.

(Nähere Beschreibung der Kimberley Gruben und der Premier Grube siehe Seite 22.)

Die Explosionsröhren gehen manchmal in Gänge über. Gangausfüllungen sind an verschiedenen Stellen diamantführend, aber fast durchweg nicht abbauwürdig.

2. „Andesite“ (Ventersdorplaven). Von H. S. Harger ist vor etlicher Zeit behauptet worden, daß primäre Diamanten in den Andesitlaven des Ventersdorpsystems vorkämen. Wenn schon die erste Nachricht hierüber in der südafrikanischen Literatur sehr kritisch aufgenommen wurde, so zeigte

sich in der späteren Zeit auch keinerlei Bestätigung. Aus dem Auftreten von Diamanten in verschiedenen alten Schichten kann aber sehr wohl geschlossen werden, daß Diamanten eines Tages auch in älteren Eruptivgesteinen als nur in den jungen Kimberliten aufgefunden werden. Es ist auch noch nicht sicher, ob nur die Kimberlite in Südafrika Diamanten führen, oder ob nicht andere Eruptiva Bringer von primären Diamanten sind.

## II. Sekundäre Vorkommen.

1. Auftreten in Seifen höheren Alters als die Kimberlitvorkommen.

a) Eigenartig grün gefärbte Diamanten treten in den präcambrischen Goldseifen des Witwatersrandkonglomerates bei Johannesburg auf.

b) In mehreren anderen jüngeren Sedimentgesteinen Südafrikas und Rhodesiens sind Diamanten auf sekundärer Lagerstätte nachgewiesen, welche ebenso wie die vorher erwähnten nicht aus primären Vorkommen der jüngeren Kimberlite stammen können.

Also müssen schon ältere als die kretazeischen Vorgänge Diamanten aus der großen Erdtiefe heraufgebracht haben.

2. Auftreten in jungen Flußseifen: Hierhin sind zu rechnen die Lagerstätten im gesamten Stromgebiet des Oranjesystems, wie besonders am Oranje selbst, am Vaal, ihren vielen Nebenflüssen, am Harts River, am Moloppo und in anderen diesen Flüssen zuzählenden, oft aber in ihrem Verlauf nicht mehr vollständig erkennbaren, meist schon lange versiegten Nebenflüssen. Dazu kommen dann kleinere Flüsse in der Nähe der Premier Grube bei Pretoria, versiegte oder noch fließende Flüsse in Transvaal (Limpopo), in Rhodesien, Katanga, Angola, Ostafrika (vgl. Abb. 25).

3. Auftreten in jungen marinen Seifen: Küste südlich und nördlich der Oranjemündung, südlich des Flusses bis 240 km, nördlich des Flusses (Zeitungsnachrichten vom Februar 1930) bis auf 32 km verfolgt. Ausbildung entweder deutlich terrassenartig, so besonders südlich der Oranjemündung, oder strandwallartig, wie nördlich vom „großen Flusse“.

4. Auftreten in Seifen im Schutte ariden Klimas: Typus der seit 1908 bekannten Ablagerungen in der weiteren Umgebung von Lüderitzbucht. Die Vorgänge in der Wüste haben eine von den anderen Aufbereitungsvorgängen abweichende Anreicherung an Diamanten bewirkt. Die Ausblasung durch den Wind (Deflation) hat hier im Laufe der Zeit eine große Menge feinkörnigen Materials ent-

fernt, wobei Windabschleifung (Korrasion) immer wieder neues Material zum Abtransport durch den Wind lieferte (vgl. auch S. 31). Die nur episodisch eintretenden Regengüsse haben innerhalb der einzelnen Hohlformen immer wieder umgelagert. Trockener Massentransport ist hinzugekommen. Aber immer wieder muß betont werden, daß es nicht allein äolische Vorgänge und trockene Bewegungen waren, welche hier zur Aufbereitung und Diamantanreicherung führten, sondern daß zur Erklärung dieser Lagerstättenart das fließende Wasser mit herangezogen werden muß.

### C. Einzelbeschreibung einiger primärer Vorkommen Von H. Schneiderhöhn

#### Die diamantführenden Kimberlit-Röhren bei Kimberley<sup>1)</sup>.

Um Kimberley herum befinden sich auf einem kleinen Gebiet von 12 km Durchmesser zehn „pipes“, von denen sechs als abbauwürdige Diamantlagerstätten bekannt sind: nämlich die Dutoitspan-, Bultfontein-, Wesselton-, Kimberley-, De Beers- und Kamferdam-Mine. Zur Zeit sind nur die drei erstgenannten in Betrieb.

Die Gegend ist typische Karroolandschaft, eine völlig flache und ebene Steppe, ab und zu von einem kleinen „Kopje“, eines widerstandsfähigen Gesteins, meist eines Diabasganges etwas überragt.

Die Minenanlagen mit den großen und tiefen, mehr oder weniger verstürzten runden Kratern der ehemaligen Tagebaue, mit den riesigen Halden, den charakteristischen hölzernen Schachtgerüsten, den langen Förderbahnen, den umfangreichen Aufbereitungsanlagen und den ummauerten und abgeschlossenen Eingeborenen-Compounds, alles doppelt und dreifach von Stacheldrahtzäunen umgeben, zeigen in der klaren Luft schon auf weite Entfernung den Ort, wo eine Diamantpipe die Schichten durchschlagen hat. Diese obersten Schichten des Nebengesteins werden in der näheren und weiteren Umgebung von Kimberley ausschließlich von horizontal gelagerten Gliedern der Karrooformation gebildet. An der Oberfläche sind nur die oberen Dwykaschiefer oder die etwas jüngeren intrusiven und schichtig in den Schiefen eingelagerten basischen Eruptivgesteine (Karroodiabase oder -dolerite) zu sehen. In den tiefen Tagebauen und in den Schächten ist unter den Schiefen ein dünnes Band des glazialen Dwykakonglomerates vorhanden, das diskordant auf den Gesteinen des präkambrischen Ventersdorpsystems liegt. Auch die Glieder dieser Formation (Melaphyre, Quarzite, Quarzporphyre, Konglomerate) liegen fast ganz horizontal. Darunter folgen alte Granite und stellenweise kristalline Schiefer. Prächtige und klare Profile sind in den runden tiefen Tagebauen zu sehen, welche im unverstürzten Zustand den Raum der ehemaligen, bis in große Tiefen ganz abgebauten „pipe“ andeuten. Ihre ehemals senkrechten Wände sind oben stets abgeschrägt und auch sonst oft verstürzt. Nur die alte Kimberley-Mine ist noch fast unverseht erhalten, und aus den Lehrbüchern war uns allen das Bild, wie es Abb. 19 zeigt, bekannt. Ganz überwältigend war der Eindruck, den aber dieses ungeheuer Loch in der Wirklichkeit auf alle Teilnehmer machte. Der obere Einsturztrichter in den weichen Karrooschichten hat einen Durchmesser von rund 550 m, der sich bis in 100 m Tiefe verengt. Hier fängt der harte Melaphyr-Mandelstein an und von nun an ist die Hohlform der ehemaligen Kimberlitröhre unversehrt erhalten. Noch über 100 m tief sieht man in den zylindrischen dämmerigen Krater hinein. Den Boden dieses Tagebaues kann man nicht mehr sehen. Er ist etwa 300 m unter der Oberfläche. Die Tiefenaufschlüsse reichen in der Kimberleymine noch 800 m tiefer,

<sup>1)</sup> A. L. du Toit: Kimberley. XV. Internat. Geol. Congr. 1929. Guide Book Exc. A. 6. 1—8.

P. A. Wagner: Die diamantführenden Gesteine Südafrikas. Berlin 1909. 207 p. (Engl. Ausgabe Johannesburg, 1914).

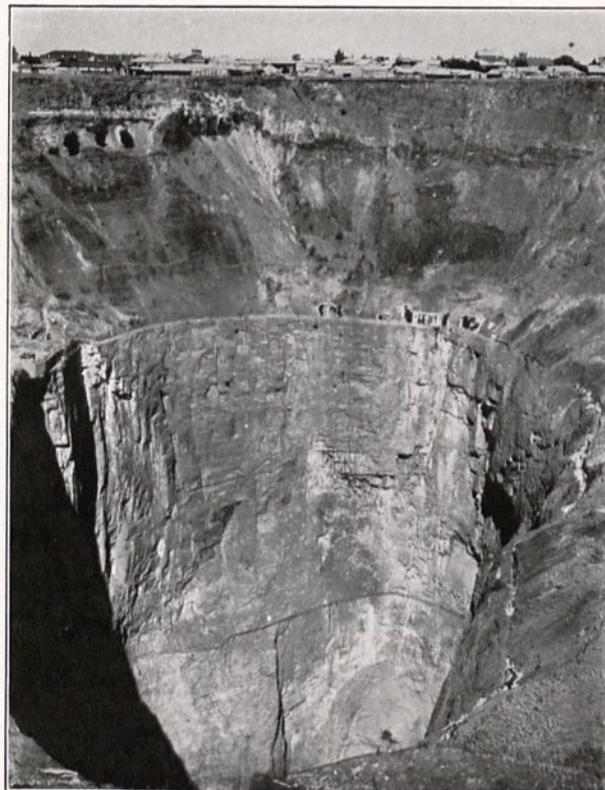


Abb. 19  
Tagebau der  
Kimberley-  
Mine.

der tiefe Schacht endet dort bei 1080 m unter der Oberfläche. Ebenso eindrucksvoll ist das (Abb. 20) geologische Profil dieses ungeheuren Aufschlusses. Gleich unter der Oberfläche liegt eine 17 m hohe Steilkante in dem säulenförmig abgesonderten rotbraunen Karroodiabaslager. Dann kommen die feinschichtigen regelmäßig mit 35° abgebochten grauen und schwarzen Karrooschiefer mit einigen Sandsteinbänken, an ihrer Basis ein dünnes Band Dwykakonglomerat, 80—90 m insgesamt mächtig. Dann folgt mit scharfer Steilkante der grünliche harte Ventersdorp-Melaphyr. An einer

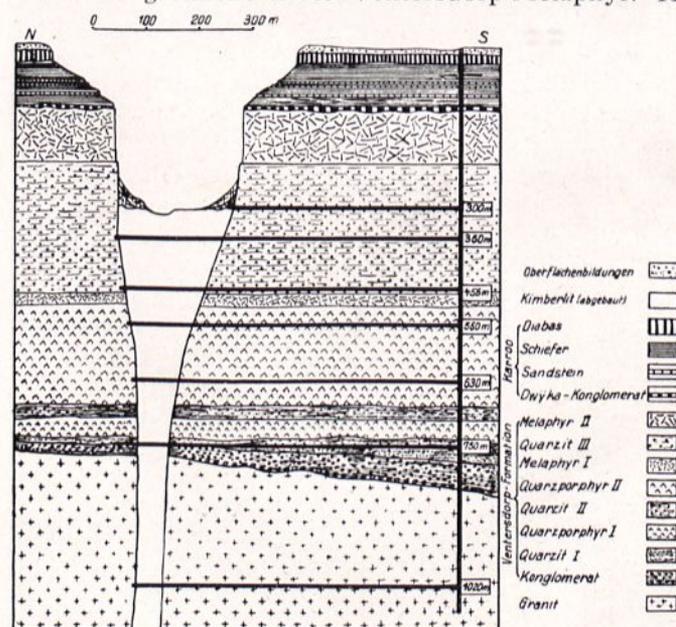


Abb. 20 Schnitt durch die Kimberley-Mine.

Seite klebt noch eine Masse Kimberlit an der Röhrenwandung an, sonst ist alles sauber herausgeholt. Nach unten verengt sich die Röhre etwas. In 110 m Tiefe bildet sie ein Oval von 270 : 170 m, in 720 m ist sie ziemlich rund mit 85 m Durchmesser geworden, noch weiter unten sendet sie eine gangähnliche Ausstülpung aus.

An einem anderen Tage befuhren wir die Bultfontein-Mine untertage auf der 1000', 1035' und 1600' Sohle.

Wir sahen den tiefstgelegenen Gneisgranit und seine Überlagerung durch Ventersdorp-Melaphyr. Dieser ist an der Auflagerungsfläche als Mandelstein entwickelt und wird schon ein paar Meter höher kompakt und körnig ohne Mandeln. Ganz prächtig waren an allen Seiten die Kontakte des Kimberlits zu sehen. Sie sind ganz scharf, senkrecht stehend, sehr häufig mit senkrechten Rutschstreifen zum Teil als Wasserkluft ausgebildet. Für den Petrographen und Lagerstättenforscher war es höchst eindrucksvoll, zu sehen, daß das ganze Gestein der Röhrenausfüllung überall bis ins kleinste brekziös ausgebildet ist. Man kann keine handgroße Fläche im Kimberlit sehen, die kein brekziöses Gefüge aufweist. Außerordentlich häufig sind hier wie in allen Kimberlitröhren die „boulders“, d. h. faust- bis über kopfgroße runde Einschlüsse von meist sehr harten und zähen andersartigen Gesteinen (siehe unten).

Die Petrographie der Röhrenfüllung konnten wir an mehreren Tagen in Muße studieren an einer wohl ganz vollständigen Sammlung, die in großen, eigens für den Kongress errichteten offenen Hallen aufgestellt war und in einer mustergültigen Weise beschriftet, mit Photographien, Mikrophotographien, Zeichnungen und ausführlichen Erläuterungen versehen war. Auch waren zahlreiche Dünnschliffe mit Mikroskopen vorhanden, ebenso prächtige Mikrophotographien und Lauediagramme von Einzelkristallen und Zwillingkristallen von Diamant.

Die Vorweisung erfolgte unermüdlich durch die beiden Hauptführer dieser Exkursion A 6, den Generalmanager der De Beers Company, Mr. Alpheus Williams und den bekannten Verfasser der ausgezeichneten „Geology of South Africa“, Dr. A. L. du Toit, der jetzt konsultierender Geologe der Diamantgesellschaften ist. Beide Herren haben seit Jahren alle petrographischen und mineralogischen Erscheinungsformen der Kimberlite und des Diamants gesammelt und studiert. Es wurde wiederholt der Wunsch ausgesprochen, daß die großangelegten 30 jährigen Arbeiten von A. Williams über die Petrographie und Mineralogie der primären Diamantenvorkommen, deren Manuskript vorgelegt wurde, bald im Druck erscheinen mögen! — Auch für die Sammler des Kongresses war in vorbildlicher Weise gesorgt, indem auf dem Hof in großen Haufen alle wesentlichen Kimberlittypen der einzelnen Minen, die hauptsächlichsten Besonderheiten, Einschlüsse, und das Nebengestein, alles mit großen Schildern mit Namen und Fundpunkt versehen, zum Mitnehmen bereit lagen, welche einzigartige Gelegenheit natürlich fleißig benützt wurde.

Die Füllung der Kimberlitröhren, in der unverwitterten Zone bekanntlich als „blueground“ bezeichnet, besteht im wesentlichen aus drei genetisch und mineralogisch verschiedenen Bestandmassen:

1. Die Grundmasse bildet der Kimberlit, ein ultrabasisches, gewöhnlich zur Familie der Olivingesteine (Peridotite) gerechnetes Eruptivgestein. Es ist aber stets bis in die größten Tiefen in allen „pipes“ nur im weitgehend zersetzten Zustand bekannt und besteht heute zum großen Teil aus Serpentin. In den verschiedenen Teilen derselben Röhre und in verschiedenen Röhren wechselt die chemische und mineralogische Natur des Kimberlits sehr. Darin befinden sich nun zahllose Einschlüsse, die sehr oft mehr Raum als der Kimberlit selbst einnehmen, von mikroskopischem bis zu kubikmetergroßem Ausmaß. Genetisch stellen sie die zweite und dritte Gruppe dar.

2. Eigentliche Einschlüsse des Nebengesteins, die bei dem explosionsartigen Durchschießen des Kimberlitmagmas durch die Röhren losgerissen wurden. Es sind meist in den oberen Teufen Karroosedimente, weiter unten mehr Granite, Gneise und kristalline Schiefer, öfters auch kontaktlich verändert und mit Kalkspat- und Zeolithgängen durchzogen.

3. Endlich spielen „Xenoliths“, d. h. Bestandmassen eruptiver Entstehung, aber von anderer mineralogischer Zusammensetzung eine große Rolle. Es sind dies die sogen. „boulders“. Besonders häufig sind Eklogite (Granat-Diopsidgesteine) und ultrabasische Gesteine, wie Harzburgite, Lherzolithe, Pyroxenite, Bronzite, usw., auch Einzelkristalle von Olivin, Diopsid, Chromdiopsid, Enstatit, Phlogopit, Granat, Ilmenit. Diese Tiefengesteinseinschlüsse, oder wie man sie früher öfters bezeichnete, „Urausscheidungen“ sind meist rund bis elliptisch und im Durchschnitt kopfgroß.

Der Diamant ist mit bloßem Auge nur als allergrößte Seltenheit zu sehen, was aus der äußerst geringen Konzentration zu erklären ist. Das lose Fördergut enthält pro Kubikmeter blueground in den Kimberleyer Minen im Durchschnitt 0,1 g oder  $\frac{1}{2}$  Karat Diamanten. Auf Gewicht berechnet sind in der Tonne Fördergutes 0,056 g Diamant. Im Geschäftsjahr 1926/27 produzierten

Dutoitspan	261 642 Karat = 52 328 g
Bultfontein	506 115 Karat = 101 223 g
Wesselton	365 595 Karat = 73 119 g
1926/27:	1 133 352 Karat = 226 670 g

im Gesamtwert von RM. 86 273 500, was einem Durchschnittswert von £ 3.16.0 = RM. 76,— pro Karat entspricht.

Es ist bemerkenswert, daß die Steine der verschiedenen Minen im allgemeinen sich sehr charakteristisch voneinander unterscheiden, so daß sie von dem Kenner fast stets sofort einer bestimmten pipe zugesprochen werden können. So sind gelbe Farbtöne besonders bei den Steinen von Dutoitspan verbreitet. Wesselton liefert viele gutausgebildete „white“ Oktaeder. Die Bultfonteinsteine sind rau und angeätzt und haben viele Einschlüsse, usw. Wir konnten uns von diesen Unterschieden recht schön überzeugen, da wir in dem Sortierraum Gelegenheit hatten, größere Haufen von Steinen nach den verschiedenen Gruben getrennt zu sehen. Auch konnten wir in Muße die höchst interessantesten kristallographischen und mineralogischen Eigentümlichkeiten großer Mengen dieser so oft schon untersuchten aber immer noch interessanten edlen Steine studieren. Auch einige ganz große Prachtexemplare von gelben klaren angeätzten Oktaedern aus der Dutoitspan Mine von über 200 Karat Gewicht wurden gezeigt und wanderten bewundernd von Hand zu Hand.

Ursprung und Entstehung der Kimberlitröhren und ihrer Diamanten wurden in jüngster Zeit wieder lebhaft erörtert. V. M. Goldschmidt hat darauf aufmerksam gemacht, daß die Einschlüsse von Eklogiten u. a. aus einer sehr tiefen Erdschale, ca. 60—100 km, stammen müssen und daß der Diamant als total instabile Modifikation ebenfalls nur unter ungeheuren Drucken konnte gebildet werden. Die Röhren mit diesem tiefentstandenen Inhalt sind durch Explosionsvorgänge plötzlich hochgekommen, was man ja aus ihrer äußeren Form schon lange schließen mußte. Auch einer der besten Kenner aller südafrikanischen Kimberlitvorkommen, Percy A. Wagner, dem wir ja mehrere vorzügliche Werke darüber verdanken, hat sich ganz vor kurzem zu diesem Gedanken zustimmend geäußert<sup>1)</sup> und noch mehrere neue Beweisgründe, z. B. sehr geringer Radioaktivitätsgehalt der Kimberlite, dazu gebracht. Auch die Abbau- und Verarbeitungsverfahren wurden uns ausführlich gezeigt.

**Abbauverfahren:** Mit Ausnahme von Kamfersdam-Mine, die auch heute noch Tagebau betreibt, ist man in den Kimberley-Gruben schon lange überall zum Tiefbau übergegangen. Am zweckmäßigsten hat sich eine Art vereiniger Kammer- und Pfeilerbruchbau erwiesen. Im Abstand von 30 m von der

<sup>1)</sup> P. A. Wagner: The evidence of the Kimberlite pipes on the constitution of the outer part of the earth. South Afr. Journ. of Science 1928, 25, 127—148.

pipe entfernt werden Aufschlußschächte niedergebracht und Sohlenstrecken im Abstand von 13 m aufgeföhren. Von denen aus wird der Abbau derart vorgerichtet, daß er aus lauter Kammern von 7—13 m Breite besteht. Deren Firsten werden so lange hochgebrochen, bis sich die ersten Anzeichen des Zubruchgehens bemerkbar machen. Dann legt man die Kammer still und läßt sie zu Bruch gehen. Das hereingebrochene Haufwerk wird durch Sturzrollen auf die Hauptförderstrecken und von da zum Hauptförderschacht geföhrt, der 360 bis 400 m von der pipe entfernt im ungestörten Gebirge steht. Der Sprengstoffverbrauch beträgt pro Meter Strecke

im Blaugrund	5,5 kg	40 Prozent Dynamit,
im Schiefer	3,4 kg	40 Prozent Dynamit,
im Dolerit	4,7 kg	50 Prozent Sprenggelatine.
im Melaphyr	8.3 kg	50 Prozent Sprenggelatine.

**Aufbereitung:** Das alte Verfahren, den Blaugrund auf großen „floors“ auszubreiten und lange Zeit verwittern zu lassen, hat jetzt überall der sofortigen Zerkleinerung nebst folgender mechanischer Aufbereitung, dem „direct treatment process“ (Abb. 21) Platz gemacht.

Das Haufwerk wird nach der Vorklassierung auf Gates-Brechern bis auf 52 mm (2") zerkleinert und auf Waschpflannen mit rotierenden Rührarmen von 4 m Durchmesser aufgegeben. Der Schlamm und die leichten Mineralien fließen über den Austrag in zylindrische Skips, die auf einem doppelgleisigen Schrägaufzug zur Halde beföhrt werden, wo sie sich selbsttätig entleeren (Abb. 22), während die Diamanten sich mit den schwereren Mineralien am Boden ansammeln. Dort werden sie von Zeit zu Zeit abgezogen und in verschließbaren Förderwagen zum Pulsator gebracht. Hier findet zunächst auf Siebtrommeln eine weitere Klassierung in sieben Kornklassen zwischen 32 und 1,6 mm statt. Jede Kornklasse wird auf Setzmaschinen behandelt. Deren Konzentrate werden getrocknet und auf Fettherde (grease tables) mit Querschüttelbewegung aufgebracht. Die Diamanten bleiben an dem Fett hängen, während die anderen schweren Mineralien darüber hinwegwandern. Von Zeit zu Zeit wird das Fett, auf dem die Diamanten in dicken Haufen festkleben, von Hand in Büchsen abgestrichen, in denen durch Wärmebehandlung die Diamanten vom Fett geschieden werden. Die gereinigten Diamanten kommen in den Sortierraum, wo sie nach Größe, Reinheit, Farbe, Form, usw. gleich in die verschiedenen Handelsarten getrennt werden.

Zur Zeit ist eine solche Anlage für die Dutoitspan- und Wesselton-Grube gemeinsam im Betrieb. Sie verarbeitet pro Stunde 1000 Tonnen Blaugrund. Bultfontein hat seine eigene ähnliche Aufbereitung.

### Die Premier-Mine bei Pretoria<sup>1)</sup> 2).

Während der Versammlung in Pretoria wurde an einem Tag

<sup>1)</sup> P. A. Wagner: The Premier Diamond Mine. XV. Intern. Geol. Congr. 1929. Guide Book. Exc. B. 14. 8 p.

die größte und reichste Diamantpipe besucht, die Premier-Mine. Sie liegt 33 km ONO von Pretoria, an der äußersten Südostecke des geologisch als Bushveld-Complex zusammengefaßten Gebietes. Die Röhre sitzt teils in den eruptiven Bushveldfelsiten auf, teils in deren Unterlage, dem Pretoria-Quarzit des Transvaalsystems. Mitten in der gewaltigen Pipe liegt als „Nebengesteinseinschluß“ allergrößten Umfangs eine kompakte Masse von Quarzit von ca. 200 m Breite, 500 m Länge und von einer bis jetzt auf beinahe 300 m nachgewiesenen Tiefe. Ihrer petrographischen Natur nach handelt es sich um einen jüngeren Quarzit, dem Waterbergssystem angehörend, das in der weitesten Umgebung heute nicht mehr erhalten ist. Sein Vorkommen als Einschluß in der Premier-Mine läßt sehr wichtige und interessante Folgerungen zu über die Paläogeographie zur Zeit der Kimberlitröhrenbildung.

Die Premier-Röhre ist die größte bekannte Pipe mit ca. 870 m Längs- und 500 m Querdurchmesser. Bis zur größten heute bekannten Tiefe von ca. 200 m bleibt Größe und Form dieselbe.

Die Röhrenfüllung ist grundsätzlich dieselbe wie die der anderen Pipes. Der Kimberlit ist eine glimmerarme basaltische Abart, und ist im allgemeinen nicht ganz so stark zersetzt und serpentinisiert wie das Gestein in den Kimberley-Gruben. Auch hier finden sich wieder zahlreiche „Urausscheidungen“ und oft besonders viele Nebengesteinseinschlüsse. Der Kimberlit ist überall tuffig-brekiös und besonders gut sind hier Anzeichen von mehreren hintereinander erfolgten Explosionen im Schlot zu sehen. Eine petrographisch und genetisch wichtige Erscheinung stellen zahlreiche breite und schmale „Karbonatitgänge“ im Kimberlit dar, deren Gestein aus Kalkspat, Serpentin, Magnetit usw. besteht. Sie sind entweder als Karbonatite, d. h. echte eruptive Gänge, wie sie neuerdings von manchen Gegenden bekanntgeworden sind, aufzufassen, oder aber es handelt sich um „autometamorphe“ hydrothermale Zersetzungszone im Kimberlit.

Der Diamantgehalt ist im Gestein recht gleichmäßig verteilt. Auf die gesamte Förderung von 25 Betriebsjahren umgerechnet, beträgt der Gehalt eines Kubikmeters losen Fördergutes 0,51 Karat. Die Förderung des letzten Betriebsjahres enthält 0,43 Karat auf den Kubikmeter. Die Diamantkonzentration in der Premier-Mine ist also fast genau dieselbe wie in den Kimberley-Gruben.

Auffällig viele Bruchstücke und Spaltstücke von Diamanten werden in der Premier Mine gefunden, viel mehr als ringsum ausgebildete Kristalle. Die Qualität der Steine ist hier viel wechselnder als in anderen Gruben. Neben minderwertigen, stark gefärbten kleinen Steinen, Bruchstücken und Bort finden sich in der Premier-Mine die feinsten „blue white“ Steine und die schönsten, reinst gefärbten Schmucksteine. Auch die Größe wechselt recht auffällig. Der größte

<sup>2)</sup> Notes on the Premier Diamond Mine Transvaal, 14 p. (Von der Direktion verteilte Druckschrift.)

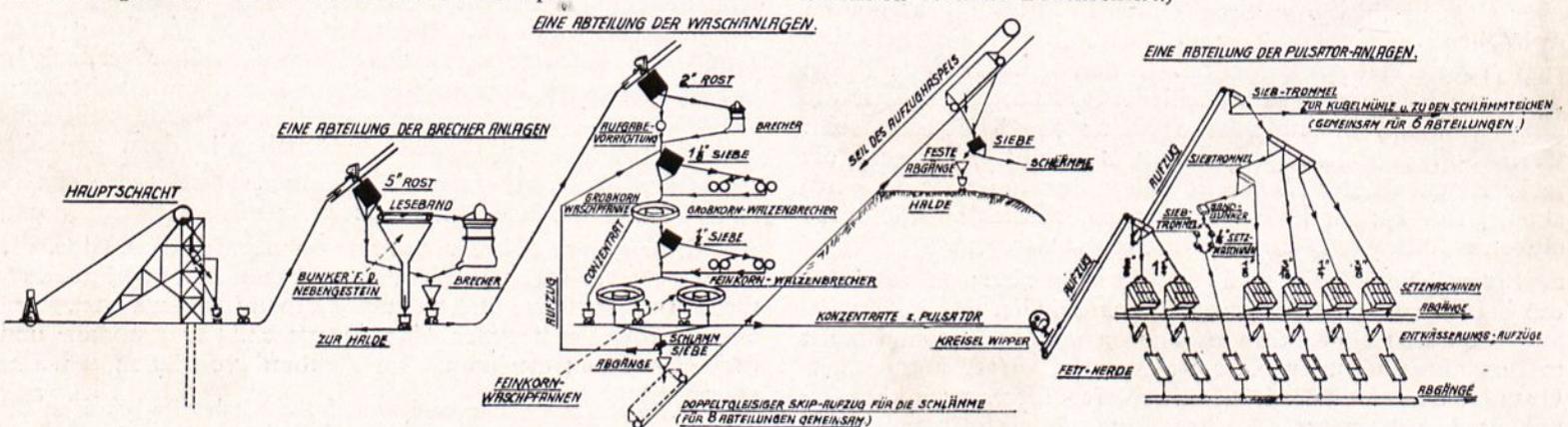


Abb. 21. Stammbaum der Diamant-Aufbereitungs-Anlage („Direct treatment“) der De Beers Consolidated Mines Ltd. in Kimberley.

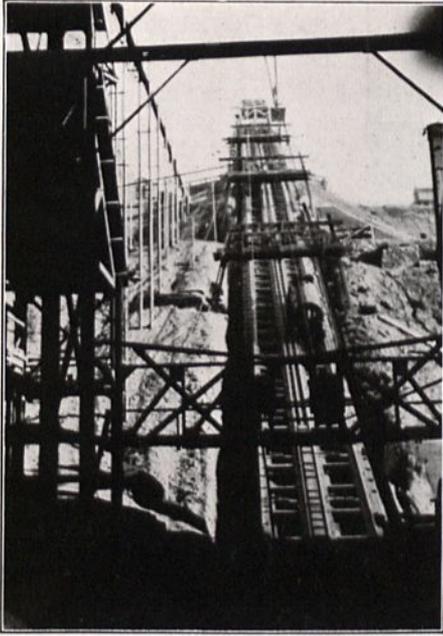


Abb. 22. Schrägaufzug zum Befördern der Schlämme zur Halde. Zentralförderer bei Kimberley. (Aufn. Schneiderhöhn.)



Abb. 23. Tagebau der Premier-Mine.

(Aufn. Schneiderhöhn.)

jemals gefundene Diamant, der „Cullinan“ stammt von hier. Er wog 3300 Karat und war dazu noch ein Spaltstück eines vielleicht doppelt so großen Oktaeders. Er war ein blue-white Stein von allererster Qualität. Ein anderer, ebenso guter blue-white Stein, ebenfalls ein Spaltstück, von 1500 Karat, wurde im Oktober 1919 gefunden, war aber durch die Zerkleinerungsmaschinen in mehrere Stücke zerbrochen. Eine Besonderheit der Premier-Mine sind wunderschöne stahlblaue Schmucksteine und opaleszierende blue-white Steine.

**Abbau und Verarbeitung:** Die Premier-Pipe wurde im November 1902 durch Thomas Cullinan entdeckt. Von April 1903 bis Oktober 1928 wurden 52,3 Millionen cbm, das sind etwa 100 Millionen Tonnen Blaugrund gefördert mit einem Gehalt von über 27 Millionen Karat oder 5400 kg Diamanten. Es wird auch heute noch im Tagebau gearbeitet, auf Sohlen von 50 zu 50 Fuß Abstand. Die tiefste Sohle ist z. Z. 200 m tief (Abb. 23 u. 24). In Anbetracht des standfesten Nebengesteins dürfte der jetzige Tagebau-Abbau noch bis auf 350 bis 400 m Tiefe möglich sein. Dieser riesenhafte Tagebau macht einen ungeheuren Eindruck auf den Beschauer, sowohl während der Tagesarbeit, als auch während der Nachtschicht, wenn er mit zahlreichen Scheinwerfern beleuchtet wird. Besonders eindrucksvoll war das Schießen, das wir 200 m über der tiefsten Tagebausohle stehend bequem beobachten konnten.

Das Haufwerk wird in den Förderwagen durch einen tonnslägigen Schacht hochgezogen, in Bunker entleert, auf Roste von  $2\frac{1}{2}$ “ gebracht. Die Klassen unter  $2\frac{1}{2}$ “ gelangen auf zwei Walzwerke und werden  $\frac{7}{8}$ “ zerkleinert, und auf Grobkornsetzmaschinen weiterverarbeitet. Der Austrag geschieht durch einen mechanischen Kratzer. Die angereicherten Konzentrate werden von dem Becherwerk einem Band ohne Ende aufgegeben und von diesem in den Vorratsbunker geschafft zur Weiterverarbeitung durch die Rohrmühlen und Fettherde. Die Abgänge aus den Grobkornsetzmaschinen gelangen in Entwässerungssiebe mit  $1\frac{1}{12}$ “ Maschenweite. Das entwässerte Material wird in dem 1,83 m<sup>2</sup> Walzwerk auf  $\frac{3}{16}$ “ zerkleinert, von dem Becherwerk zu einem Verteilungstrichter gehoben und den Feinkornsetz-

maschinen aufgegeben. Die Abgänge der Feinkornsetzmaschinen gelangen in den Klärteich. Dort werden die Absätze von dem Schlammbecherwerk auf ein Transportband geschaufelt, das sie in einen Bunker bringt. Hier werden sie abgezogen und mit einer Förderbahn zur Halde gebracht.

Die angereicherten Konzentrate aus den Rührherden kommen in die Rohrmühlen, die 55 Prozent des Materials zu Schlämmen zerkleinern. Der Rest wird gelütert, auf Siebtrommeln klassiert und gelangt schließlich zu den Fettherden (Plänenherde). Die Plänen machen 3 Umdrehungen in der Stunde und werden selbsttätig mit einem Spezialfett (sogen. amerikanische Vaseline) eingefettet. Die Konzentrate bleiben an dieser Fettschicht haften, während das andere Material vom Wasserstrom abgespült wird und abgeht. Das Fett mit den anhaftenden Diamanten und einigen anderen Mineralien wird am oberen Ende automatisch von einem Kratzer abgestrichen und fällt in einen elektrisch geheizten durchlöcherter Behälter, wo die Trennung von Fett und Konzentrat stattfindet. Das Fett fließt ab, während die Mineralien in einen durchlöcherter Zylinder fallen, von hier zu den Kläubetischen gelangen, wo die Diamanten von Hand ausgeklaut und sortiert werden.

#### Anhang: Exkursion zu den fluviatilen Diamantseifen<sup>1)</sup>

An zwei Stellen konnten wir auch noch fluviatile Diamantseifen und ihre Abbauarten sehen: im Vaal-Fluß bei Sydney nordöstlich Kimberley und in der Nähe der Premier-Mine. Noch heute wird hier in ziemlich primitiver Weise von einzelnen „diggers“ Kies und Sand der Flüsse gewaschen. Zahlreiche kleine und kleinste Gruben, Löcher und „Schächte“ stehen dort eng nebeneinander, der Kies wird bis auf den festen Untergrund herausgeholt, solange das Grundwasser es irgendwie zuläßt, und in Sieben meist von Hand gesetzt. Bei Sydney war der Vaal von einer Vereinigung von „diggers“ in der Trockenzeit durch einen Damm abgelenkt worden und dort wurden im fast trockenen Flußbett die Kiese gewonnen und in etwas vollkommenerer Weise aufbereitet. Doch wird

<sup>1)</sup> A. L. du Toit: Barely West to Sydney. XV. Intern. Geol. Congr. 1929. Guide Book Exc. A. 6. p. 10—13.



**Abb. 24.** Premier-Mine. Nach einer von der Administration der S. Afr. Railway and Harbours zur Verfügung gestellten Aufnahme.

oft in der Regenzeit der Damm wieder fortgerissen. — Die gewonnenen Steine haben recht gute Qualität, wir sahen mehrere ganz vorzügliche große Steine, doch ist die Gewinnung stets ein zweifelhaftes Geschäft, da die Verteilung ganz wechselnd ist. Einzelne sehr reiche, tiefe Strudellöcher liegen neben weiten ganz tauben Strecken, deren Verteilung ganz zufällig ist und durch kein Kennzeichen von oben her zu erkennen ist.

Interessant waren die mesolithischen Steinwerkzeuge, die in den Kiesen des Vaal massenhaft vorkommen.

#### **D. Die alluvialen Diamantvorkommen Süd- und Südwestafrikas Von Erich Kaiser**

Die ersten Diamanten in Südafrika wurden in Flußablagerungen gefunden. Wenige Jahre darauf fand man die ersten

primären Vorkommen. Aber immer wieder ist die Entwicklung des Abbaues auf den primären Lagerstätten gestört worden durch neue Funde auf alluvialen Lagerstätten. Um einen Überblick über diese wirtschaftlichen Verhältnisse zu geben, wähle ich deshalb im folgenden zunächst eine historische Darstellung der Entwicklung des Diamantenabbaues in Südafrika. Die Verbreitung der alluvialen Diamantvorkommen in Südafrika (im weiteren Sinne) ergibt sich aus der Kartenskizze Abb. 25.

Im Jahre 1867 wurden die ersten Diamanten Südafrikas in den Flußablagerungen des Vaalflusses gefunden, welcher Entdeckung dann schon 1871 in der Nachbarschaft die Entdeckung der primären Fundstellen von Kimberley folgte. Im Laufe der

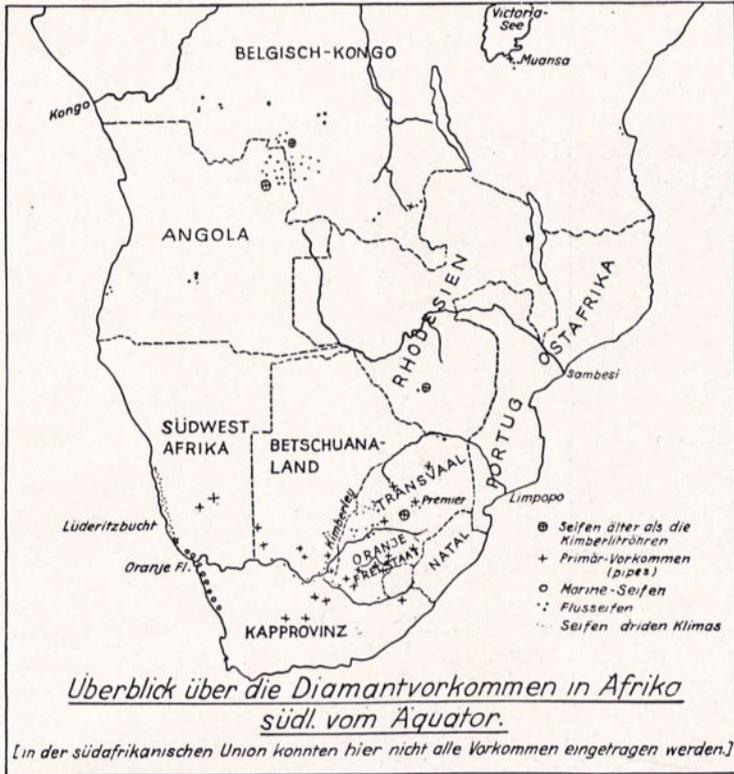


Abb. 25.

nächsten Jahre wurden viele neue Lagerstätten in Flußablagerungen (Alluvialvorkommen) und auch zahlreiche Primärvorkommen in den Durchschlagsröhren (pipes) des Kimberlit genannten vulkanischen Gesteins (vgl. S. 22) gefunden.

In den ersten 30 Jahren fanden immer wieder neue Funde statt; aber keiner veranlaßte ernstliche Störungen, selbst nicht die Entdeckung der Premier Grube östlich von Pretoria im Jahre 1902, von wo der bisher größte nachgewiesene Diamant, der Cullinan Diamant, im Gewichte von  $3025\frac{3}{4}$  Karat, also von 605 g, stammt. Der Zusammenschluß der Gruben bei Kimberley in der De Beers Consolidated Mines, Ltd., gab Sicherheit und Stetigkeit.

Erst die Funde in Deutsch-Südwestafrika (1908) brachten den südafrikanischen Produzenten große Sorgen und seitdem sind immer wieder neue, z. T. sehr viel größere Überraschungen eingetreten. Die Einschränkung des Abbaues während des Krieges und der Einfluß der umfangreichen Verkäufe von Altdiamanten in den valutaschwachen Ländern und be-

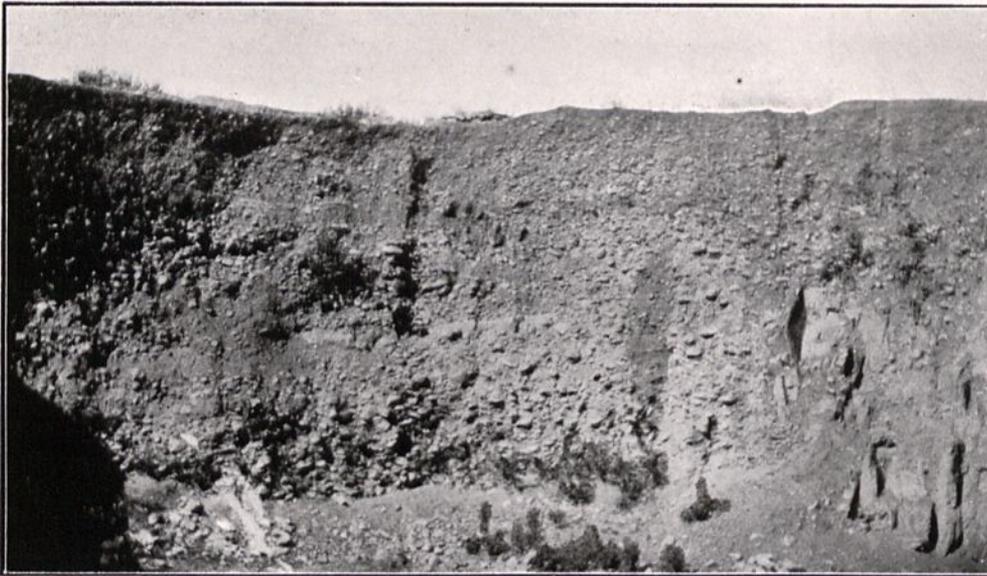
sonders aus russischem Besitz waren nur vorübergehende Erscheinungen. Viel schwerer wogen aber die vielen Funde zunächst außerhalb Südafrikas (vgl. die Zahlen auf S. 28) und dann in diesem Lande selbst. Besprechen wir hier nur die letzteren.

Anfang 1926 wurden in dem Lichtenburg-Distrikt des westlichen Transvaal neue Alluvialvorkommen entdeckt, deren Ausbeutung schon im Oktober den Wert von 8 Millionen RM. monatlich überstieg. Im April 1927 waren bei Lichtenburg, wo vorher nur wenige Farmer lebten, 50 000 Europäer und 90 000 Eingeborene zur Diamantgewinnung versammelt. Es waren wiederum Alluvialvorkommen. Aber die Diamanten, welche hier aus den alten Flußschottern vielleicht eines zum Harts-River, damit zum Vaal, oder zum Moloppo gehörenden Abflußsystems gewonnen werden (vgl. Abb. 26/27) sind kleiner und geringwertiger als die fast aller anderen Alluvialvorkommen Südafrikas. Während Alluvialsteine aus der Umgebung von Kimberley pro Karat rund 220 RM. bringen, solche von Prieska am Oranje 235 RM., solche von Hopetown am Oranje südwestlich von Kimberley sogar 238 RM., war der Durchschnittserlös bei Lichtenburg 1926/27 nur 55 RM. Es muß aber sehr wohl beachtet werden, daß nicht alle Vorkommen in der Umgebung von Lichtenburg gleichen Erlös bringen. Nach A. F. Williams schwankt der Durchschnittswert der auf den verschiedenen alten Flußläufen in der näheren Umgebung von Lichtenburg abgebauten Lagerstätten zwischen 34 und 97 RM. pro Karat, während die aus anderen alten Flußschottern in etwas weiterer Entfernung von Lichtenburg gewonnenen Diamanten 126—150, ja sogar in einem etwas weiter abgelegenen Gebiete gewonnenen Diamanten durchschnittlich 179 RM. erzielen, wobei die Durchschnittsziffer vom Beginn des Abbaus bis zum August 1929, zumeist über drei Jahre, gegeben ist. Diese Wertunterschiede, die wir immer wieder bei den Alluvialsteinen finden, können nicht allein durch verschiedenartige Abtragungsverhältnisse erklärt werden, sondern müssen ihren Grund besonders darin haben, daß auch nahe bei einander gelegene, alte oder junge Flußläufe die transportierten Diamanten aus verschiedenen primären Diamantenvorkommen entnommen haben.

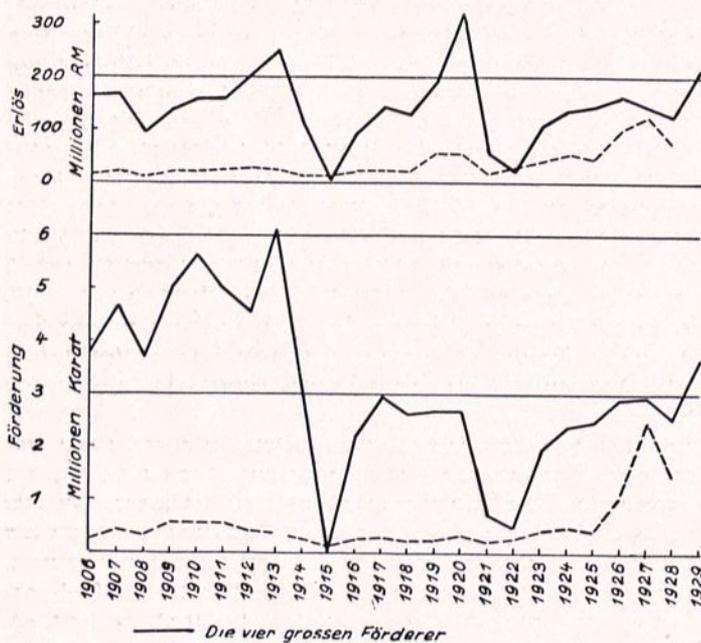
Der Diamantenmarkt wurde durch diese Funde bei Lichtenburg viel mehr in Unruhe versetzt, als durch die schon erwähnten Funde im Kongostaat, in Angola, an der Goldküste und durch die Funde, welche man bei Muanza am Viktoria-See in Ostafrika nach dem Kriege neu untersucht und aufgeschlossen hatte. Der Diamantenmarkt wurde, nicht nur für Südafrika, so umgestellt, daß die Hauptausbeute, welche vor



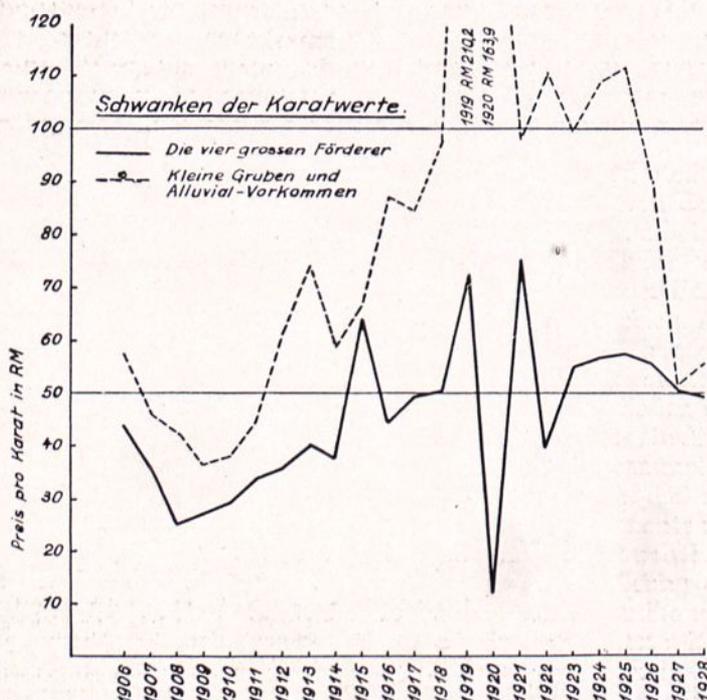
Abb. 26. Diamantschotter der Alluvialvorkommen von Grasfontein im Lichtenburg-Distrikt. Die Schichtung fluviatiler Ablagerung ist meist nicht mehr zu erkennen, wohl hauptsächlich deshalb, weil die reichlich vorhandenen Dolomitgerölle ausgelaugt sind und der Rest zusammensackte. (Aufn. E. Kaiser)



**Abb. 27.** Diamantschotter („high level gravel“) von Upper Gong Gong am Vaal Fluß bei Kimberley. Die Unterlage, hier „Andesite“ des Ventersdorp Systems sind karrenartig zerschnitten. Die Schotter sind oft an tiefe, in den Andesit eingeschnittene Rinnen („dongas“) gebunden. (Aufn. E. Kaiser)



**Abb. 28.** — Die vier grossen Förderer  
- - - Kleinere Gruben u. Alluvial-Vorkommen



**Abb. 29.**

Jahren von den Primärvorkommen (Gruben auf Kimberlit-  
röhren) geliefert war, nunmehr 1927 von den Alluvialförderern  
nahezu erreicht wurde, so daß die älteren Förderer nicht mehr  
in demselben Maße wie bisher Diamanten auf den Markt  
bringen konnten. Das möge durch eine Ziffernangabe belegt  
werden, wie durch die graphischen Darstellungen Abb. 28  
und 29\*).

Einflüsse auf die Diamantenausbeute  
Südafrikas (vgl. Abb. 28 u. 29).

	Konferenz-Förderer <sup>1)</sup>		Kleinere Gruben und Alluvial-Vorkommen	
	Tausend Karat	Wert in Millionen RM.	Tausend Karat	Wert in Millionen RM.
1906	3860	167	213	12
1910	5659	165	566	22
1913	6119 <sup>2)</sup>	248 <sup>2)</sup>	399	29
1915	1 <sup>3)</sup>	0,06	104	6,8
1919	2692	195	273	57
1920	2668	321	332	54
1921	707 <sup>4)</sup>	53	207	20
1922	510 <sup>4)</sup>	20	270	29
1924	2412	137	481	52
1925	2488	144	423	47
1926	2902	163	1009 <sup>5)</sup>	91
1927	2924	147	2460	127
1928	2557	127	1416	79

Die Qualität der Steine des Lichtenburger Vorkommens war,  
wie gesagt, gering und drohte das Ansehen der südafrikani-  
schen Diamantproduktion gewaltig zu schädigen (vgl. auch  
Abb. 29). Es gab auch zunächst keine Möglichkeit, dem  
Diamantgräber (dem „digger“), welcher diese Alluvial-Vor-  
kommen nach dem geltenden Gesetze abbaute, die Weiter-  
arbeit zu verhindern. Er mußte auch die gewonnenen Diaman-

\* ) Würde in Abb. 29 der Karatwert für Lichtenburg allein zum  
Ausdruck kommen, so würde wohl die Linie für den Karatwert der  
Alluvialsteine (gestrichelte Linie; die kleineren Gruben treten in der  
Ausbeute gegenüber der auf den Alluvial-Vorkommen fast ganz zu-  
rück) 1927 unter die Linie für die großen Förderer heruntersinken.

<sup>1)</sup> Konferenz-Förderer = de Beers, Jagersfontein, Premier und Süd-  
westafrika = „the big four“. Die Alluvialdiamanten Südwesafrikas  
erscheinen somit in dieser Tabelle unter den links gegebenen Ziffern,  
wogegen auf der rechten Seite nicht die kleinen Gruben auf primären  
Vorkommen, sondern die so sehr schwankenden Ausbeutungsziffern  
der vielen Alluvial-Vorkommen der Südafrikanischen Union die Un-  
gleichmäßigkeiten hervorgerufen.

<sup>2)</sup> Volle Auswirkung Südwesafrikas in der Vorkriegszeit.

<sup>3)</sup> Einstellen der Hauptbetriebe in Südafrika.

<sup>4)</sup> Einwirkung der Verkäufe aus Altbesitz und der Weltgeldkrise.

<sup>5)</sup> Einsetzen der Lichtenburger Funde.

ten bald auf den Markt bringen und konnte sie nicht aufspeichern, bis etwa bessere Preise erzielbar waren. Die Regierung schützte den kleinen Mann! Die großen Gesellschaften kauften wohl Farmen auf, um deren Ausbeutung zu verhindern, kauften auch große Mengen der Lichtenburger Diamanten, um einen Überfluß zu vermeiden. Zum Schluß hat dann doch die Regierung 1927 durch besondere gesetzliche Maßnahmen zur Sicherung des Diamantenmarktes und der Steuereingänge die Förderung der Alluvial-Diamanten gedrosselt, damit allerdings auch die großen Gesellschaften getroffen und sie in ihren Maßnahmen eingeeengt.

Aber schon vorher war man erneut überrascht: Der nicht nur durch das Auffinden der großen Platinlagerstätten Transvaals bereits rühmlich bekanntgewordene deutsche Bergassessor Dr. h. c. Hans Merensky wies, unter wesentlicher Mitarbeit von Dr. E. Reuning und Dr. J. B. Celliers, an der Küste des kleinen Namalandes südlich von der Mündung des Oranjeflusses auf gehobenen Strandterrassen an Diamanten sehr reiche marine Lagerstätten (marine Diamantseifen) nach. Fluviale diamantführende Ablagerungen wurden in der Nähe der Strandterrassen festgestellt. (Abb. 30.) Die Menge der Alluvialsteine Südafrikas wurde erneut vermehrt. Aber diese neuen Diamanten waren viel wertvoller als die Lichtenburger Alluvialsteine und bildeten wohl die besten, bisher überhaupt auf den Markt gekommenen Diamantenpakete. Allein bei Prospektionen zu Anfang 1927 hat man in sechswöchentlicher Arbeit beim Ziehen von wenigen Schürfstreifen 12 420 Karat mit einem Verkaufspreis von rund 3 080 000 RM. gefördert. Darunter war ein Stein von 85 Karat, welcher 1200 RM. pro Karat erbrachte. Ein anderer ausgezeichneter blauweißer Stein von 71,5 Karat erzielte sogar 160 000 RM. (70 Karat = 2 ccm).

Man sucht vergeblich nach einer zusammenfassenden Angabe über die an der Küste des kleinen Namaqualandes (also südlich von der Oranjemündung) gewonnenen Diamanten. A. F. Williams schätzt die Ausbeute auf 1 Million Karat im Werte von etwa 240 Millionen RM.

Die Güte dieser Alluvialsteine von der Küste des Namaqualandes steht hoch über dem Durchschnitt alles dessen, was man bisher in Südafrika an Diamanten gewonnen hat. Da die Funde auf Regierungsland gemacht waren, konnte die Regierung den Findern zum Teil schon nach dem alten Gesetz, zum Teil aber durch das vorher erwähnte Gesetz von 1927 große Beschränkungen in der Ausbeutung auferlegen. Sie hat auch im Verfolg ihrer Maßnahmen einen großen Teil der neuen Funde als Regierungseigentum erklärt und beutet, nachdem die Finder den ihnen zugesprochenen Anteil abgebaut haben, die weiteren Teile dieser wunderbaren Lager-

stätte selbst aus. Im Jahre 1929 wurden von diesen Lagerstätten an der Küste des Namaqualandes 314 134 Karat im Werte von rund 76 Millionen RM. verkauft, so daß hier ein Karatpreis von rund 240 RM. erzielt wurde, während die gesamte Ausbeute Südafrikas desselben Jahres durchschnittlich nur 80 RM. pro Karat erzielte.

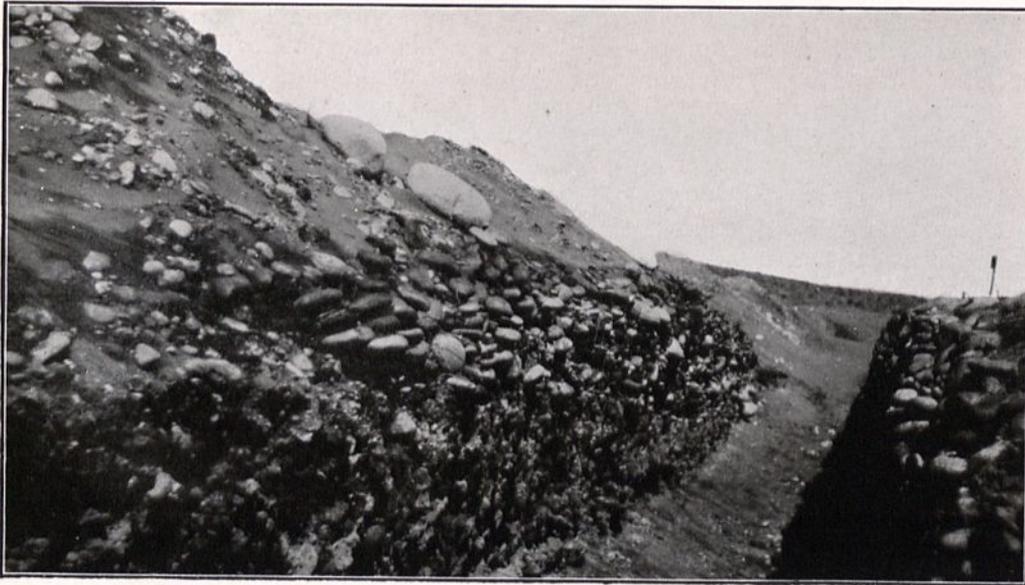
Diese marinen Diamantterrassen wurden dann noch auf eine größere Erstreckung hin (nach A. F. Williams bis auf 240 km von der Oranjemündung) nach Süden verfolgt, sind aber nicht auf diese Erstreckung abbaubar. Die Ausbeutung ist nur stellenweise erlaubt. Ein Betrieb liegt an der Mündung des Buffelsrivers auf der Farm Klein Zee südlich von Port Nolloth, wo besonders die Menge der stark abgerollten Diamanten auffällt.

Es ist selbstverständlich, daß man sich nach diesen Funden die Frage vorlegte, ob eine Fortsetzung nördlich von der Oranjemündung zu finden sei. Die Nachforschungen waren 1928 von vollem Erfolg gekrönt und führten daraufhin auch in dem sogenannten Sperrgebiet Südwestafrikas zu vorher ungeahnten Aufschlüssen. Nach Zeitungsberichten vom März 1930 sind nördlich vom Oranje diamantführende marine Seifen bis auf 32 km von der Flußmündung entfernt nachgewiesen, die wohl auf diese ganze Erstreckung hin abbaubar sind. (Abb. 31.) Mehrere marine Strandwälle liegen hier, welche Diamanten in ähnlicher Menge und in gleicher Güte enthalten, wie südlich vom Oranje. Das Auffinden war erschwert durch eine dichte Flugsandüberdeckung. Durch systematisches Ziehen von Schürfgräben quer zur Längserstreckung hat man aber die Fündigkeit nachgewiesen und hat sogar Anzeichen dafür, daß der diamantführende Strich in seiner ganzen Ausdehnung noch nicht erkannt ist. Gerade hier kann man die von A. F. Williams zunächst für das Gebiet südlich vom Oranje geschilderte Umlagerung der Diamanten aus älteren Strandablagerungen in jüngere beobachten.

Nahe nördlich von der Mündung ist mitten in dem früher fast unbetretenen Gebiete eine neue Siedlung Oranjemündung mit Kraftstation, Aufbereitungsanlage, Werkstätten, Wohnhäusern, Wasserleitung usw. und einer Autostraße, bis an die Grubenbahn bei Pomonahügel im Lüderitzbuchter Diamantengebiet, entstanden. Ein erster Abbau ist Februar 1929 am südlichen Ende des Hauptstrandwalles eingerichtet worden, welcher in den ersten vier Monaten eine Ausbeute von 17 500 Karat im Werte von 3,7 Millionen RM., also von rund 215 RM. pro Karat lieferte. Nach Angaben der Gesellschaft vom Februar 1930, aus südafrikanischen Zeitungen entnommen, wird der Inhalt der bis dahin aufgeschlossenen Lagerstätte auf 1 750 000 Karat geschätzt; die vorhandenen Vorräte dürften aber noch wesentlich höher sein. Der größte



**Abb. 30.** Diamantführende Geröllablagerungen der marinen Strandterrassen der Merensky claims von der Alexanderbucht an der Küste des kleinen Namaqualandes. Die Terrasse wird gebildet von vielen Austernschalen (lang gestreckt), in deren Anhäufung dann große rundliche Gerölle unregelmäßig eingelagert sind. Die Diamanten dieser wunderbaren Lagerstätte treten in dieser Mischung von Austernschalen und Geröllen auf. Überlagerung durch Flugsand und Abhangschutt. (Auf. E. Kaiser)



**Abb. 31.** Ein Strandwall, im Schürfgraben aufgeschlossen, der neuen Diamantlagerstätte nördlich von der Oranje-Mündung, im Sperrgebiet Südwestafrikas. Diese Strandlinie liegt niedriger als bei der Alexanderbucht, ist also wahrscheinlich jünger. Die Austernschalen fehlen. Schichtung oft noch gut erkennbar. Überdeckt werden diese Lager von Flugsand. Zwischen den Geröllen und besonders an der Basis des Geröllagers liegen die Diamanten. (Aufn. E. Kaiser)

bisher an der Küste nördlich vom Oranje gefundene Steinwog 246 Karat. Er übertrifft damit die an der Alexanderbucht südlich vom Oranje gefundenen und ist der bisher größte, in Südwestafrika gefundene Diamant.

Diese historische Darstellung lehrt uns, wie immer von neuen Diamantlagerstätten in Südafrika aufgefunden wurden. Man muß die Worte jenes ausgezeichneten Lagerstättenforschers Dr. P. A. Wagner im Auge behalten, daß es undenkbar sei, daß damit das Ende der neuen Diamantfunde in Südafrika gegeben wäre.

Die Funde südlich und nördlich des Oranje in marinen Strandwällen und Strandterrassen (marinen Seifen) warfen erneut die Frage auf, woher diese Diamanten an der Küste stammen. Die schon früher viel erörterte Frage, ob die in der Küstenwüste der Namib Südwestafrikas auftretenden Diamanten, von denen nachher noch die Rede sein wird, aus dem Stromgebiet des Oranje stammten, mußte erneut geprüft werden. Wohl hat man auch jetzt wieder die Frage erörtert, ob die Diamanten der marinen Seifen aus heute unter dem Meeresspiegel liegenden Primärvorkommen stammen könnten. Aber man kann diesem Gedanken doch aus vielen Gründen nicht nachgehen, wie ich an anderer Stelle erörtern will. Alles deutet darauf hin, daß die in der Küstenzone Süd- und Südwestafrikas in marinen Seifen und in durch die Vorgänge des Trockengebietes angereicherten (nennen wir sie: ariden) Seifen auftretenden Diamanten alle aus dem Inlande stammen. So haben sich 1927 P. A. Wagner und H. Merensky für die Herleitung der Diamanten südlich vom Oranje aus dem Inlande ausgesprochen. A. F. Williams hat dann in seiner neuen ausführlichen Darstellung der Alluvialdiamanten Südafrikas vielerlei neue Daten dafür beigebracht, daß die Diamanten der marinen Seifen zu beiden Seiten der Oranjemündung durch einen Vorläufer des Oranje von bekannten und noch unbekanntem Fundstellen im Inlande nach der Küste gebracht worden seien. Am interessantesten von seinen Ausführungen ist zunächst, daß nach Zeiten längerer gleichmäßiger Trockenheit stärkere Niederschläge ein ganz intensives Abkommen (Abfließen der Trockentäler) des ganzen Oranjestromsystems bedingt hätten, womit eine völlige Ausräumung des angesammelten Schuttes verbunden gewesen sei. So erkläre es sich, daß nur zu einzelnen Zeiten eine besondere Menge von Diamanten in das Meer geführt, dort von der Brandungswelle zu beiden Seiten der Flußmündung verfrachtet, durch Zerstörung der übrigen Bestandteile angereichert und in den Strandkonglomeraten angehäuft wurde. Die nordwärts gerichtete Benguelaströmung habe eine weitgehende Südwanderung der Diamanten nicht verhindern können. Ja, sogar mancherlei

Anzeichen werden dafür angeführt, daß auch heute noch eine N-S-Strömung südlich von der Oranjemündung an der Küste entlang bemerkbar sei.

A. F. Williams weist weiter darauf hin, daß ein Teil der in den jüngeren Strandterrassen aufgefundenen Diamanten aus der Zerstörung älterer gehobener Strandterrassen hervorgegangen und in den jüngeren Strandterrassen wieder abgelagert worden sei. Die höchstgelegene, die sogenannte Austernlinie der Merenskyschen Funde sei so nur an wenigen Stellen erhalten und habe den größten Teil ihres einstigen Diamantengehaltes an die jüngeren Strandterrassen abgegeben.

A. F. Williams geht dann aber so weit, daß er auch die im Schutt der Namibwüste in der weiteren Umgebung von Lüderitzbucht auftretenden Diamanten auf den gleichen Vorgang zurückführt und damit die von H. Lotz 1909 zuerst ausgesprochene Ableitung der Diamanten bei Lüderitzbucht vom Oranje her erneut aufgreift. Hierzu muß aber auch hier einiges bemerkt werden. Zunächst kommen die Diamanten in dem Lüderitzbuchter Diamantengebiet bis in viel größere Höhen hin vor, als sie in den marinen Terrassen südlich von der Oranjemündung festgestellt sind. Es müßte, wenn ein Zusammenhang bestände, so wie es A. F. Williams vermutet, eine sehr große Niveauveränderung (Hebung des Landes im Lüderitzbuchter Diamantgebiet) eingetreten sein, als sie sich an der Mündung des Oranje auswirkt. Wenn wir wohl mancherlei wissen von jüngeren Hebungen des Landes und zwischenliegenden kleineren Senkungen, auch Anzeichen für ungleiches Verhalten an der südwest- und südafrikanischen Küstenlinie, so können wir doch nicht zugunsten der Ableitung der Diamanten im Wüstenschutt der Namib eine durch keine andere Angabe gestützte Niveauverschiebung daraus folgern, um jene Annahme einer Verknüpfung der verschiedenen Ablagerungen zu beweisen.

Wichtiger aber ist noch die Altersfrage der verschiedenen Ablagerungen. Die Diamanten in der Umgebung von Lüderitzbucht weisen darauf hin, daß die Zubringerflüsse für die dortigen Ablagerungen ein alttertiäres, wenn nicht höheres Alter gehabt haben. Die Diamanten südlich von der Oranjemündung treten nach den Fossilbestimmungen von Dr. S. H. Houghton in miopliocänen Ablagerungen auf. Die Strandwälle nördlich vom Oranje sind nach dem geologischen Befunde jünger und werden so auch von Williams angesehen. Man kann somit die Lüderitzbuchter Ablagerungen nicht aus denen an der Oranjemündung durch Umlagerung ableiten. Man könnte aber noch immer sagen, daß dann ein älterer Lauf des Oranje die Diamanten in das Gebiet bei Lüderitzbucht gebracht habe, welchen Fall A. F. Williams überhaupt nicht erörtert.

Aber nach allem scheint mir folgendes Bild den ganzen Vorgängen am besten gerecht zu werden. Der Ausbruch der Diamantröhren (pipes) wird von den südafrikanischen Geologen in die Kreidezeit gelegt. Schon bald nach dem Ausbruch hat die Abtragung begonnen. Durch eine lange Zeit mit wechselndem Klima spielen nun die Abtragungsvorgänge, welche die Diamanten sicher nicht durch ein Flußsystem, sondern durch verschiedene, voneinander getrennte, auch verschieden alte Flüsse nach der Küste brachten. Ein Hauptzubringer ist sicher einer der Vorläufer des Oranje gewesen, wobei aber sehr wohl zu bedenken ist, daß der heutige Oranje absolut nicht dem Laufe zu folgen braucht, welchen der Ur-Oranje genommen hat. Gerade die Ausbildung des Oranje in seinem scharfen Durchbruchstal unterhalb der Oranjefälle bei Upington läßt mich immer wieder zu der Vermutung kommen, daß der Oranje-Fluß in den älteren Zeiten einen ganz anderen Lauf gehabt habe, als später. Die Entzifferung des sicher sehr alten, meiner Meinung nach mindestens in seiner Anlage schon kretazeischen Flußsystems steht erst in den Anfängen. Ich würde mich auch nicht wundern, wenn die jetzt durch die Erschließung der südlichen Namib erleichterte Untersuchung in der südlichen Namib das Ergebnis zeitigte, daß der Oranje zeitweise seine Mündung viel weiter nördlich als später gehabt hätte.

Besonders die Untersuchungen von Dr. W. Beetz haben in dem Lüderitzbuchter Diamantengebiet ein weit verzweigtes Netz verschiedener alter Flüsse nachgewiesen, die im Untermiocän wohl zuletzt geflossen sind. Jene Untersuchungen legen aber die Vermutung nahe, daß auch noch an anderen Stellen jener Küste sich alte und junge, längst versiegte Flüsse werden nachweisen lassen. Wie sich diese alle aber zu den ältesten Vorläufern des Oranje verhalten, darüber vermögen wir heute noch nichts zu sagen.

Jedenfalls ist es aber recht gewagt, jetzt eine enge Beziehung der Lüderitzbuchter Diamantablagerungen zu den Ablagerungen an der Oranjemündung zuzustimmen. Zu viele geologische Beobachtungen sprechen dagegen.

Schon früher hatte man aus den wechselnden Eigenschaften der Diamanten und ihrer Begleiter auf den Lüderitzbuchter Diamantvorkommen, wozu im weiteren Sinne auch die Ablagerungen auf den sogenannten Nordfeldern zwischen Lüderitzbucht und Swakopmund gehören, geschlossen, daß es sich um verschiedene Streuungskegel handle, welche die Diamanten durch verschiedene Flußsysteme aus dem Inland gebracht hätten. Ich halte es auch jetzt noch für das richtige, dieser Arbeitshypothese noch weiter nachzugehen, welche nicht ausschließt, daß sich verschiedene derartige Streuungskegel, von verschiedenen Flußsystemen stammend, zumindest berühren, wenn nicht sogar überdecken.

Ob nun aber jener Ur-Oranje, einer seiner Folgeflüsse oder einer der anderen heute nicht mehr fließenden Flüsse Diamantlagerstätten in abbaubarer Konzentration der Diamanten hinterlassen hat, das ist recht unsicher. Die Aufbereitung und Konzentration an Diamanten hat bei den marinen Lagerstätten an der Oranjemündung erst die Brandung bewirkt. Der von dem Oranje in das Meer geschaffte Schutt kann sogar vor dieser Anreicherung so arm an Diamanten gewesen sein, daß sich sein Abbau eben so wenig lohnen könnte, wie der der weiter oberhalb gelegenen Flußablagerungen. Einzelne Anreicherungen im Laufe der Flüsse sind wohl denkbar. Aber wie soll man diese örtlich beschränkten, reicheren Vorkommen finden?

Es muß erneut betont werden, daß die in Südwesafrika im Schutt der Namib-Wüste auftretenden Diamanten durch andere Vorgänge aufbereitet wurden, als die in den Flußseifen und die in den marinen Seifen auftretenden Diamanten. Eine Beziehung zu alten längst infolge Klimaänderungen versiegten Flußläufen des Gebietes ist, wie gesagt, durch die Untersuchungen von Dr. Beetz und des Verfassers festgestellt. Wohl kann man noch Diamanten in alten Flußablagerungen nachweisen, aber der größte Teil der in den Ablagerungen bei Lüderitzbucht nachgewiesenen Diamanten ist aus den Flußabsätzen umgelagert worden. Diamanten sind eben in den Hohlformen der Namib bis zur Abbauwürdigkeit angereichert durch die intensive Abtragung in der Wüste durch Windabhebung (Deflation) der leichten Bestandteile, durch Windabschleifung (Korrasion),



**Abb. 32.** Die Abbaue im Idatal des Pomona-gebietes, Südwesafrika. Seifen des ariden Klimas (vgl. Text). Dieses Gebiet lieferte vor und während des Krieges für die damalige Zeit ebenfalls wunderbare Diamanten (sogen. „Märchentäl“). (Aufn. E. Kaiser)

durch fluviatile Umlagerungen in der einzelnen, oft kleinen Hohlform bei den nur gelegentlich auftretenden Regengüssen. Die fluviatilen Ablagerungen konnten hier nicht die Anreicherung an Diamanten bringen, wie sie erst durch die Vorgänge des Wüstenklimas in den oberflächlichen Schuttmassen bedingt wurde. Die Größe der Diamanten in diesen Seifen ariden Klimas ist wesentlich geringer als die der Diamanten an der Oranjemündung. Der größte in jenen Seifen ariden Klimas aufgefundene Diamant hatte ein Gewicht von 52 Karat. Die durchschnittliche Größe der dort auftretenden Diamanten bewegte sich im Laufe von 22 Jahren im allgemeinen zwischen  $\frac{1}{5}$  und  $\frac{1}{7}$  Karat. Diese Kleinheit könnte man schon durch längeren Transport erklären. Aber wenn auch die Diamanten dieser Seifen ariden Klimas in der weiteren Umgebung von Lüderitzbucht eine gute Qualität haben und einen guten Preis erzielen, so treten doch gegenüber den Steinen auf beiden Seiten der Oranjemündung die Spaltungsstücke in den Seifen ariden Klimas stärker hervor. Abgesehen von den besprochenen Altersunterschieden, sprechen auch die Eigenschaften der gewonnenen Diamanten gegen eine zu enge Parallelisierung der Lagerstätten an der Oranjemündung mit denen der ariden Seifen der Namib in der weiteren Umgebung von Lüderitzbucht. Weiter muß man dann auch noch das Auftreten von Diamanten auf ähnlichen Lagerstätten im Gebiete der sogenannten Nordfelder zwischen Lüderitzbucht Swakopmund bedenken, die wiederum Besonderheiten zeigen, welche schon lange dazu geführt haben, alle diese verschiedenen Diamantvorkommen an der südwestafrikanischen Küste auf verschiedene Streukegel, gebunden an verschiedenartige Flußsysteme, zurückzuführen.

Einige Worte seien noch der Aufbereitung und der Gewinnung der Diamanten auf den alluvialen Lagerstätten gewidmet. Bei den kleineren Lagerstätten geschieht der Abbau auf einfache Weise, indem man meist durch Hand die größeren Blöcke, Gerölle usw. entfernt, den Sand absiebt, bei dessen Entfernung an vielen Gewinnungspunkten der Wind mithilft, und dann nun das gewonnene, in verschiedene Korngrößen zerlegte Produkt in einem Waschsiebe in Wasser setzt, wobei man dem Siebe nicht nur eine Auf- und Abbewegung, sondern auch eine stoßweise, leicht rotierende Bewegung gibt. Dann sammeln sich die Diamanten mit den anderen schweren Bestandteilen in der Mitte des Siebes. Man stürzt das Sieb, nachdem das Wasser abgelaufen ist, um und kann nun die Diamanten aus dem „Herzen“ herauslesen. Das Herz mehrerer Siebe wird gesam-

melt und dann nochmals nachgewaschen. Sind die Ablagerungen umfangreicher oder größere Massen zu bewältigen, so geht man zur maschinellen Ausbeutung über, welche wohl auf den Lüderitzbuchter Vorkommen am weitesten ausgebildet ist, wovon die Abb. 32 und 33 (Abbau) und 34 (Teilbild aus der großen nach dem Kriege errichteten Aufbereitungsanlage an der Elisabethbucht) Zeugnis ablegen. Das Prinzip ist zum Schluß dasselbe, wie bei den Handbetrieben: Sortierung nach Korngrößen. Fortführung des Sandes und des Grobkorns. Setzen nach Korngrößen in nun feststehenden Sieben mit pneumatisch gehobenem und gesenktem Wasserspiegel. Die sich am Boden der Siebe sammelnden Konzentrate können nun durch sich automatisch öffnende Löcher abgezogen, für sich weiter gesetzt werden, bis sich eine für die Handauslese geeignete Anreicherung an Diamanten ergeben hat. Nicht selten sind die sonst lockeren Ablagerungen durch ein Bindemittel, meist Kalk, besonders Oberflächenkalk, verkittet. Diese Massen müssen dann vor der Sortierung durch eine Brecheranlage wandern. An anderen Stellen wird das sogenannte Herz so reich an magnetischen Mineralien, nicht nur an Magnetit, daß die Diamanten nicht mit genügender Sicherheit vollkommen aus dem Herz herausgelesen werden können. Dann läßt man die Konzentrate durch eine Magnetseparatorenanlage hindurchlaufen. Die stete Vervollkommnung der maschinellen Aufbereitung hat dazu geführt, daß man nun Ablagerungen mit immer geringerem Karatgehalte abbauen kann.

#### Wichtigere Schriften über die Diamantlagerstätten Südafrikas

G. F. Williams, The Diamond Mines of South Africa. New York 1905. 2 vols.

H. Lotz, J. Böhm und W. Weissermel: Geologische und paläontologische Beiträge zur Kenntnis der Lüderitzbuchter Diamantablagerungen. — Beitr. z. geol. Erforschg. d. Deutsch. Schutzgeb. Heft 5. Berlin 1913.

P. A. Wagner, The Diamond Fields of Southern Africa. Johannesburg 1914. (Beste Zusammenfassung des bis dahin Bekannten.)

—, The Geology and Mineral Industry of South West Africa. Union of South Africa, Geological Survey Memoir Nr. 7. Pretoria 1916.

Erich Kaiser, Die Diamantenwüste Südwestafrikas. 2 Bde. Berlin 1926. (Enthält ein ausführliches Literaturverzeichnis, in welchem die weiteren, hier nicht aufgeführten Schriften nachgesehen werden können.)

P. A. Wagner and H. Merensky, The Diamond Deposits on the Coast of Little Namaqualand. With an Appendix on the Palaeontology of the Namaqualand Coastal Deposits, by S. H. Haughton (Transactions of the geol. Soc. of S. Africa 31. 1929. 1—41).



Abb. 33. Abbau bei der Elisabethbucht südlich von Lüderitzbucht. Die diamantführenden Schichten werden zusammen mit dem auflagernden Flugsand mit großen Baggern gewonnen und zur Aufbereitungsanlage gebracht. (Aufn. E. Kaiser)

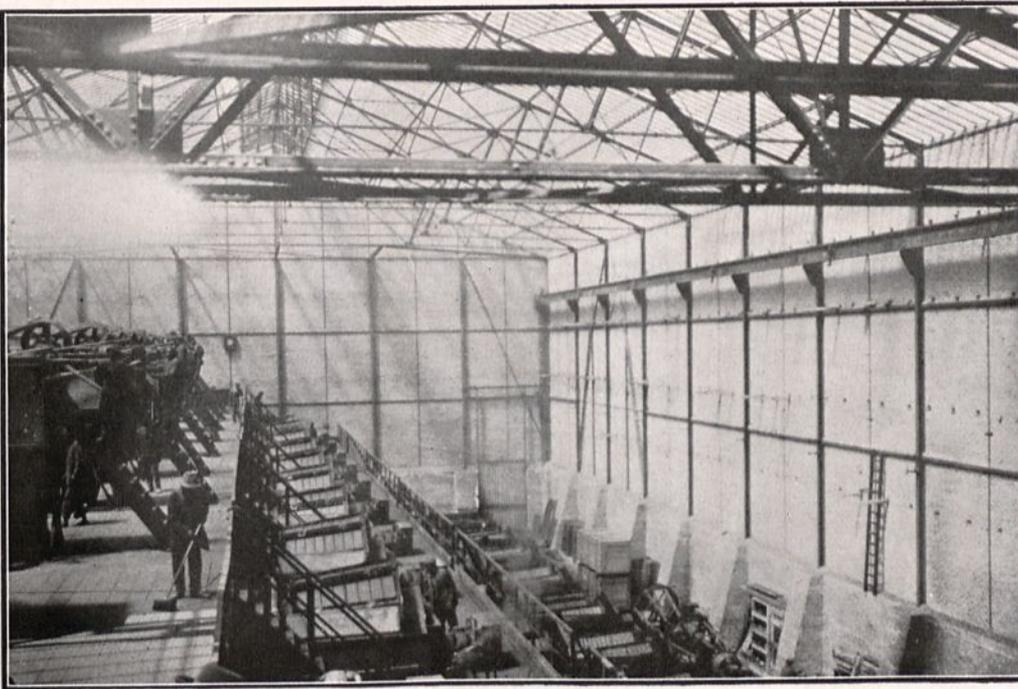


Abb. 34. In der Aufbereitungsanlage an der Elisabethbucht (Teilansicht). (Aufn. E. Kaiser)

A. F. Williams, Diamond-Bearing Alluvial Gravels of the Union of S. A. Sonderabdruck von 169 S. aus einer nicht angebenen Zeitschrift. — The S. African Min. and Eng. Journ. Special Number April 1930, p. 101—103 (Abstract).

Erich Kaiser, Die neuen Diamantvorkommen an der Küste nördlich von der Oranjemündung. Centralblatt f. Min. etc. 1931 A. Es sei noch darauf hingewiesen, daß Dr. W. Beetz in einer zum Drucke eingereichten Schrift ausführliche Mitteilungen über die Diamantlagerstätten von Muanza am Victoria See bringen wird. (N. Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal., Beilage Bände, Reihe B. Erscheint 1931.)

### 3. Die Goldlagerstätten des Witwatersrandes<sup>1)</sup>

Eine Woche lang hatten wir Gelegenheit, diese für den Lagerstättenforscher und Bergmann gleich interessanten und für die Weltwissenschaft so außerordentlich wichtigen Lagerstätten und die Geologie ihrer Umgebung zu studieren.

Ein fast unabsehbares Schrifttum wissenschaftlicher und technischer Art ist über diese Lagerstätten schon erschienen und alle einschlägigen Lehrbücher berichten ausführlich darüber. Trotzdem möchte ich den folgenden Bericht wesent-

<sup>1)</sup> Neben den älteren Darstellungen und den Lehrbüchern der Geologie Südafrikas wurde besonders folgendes neuere und neueste Schrifttum benutzt:

A. W. Rogers: Johannesburg. XV. Intern. Geol. Congr. 1929. Guide Book. Exc. A. 6. p. 15—29.

R. B. Young: The Banket. London 1917. 160 p.

L. Reinecke: The location of payable ore-bodies in the gold-bearing reefs of the Witwatersrand. Trans. Geol. Soc. S. Afr. 1927. 30. 89—119.

Gold of the Rand. A Great National Industry 1887—1927. Transvaal Chamber of Mines. 1927. 160 p.

The Witwatersrand Gold Field. A brief survey. Issued in conn. with Intern. geol. Congr. by the Transvaal Chamber of Mines. 1929. 23 p.

lich breiter abfassen, denn gerade in den letzten Jahren sind einige recht wichtige Arbeiten erschienen und wir erhielten über manche Dinge recht ausführliche Auskunft, so daß die folgende Schilderung für deutsche Leser einiges Neue enthalten wird.

**Allgemeine geologische Lage:** Das Gold kommt in dünnen Konglomeratbänken innerhalb der oberen Hälfte des Witwatersrandsystems vor. Dieses ist eine nahezu 8000 m mächtige konkordante, sicher präkambrische, vielleicht jung algonkische Schichtenfolge. Sie gliedert sich folgendermaßen (Abb. 35):

Obere Abteilung	{	5. Kimberley-Elsburg-Serie (Konglomerate, Sandsteine),
		4. Main-Bird-Serie (Konglomerate, grobe Sandsteine, Quarzite),
Untere Abteilung	{	3. Jeppetown-Serie (Schiefer und Sandsteine),
		2. Government-Reef-Serie (Quarzite, Sandsteine, untergeordnet Konglomerate),
		1. Hospital-Hill-Serie (Quarzite und Schiefer).

Im ganzen Bereich der Witwatersrand-Gesteine finden sich in den Konglomeraten ab und zu geringere Goldgehalte, doch sind die praktisch wichtigen Horizonte fast nur auf die zweitoberste Serie, die Main-Bird-Serie beschränkt. Die goldführenden Hauptkonglomerate dieser Serie werden als die Main-Reef-Gruppe bezeichnet, die eine Mächtigkeit von 7 m bis 50 m besitzt. Die Konglomerate dieser Gruppe zeigen die größte Gleichmäßigkeit in der Größe und Rundung der Gerölle, ebenso in dem erstaunlich langen Aushalten der Konglomerathorizonte über weite

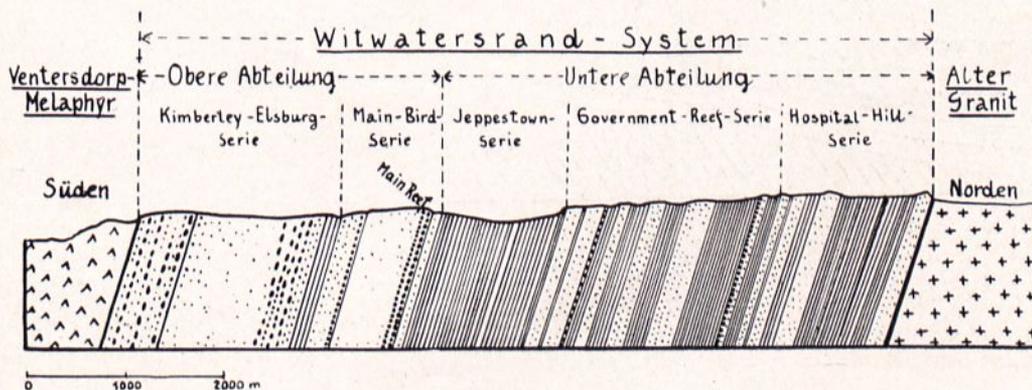


Abb. 35. Geologisches Profil durch die Witwatersrand-Formation bei Johannesburg (nach Mellor).

Strecken. Es werden 3 hauptsächliche goldführende Horizonte unterschieden:

c) Das oberste Konglomerat ist das *South Reef* im Westrand, zwischen 0,3 und 3 m in der Mächtigkeit schwankend.

b) Darunter folgen 30 m Quarzite und dann folgt der *Main Reef Leader*, 0,60—1,80 m mächtig, das wichtigste Goldkonglomerat des Randes, ununterbrochen beinahe auf 190 km streichender Länge bekannt. Meist ist das Liegende ein sehr charakteristisches dunkles Schieferband.

a) Unmittelbar unter dem Leader, im Osten und auch z. T. schon am Zentralrand ganz in ihn übergehend, sonst nur durch einen Meter Quarzit von ihm getrennt, folgt das *Main Reef* 1,2—2,4 m mächtig. Es reicht vom Westrand bis Boksburg am Ostrand und löst sich am äußersten Ostrand in kleine Konglomeratlinsen auf, oder verschmilzt mit dem Leader. Unter ihm folgt zunächst ein charakteristisches liegendes Band, und dann noch 200 m Quarzite bis zur Grenze der unteren Abteilung des Witwatersrandsystems.

### Tektonik

Die Tektonik des Bezirkes ist oft dargestellt worden und geht aus den schönen geologischen Spezialkarten klar hervor. Es handelt sich im großen um den Nordflügel einer langen WSW—ONO streichenden Mulde, deren Muldentiefstes und deren Südflügel fast völlig von jüngeren Gesteinen des Ventersdorpsystems und Transvaalsystems bedeckt ist. Die Reefs streichen deshalb im Zentralrand nur auf dem Nordflügel aus, im Ostrand meistens auch nur auf dem Nordflügel, z. T. aber auch im Südflügel. (Abb. 37.)

Im Zentralrand fallen die Schichten steiler ein, mit 30—35° nach S. Viele Verwerfungen verschiedenen Alters sind vorhanden, auf denen öfters Eruptivgänge vorhanden sind. Auch Überschiebungen kennt man, während Horizontalverschiebungen oft vermutet wurden, aber nur sehr schwer einwandfrei nachgewiesen werden können. Im Ostrand hat der Nordflügel erheblich flacheres Einfallen und Verwerfungen spielen keine so große Rolle.

### Vorkommen und Verteilung des Goldes

Alle goldführenden Konglomerate des Randes sehen sehr gleichförmig aus. Sie können weder im Handstück, noch unter dem Mikroskop voneinander unterschieden werden. Die Gerölle wechseln in ihrer Größe von Erbsen- bis Hühnereiergröße, lokal sind größere vorhanden. Sie sind stets sehr gut gerundet, meist etwas ellipsoidisch und ihre längsten Achsen liegen  $\pm$  parallel. Sie bestehen zum weitaus größten Teil aus weißem oder trübgrauem bis trübbläulichem Quarz, daneben kommen Quarzite, seltener andere meist kristalline Gesteine vor. Die Grundmasse ist ebenfalls fast rein quarzig. Fast stets sieht man auch Pyrit und Serizit mit bloßem Auge, Pyrit entweder als rundliche Konkretionen, parallele Bänder und Linsen, oder als Einzelkristalle. Im *Main Reef Leader* bildet er etwa 3 Prozent der gesamten Masse, stellenweise bis 20 Prozent. Ferner sind noch ge-

legentlich vorhanden: Chlorit, Chloritoid, Rutil, Turmalin, Kohlige Substanz, Zirkon, Kalkspat, Magnetkies, Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies und Chromit. Auffälligerweise fehlt Granat fast völlig. Zu den seltensten Bestandteilen gehört endlich das Gold, ferner auch noch *Osmiridium* und *Diamant*.

Das Gold ist stets in gediegener Form und so feinverteilt vorhanden, daß es selten dem bloßen Auge sichtbar wird. Es befindet sich stets im Bindemittel, so gut wie nie in den Geröllen. Zwischen 45 und 66 Prozent aller Goldkörner haben die Größe von 0,01—0,07 mm. Die Goldkörner sind stets sehr unregelmäßig hakig und eckig geformt. Oft bildet Gold einen äußeren Überzug über Pyritkörnern oder liegt als Zwischenmasse zwischen Pyritkörnern. Indessen besteht kein Zusammenhang zwischen pyritreichen Stellen und hohem Goldgehalt. Insbesondere sind die cm-dicken und meterlangen Pyritbänder, die wir z. B. sehr schön im *Main Reef Leader* der *Government Areas* im Ostrand sehen konnten, sehr goldarm. Das makroskopisch sichtbare Gold der unteren Sohlen ist meist an kleine quarzerfüllte Sekretions-trümchen gebunden, in denen auch andere sulfidische Erze vorkommen.

Ein sehr auffälliger, aber ganz deutlicher Zusammenhang besteht zwischen der Größe der Gerölle und dem Goldgehalt. In der *Government Gold Mining Areas*, am Ostrand, sagten uns die Betriebsführer, daß folgende Beziehungen beständen:

Größe der Gerölle	Goldgehalt in gr/cbm Tonne
4—6 cm	ca. 60
2—4 cm	ca. 30
1—2 cm	ca. 15

Ähnliche Zahlen gibt *Reinicke* an. Sie sind in Abb. 36 zusammengestellt.

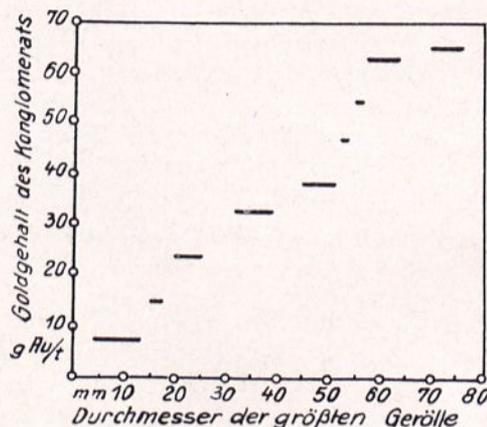


Abb. 36. Beziehungen zwischen dem Goldgehalt der Witwatersrand-Konglomerate und der Größe der Gerölle (nach *J. Reinicke* 1928).

Der Goldgehalt im ganzen schwankt erheblich, nicht nur von Grube zu Grube, sondern auch innerhalb derselben Grube an verschiedenen Stellen. Zur Zeit ist der

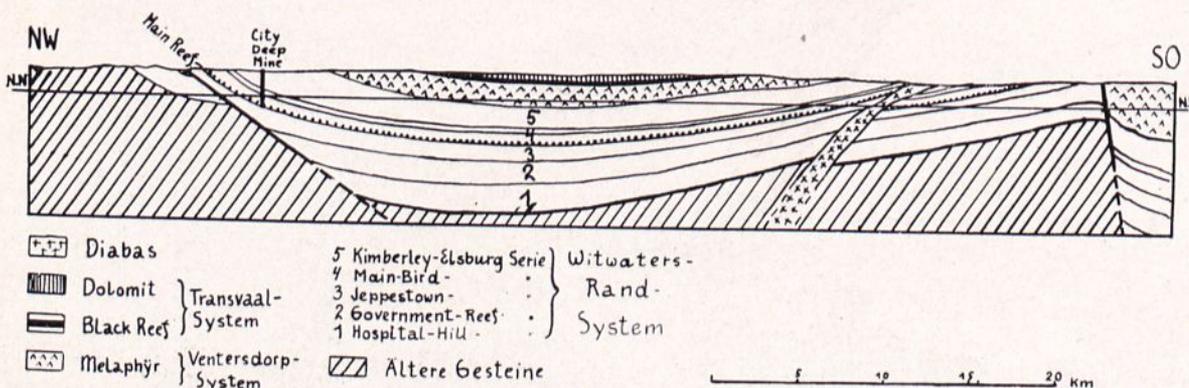


Abb. 37. Schnitt durch den mittleren Teil der Witwatersrand-Mulde, nach *A. W. Rogers* 1929. (Nicht überhöht.)

Durchschnittsgehalt des ganzen verarbeiteten Fördergutes aller Randminen  $6\frac{1}{2}$  dwts = 10 g pro Tonne. In den einzelnen Gruben sind die Unterschiede recht erheblich. So hat die tiefste Grube, die Village Deep Ltd. im Zentralrand einen Goldgehalt von 22—23 sh Au pro to (= 2000 lbs.), d. h. 8,7—7,1 g/t. Eine der reicheren Ostrandgruben, die Government Gold Mining Areas Ltd. hat 38 sh/to (= 14,85 g/t), während die z. Zt. reichste Grube, die Modder Deep sogar für 50 sh Au pro 2000 lbs. enthält, = 20,6 g/t.

Eine wichtige Frage ist, wie die reicheren Stellen innerhalb der Konglomerate verteilt sind. Seit jeher kennt man die sehr unregelmäßige Verteilung des Goldgehaltes innerhalb der Schichten, aber die genauere systematische Bearbeitung dieser Frage wurde erst in den letzten Jahren durch L. Reinecke in Angriff genommen. Die ersten Ergebnisse dieser höchst mühsamen und sorgfältigen Arbeiten liegen jetzt vor und haben schon heute für die Praxis der Weiterverfolgung und für die Aufklärung der Entstehungsgeschichte dieser Lagerstätten eine nicht zu unterschätzende Bedeutung. Reinecke berechnete aus den zahlreichen Analysen (es sollen bis heute ca. 15 Millionen Förderanalysen am Rand gemacht worden sein!) die absolute Goldmenge an allen analysierten Stellen durch Multiplikation des Goldgehaltes mit der goldführenden Mächtigkeit. Diese Zahl nennt er „inch pennyweights“ (i. p.)<sup>1)</sup>. Das ganze aufgeschlossene Grubenfeld wird in Quadrate von 30' oder 50' Seitenlänge eingeteilt und die auf den Originalrissen 1:200 an den richtigen Stellen eingetragenen „inch pennyweights“ werden für jedes Quadrat gemittelt. Nach diesen Quadratzahlen wurden auf Rissen 1:1000 Gehaltslinien des Goldreichtums gezogen, die etwas willkürlich abgegrenzt sind. Entsprechend der Rentabilitätsgrenze auf den meisten Gruben ist die unterste Gehaltslinie bei 200, eine weitere wird auf den veröffentlichten Rissen bei 1000 i. p. gezogen, so daß 3 Gehaltzonen abgegrenzt werden:

zwischen 0 und 200 inch pennyweights,  
zwischen 200 und 1000 inch pennyweights,  
über 1000 inch pennyweights.

Mit Hilfe dieser Darstellung konnte Reinecke auf den Grubenrissen die sogen. „paystreaks“ umgrenzen. „Paystreak“ bedeutet ein Streifen oder eine Stelle innerhalb des Konglomerats, dessen Goldgehalt so hoch ist, daß der Abbau sich bezahlt macht. Diese „paystreaks“ bilden in allen drei Reefs längliche schmale Streifen. Es sind entweder bauwürdige Streifen innerhalb ganz unbauwürdiger Teile. Oder es sind ebenfalls längliche und in derselben Richtung streichende Streifen von ganz besonders hoher Konzentration innerhalb geringerhaltiger aber im ganzen noch bauwürdiger Teile. Letztere Art kommt häufig am Ostrand vor, wo oft ein reicher Mittelstreifen von ärmeren Seitenstreifen begleitet wird. So gibt es in der New Modder-Mine und in der Modder B-Mine 80—160 m breite Mittelstreifen mit den sehr hohen und recht gleichmäßigen Gehalten von 2000—5000 i. p. Innerhalb von 18—20 m seitlich davon sinken die Gehalte auf 500—1000 i. p. Ähnliche Beobachtungen konnte Reinecke im Zentralrand machen. So ist z. B. in der Consolidated Main Reef Mine ein Streifen von 8—16 m Breite und 400 m Länge, dessen Gehalt in 13 m seitlichem Abstand von 3000 i. p. auf 50 i. p. sinkt.

Nach der vertikalen Verteilung finden sich die reichsten Zonen der paystreaks meist an der Basis der Konglomerate, sie fehlen aber auch in der Mitte oder im Hangenden nicht.

<sup>1)</sup> Der Nicht-Angelsachse kann sich unschwer vorstellen, um wieviel einfacher und zweckmäßiger dieses Verfahren wäre, wenn cm, g und m<sup>2</sup> benutzt worden wären. Das gäbe direkt brauchbare, umrechenbare Gewichtsmengen, während i. p. gar keine irgendwie vergleichbare Zahl vorstellt. Überhaupt griffen wir uns so manchmal an den Kopf ob der Unbegreiflichkeit der angelsächsischen Maßsysteme!

Im letzteren Falle ist dann aber auch fast stets ein besonders reiches Band an der Basis.

Gewöhnlich sind die paystreaks höchstens zehnmal so lang wie breit. Ihre absoluten Mittelmaße betragen am Ostrand ca. 1500 m Länge und 300 m Breite und am Zentralrand ca. 600 m Länge und 15—150 m Breite. Die einzelnen paystreaks haben die Neigung, sich in gleicher Richtung hintereinander anzuordnen. Eine solche gleichgerichtete paystreaks-Reihe ist im Gebiet der Minen New Modder und Modder B auf etwa 3 km zu verfolgen. Benachbarte paystreaks verlaufen ± parallel, doch kommen auch senkrecht dazu verlaufende vor. Im Ostrand findet man im großen deutlich eine fächerförmige Anordnung. Im Zentralrand ist eine ± parallele Anordnung und die Streichrichtung der paystreaks schwingt von NW—SO um nach SW—NO. Dabei nimmt die Bauwürdigkeit nach SW zu allgemein ab.

Im Verlauf seiner Studien suchte Reinecke auch noch andere Gesetzmäßigkeiten aufzudecken. Den Zusammenhang zwischen Goldgehalt und Größe und Gerundetheit der Gerölle habe ich schon erwähnt. Ein durchgängiges mineralogisches oder mikroskopisches Kennzeichen konnte nicht gefunden werden. Gar keine Beziehungen ließen sich feststellen zwischen dem Goldgehalt einerseits und der Faltung, den Verwerfungen, den jüngeren durchgehenden Eruptivgesteinsgängen und der Oberfläche andererseits.

#### Entstehung der Goldlagerstätte des Randes

Die genetische Schlußfolgerung, die Reinecke aus diesen Erscheinungsformen zieht, ist, daß das Gold in Form fester Teilchen zusammen mit den Geröllen abgelagert wurde, daß es sich beim Rand also um eine ursprüngliche Seifenlagerstätte handelt. Durch alle späteren Schicksale, welche die Witwatersrandgesteine erfahren haben, fanden keinerlei nennenswerte Verschiebungen des Metallgehaltes mehr statt. Der Hauptbeweis für diese, meiner Ansicht nach völlig zwingende Schlußfolgerung, liegt in der überaus engen Verknüpfung des Goldes mit den faziellen Eigentümlichkeiten und Erscheinungsformen der Konglomerate als Sedimente. Daß in einem Querschnitt die Schicht mit den größten und gleichmäßig großen und gleichmäßig gerundeten Geröllen mehr Gold führt als die Schichten mit kleinen oder unklassierten Geröllen, daß die paystreaks im groben Geröll liegen und die unbauwürdigen Teile nebenan feinerkörnige Quarzite sind, daß die Längsachse der paystreaks mit der Richtung der Längsachse der großen Gerölle zusammenfällt, all das zeigt eine völlige Verbundenheit der schotterablagern- den Vorgänge mit dem Goldtransport. Der Wasserstrom, der die Gerölle transportierte, rundete und klassierte, brachte auch das Gold in festen Teilchen mit und entsprechend seiner Schwere wurde es am meisten in der Stromachse zusammen mit den größten und am besten gerundeten und am besten klassierten Geröllen abgelagert. Auch die fächerartige Ausbreitung am Ostrand, die Parallelität zwischen der Abnahme des Goldgehaltes in diesem Fächer und der Abnahme der Geröllgröße und der Mächtigkeit der Konglomerate nach O und SO spricht dafür.

Was die fazielle Natur der Konglomerate anlangt, so bestreitet Reinecke zweifellos mit vollem Recht, daß es sich um reine Meeres-Konglomerate handelt. Er denkt an große Deltas im Überschwemmungsgebiet eines großen Flußsystems. Dieses soll ein großes Hinterland, das von einer vorgegangenen Glazialzeit voller Geschiebmassen lag, aufbereitet haben. Gewisse schieferige Lagen in den unteren Witwatersrandschichten wurden auch tatsächlich schon als Geschiebehum aufgefaßt. In einer Diskussionsbemerkung zu einem Vortrag über diese Reineckesche Arbeit, der auf der Ausreise auf dem D. Toledo von Dr. Stappenbeck

gehalten wurde, führte zu diesem letzten Punkte E. Kaiser, München, aus, daß die Witwatersrandkonglomerate ihrer ganzen Art nach viel eher als aufbereitete terrestrische Schuttsedimente aufzufassen seien, als „Fanglomerate“. Sie bilden sich in dieser Weise heute nur im ariadischen Klimabereich, müssen sich aber in früheren Perioden der Erdgeschichte viel mehr gebildet haben. Denn in den alten vegetationsfreien Zeiten müßten in allen Klimabereichen die tropfbaren Niederschläge auf dem Festland den Charakter von Schichtfluten annehmen und die Transportierung und Verfrachtung erfolgte stets nach Art der heutigen ariden Flächenspülung, die verfrachteten Sedimente hatten alle den Charakter der „Fanglomerate“. E. Kaiser glaubt, daß auf diese Weise manche „Tillite“ und angeblichen Glazialschichten besser erklärt werden könnten, die von den südafrikanischen Geologen in den alten Formationen ausgeschieden worden sind, und auch die Witwatersrandgesteine tragen alle Kennzeichen solcher Entstehung.

Das Gold selbst stammt darnach aus noch älteren Goldquarzgängen her, also solchen von präjungalkonkischem Alter. Es kommen hierfür zwei Distrikte in Frage, das eine ist der Barberton-Distrikt im östlichen Transvaal, das andere sind die großen und bedeutenden Goldquarzgänge in Südrhodesia.

Die heutige Form des Goldes, sein Gefüge und seine Verknüpfung mit gewissen anderen Mineralien der Konglomerate ist metamorphen Vorgängen zuzuschreiben; sie erfolgten anlässlich der starken Überdeckung der Witwatersrandgesteine in späteren Epochen. Es erfolgte hierbei eine Umkristallisation aller Komponenten, wobei Lösung und Wiederausfällung in unmittelbarer Umgebung der ursprünglichen Orte erfolgte, keinesfalls eine lange Wanderung. Dabei bildeten sich auch die erwähnten Sekretionsgänglichchen mit grobem Gold und Sulfiden.

Eine, vielleicht hydrothermale Durchgasung und Zufuhr von Schwefel hat dabei die Eisenoxyde in Pyrit umgewandelt.

Es scheint mir, daß damit die Genesis der Witwatersrandgoldlagerstätten endgültig geklärt ist<sup>1)</sup>.

#### Technik und Wirtschaft am Rand

**Allgemeine Verhältnisse:** Seit dem Frühjahr 1922, wo der Betrieb im Witwatersrand nach dem Streik wieder aufgenommen wurde, haben Abbau und Förderung eine stetige Steigerung erfahren. Die Gründe hierfür sind Reorganisierung des gesamten Betriebes nach dem Streik, Vergrößerung und Leistungsvermehrung der Aufbereitungs- und Gewinnungsanlagen, allmähliche Annäherung der Preise und anderen Bedingungen an den normalen Stand vor dem Weltkrieg.

Die Zahl der eingeborenen Belegschaft hat sich in den letzten 12 Jahren verdoppelt, was die natürliche Folge der Betriebsausdehnung und -vergrößerung ist. Jedoch ist man bestrebt, dieser dauernden Zunahme an menschlicher Arbeitskraft durch Einführung modernerer Arbeitsverfahren, durch Mechanisierung und Rationalisierung des gesamten Betriebes entgegenzuarbeiten.

Die meisten Gruben sind längst in Tiefen vorgeschritten, die noch vor kurzem als unerreichbar für einen regelrechten Abbau galten. Die tiefsten Bergbaue der Erde befinden sich hier, der tiefste Schacht steht zur Zeit etwa in

<sup>1)</sup> Nach Abschluß dieses Berichtes erscheint der erste Teil einer Arbeit von L. C. Graton, Hydrothermal Origin of the Rand Gold Deposits, Econ. Geol. 1930, 25, Supplement. 185 p., in der wieder einmal die alte Theorie von der hydrothermalen Entstehung des Goldes propagiert wird. Die Beweisgründe des Verf. konnten mich in keinem einzigen Punkt überzeugen. — Wie aus meinen weiteren Berichten über die nordrhodesischen Kupferlagerstätten hervorgeht, ist es heute, besonders in Amerika, in weiten Kreisen „modern“, alle großen Lagerstätten als magmatisch zu erklären. Eine solche Einseitigkeit muß scharf abgelehnt werden.

2 400 m (= 7 800') Tiefe. Das ist nur möglich durch die ganz ungewöhnlich große geothermische Tiefenstufe. Es erfolgt hier eine Zunahme der Erdtemperatur um 1° C erst nach je 138 m, die geothermische Tiefenstufe ist also über viermal größer als der sonst angenommene Durchschnitt. (Abb. 38.)

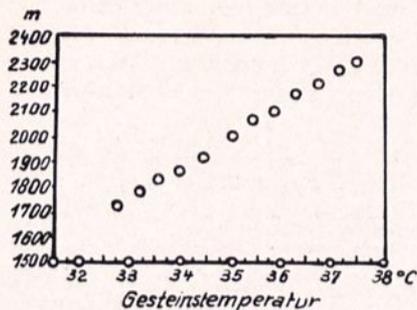


Abb. 38. Die Zunahme der Gesteinstemperatur in den tieferen Sohlen der Village Deep Gold Mine bei Johannesburg (1929).

In den Tiefen unter 2000 m, wo heute schon in mehreren Gruben Abbauhöhlen sind, sind die Gesteinstemperaturen 35—40° C. Das bedingt natürlich eine besonders gute Bewetterung. Diese ist aus einem anderen Grund fast noch wichtiger, nämlich zur Beseitigung des äußerst schädlichen, scharfen Gesteinsstaubes. Er verletzt die Lungengefäße der Bergarbeiter, die dann sehr leicht der Tuberkulose anheimfallen. Es ist dies die gefürchtete „Silicosis“, auf deren Beseitigung oder wenigstens Milderung viel Mühe und Kosten verwandt werden, und die in den letzten Jahren auch anscheinend zurückgegangen ist. Sie wird in erster Linie durch ausgiebige Besprengungen der Bohrorte und Abbaustöße bekämpft. Dadurch werden die Wetter aber bald mit Feuchtigkeit gesättigt, was wegen der hohen Temperatur in den Tiefen bald unerträglich wird. Zur Erzielung einer Kühlwirkung sind dort große Mengen frischer Wetter, d. h. starke Ventilatoren nötig. Die Government Gold Mining Areas besitzt einen Ventilator, den größten der Welt, der eine Leistung von 25 500 m<sup>3</sup> Luft/min. hat. Er wurde mit einem Kostenaufwand (einschl. Abteufen des Wetterschachtes) von 155 000 £ (rund 3 100 000 Mk.) gebaut. Zur Unterstützung der Hauptventilatoren werden untertage noch Hilfsventilatoren aufgestellt, die die Abbaue mit frischer Luft versorgen.

Der Gebirgsdruck macht sich in diesen enormen Tiefen nicht so sehr bemerkbar als man denken sollte. Der Grubenausbau durch Zimmerung, Bergeversatz und eigenartige Pfeiler aus übereinandergesetzten mühlsteinförmigen Betonscheiben übersteigt nicht ein mittleres Maß. Oft sieht man sogar bemerkenswert große offene Abbaue und Förderräume. Allerdings sind Bergschläge ziemlich häufig.

**Besonderheiten des Abbaus.** Zur Zeit wird in der Vorrichtung sowie im Abbau mit Preßluftbohrhämmer gearbeitet. Diese Drehbohrmaschinen (jackhammer) haben ein Gesamtgewicht von ungefähr 23 kg. Sie können von einem Mann bedient werden und haben eine Leistung von 2,10 bis 2,50 m/Schicht. Von besonderer Wichtigkeit ist ihre Vervollkommnung und Anpassung an die Verhältnisse im Rand. Dadurch, daß die von neuen Bohrhämmern gebohrten Löcher schmaler sind, als die von alten Maschinen gebohrten, ist eine geringere Ladung erforderlich. Die Folge davon ist, daß die Abbaustöße weniger stark beansprucht werden und deshalb eine größere Breite erhalten können. Außerdem sind die Bohrhämmer so handlich, daß sie fast überall das Bohren von Hand ersetzt haben.

**Aufbereitung.** Das Fördergut wird zunächst auf einer Anzahl von Rosten vorklassiert. Das Unterkorn gelangt zum Pochwerk, während das Überkorn die Läutertrommeln passiert und dann auf Lesebändern aufgegeben wird. Dort wird das Nebengestein von Hand aussortiert. Das andere Gut gelangt zu den Steinbrechern, die es auf die zum Pochen erforderliche

Korngröße vorzerkleinern. Das Brechgut wird mit dem Unterkorn der Roste auf einem Transportband vereinigt und zum Pochwerk befördert.

Bei den meisten Gruben geschieht die Feinzerkleinerung durch Pochwerke, System „Californien“ oder „Nyssen“, mit eisernen Stempeln. Ein solcher Pochstempel wiegt zwischen 900 und 1000 kg und macht 90—100 Hübe/min. Das angegebene Gut wird zu Sand zerkleinert, dieser mit Wasser gemischt und in Siebtrommeln wird das genügend zerkleinerte Material von dem noch unvollständig zerkleinerten getrennt. Letzteres kommt in Rohrmühlen, die als Mahlkugeln Nebengesteinsstücke, etwas kleiner als eine Kokosnuß, besitzen. Im übrigen bieten diese Rohrmühlen nichts Neues. Ihr Austrag wird ebenfalls abgesiebt und das unvollständig aufgeschlossene Gut den Rohrmühlen nochmals aufgegeben. Das genügend aufgeschlossene Material gelangt in Gerinnen zur Cyanlaugerei.

**Goldgewinnung.** Die Einzelheiten dieses Verfahrens wechseln bei den verschiedenen Gruben etwas. Früher ließ man die Erzschlämme über amalgamierte Kupferplatten laufen, wobei sich das Gold mit dem Quecksilber zu Goldamalgam verbindet. Dieses wurde dann von Zeit zu Zeit von den Platten abgeschabt.

Da dieses Verfahren jedoch mit verschiedenen Mängeln behaftet war, hat man seit einigen Jahren die amalgamierten Platten durch Drahtnetze ersetzt. Das zerkleinerte Erz, das darüberfließt, läßt den größten Teil des Feingoldes, sowie einen Teil der schwereren goldhaltigen Mineralien darauf zurück. Die Netze werden von Zeit zu Zeit abgehoben und abgewaschen, um das Gold und die anderen Konzentrate zu erhalten. Das Waschgut, die sogenannten black sands, passieren einen Schüttelherd, der das Gold und die anderen Konzentrate von den unhaltigen Sanden trennt. Erstere kommen in eine Amalgamierungspfanne und werden dort mit Quecksilber gemischt. Das Goldamalgam wird in Retorten geglüht, wobei das Hg abdestilliert. Das so gewonnene Schwammgold wird in Barren geschmolzen und zur Randraffinerie geschickt. Die „black sands“, die meistens noch wertvolle Mengen von Os und Jr enthalten, werden noch verschiedenen Verfahren unterworfen und schließlich zur Weiterverarbeitung in die Hütte geschickt. Der letzte Austrag der Rohrmühlen besteht aus Sand und Schlamm. Bei einer Anzahl von Gruben sind die Sande so fein, daß sie wie die Schlämme verarbeitet werden. Bei den Gruben, wo die Sande nicht so fein sind, werden sie getrennt verarbeitet. Die wesentlichsten Arbeitsgänge sind jedoch in beiden Fällen dieselben. Sie bestehen darin, daß man die aus den Rohrmühlen abgehende Trübe mit Natriumcyanidlauge mischt, in einigen Fällen wird schon beim Mahlen diese Lauge zugesetzt. Diese bringt praktisch alles Gold, das ihrer Wirkung ausgesetzt ist, in Lösung. Die goldhaltigen Lösungen werden nun von den Rückständen abfiltriert und mit Zink in Form von Stäbchen oder Pulver versetzt, die das Gold ausfällen. Der Goldschlamm wird durch Waschen vom Zink befreit oder durch eine Filterpresse gedrückt. Dann wird er mit Säuren und heißem Wasser weiterbehandelt, um die letzten Reste des Zink und der anderen Schwermetalle, die mit ausgefällt wurden, zu vertreiben. Das gereinigte Gold wird dann schließlich getrocknet, geglüht, zusammengesmolzen, in Barren gegossen und zur Randraffinerie geschickt.

Die Abgänge, Schlämme und Sande, kommen in einen Behälter, aus denen sie entweder in Schlammteiche (slimesdams) gepumpt oder zur Halde (tailingsdump) gefördert werden.

**Einige statistische Bemerkungen.** Das Randgold wurde 1885 entdeckt. In den 42 Jahren wurden über 700 Millionen Tonnen Gestein gefördert mit einem Goldinhalt von über 15 000 Tonnen im Werte von 19,4

Milliarden Goldmark. Aus der allgemeinen Goldproduktionsstatistik der Erde, die bis aufs Jahr 1493 zurückgeht, geht hervor, daß über ein Fünftel der Weltproduktion dieses Zeitraums an Gold aus Transvaal stammt. Zur Zeit produziert der Rand 52—54 Prozent der gesamten Weltförderung an Gold.

Gegenwärtig werden am Rand ungefähr 22 000 Europäer und 200 000 Eingeborene beschäftigt. Außer den direkten und indirekten Steuern, die der Regierung von den Goldgesellschaften zufließen, streicht diese vom Gewinn verschiedener Gesellschaften noch rund 2,8 Millionen £ (50 Mill. M.) im Jahre ein. Es läßt sich über die ganze Union hin verfolgen, daß das Gewerbe von  $\frac{1}{4}$  Millionen Europäern und 1 Million Eingeborenen direkt oder indirekt mit den Witwatersrand-Goldgruben zusammenhängt.

Im Geschäftsjahr 1928 wurden von allen Gesellschaften zusammen 30 045 100 Tonnen Gestein gefördert und 9 840 698 ounces Gold = 305 t gewonnen. Die Bilanz stellte sich folgendermaßen:

Gesamter Bruttogewinn	£ 42 039 869
Gesamte Gewinnungs- u. Betriebsunkosten	£ 29 598 151
Nettogewinn	£ 12 441 718
Steuern und Gewinnbeteiligung der Regierung	£ 4 461 623
Ausgeschüttete Dividende pro 1928	£ 7 980 095

Pro Tonne Fördergut betragen:

der Bruttogewinn	28 sh 0 d
die Gesamtkosten	19 sh 9 d
der Nettogewinn	8 sh 3 d

An Löhnen und Gehältern wurden gezahlt £ 14 500 000, davon £ 8 000 000 an Weiße.

**Kongreß-Exkursionen in und um die Randminen.** Alle diese interessanten geologischen, technischen und wirtschaftlichen Verhältnisse wurden uns in der Woche unserer Anwesenheit in Johannesburg gezeigt und erläutert. Es fanden zunächst mehrere Überlandexkursionen statt, auf denen die Profile des Witwatersrandsystems und einzelne Gesteine, die Tektonik und Morphologie des Gebiets zu sehen waren. Die lange, nach beiden Seiten bis zum Horizont sich ausdehnende Reihe der hintereinanderliegenden Gruben mit ihren ungeheuren weißschimmernden, eigenartig geformten Halden beherrscht die Landschaft, an die in den parallelen Talungen zwischen den widerstandsfähigeren Gesteinen, von der City Johannesburgs ausgehend, die stundenlang ausgedehnten Geschäftsviertel und Vorstädte bis zum fernen Ostrand und beinahe bis Krügersdorp im Westen sich ausdehnen. Eine Wolke von Rauch und Ruß und Staub und Schmutz liegt fast immer in diesen Senken voller Häuser und Gruben und wenn man frühmorgens mit einem der großen Schnellzüge nach Johannesburg hineinfährt, taucht man aus der reinen und klaren Sonnenluft unter in einen trüben graugelben See, aus dem die obersten Kämme der Halden, die Fördertürme der Gruben und die Schlote mit ihren langen geraden Rauchfahnen herausragen, sich vom opalfarbenen Morgenhimmel phantastisch abhebend. Den Gegensatz dazu bilden dann die langen ostwestlich streichenden Quarzit- und Konglomeratkämme an den Flügeln, der „Rand“, vollbesetzt mit den schönen Landhäusern und voller gepflegter Gärten, von denen aus sich stundenlang die künstlich angepflanzten Eukalyptuswälder hinziehen.

Dann hatten wir Gelegenheit, je einen Tag der ausführlichen Besichtigung einer Grubenanlage am Zentralrand und einer am Ostrand, über- und untertage zu widmen. (Abb. 39). Die zahlreichen Kongreßmitglieder waren in Gruppen zu je 10 eingeteilt, die immer nur auf einer Grube einfuhren. Ich selbst konnte am Ostrand eine der bedeutendsten und reichsten dortigen Gruben, die Government Gold

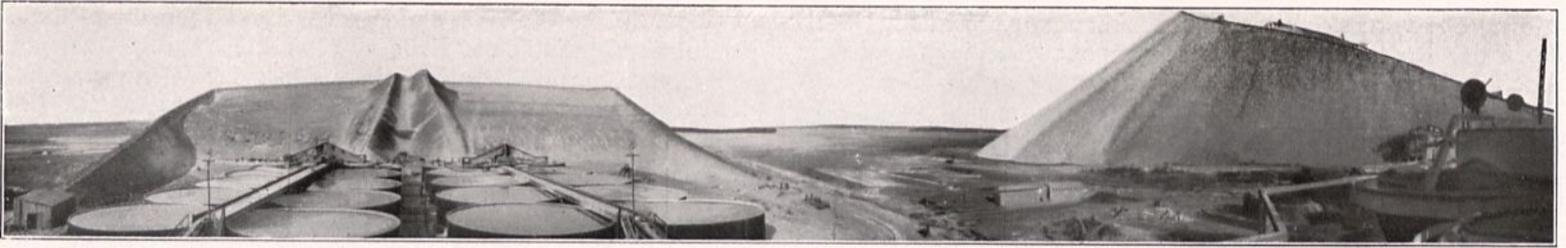


Abb. 39. Blick auf die Halden und die Cyanidanlage der Government Gold Mining Areas am Ostrand.

(Aufn. Schneiderhöhn.)

Mining Areas Ltd. besichtigen und am Zentralrand in die tiefste Grube der Welt einfahren, in die Village Deep, Ltd. Besonders die Untertagebefahrungen wurden überall recht geschickt und zweckmäßig durchgeführt, auch genügend Zeit darauf verwandt, so daß bei der geringen Anzahl einer Partie man sich über alle geologischen Erscheinungen und über die Abbau- und Gewinnungsverhältnisse ein recht gutes Bild machen konnte. Die Aufschlüsse waren überall vorzüglich und die Erscheinungsformen der goldführenden Konglomerate konnten bequem in Ruhe und an kilometerlangen schönen Profilen studiert werden. Von besonderem Interesse war die Village Deep, die tiefste Grube der Erde, und ich führe aus einem Blatt, das wir von der Direktion erhielten, einige Angaben an. Es sind alle drei Gold-Reefs entwickelt, aber nur der Main Reef Leader ist in den großen Tiefen abbauwürdig. Das Einfallen ist regelmäßig mit  $33^\circ$  nach Süden. An der Nordgrenze des Bergbaufeldes liegt das Goldreef schon 700 m tief. Es war zur Zeit unseres Besuches ein Einfallen auf eine Entfernung von 3300 m und bis zu einer vertikalen Tiefe von  $7750' = 2325$  m verfolgt worden. Die Grube ist seit 1905 ununterbrochen im Betrieb und hat seither 13 Mill. t Fördergut geliefert mit über 4 Mill. ounces Gold = 125 000 kg. Über  $2\frac{1}{2}$  Mill. £ wurden als Dividenden bezahlt. Die Verarbeitungsanlage verarbeitet 58 000 t pro Monat, die Belegschaft umfaßt 400 Weiße und 4000 Eingeborene. Die Schachtanlagen bestehen aus einem Vertikalschacht von der Oberfläche bis 1300 m Tiefe, an dem sich zwei tonnlägige Schächte von 1270 m bzw. 1070 m einfallender Länge anschließen. Diese tonnlägigen Schächte verlaufen im Liegenden des Reefs, mit  $33^\circ$  Einfallen. Der tiefste Punkt des tiefsten Schachtes, des Turf-Schachtes Nr. 3, stand zur Zeit unseres Besuches bei  $7750' = 2325$  m vertikal unter der Oberfläche oder  $2000' = 600$  m unter dem Meeresspiegel. Er ist damit der allertiefste Schacht der Erde und ist inzwischen schon weiter vorgetrieben. Von größter Bedeutung für die Aufrechterhaltung und Weiterführung der Aus- und Vorrückung und der Förderung aus dieser enormen Tiefe ist die sehr große geothermische Tiefenstufe, die hier wie überhaupt im Rand herrscht und über die vorher Näheres gesagt wurde. Der Durchschnittsgehalt beträgt  $5,5$  dwts/t =  $8,55$  gr/t von denen  $5,2$  dwts gewonnen wurden, das ist ein Ausbringen von 95 Prozent.

#### 4. Besuch zweier Salzpfannen

Südafrika ist — mit Ausnahme einiger küstennaher Streifen — ein arides Gebiet, d. h. die Niederschlagsmenge innerhalb eines größeren Zeitraumes ist geringer als die Verdunstung in derselben Zeit. Die bei der oberflächlichen Verwitterung der Gesteine sich in jedem Klima bildenden löslichen Salze wandern in unserem humiden Klima, wo die Niederschlagsmenge größer als der Verdunstungsbetrag ist, in die Bodenflüssigkeit, von da durch die Bäche, Flüsse usw. ins Meer, soweit sie nicht an Bodenkolloiden adsorbiert oder von Pflanzen aufgenommen werden. Im ariden Gebiet, wo ständig eine Unterbilanz an Wasser herrscht, kann örtlich öfters ein Salzüberschuß eintreten und es kann eine Ausscheidung auch sehr leichtlöslicher Salze stattfinden. Geolo-

gische Vorbedingungen, die in erster Linie die Ausbildung einer solchen terrestrischen Salzlagerstätte bewirken bzw. erleichtern, sind:

1. Höher lagernde, durchlässige Gesteine, die entweder selbst lösliche Salze in geringer Verteilung enthalten, oder durch deren Verwitterung größere Mengen leichtlöslicher Salze entstehen.
2. Undurchlässige, aufstauende, liegende Gesteine, die ein Abgleiten der Verwitterungslösungen in den tieferen Grundwasserkreislauf verhindern.
3. Geeignete Oberflächenformen, besonders das Vorhandensein abflußloser Senken, Wannen oder Becken.

Solche abflußlosen Gebiete kleinerer und größerer Ausdehnung sind in ganz Südafrika in großer Menge vorhanden. Besonders die Kalahari ist reich an ihnen. Sie werden mit dem allgemeinen Ausdruck „Vley“ bezeichnet. Wenn sie morphologisch ausgeprägtere Senken darstellen, oder ihre stoffliche Füllung bemerkenswert ist, nennt sie der Südafrikaner meist „Pfannen“. Bei jeder Bahnfahrt konnten wir sie beobachten, als helleuchtende, vegetationslose Becken, öfters über einen Quadratkilometer Größe, die oft Wasserstellen und Salzleckstellen für Vieh und Wild sind und deren tieferes Grundwasser oft in Brunnen oder Bohrlöchern, mit oder ohne Windmotor gewonnen wird. Somit sind diese Vleys wichtige Ansatzstellen für Farmbetrieb, sowohl für Viehzucht als auch für Ackerbau.

Wird die Salzkonzentration für eine solche landwirtschaftliche Nutzung zu groß, so können die in den Pfannen angereicherten Salze Veranlassung geben zu bergbaulicher Gewinnung. Diese Gewinnung von Pfannensalz spielt in ganz Südafrika eine große Rolle.

Die Kongreßexkursionen gaben Gelegenheit, eine dieser Salzpfannen kennenzulernen, die Riverton Saltpan bei Kimberley.

Die Riverton Saltpan<sup>1)</sup>, 29 km nördlich vom Kimberley, ist ebenso wie viele andere in der nördlichen Kapprovinz geologisch an die Grenze der jungalgonkischen Ventersdorp-Gesteine gegen die überlagernde, der Permzeit angehörige Dwykaserie des Karroo-Systems gebunden. Diese Dwykagesteine sind Glazialablagerungen des über die ganze Südhälfte der Erde in permischer Zeit vorgestoßenen Inlandeises. Dieses zerschrammte die Ventersdorp-Melaphyrmandelsteine, die damals dort anstanden, auf prächtigste, hobelte aus ihnen flache Wannen aus und lagerte Moränenmaterial und Geschiebelehme auf ihnen ab. In wundervoller Klarheit sahen wir diese zerschrammten Melaphyrplatten und die darauf auflagernden Glazialschichten bei der Farm Nooitgedacht nordwestlich Kimberley. Dieser permische Gletschergarten wurde auf Antrag des diesjährigen Geologenkongresses jetzt zum Naturschutzgebiet erklärt.

Die Riverton Saltpan liegt an einer flachen Senke dieser zerschrammten Melaphyrfläche, die in jüngster geologischer Vergangenheit wieder als Wanne ausgeräumt worden ist, nach Ansicht von du Toit in erster Linie durch den Wind. Die Auslaugungsstoffe der höherliegenden glazialen Konglo-

<sup>1)</sup> A. L. du Toit: Riverton Saltpan and Nantwich Saltworks XV. Internat. Geol. Congr. 1929. Guide Book. A. 6. p. 13—14.



Abb. 40 Salzgärten in der Riverton-Saltpan. Eingeborene schaufeln aus der konzentrierten Lösung das ausgeschiedene Kochsalz zusammen. (Aufn. Schneiderhöhn.)

merate und Schiefer der Umgebung sammelten sich in ihr, das Wasser verdunstet jährlich zu Beginn der Trockenzeit und die Salze bleiben zurück. Zuerst scheidet sich der schwerer lösliche Gips in kleinen wohlgeformten Kristallen aus, später Steinsalz. Dessen Bildung wird durch Leiten in verschiedenen hoch gelegene Salzgärten befördert und das reine ausgeschiedene Steinsalz endlich von Eingeborenen mit Schaufeln aus der Mutterlauge entfernt (Abb. 40). Das Salz ist recht rein und enthält außer NaCl nur 1,5 Prozent Ca- und Mg-Sulfate und 0,5 Prozent MgBr. Es wird seit längerer Zeit von den Nantwich Salt Works ausgebeutet, die jährlich etwa 6000 t Steinsalz gewinnen.

Ganz anderer Entstehung ist eine zweite Salzpfanne, die von Pretoria aus besucht wurde, an deren heutiger starker Konzentration allerdings auch das aride Klima Teil hat.

Die Pretoria Saltpan<sup>1)</sup>, 40 km nördlich Pretoria, stellt schon äußerlich ein für Südafrika ganz fremdartiges Formgebilde dar. Aus der tischglatten Fläche des Bushveld-Granits erhebt sich ein 30 m hoher, fast kreisförmiger Ringwall von 1000 m Durchmesser. Von dem scharfen Grat dieses Walles hat man nach innen den überraschenden Blick in eine 100 m tiefer liegende, kreisförmige Hohlform, gegen die von allen Seiten der Ringwall gleichmäßig steil abfällt. (Abb. 41.) Die Abhänge sind mit dichtem Busch bestanden, im inneren Kessel stand dunkle Lake und dazwischen

<sup>1)</sup> P. A. Wagner: The Pretoria Saltpan, a soda caldera. U.S. Afr. Geol. Surv. Mem. No. 20. 1922. 136 p. P. A. Wagner: The Pretoria Saltpan. XV. Intern. Geol. Congr. 1929. Guide Book. Exk. B. 11. 6 p.

schneeweiße Salzausblühungen. Allen deutschen Teilnehmern fiel sofort die verblüffende Ähnlichkeit mit den Eifelmaaren, besonders dem Gemündener Maar auf. Höchst überraschend waren die Profile in einigen hinabführenden Schluchten, die z.T. zu künstlichen Einschnitten erweitert waren. Der liegende Bushveldgranit ist zertrümmert, in einem äußeren Ring aufgerichtet, nach innen zu trichterförmig, kesselbruchartig allseitig einfallend. Der zertrümmerte Granit geht nach innen zu über in eine Brekzie, die neben Granit auch eine Anzahl anderer Eruptiv- und auch Sedimentgesteine des Bushveld-Komplex enthält. Dieselbe Brekzie bildet den obersten Teil des Ringwalles. Sie macht durchaus den Eindruck einer vulkanischen Explosionsbrekzie und wurde auch von P. A. Wagner so gedeutet.

Die Lake am Boden des Maars ist eine Salzlösung mit 5,5 Prozent  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  und 11 Prozent NaCl. Bohrungen bis in 70 m Tiefe haben nachgewiesen, daß unter der Lösung abwechselnde Lagen von Schlamm, Salzton, kristallierter Trona ( $3\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{HCO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) und kristallisiertem Gaylussit ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) folgen, die alle mit der genannten Salzlösung durchtränkt sind. Diese wird herausgepumpt und mit Hilfe eines Abkühlungsprozesses wird etwa 60 Prozent des  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  gewonnen. Der Rest zusammen mit dem NaCl wird zur Zeit wieder in die Pfanne zurückgegeben, doch ist auch ihre Nutzbarmachung geplant.

Es handelt sich zweifellos um einen recht jugendlichen Explosionsschlot, aus dessen vulkanischen Dämpfen und Exhalationen die Salze stammten. Vielleicht bildet dieses „Soda-Maar“ den letzten südlichsten Ausläufer der ausgedehnten, jungen, ostafrikanischen Vulkanreihe. Andere, derartig jugendliche vulkanische Gebilde fehlen in ganz Südafrika, allenfalls kann man vielleicht noch den „Großen Brukaros“ (Geitsigubib) bei Gibeon im Süden von Deutsch-Südwestafrika dazu rechnen.

## 5. Umgebung von Pretoria:

### Stratigraphie und Tektonik des Transvaal-Systems

Im mittleren und nördlichen Transvaal herrschen die Gesteine des jungalgonkischen Transvaal-Systems und die ihm unmittelbar aufgelagerte Schüssel des „Bushveld Igneous Complex“.

Die Schichtenfolge im nördlichen Transvaal ist aus der auf S. 41 befindlichen Zusammenstellung ersichtlich.

Die Schichten dieses Transvaal-Systems samt dem konkordant intrudierten Bushveld-Complex sind im mittleren Transvaal, nördlich Johannesburg, in einem ungeheuren Becken von einer Ost-West-Länge von 550 km und einer Nord-Süd-Breite von über 300 km eingesenkt. (Abb. 42.)



Abb. 41. Pretoria-Saltpan, ein „Soda-Maar“. Man sieht den Ringwall mit der runden, inneren Einsenkung, die mit dunkler Soda-Salzlake und weißen, ausgeschiedenen Natriumkarbonaten bedeckt ist.

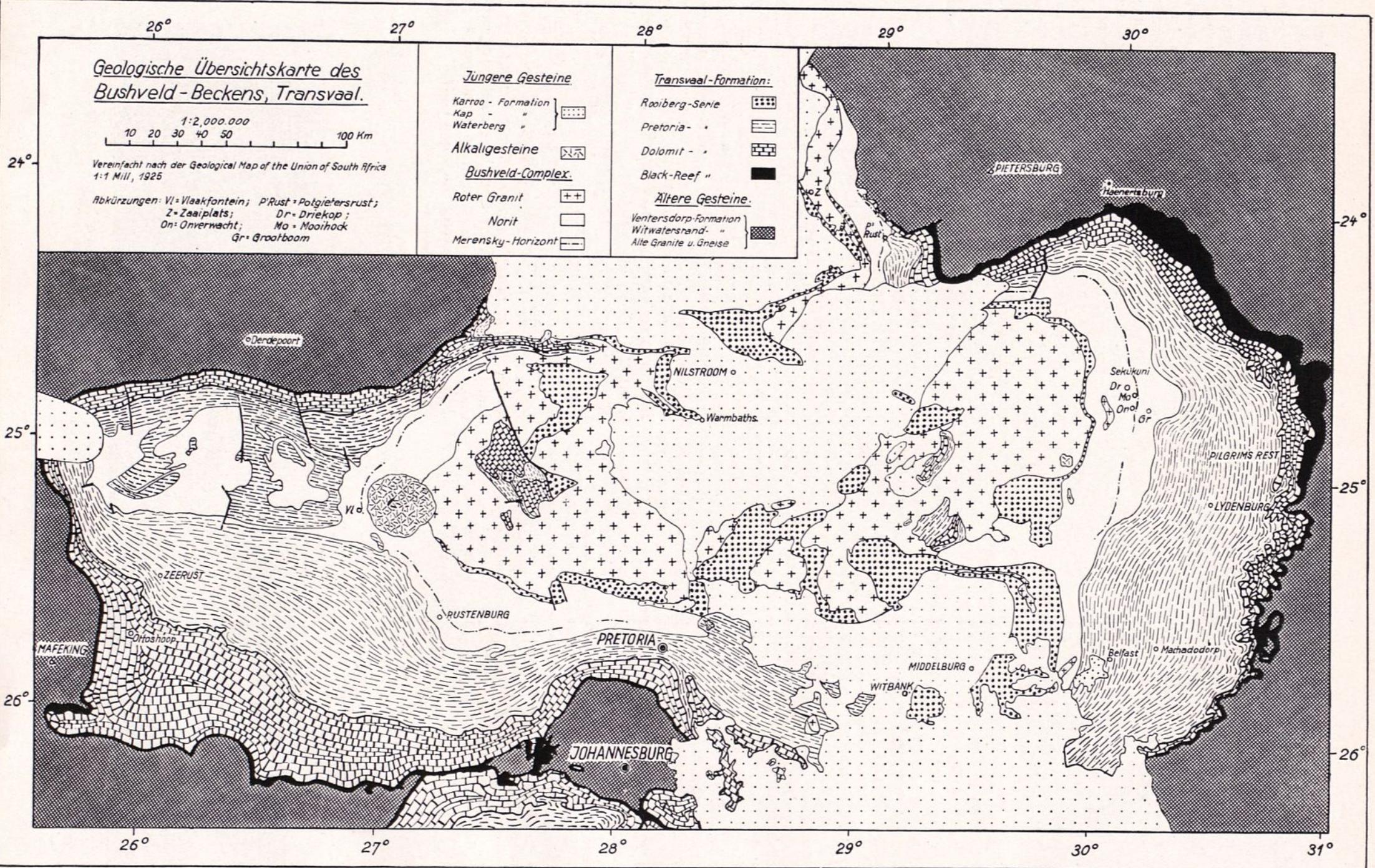


Abb. 42.

Paläozoisches Waterbergssystem	Konglomerate und Sandsteine	> 1500 m
III. Pretoria-Serie.	4. Rooiberg Schichten	600 2400
	Intrusiver „Bushveld-Igneous Complex“	3000—4000 4500—5000
	3. Magallisberg-Schichten	1600 ± 3000
	2. Daspoort-Schichten	100 120—210 360—750 „Tillit“ 240—420
I. Timeball-Hill-Schichten	Quarzite	60—150
	Schiefer mit Eisenoolithschicht Quarzite mit Eisenoolithschichten Schiefer mit Eisensandstein Basalkonglomerate und Hornsteinbrekzien	180—240 0—18
II. Dolomit-Serie	z. T. gebänderte Eisen-quarzite Dolomite mit Hornsteinbändern Klotzige Dolomite	58—1000
I. Black-Reef-Serie	Quarzite Schiefer Quarzite u. Konglomerate	6—800
Ventersdorp-System z. T. Witwatersrand-System z. T. alter Granit		

„Der Bau des Bushveld-Beckens wird klar hervorgehoben durch die konzentrischen, bandförmigen, bald breiteren, bald schmälere Ausstriche der in ihm gefesselten Abteilungen des

Transvaal-Systems. Von außen nach innen folgen sich, älteres unter jüngeres eintauchend, die Blackreef-, Dolomit- und Pretoria-Serie dieses Systems, denen sich im Beckeninnern noch die Rooiberg-Serie anschließt. Im allgemeinen neigen sich die Schichten des Transvaal-Systems langsam nach dem Muldentiefsten. Doch sind an den Rändern des Beckens Störungen durch Brüche und Überschiebungen selbst beträchtlicheren Ausmaßes festgestellt. Den Kern des Beckens nimmt der Bushveld-Komplex ein. Er drang als mächtige, flach ausgebreitete, schüsselförmige Intrusion zwischen die Sedimente des oberen Transvaal-Systems ein. In diesen erzeugte er einen ausgezeichneten Kontakthof, ja, bei Hinzutritt besonderer Verhältnisse kristalline Schiefer und Gneise. Die wichtigsten Gesteine des Bushveld-Komplexes sind Norit und Rotgranit. Während der Norit, samt seinen zahlreichen, zum Teil platinführenden Abspaltungen, im allgemeinen den Formen des Beckens sich einschmiegt, zeigt diesen gegenüber der Rotgranit eine größere Unabhängigkeit.“ (Krenkel: Geol. Afr. II, S. 511—512). Rings um dieses Becken sieht man deshalb oft Profile der Art, wie etwa von der Mitte des Weges zwischen Johannesburg und Pretoria aus nach Norden, über Pretoria ins Buschfeld hinein, wie es Abb. 43 zeigt.

Der regelmäßigen geologischen Lagerung entspricht eine großzügige Oberflächengestaltung, welche besonders im Gebiet der Pretoria-Serie auffällt. „Morphologisch sind die Pretoria-Schichten ausgezeichnet bedacht. Die regelmäßige Wechsellagerung harter Quarzite und leicht wegräumbarer Schiefer schafft die „Bankenszenerie“. Als zackige Rücken, nach dem Innern des Beckens langsam abfallend, nach seinem Äußeren steil abbrechend, ziehen die Quarzite über unendliche Kilometer durchs Land, von den Flüssen in engen Ports durchsägt. Als Talungen dagegen dehnen sich zwischen ihnen die Schiefer- und Diabas-Gelände.“ (Krenkel, Geol. Afr. II, S. 769.) In einem trockenen Land wie Südafrika sind die engen Pforten in solchen langhinziehenden steilen Höhenzügen die willkommenen Stellen zu Dämmen, um das Regenwasser und einige Rinnsale aufzustauen und zur Bewässerung zu verwenden. Bei einer Exkursion in die Platinlagerstätten bei Rustenburg (siehe später) konnten wir einen der größten Staudämme in Transvaal sehen, den Hartebeestport-Damm (Abb. 44). Er liegt in einer engen tiefen Pforte in den Magalisbergquarziten. Der gemauerte Wall ist vom Fundament aus 59 m hoch, vom Wasserspiegel des Fließchens 48 m hoch und an der oberen Krone 4,50 m breit. Das Einzugsgebiet ist 4400 km<sup>2</sup>, der gefüllte Damm faßt 168 Mill. m<sup>3</sup>, wobei die Wasserfläche des Stausees 17,3 km<sup>2</sup> beträgt. Ein in dem Überlauf sich anschließender östlicher Bewässerungskanal ist 72 km lang, ein anderer im Westen ist 53 km lang. Beide bewässern ein Gebiet von 12,14 Hektar.

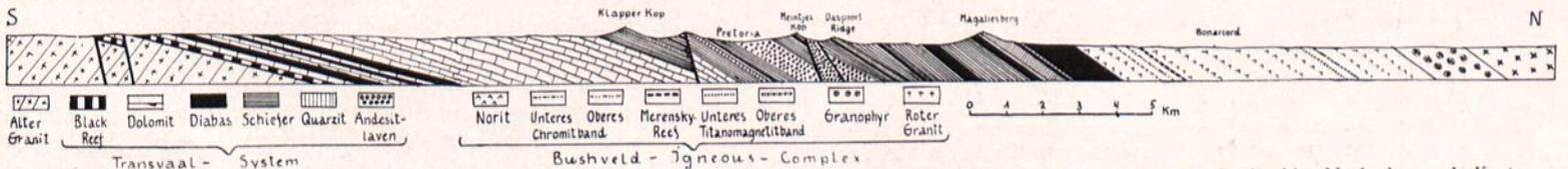


Abb. 43. Profil durch den Südflügel des Bushveld-Beckens. Von halbwegs zwischen Johannesburg und Pretoria über Pretoria ins Bushveld. Nach der geol. Karte Blatt Pretoria des Geol. Survey of South-Africa und dem Guide Book Exk. A. 7 zusammengestellt.

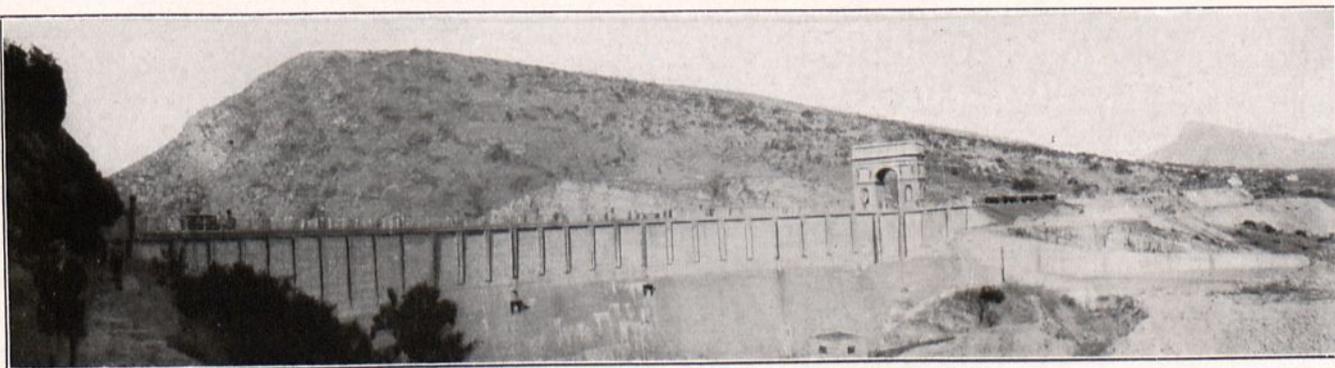


Abb. 44. Hartebeestportdamm zwischen Pretoria und Rustenburg in einer „Pforte“ in der Magalisberg-quarzitkette. (Aufn. Schneiderhöhn.)

## 6. Der Eruptivkörper des Bushvelds

Auf einigen kleineren und einer großen zehntägigen Exkursion sollte das Bushveld und seine Lagerstätten gezeigt werden. Leider fiel die große Bushveld-Exkursion mit der nach Süd-rhodesia zusammen, so daß mancher vor eine schwere Wahl gestellt war. Ich selbst ging zunächst nach Rhodesia und verdanke es den Herren Dr. Hans Merensky und Dr. Percy A. Wagner, daß ich später nach dem Kongreß die ganze Bushveld-Exkursion nachmachen konnte. Von Pretoria aus hatte ich schon vorher Gelegenheit gehabt, außerhalb der offiziellen Exkursionen noch mehr vom Bushveld und vor allem noch einige Platinlagerstätten mehr zu sehen. Durch mikroskopische Untersuchung vieler Proben der Gesteine und Lagerstätten des Bushveld, vor allem der platinführenden Gesteine, die mir seit mehreren Jahren durch Dr. E. Reuning und Dr. P. A. Wagner zugesandt wurden, hatte ich schon vor dem Kongreß einen näheren Einblick in die stoffliche Beschaffenheit der Bushveldgesteine gewonnen. Um das Gebiet selbst kennenzulernen, standen mir im ganzen 14 Tage zur Verfügung, was bei dem Vorhandensein der geologischen Karten etwa 1 : 150 000 und der ausgezeichneten neuen Monographien von A. L. Hall, P. A. Wagner und R. A. Daly, sowie bei der Großzügigkeit der geologischen Lagerung für den ersten Überblick ausreichte<sup>1)</sup>.

### Allgemeiner Überblick.

Die Eruptivgesteine des Bushvelds, mitten in Transvaal gelegen, stellen eine aus verschiedenen Gliedern bestehende, aber genetisch einheitliche Eruptivmasse allergrößten Ausmaßes und von einer geradezu großartigen Einfachheit des Aufbaus dar. Der Eruptiv-, „Komplex“, wie er jetzt meist genannt wird („Bushveld igneous complex“), ist ein längliches Oval von 450 km Ost-West-Länge und 240 km Nord-Süd-Breite, mit einem Flächeninhalt von 95 000 qkm. Wenn man ihn auf eine Karte Deutschlands projiziert, würde der Eruptivkomplex ein Gebiet bedecken, das ziemlich genau durch die Verbindungslinien folgender Orte gegeben ist: Aachen—Köln—Kassel—Halle—Leipzig—Hof—Bayreuth—Frankfurt—Mainz—Koblenz—Aachen. Die ungeheure Größe dieser einheitlichen petrographischen Provinz ist damit wohl ohne weitere Worte am besten gekennzeichnet. Es kommt noch hinzu, daß der Eruptivkomplex mit weiten Teilen seiner Unterlage und seinem Dach eine erdgeschichtliche Einheit bildet, die auf eine noch viel weitere Erstreckung das tektonische Bild großer Teile von Transvaal beherrscht. Endlich sind mit den Eruptivgesteinen räumlich und genetisch eine Fülle von Erzlagerstätten verbunden, so daß hier auch eine Metallprovinz größten Umfanges vorliegt (Abb. 42, S. 40). Die Geschichte des Bushveld-Komplexes<sup>2)</sup> beginnt schon mit der Bildung der obersten Gesteine des Transvaalsystems

<sup>1)</sup> Von dem ausführlichen Schrifttum seien hier nur die neuesten Werke und Arbeiten erwähnt:

A. L. Hall: The Bushveld Igneous Complex. Journ. Chem. Mat. Min. Soc. of South Africa 1926. 26. 160—174.

E. Reuning: Verbandsverhältnisse und Chemismus der Gesteine des „Bushveld Igneous Complex“ Transvaals und das Problem seiner Entstehung. N. Jahrb. f. Min. Beil., 57. A. 1927. 631—664.

R. A. Daly: Bushveld igneous complex of the Transvaal. Bull. Geol. Soc. Am. 1928. 39. 703—768.

A. L. Hall: The Bushveld igneous complex with special reference to the eastern Transvaal. Intern. Geol. Congr. Guide Book Exc. C. 19. 1929. 83 p.

H. Schneiderhöhn: Erzmikroskopische und spektrographische Untersuchung von platinführenden Nickelmagnetkiesgesteinen des Bushveld igneous complex (Transvaal). Chem. d. Erde. 1929. 4. 252—286.

P. A. Wagner: The platinum deposits and mines of South Africa. With a chapter on the mineragraphy and spectrography of the sulphidic platinum ores of the Bushveld complex by H. Schneiderhöhn. Edinburgh. 1929. 326 p. 38 Taf. 37 Abt. — In diesem großen Werk ist die ältere Literatur vollständig angeführt.

<sup>2)</sup> Die eruptive Vorgeschichte beginnt schon viel früher. Im Gebiet der Bushveld-Mulde ist es vor den eigentlichen Bushveld-

(vgl. Formationstafel auf S. 41), der Rooiberg-Schichten. In einer Mächtigkeit von 2400 bis 3000 m wechsellagern hier die quarzischen und schiefrigen Schichten der Pretoria-Serie nach oben immer mehr mit vulkanischen Schichten, sauren Laven, Felsiten, Granophyren, Tuffen, Tuffiten usw. An der Grenzfläche zwischen diesen hangenden Felsit-schichten und den liegenden Magaliesbergschichten drang unmittelbar nach Absatz der Rooiberggesteine eine ungeheure Masse basischen Magmas ein, welches dann langsam erstarrte und dabei den unteren Teil des eigentlichen Eruptivkomplexes, die Noritgruppe mit ihren mannigfachen Differentiationsgesteinen lieferte in einer wahren Gesamtmächtigkeit von beiläufig 5500 m. Nach seiner Erstarrung drangen große Massen granitischen Magmas ein und bildeten den viele hunderte von Metern mächtigen oberen Teil des Eruptivkomplexes, den roten Granit mit Granophyren. Das Gewicht dieser ungeheuer schweren Magmamasse, deren Zufuhrkanäle und größere Mächtigkeiten im mittleren Teil anzunehmen sind, drückte die horizontalliegenden Gesteine des Transvaalsystems schüsselförmig nach unten ein, eine Bewegung, die langsam und stetig lange Zeiträume während und noch nach der Erstarrung des Norits und des roten Granits andauerte. Daher kommt die heutige Form des ganzen Gebildes, das wenigstens im großen keine späteren tektonischen Umformungen mehr erfuhr.

Die heutige Abtragungsfläche hat den Komplex so geschnitten, daß ungefähr alle überhaupt vorhanden gewesenen Gesteine an der heutigen Oberfläche entblößt sind. Zugleich haben die abtragenden Faktoren die Schüssel herausmodelliert. Von den allseitig nach innen einfallenden Pretoriaschichten der Unterlage bilden die Quarzite weithin umlaufende Ringketten, zwischen denen die ausgeräumten Schiefer- und Diabasflächen verlaufen. Der Norit der inneren Schüssel ist meist ebenfalls ausgeräumt, oft mit „turf“, einem eigenartigen schwarzen Verwitterungsboden bedeckt, aus dem oft unvermittelt kleine oder größere, steilwandige Kopjes, mit großen runden Noritblöcken bedeckt, herausragen. Im Osten wird die Topographie, auch des Norits, bewegter. Ähnliches wie für den Norit gilt auch für die Oberflächenformen des Granits.

Eine Erscheinung, über die alle fachmännischen Besucher des Bushvelds immer wieder aufs äußerste erstaunt, ja betroffen sind, ist eine im größten Maßstab vorhandene und bis ins kleinste immer wieder zu beobachtende ganz ausgezeichnete „Schichtung“ oder Paralleltextrur des Norits und seiner Differentiate (rifting, pseudostratification). Sie verläuft parallel der Auflagerungsfläche des Norits und parallel der echten Sedimentschichtung der Quarzitzüge und anderen Gesteine der Pretoria Series seiner Unterlage.

Auch der scheinbar undifferenzierte Norit zeigt diese Bankung im Schürfgraben und im Stollen, ebenso wie von weitem an den Berghängen und den Bergformen sichtbar. Und die im Mineralbestand vom Hauptgestein abweichenden Differentiate sind in gleicher Richtung parallel eingelagert als „Horizonte“ oder, wie der südafrikanische Bergmann oft sagt, als „reefs“. Auf Dutzende, ja auf mehr als 100 Kilometer können solche eruptiven Dezimeter- oder meterbreiten Horizonte ununterbrochen verfolgt werden. Dabei ist ihre Horizontbeständigkeit so groß, daß auf Grund schon bekannter Profile bei Bohrungen an anderen Orten die Tiefenlage gewisser Schichten vorausberechnet werden konnte und bis auf wenige Dezimeter genau gefunden wurde.

Intrusivgesteinen bereits fünfmal zu mächtigen, meistens auch flächenhaft intrusiven oder extrusiven Magma-Ergüssen gekommen (Ventersdorf-Mandelsteine, Ongeluk-Laven, Dasport-Laven, Dullstroom-Eruptiva, Rooiberg-Felsite). Es wäre eine reizvolle und für die Ergründung des Bushveld-Problems sehr wichtige Aufgabe, die mutmaßlichen Verwandtschaften dieser Vorläufer petrochemisch und regionaltektonisch zu erforschen. Leider fehlt es sehr an Analysen.

**Die Noritgruppe, ihre „Schichtenfolge“ und die petrographische Natur der einzelnen Gesteinsglieder.**

Als „Norit“ bezeichnet man basische Tiefengesteine, aus rhombischem Augit und basischem Kalknatronfeldspat bestehend. Solche noritischen Gesteine bilden die ausgedehnteste Eruptivzone des Bushvelds und an sie sind alle wichtigen Lagerstätten des Komplexes, mit Ausnahme der Zinnerze gebunden. Im östlichen Bushveld, im Sekukuniland, wo eine bewegtere Topographie herrscht und bessere natürliche Profile und Aufschlüsse zu sehen sind, sind nach der petrographischen Natur deutlich fünf große „Schicht“gruppen im Norit zu unterscheiden, die regelmäßig gebankt „konkordant“ übereinanderliegen. Trotz schlechterer Aufschlüsse in anderen Gegenden, besonders im Westen, haben die zahlreichen bergbaulichen Arbeiten der letzten Jahre aber ergeben, daß im großen und ganzen dieselben „Schichten“ ringsum im ganzen Bushveld entwickelt sind. Ihre nähere Kenntnis und Verfolgung verdanken wir in erster Linie A. L. Hall.

1. Die unterste Zone („basal or chill zone“) von vielleicht 100 m wahrer Mächtigkeit ist ein typisches Abkühlungs-salband, bestehend aus einem sehr feinkörnigen augitreichen Norit. Die liegenden Schiefer und Quarzite (und stellenweise auch Dolomite) sind aufs intensivste und mannigfachste kontaktmetamorphosiert, und zwar auf eine solche Entfernung hin, daß hier einer der größten bekannten Kontakt-höfe vorliegt.

2. Eine Übergangszone („transition zone“), ungefähr 700 m mächtig, besteht aus ziemlich basischen Bronzit-Norit in Wechsellagerung mit schmalen „Schichten“ von ganz basischen Pyroxeniten, Bronziten, wodurch eine schöne „Schichtung“ hervorgerufen wird. Besonders die dunkelgrünen, schwarz angewitterten Bronzite bilden lange Mauern aus zyklischem Blockwerk im Gelände. (Abb. 45.) Stellenweise kommen schmale Chromitstreifen in unbauwürdiger Menge vor.

3. Die differenzierte Zone („critical zone or level of maximal differentiation“) enthält die Chromitbänder und den Merensky-Platin-Horizont, die wichtigsten Erzlager des Bushvelds, und ist etwa 1000 m mächtig. Hier findet sich die größte Mannigfaltigkeit von Gesteinstypen, von reinen Plagioklasgesteinen als dem sauersten Pol bis zu fast silikatfreien magmatischen Erzen. Auch in dieser Zone ist stets wieder eine ganz regelmäßige konkordante Parallel-„schichtung“ vorhanden, im großen sowohl als auch bis in die Größenordnung eines Millimeters. (Abb. 46.) Dies ist hier um so auffälliger und erstaunlicher, als innerhalb eines Profils auf engstem Raum oft die verschiedenartigsten eruptiven Mineralparagenesen mit ganz scharfen Grenz-

flächen aneinanderstoßen. Dabei kehren bestimmte „Schichten“folgen, die im Lydenburger Bezirk auf viele Kilometer Länge beobachtet werden, im westlichen Bushveld, also bei-läufig 400 km davon entfernt, oft in einer bis auf den Zenti-meter gleichen Ausbildung wieder.

Einzelprofile und Einzelheiten aus dieser Zone werden im nächsten Abschnitt gebracht über die Chromit- und Platin-lagerstätten (siehe Abb. 47, 48, 49).

4. Die Hauptnoritzone („main Belt“), 2000—3000 m mächtig, enthält einen nur ganz wenig differenzierten ein-tönigen Bronzit-Norit. Konkordante Einlagerungen sind selten, nur nahe der hangenden Grenze findet sich eine „Schicht“, die ein oder mehrere Bänder mit sehr reinem Titanomagnetit enthält. Im ganzen ist eine „Schich-tung“ nur schwach ausgeprägt.

5. Die Hangende Zone („upper zone“), etwa 700 m mächtig, enthält noch schwächer „geschichtete“ Gesteine, die wieder feinerkörnig sind und vor allem schon wesentlich saurer werden. Es sind noritische, dioritische bis syenitische Typen vorhanden.

6. Erzführende Einlagerungen. In den verschie-denen Gruppen wurden schon mehrere erzführende Einlage-rungen, die meistens schichtig auf weite Strecken verbreitet sind, erwähnt. Es sind dies vor allem:

Zwei Chromitbänder in der unteren Abteilung der differenzierten Zone

ein oder mehrere Titanomagnetitbänder in der Hauptnoritzone

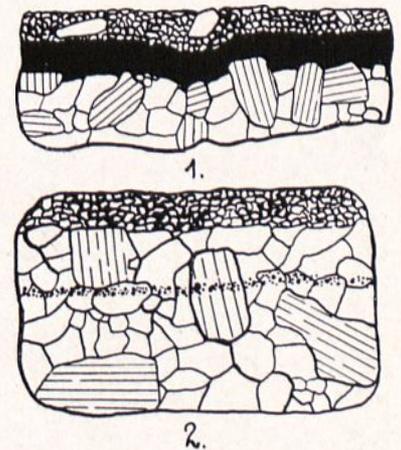
Sulfid- und platinführende Bänder in der diffe-renzierten Zone. Sie haben die allergrößte wirtschaftliche Bedeutung (vgl. Abb. 43).

Daß in einer so weitausgedehnten und mächtigen Folge basischer Intrusivgesteine Schlieren, Linsen und Bänder von ultrabasischen Gesteinen und in diesen liquidmagmatische Ausscheidungen von Nickelmagnetkies enthalten sind, ist nicht verwunderlich. Sie waren auch schon länger bekannt und wurden auch stellenweise abgebaut. Das allergrößte Interesse wurde erst in den weitesten Kreisen der Wissen-schaft und Wirtschaft hervorgerufen, als es 1925 Herrn Berg-assessor Dr. Hans Merensky gelang, in planmäßiger For-scherarbeit in solchen nickelmagnetkiesführenden Horizonten erhebliche Platingehalte zu entdecken. Schon ein halbes Jahr vorher hatte er in ultrabasischen Gesteinen gediegenes Platin und damit zum ersten Male eine abbauwürdige primäre Platinlagerstätte entdeckt<sup>1)</sup>. Die sofort einsetzende neue

<sup>1)</sup> H. Merensky: Die neuentdeckten Platinfelder im mittleren Transvaal und ihre wirtschaftliche Bedeutung. Ztschr. Deutsch. Geol. Ges. 1926. 78. 296—314.



**Abb. 46.** Schichtung in Handstücken von Bushveld-gesteinen. Halbe natürl. Größe. Nach P. A. Wagner, 1929.  
1. Schildpadnest (Rustenburg Distr.). Oben Merensky-Reef, dann schwarzes Chromband, unten Harzburgit.  
2. Helena (Lydenburg-Distr.) Oben Norit, unten Feldspat-bronzitit, darin ein milli-meterbreites Band von Chromitkörnern, die durch die Plagioklas- und Bronzit-körner durchsetzen.



**Abb. 45.** Bei Malipsdrift im östl. Bushveld. Blick nach Süden. Links die Unterlage des Norits, die nach Westen einfallenden Magaliesbergquarzite. In der Mitte die schwarze Bergkette die konkordanten, ebenfalls nach Westen einfallenden unteren Bronzitis-schichten, rechts die höheren differenzierten Lagen der Noritgruppe, ganz im Hintergrund das Dach des Norits, der rote Granit, alles konkordant nach Westen einfallend. (Aufn. Schneiderhöhn.)

geologische und lagerstättliche Erforschung, an der H. Merensky, E. Reuning und P. A. Wagner, auf die früheren Arbeiten von Molengraff, Hall und Daly bauend, in erster Linie sich beteiligten, hat trotz der kurzen Zeit und des ausgedehnten Gebietes schon soviel Licht über diese Lagerstätten verbreitet, daß im September 1929 das große zusammenfassende Werk von Percy A. Wagner „Platinum Deposits and Mines of South Africa“ erscheinen konnte.

7. Diskordante Intrusivstöcke („pipes“) sind ebenfalls in der Noritgruppe vorhanden. Es sind ultrabasische Gesteine, Dunite, und in mehreren ist ebenfalls durch Merensky ein sehr erheblicher Platingehalt festgestellt worden, der seit mehreren Jahren abgebaut wird.

#### Die Gruppe des Roten Granits.

Den inneren Teil des eruptiven Bushveldbeckens nimmt der Rote Granit ein, der zeitlich nach dem Norit hochkam. Er intrudierte teils zwischen dem Norit und seinem unmittelbaren Dach, den Quarziten und Felsiten der Rooibergserie, teils zwischen diesen Rooibergschichten selbst. Die Schichtenfolge ist nämlich von unten nach oben nicht nur: Norit-Granit-Rooibergschichten, sondern öfters auch: Norit-Rooibergschichten-Granit-Rooibergschichten. Fast überall verlaufen diese Grenzen wieder dem allgemeinen Fallen und Streichen des ganzen Bushvelds parallel, so daß also auch der Granit eine schüsselartige Einmündung bildet.

Meist ist er ein grobkörniges, intensiv rot gefärbtes Gestein, von gleichmäßigem Gefüge und ohne stärkere „Schichtung“. Mancherorts aber treten in den höheren Lagen drusige, miarolithische pegmatitische und aplitische Lagen auf, die dann stets der allgemeinen „Schichtung“ des Komplexes parallel gelagert sind. Sie deuten die stärkere Durchgasung der obersten Partien mit leichtflüchtigen, pneumatolytischen Bestandteilen an. An sie sind Zinnerzlagerstätten gebunden.

Manchmal finden sich auch Anzeichen mehrfacher Intrusionen. So ist gerade in dem gleich zu behandelnden Zinngebiet im Norden des Bushvelds auf weite Strecken eine ältere, intrusive, saure Phase (die aber natürlich auch noch jünger ist als der Norit) als „Granophyr“ entwickelt, d. h. als

rasch erstarrtes quarzporphyrtartiges, dichtes rotbraunes Gestein. In diese saure Vorphase drang dann erst — aber auch wieder genau parallel den, das ganze Bushveld beherrschenden „Schichtenfugen“ — das granitische Hauptgestein ein und erstarrte als grobkörniger roter Granit. Dessen oberste Teile sind gerade hier in besonderer Schönheit miarolithisch und pegmatitisch ausgebildet.

### 7. Die Chrom-, Nickel- und Platin-Lagerstätten des Bushvelds

#### Chromitlagerstätten<sup>1)</sup>.

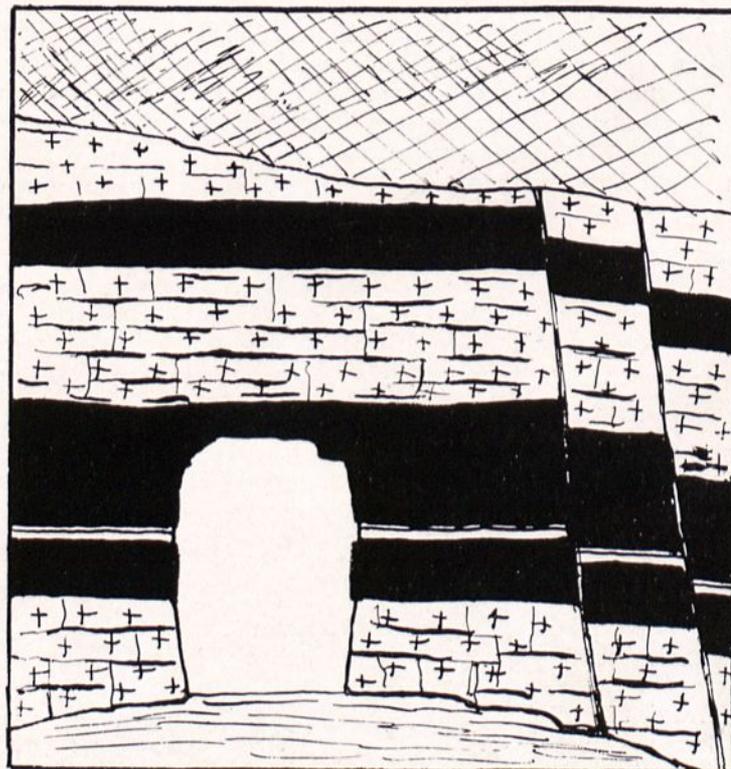
Die großen Chromitlagerstätten des Bushvelds sind schon lange bekannt, aber erst in den letzten 5 Jahren fing man mit ihrem Abbau an. Sie sind bis jetzt nur in 2 Distrikten näher bearbeitet, im östlichen Bushveld, im Lydenburg-Distrikt und im westlichen Bushveld, im Rustenburg-Distrikt. Die erstgenannten Vorkommen habe ich alle über und unter Tage gesehen, die letztgenannten nur teilweise, doch war der Typus überall derselbe.

Alle Chromitlager bilden „schichtige“ Einlagerungen im Bushveld-Norit, und zwar liegen sie stets in der „differenzierten Zone“ (Zone Nr. 3) der Noritgruppe. Es sind manchmal deutliche Linsen, allerdings sehr langgestreckt, die sich nach beiden Seiten auskeilen. Aber meist sind die Bänder hunderte von Metern, ja Kilometer weit ununterbrochen zu verfolgen. Ihre Mächtigkeit wechselt von wenigen Zentimetern bis über 4 m. Immer kann man mehrere gut ausgeprägte Horizonte feststellen, an die sich die Chromitlinsen oder -bänder recht genau und niveaubeständig halten, entsprechend der allgemeinen „Schichtung“ des Norits. Im Lydenburg-Distrikt sind es zwei Horizonte, nur auf kurze Strecken einmal drei, während im Rustenburg-Distrikt im ganzen untersuchten Bereich drei Horizonte entwickelt sind. Eine chromitführende Zone besteht meist aus einer „schich-

<sup>1)</sup> Neben dem p. 1 genannten allgemeineren Schrifttum über das Bushveld vgl. besonders:

P. A. Wagner: The chromite of the Bushveld Complex. South Afr. Journ. of Sci. 1923. 20. 223—235.

P. A. Wagner: Report on the properties of Chrome Corporation (South Africa) Ltd. 1929. 8 p.



Abhangschutt

Norit

Chromit

Norit

Chromit

Anorthosit

Chromit

Norit

Abb. 47. Photographie und Profilskizze der Chromitlagerstätte von Winterveld im Lydenburg-Distrikt. (Aufn. Schneiderhöhn.)

Profile durch den Merensky-Horizont (obere Reihe)

und die Chromitbänder des Bushvelds

Nach P.A. Wagner 1929

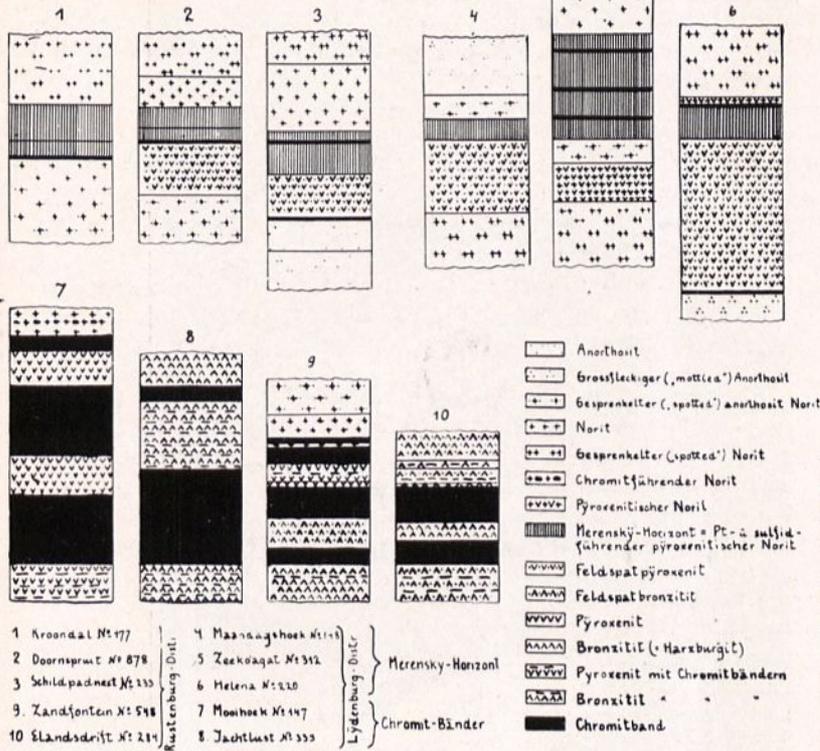


Abb. 48.

tigen“ Wechsellagerung von einander parallellaufenden Bändern von sehr hochhaltigem Chromitit, von chromithaltigem Bronzitit oder Bronzitonit und von ganz chromitfreiem Anorthosit oder Feldspatbronzitit. Oft sind in einem 2—3 m mächtigen Chromititband zentimeterschmale Bänder der

anderen Gesteine einander genau parallel eingelagert. Breitere Einlagerungen sieht man auch einmal auskeilen. Alle Grenzflächen, die hangenden und liegenden Grenzen der Chromitbänder sind ganz scharf (Abb. 47, 48, 49).

Der Chromitit besitzt ein eigenartig geflecktes Aussehen, indem in einer Grundmasse von dichtem bis körnigem schwarzen Chromit einzelne rundliche Körner von hellem Bronzit und Plagioklas sind. Die chromitführenden Bronzitite und Norite sind hellgrün bis dunkelgrün schwarz gefleckt, während die Anorthosite, die ja nur aus Plagioklas bestehen, schneeweiß sind. Die Aufschlüsse bieten somit ein eigenartig buntes Bild dar und auch hier kommt man wieder aus dem Staunen nicht heraus, daß eine durch und durch aus Eruptivgesteinen und magmatischen Mineralparagenesen bestehende Gesteinsfolge bis ins kleinste die schönste Parallelschichtung und Bänderung zeigt, die genau der Bankung der ganzen Noritzone im großen parallel verläuft.

Im Lydenburg-Bezirk, besonders bei Winterveld, sind die Chromitbänder von zahlreichen Sprüngen und kleinen Verwerfungen durchzogen und die Chromitstücke selbst zeigen oft die schönsten spiegelnden Harnische. Es scheint sich nur um lokale innerliche Verruschelungen der schweren Chromitlager an steilen Berghängen zu handeln.

Seit einiger Zeit sind an mehreren Orten des Bushvelds umfangreiche Aufschließungsarbeiten in den Chromithorizonten vorgenommen worden. Seit 1924 hat eine regelmäßige, von Jahr zu Jahr steigende Förderung eingesetzt, wie folgende Zahlentafel zeigt:

Gefördertes Chromerz in Transvaal

1924	4 150	metr. Tonnen
1925	10 200	„ „
1926	13 600	„ „
1927	15 400	„ „
1928	28 400	„ „
1929	etwa 60 000	„ „

(nach den ersten 6 Monaten geschätzt).

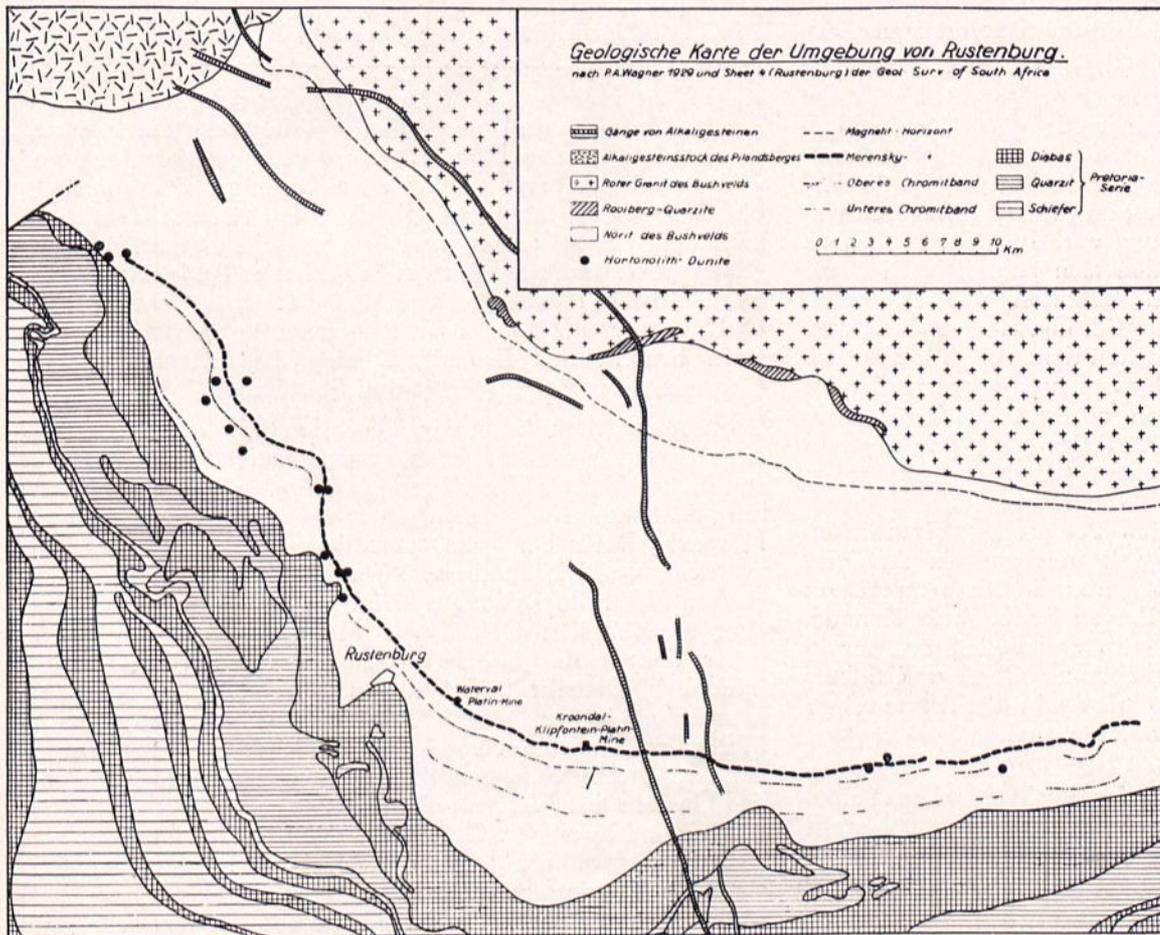


Abb. 49

Damit würde im letzten Jahr Transvaal schon etwa 16 Prozent der Weltproduktion an Chromerz geliefert haben (nach der Gesamtproduktion 1928 berechnet). Das Transvaal-Chromerz wurde über Lourenco Marques verschifft und enthielt 40—46 Prozent, im Mittel 43 Prozent  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  und 28,5 Prozent  $\text{FeO}$ . Ein 42 prozentiges Erz erzielte 58 sh 6 d per short ton cif Europäischen Hafen. Es ist beabsichtigt, die Jahresproduktion auf mindestens 100 000 t zu erhöhen.

Die Vorräte sind außerordentlich hoch und können bei der sehr regelmäßigen Lagerung auf hunderte von Millionen Tonnen angenommen werden.

Im folgenden seien als Beispiel einige besser aufgeschlossene oder im Abbau befindliche Vorkommen genannt, nebst einigen Zahlenangaben:

	Mächtigkeit	% $\text{Cr}_2\text{O}_3$	Aufgeschlossene Länge in m
<b>Lydenburg - Distrikt</b>			
Grootboom Nr. 186 .	1.20—3.60	41.5—43.5	1 500
Grootboom Annex Nr. 473 . . . . .	1.20	43.7	2 000
Winterveld Nr. 424 .	1.20	47	1 000
Doornbosch Nr. 425 .	1.20	47	Fortsetz. v. Winterveld
Mooihoek Nr. 147 . .	1.20	44	ca. 1 000
<b>Rustenburg-Distrikt</b>			
Boekenhofontein Nr. 336 . . . . .	0.80	42.5	1 000

Der Abbau erfolgt in Tagebauen oder im breiten Pfeilerbau auf den flachen ( $10\text{--}20^\circ$ ) gegen den Berg einfallenden „Flözen“. Zur Zeit ist der Transport zur nächsten Bahnstation noch recht teuer, da er meist einige Kilometer per Achse erfolgen muß. Die Weiterlegung der Bahnen ist für die nächsten Jahre beabsichtigt.

An den Berghängen des östlichen Bushveld sind große Rollserzlager von Chromit vorhanden, mit 45 Prozent  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , die auf den genannten Orten in den letzten Jahren ausgebeutet werden.

#### Platinarme bis platinfreie Nickelmagnetkiesvorkommen<sup>1)</sup>.

Bei Vlakfontein im Rustenburg-Distrikt, westl. Bushveld, kommen in einem der differenzierten Noritzone (Nr. 3, siehe S. 54) angehörigen Bronzitisgestein zahlreiche, der „Schichtung“ konkordant eingelagerte Linsen und Bänder von Bronzitis (Gestein aus rhombischem Augit mit sehr wenig Plagioklas) anorthositischem Norit, Anorthosit und Dunit (reines Olivin-gestein) in rascher Wechsellagerung vor. In derselben Folge, und zwar nur im Bronzitis, finden sich zahlreiche isolierte Massen mit den gewöhnlichen Silikaten des Bronzitis (Bronzit, in geringerem Maße Diopsid, basischer Kalknatronfeldspat, Hornblende, Biotit) zwischen denen Sulfide sparsam eingesprengt oder in größeren Massen verbreitet sind oder endlich als reine Sulfidmassen auftreten. Diese sulfidführenden Schlieren sind unregelmäßig geformt, ihre Erstreckung ist teils linsenförmig konkordant, teils aber stockförmig diskordant etwa senkrecht zur „Schichtung“ durchsetzend. Die sulfidischen Massen enthalten Pentlandit (Eisennickelkies), Magnetkies, Kupferkies, Pyrit in derselben Art und Verwachsung, wie wir es von anderen liquidmagmatischen Nickelmagnetkieslagerstätten, z. B. von Sudbury in Kanada, kennen. Die Sulfide enthalten Platin und Palladium nur in Spuren, während ein ziemlich erheblicher Gold- und Silbergehalt festgestellt wurde, bis zu 56 gr/t Au in der Tonne reiner Sulfide. Die ausgeklauften Fördererze enthalten 3—4 Prozent Ni und bis 5 Prozent Cu.

Auch an einigen anderen Stellen des Bushvelds kennt man ähnliche Lagerstätten. Ihre wirtschaftliche Bedeutung steht

<sup>1)</sup> P. A. Wagner: On magmatic nickel deposits of the Bushveld Complex in the Rustenburg Distrikt, Transvaal. Geol. Surv. of South Africa. Mem. Nr. 21. 1924. 181 p.

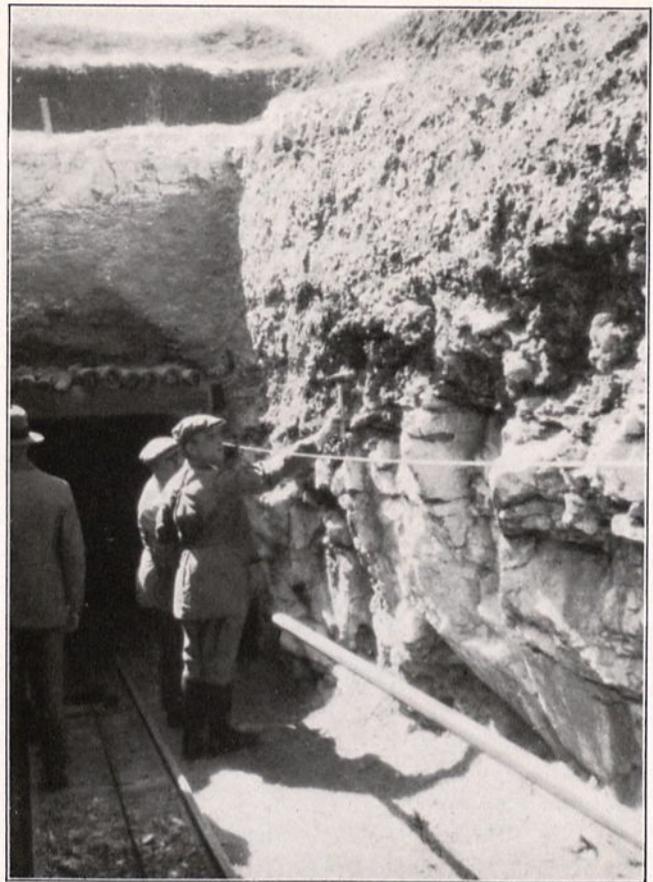


Abb. 50. Profil des Merensky-Horizonts im tonlängigen Schacht Nr. 7 in Waterval bei Rustenburg. Die untersten 1,80 m bis zum unteren Ende des Hammersteins sind das ungeschichtete und grobklüftig abgesonderte Merensky-Reef. Darüber liegt kleinstückig abgesonderter Norit, der nach oben in Verwitterungsboden übergeht. (Aufn. Schneiderhöhn.)

nicht fest, da größere Untersuchungsarbeiten über Ausdehnung und Vorräte anscheinend noch fehlen.

#### Die Platinlagerstätten des „Merensky-Horizonts“.

Der „Merensky-Horizont“ oder das „Merensky-Reef“ ist eine sich über hunderte von Kilometern erstreckende konkordante, innerhalb der differenzierten Zone des Norits eingelagerte „Schicht“ eines sehr grobkörnigen sulfid- und platinführenden Gesteins. Seine petrographische Natur ist recht gleichmäßig und schwankt nur zwischen einem etwas weniger basischen pyroxenitischen Diallagnorit und einem etwas basischeren Feldspatpyroxenit. Seine mittlere Mächtigkeit wechselt zwischen 0,80 und 1,50 m, es kann aber auch lokal bis 9 m mächtig werden. Das Gestein besteht aus Bronzit, Diallag, basischem Plagioklas, Chromit, Hornblende, Biotit und Sulfiden.

Die Grenzflächen gegen das Liegende sind stets scharf, meist auch gegen das Hangende, doch finden sich hier auch zentimeterschmale Übergänge. An einigen Orten des Rustenburg-Distrikts findet sich als liegende Grenzschicht des Merensky-Reefs ein 5 cm schmales scharf begrenztes Chromitband. In Schildpadnest im Rustenburg-Distrikt und an einigen Orten im Lydenburg-Distrikt ist dieses Chromitband aber im obersten Drittel des Merensky-Horizonts, 20 cm unter dessen hangender Grenze. An anderen Orten im Lydenburg-Distrikt bildet dieses Chromitband sogar seine hangende Grenze, auch findet man manchmal noch im Merensky-Horizont selbst 1 oder 2 solcher schmaler Chromitbänder. Durch Gefüge und Absonderung unterscheidet sich das Gestein des Merensky-Reefs stets sehr gut von den hangenden und liegenden Gesteinen. (Abb. 50.) Diese sind nicht so extrem grobkörnig wie der Horizont selbst, wengleich sie auch mindestens noch als mittelkörnig zu bezeichnen sind. Sie enthalten entweder gar keine oder nur sehr wenig

Sulfide. Es sind meist recht hellgefärbte Norite oder fast weiße Anorthosite von verschiedenem charakteristischem Gefüge, die als „mottled“ = großfleckig oder „spotted“ = gesprenkelt bezeichnet werden. Auch diese Gesteine laufen kilometerweit durch und dienen bei der Aufsuchung des Platinhorizontes als wichtige Leithorizonte.

In einer Entfernung von 9—12 m über dem Merensky-Horizont liegt im Rustenburg- und Lydenburg-Distrikt ein petrographisch ganz gleichartiger sulfidführender Horizont von 2—6 m Mächtigkeit, der aber nur Spuren von Platin enthält, das sogenannte „Bastard-Reef“.

Einige Profile des Merensky-Horizontes und seiner nächsten Gesteine im Hangenden und Liegenden sind in Abb. 48 zusammengestellt.

Das kennzeichnende äußere Merkmal des Merensky-Horizontes gegenüber seinem Hangenden und Liegenden ist die Sulfidführung, die 2—3 Prozent des Gesamtgesteins beträgt. Sie besteht aus Magnetkies, Pentlandit und Kupferkies, stellenweise auch aus nickelhaltigem Pyrit und unterscheidet sich äußerlich und auch mikroskopisch gar nicht von anderen nickelmagnetkiesführenden basischen Gesteinen. Nur der Anteil Pentlandit zu Magnetkies ist im Merensky-Horizont wesentlich größer, nämlich etwa 1:1 bis 1:3, während in den gewöhnlichen Nickelmagnetkieslagerstätten 1 Teil Pentlandit erst auf 15—20 Teile Magnetkies kommt. Den größten wirtschaftlichen Wert des Merensky-Horizontes bedingt ein erheblicher Gehalt an Metallen der Platingruppe. Er ist entweder gleichmäßig darin verbreitet, oder aber er beschränkt sich auf die oberste, seltener auf die unterste Lage. Es war bis vor kurzem nicht bekannt, in welcher Form er vorlag. An Hand eines reichlichen Materials konnte ich auf mikroskopischem und quarzspektrographischem Weg diese Frage lösen und eingehende, in Südafrika seither angestellte praktische Untersuchungen haben diese Befunde bestätigt. In den nachweislich frischen und unterhalb der Oxydationszone gelegenen Proben konnten eigene Platinminerale bis jetzt nicht nachgewiesen werden. Wo man bisher solche als große Seltenheit innerhalb des Merensky-Horizontes fand, gehörten die Proben stets der Verwitterungszone an, so daß es sich wahrscheinlich um eine zementative Anreicherung handelte. Neben Sperryolith PtAs<sub>2</sub> wurden ab und zu auch Cooperit Pt(As, S)<sub>2</sub>, Stibiopalladinit Pd<sub>2</sub>Sb, ferner gediegene Metalle, Platin, Palladium und Osmium als sekundäre Mineralien gefunden. Dagegen zeigten die quarzspektrographischen Untersuchungen, daß die ältesten Sulfide, besonders Pentlandit und Magnetkies, stets erhebliche Mengen der Platinmetalle enthalten. Kupferkies

ist frei von ihnen, ebenso Chromit und alle Silikate. In den Eisen- und Eisennickelsulfiden sind die Platinmetalle isomorph gelöst. In ihren Raumgittern nimmt ab und zu einmal ein Atom Pt, Pd oder eines der anderen Platinmetalle die Stelle eines Fe- oder Ni-Atom sein.

Der Platingehalt wechselt im einzelnen, ist aber über ungeheuer weite Strecken von erstaunlicher Gleichmäßigkeit. Im Rustenburg-Distrikt ist er kilometerweit genau untersucht und beträgt über eine Abbaumächtigkeit von 0,75 m 10 gr/t, wobei die untersten 0,30 m sogar 15—20 gr/t enthalten. Wenn man sagt „Platingehalt“, so sind damit auch die anderen Platinmetalle gemeint, besonders Palladium, das einen ungewöhnlich großen Anteil bildet, aber auch Iridium, Osmium, Rhodium und Ruthenium. P. A. Wagner gibt in seinem Buch (S. 110—111) folgende Gehaltszahlen des aus den Erzen des Merensky-Horizontes gewonnenen Rohplatin:

	Klipfontein-Kroondal-Mine, Rustenburg		Schildpadnest Nr. 233 Rustenburg		Elandsfontein Nr. 829 Rustenburg	Forest Hill Nr. 342 Lydenburg	Helena Nr. 220 Lydenburg
	Oxydationszone	Sulfidische Zone	Oxydationszone	Sulfidische Zone	Sulfidische Zone	Oxydationszone	Sulfidische Zone
Pt	77.5	66	76.3	73.4	70.0	73.0	74.13
Pd	15.2	25	11.8	20.8	20.0	20.0	24.91
Rh	2.0	4	1.7	5.3	—	—	—
Jr	1.3	—	1.18	—	—	—	—
Os	0.95	1	4.50	0.5	5.0	2.0	0.90
Jr	—	—	—	—	—	—	—
Au	2.57	4	1.90	—	5.0	4.0	—
	99.42	100	97.38	100.0	100.0	99.0	99.94

Auf 100 Teile Platin entfallen demnach:

in der Oxydationszone: 15—27 Teile Palladium

„ „ sulfidischen Zone: 28—38 „ „

ein Zeichen, daß bei der Oxydation Palladium leichter weggeführt wird als Platin.

#### Platinerze in kontaktmetamorphen und pegmatitischen Gesteinen.

Im nördlichen Bushveld, in der Nähe von Potgietersrust, kommen eigenartige Lagerstättentypen vor, die lokal sehr hohe Platinwerte führen. Dort verläuft im Gegensatz zur üblichen Lagerung im Bushveld der Kontakt des Norits gegen die liegenden Gesteine sehr unregelmäßig. Der Norit schneidet hier diskordant durch immer ältere Glieder der Transvaalformation, bis er sogar mit altem Granit in direkten Kontakt kommt, eine „eruptive Transgression“, wie A. L.

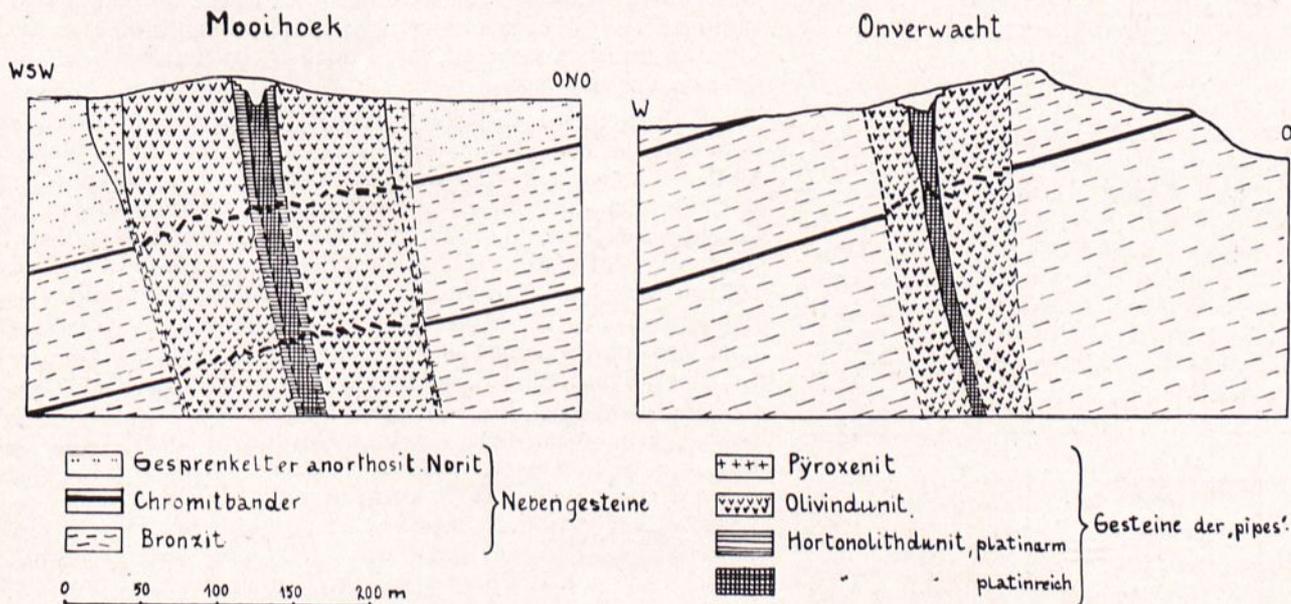


Abb. 51. Profile der Dunitpipes von Mooihoek und Onverwacht. Nach P. A. Wagner 1929 und Angaben der Betriebsdirektion.

Hall es treffend nennt. Dabei wurden große und kleine Schollen der Transvaalgesteine eingewickelt und mehr oder weniger kontaktlich verändert und umkristallisiert. Auch die liegenden Gesteine wurden sehr stark kontaktmetamorphosiert und injiziert. Der Norit selbst zeigt starke endogene Veränderungen. Die „Transgression“ bezieht sich aber auch auf den Norit selbst, indem hier die tiefsten Noritgruppen ausgefallen sind und die mittlere „differenzierte Gruppe“ mit dem Merensky-Horizont auf weite Strecken in unmittelbare Berührung mit der kontaktlich veränderten Unterlage tritt. Diese Lagerstättentypen sind am besten untersucht auf den Farmen Sandsloot, Vaalkop und Zwartfontein, 20–24 km nördl. Potgietersrust. Ihre Entzifferung mit Hilfe zahlreicher Schurfgräben, Schurfschächte und Bohrlöcher und nach eingehenden mikroskopischen und chemischen Untersuchungen erfolgte durch E. Reuning und P. A. Wagner. Es herrschten sehr verwickelte Lagerungsverhältnisse, mit starken Verfälschungen der Noritdifferentiate und der liegenden Dolomite, wobei Augitfelse, Augit-Granatfelse Serpentine und serpentinierte Augit-Granat-Glimmerfelse mit oder ohne Sulfide entstanden sind, die völligen Mischgesteinscharakter tragen. Es handelt sich augenscheinlich um eine gemeinsame Wirkung magmatischer Assimilation und pneumatolytischer Durchgasung.

Es ist nun für die Geochemie der Platinmetalle besonders interessant, daß ich durch erzmikroskopische und spektrographische Untersuchungen feststellen konnte, daß die Sulfide dieser Mischgesteine fast völlig frei von Platinmetallen sind, daß dagegen hier eigene Platinminerale vorhanden sind, und zwar Sperrylith PtAs<sub>2</sub>, Cooperit Pt(As, S)<sub>2</sub> und Stibiopalladinit Pd<sub>3</sub>Sb.

Einige Kilometer südlich, auf der Farm Tweefontein ist auch innerhalb der liegenden Gesteine eine Platinführung vorhanden. Es grenzen dort gebänderte Eisensteine, die der Dolomitserie angehören, an den Norit. In den Eisensteinen sind zentimeterschmale Trümchen von Quarz-Feldspat-Pegmatiten mit Kupferkies, Magnetkies und Sperrylith. Die Kupfereisensulfide sind zum großen Teil in der allein aufgeschlossenen Oxydationszone zu Brauneisen und Malachit oxydiert, aber der Sperrylith ist noch völlig unverwittert. Von hier stammen die schönsten, größten und flächenreichsten Sperrylithkristalle, die überhaupt bis jetzt bekannt geworden sind, die größten bis 18 mm Durchmesser und 34 gr Gewicht.

#### Die platinführenden Dunit-Röhren.

Diese wirtschaftlich sehr wichtigen und wissenschaftlich höchst interessanten Platinlagerstätten unterscheiden sich in mehrfacher Beziehung grundlegend vom Merensky-Horizont. Ihre Entdeckung ist ebenfalls H. Merensky zu verdanken.

**Petrographischer Charakter.** Es sind keine pyroxenitischen Gesteine, sondern Dunite. Dunite sind ultrabasische Eruptivgesteine, die im wesentlichen aus Olivin bestehen. Die Olivinminerale sind Mischkristalle zwischen dem Magnesiumorthosilikat 2MgO.SiO<sub>2</sub> (Forsterit i. e. S.) und dem Eisenorthosilikat 2FeO.SiO<sub>2</sub> (Fayalit i. e. S.). Beide kommen im reinen Zustand so gut wie gar nicht in der Natur vor. Es zeigte sich nun, daß beträchtliche Unterschiede im Platingehalt vorhanden sind, je nach dem Mischungsverhältnis des betreffenden Olivins. Die häufigsten Mischungsverhältnisse werden folgendermaßen bezeichnet:

	2MgO.SiO <sub>2</sub>	2FeO.SiO <sub>2</sub>
Forsterit i. w. S.	> 12	1
Olivin i. e. S.	12–2	1
Hyalosiderit	ca. 2	1
Hortonolith	1	1
Fayalit i. w. S.	< 1	1

P. A. Wagner gibt nun folgende Einteilung der an Dunite gebundenen Platinlagerstätten:

I. Uralischer Typus: in magnesiareichen Olivinduniten.

II. Bushveld-Typus: in eisenreichen Duniten

a) in Hortonolith-Duniten (Onverwacht, Mooihoek),

b) in Hyalosiderit-Duniten (Driekop).

**Lagerungsform.** Diese dunitischen Gesteine des Bushvelds liegen nicht wie der Merensky-Horizont konkordant als weithinziehende „Schicht“ im Norit. In den selteneren und wirtschaftlich bis jetzt unwichtigen Vorkommen handelt es sich um unregelmäßige Linsen, Fladen und Schlieren von Dunit, ± konkordant innerhalb eines grobkörnigen pegmatitischen Pyroxenits. Die meisten Dunite und vor allem alle bis jetzt als abbauwürdig erkannten stehen aber zu den „schichtigen“ Noritdifferentiationen im diskordanten Intrusionsverband. Es sind „pipes“, d. h. zylindrische oder konische Röhren oder Stöcke ± senkrecht zur „Schichtung“ des Norits.

**Platinführung.** Das Platin kommt als gediegenes Metall in mikroskopisch feiner Verteilung, seltener makroskopisch sichtbar, in den Duniten vor. Sulfide fehlen nicht ganz, finden sich aber nur ganz vereinzelt und in spärlichen, ganz zurückstehenden Mengen, eigentlich nur in Driekop.

**Platinführende Hortonolith-Dunite.** Bis jetzt kennt man über 60 Einzelvorkommen im Lydenburg- und Rustenburg-Bezirk, alle im unteren Teil der differenzierten Noritzone aufsetzend. Von ihnen haben sich nur 2 bis jetzt als abbauwürdig herausgestellt, zufällig waren dies auch die ersten, die gefunden wurden. Alle anderen führen entweder gar kein Platin oder nur Spuren. Das sehr charakteristische, pechglänzende, braunschwarze schwere Gestein besteht zu etwa 93 Prozent aus Hortonolith, sonst finden sich noch Diallag, Hornblende, ein brauner Glimmer (irrtümlich als Phlogopit bezeichnet), Chromit und Magnetit. Die Onverwacht-Platin-Mine, 60 km NW von Lydenburg, in der Nähe des Steelport River, setzt in einem Bronzinit auf, der 2 parallele Chromitbänder in einem Abstand von 90 m enthält und mit 20° nach Westen einfällt. Die Röhre besteht aus einem äußeren Mantel aus Olivindunit von annähernd 100 m Durchmesser und einer inneren „pipe“ von Hortonolithdunit, von 18 m Durchmesser. Die ganze Röhre steht nicht genau senkrecht auf dem „geschichteten“ Bronzinit, sondern bildet 80° mit ihnen. Diese, auch bei den anderen Dunitröhren des Bushvelds vorkommende Neigung erklärt A. L. Hall dadurch, daß diese Röhren zu einer Zeit hochkommen, als die muldenförmige Einsenkung des Bushvelds infolge seines eigenen ungeheuren Gewichtes noch nicht den heutigen Betrag erreicht hatte.

Die Grenzen zwischen den beiden Duniten und die Grenzen zum Bronzinit sind nur unvollkommen bekannt, jedenfalls sind sie im einzelnen recht unregelmäßig. Insbesondere ist die innerste „pipe“ in ihrer Ausdehnung bisher nur durch die Abbauwürdigkeit, d. h. auf Grund der den Abbau noch lohnenden Minimalplatingehalte (zur Zeit etwa 3 g/t) bestimmt worden. Die beiden Dunite sehen äußerlich ganz gleich aus. Die Platingehalte sind im allerinnersten Teil am höchsten und nehmen allmählich nach außen zu ab. Die reichsten innersten Teile sind zugleich die grobkörnigsten und besitzen oft pegmatitisches Gefüge. Ganz besonders hohe Werte zeigen pegmatitische Hornblende-Biotit-Schlieren und ihre unmittelbare Umgebung. Hier wurden Werte bis zu 213 g Platinmetalle pro Tonne gefunden. In der Gegend der 75-m-Sohlen, wo das untere Chromitband von der „pipe“ durchfahren wird, befinden sich im Dunit zahlreiche große Einschlüsse von Chromitit, in denen und in deren unmittelbaren Nachbarschaft ebenfalls außerordentlich hohe Platin-

gehalte waren, darunter der höchste hier überhaupt festgestellte von 2050 g pro Tonne. Der Durchschnitt der oberen Sohlen war etwa 30 g/t. Zwischen 60 und 75 m waren die sehr reichen, durch die Chromiteinschlüsse bedingten Gehalte häufig, so daß hier ein einwandfreier Mittelwert kaum angegeben werden kann. Werte von 200—300 g/t über einige Quadratmeter waren hier keine Seltenheit. Unterhalb der Chromitbruchstücke nahmen die Gehalte stetig ab und von 165—210 m war das Gestein praktisch frei von Platin. Noch tiefer begann wieder eine gute Platinführung, die auf der 225-m-Sohle 148 g/t betrug. Auch die zur Zeit tiefste Sohle, bei 240 m zeigt befriedigende, wenn auch wesentlich niedrigere Werte. Dort soll Mitte 1929 sogar ein haselnußgroßes Stück Platin im Dunit gefunden worden sein.

Parallel der Hauptpipe laufen radial schmale Gänge eines ebenfalls sehr grobkörnigen, oft pegmatischen Hortonolithdunits mit viel Hornblende und Biotit, die ebenfalls recht hohe Platingehalte aufweisen. Der umgebende Olivindunit führt nur ganz geringe Spuren, 1 g und weniger Platin pro Tonne. Im Tagebau hier (wie auch der anderen Dunite) sieht man sehr interessante Verwitterungserscheinungen, indem der serpentinisierte Dunit von schneeweißen Magnesitgängen entlang den Absonderungsfugen durchzogen ist.

Die platinführende Hortonolithdunit-Pipe von Mooihoek liegt 12 km nordöstlich von Onverwacht. Sie setzt auf in einem gesprenkelten („spotted“) anorthositischen Norit und hat an der Oberfläche einen Durchmesser von etwa 200 m. Auch hier ist der Schlot aus mehreren ± konzentrischen Schalen zusammengesetzt. Ein äußerster Mantel von ungefähr 15 m Mächtigkeit besteht aus grobkörnigem Pyroxenit bis Olivinnorit. Dann folgt ein zweiter Mantel von etwa 70—80 m Mächtigkeit aus Olivindunit, wie in Onverwacht. Der innerste Kern von etwa 20 m Durchmesser besteht wieder aus Hortonolithdunit, von dem aber nur die innersten 12—15 m die „payable pipe“ sind, d. h. einen so hohen Platingehalt haben, daß sie allein abgebaut werden. Zur Zeit ist die Pipe bekannt bis zur 135 m Sohle. Der äußerste pyroxenitisch-noritische Mantel verjüngt sich, wenigstens in den Schachtquerschlägen bis in 100 m Tiefe, auch die Olivindunitröhre verjüngt sich konisch nach unten, während der platinführende Hortonolithdunitkern bis jetzt zylindrisch blieb. Im Tagebau und auch Untertage sieht man viele zentimeter-schmale, grobkörnige Hortonolithdunitgänge radial streichend im Olivinnorit.

Auch hier waren die Platinwerte wieder im allerinnersten Kern am höchsten und nehmen stetig nach außen zu ab. Z. B. auf der 95 m Sohle war der Gesamtdurchschnitt 10,8 g/t, während der innerste Teil durchschnittlich 65 g/t hatte. Die ganz extrem hohen Werte sind auch hier wieder an pegmatitischen Stellen, wo Hornblende und brauner Glimmer ist. Der Gesamtdurchschnitt des bis jetzt geförderten Haufwerks über der 95 m Sohle hatte 10 g/t. Auf der 95 m Sohle ist er höher, auch steigt dort der abbauwürdige Röhrenquerschnitt. Noch höhere Durchschnittswerte, über 20 g/t zeigt die zur Zeit tiefste Sohle. 75 m tiefer wird das unterste Chromitband geschnitten und wenn die Verhältnisse, wie sie auf Onverwacht waren, auch hier herrschen, so ist die dadurch bedingte ungewöhnlich reiche Teufenstufe noch zu erwarten.

Platinführende Hyalosiderit-Dunite. In einer zweiten Gruppe platinführender Dunite ist der Olivin kein Hortonolith, sondern ein etwas magnesiareicherer Hyalosiderit. Hierher gehört ein weiteres reiches Platinvorkommen, die Driekop-Mine.

Driekop liegt 6 km nördlich von Mooihoek und ist zur Zeit bis auf 140 m Tiefe aufgeschlossen. Diese „pipe“ zeigt z. T. etwas andere Verhältnisse. Es ist zwar noch eine richtige „pipe“ von Olivindunit vorhanden. Aber die „payable pipe“

mit den abbauwürdigen Platingehalten bildet nicht einen innersten stockförmigen Kern, sondern es befinden sich in dem Olivindunitzylinder zahlreiche Schlieren, Klumpen, Gänge und Säulen von Hyalosideritdunit, die allein die abbauwürdigen Mengen Platin enthalten. Ihre Menge, Verteilung und Gestalt wechselt von Sohle zu Sohle und kann allein durch sorgfältige Probenahme ermittelt werden. Der Durchschnittsgehalt des gesamten zur Aufbereitung gegebenen Haufwerks beträgt 5—6 g/t, doch wurden an einzelnen der Hyalosideritkörper schon bis zu 80 g/t im Durchschnitt festgestellt.

Von den zahlreichen anderen, bis heute gefundenen Dunit-Schloten hat sich bis jetzt keiner als abbauwürdig erwiesen. Bei der ungeheuren Ausdehnung des Bushveld-Norits und der Kleinheit des genauer untersuchten Gebietes, da ferner diese „pipes“ im Gelände sich meist gar nicht oder nur sehr wenig abheben und da endlich auffällige oder leicht feststellbare Platinanzeichen an der Oberfläche ganz fehlen, ist mit ziemlicher Sicherheit mit dem Auffinden weiterer platinführender Dunit-Schloten im Bushveld zu rechnen.

### Technik und Wirtschaft der südafrikanischen Platinlagerstätten.

#### Abbauverfahren.

Die Platinlagerstätten des Bushvelds sind die ersten und bis dahin einzigen primären abbauwürdigen Platinvorkommen. Wenn man bedenkt, daß im Ural, wo allein bisher genauere Untersuchungen vorlagen, die Platingehalte der Dunite jenseits aller Bauwürdigkeit liegen, daß Lagerungsart und Zusammensetzung der uralischen Gesteine sich wesentlich von den transvaalschen unterscheiden, muß man immer wieder den wissenschaftlichen Weitblick und den wirtschaftlichen Wagemut Merensky's bewundern, der unermüdlich von seinem ersten Fund an die geologisch-petrographische, bergbauliche und aufbereitungstechnische Erforschung der Vorkommen betrieb.

Abbau, Aufbereitung und Verhüttung ist verschieden in den drei Lagerstättentypen: Merenskyhorizont, Potgietersrust-Kontaktlagerstätten und Dunit-Pipes.

1. Der Abbau des Merensky-Reefs ist bei der ungestörten, mit 9—10° bei Rustenburg flach einfallenden, flözartigen Lagerung sehr einfach. Nachdem durch Schurfgräben überall der genaue Ausstrich festgestellt worden ist, werden in regelmäßigen Abständen von ungefähr 130 m geneigte Strecken im Reef selbst vorgetrieben (Abb. 50), die in denselben Abständen durch horizontale Querschläge, die als 1, 2, 3 usw. Sohle bezeichnet werden, verbunden wurden. Etwa 600 m vom Ausgehenden entfernt wird alle 600 m ein Vertikalschacht niedergebracht, der als Wetterschacht und später auch als Förderschacht dient.

Der Abbau findet ähnlich statt wie am Witwatersrand: bei flachem Einfallen des Reef Strossenbau, bei steilem Unterwerks- oder Firstenbau. Das Hereingewinnen der weichen und gebräunten Gesteine der Oxydationszone geschieht mit Preßluft-Abbauhammer. Kosten etwa 4 sh/t.

In den festeren Gesteinen unterhalb der Verwitterungszone muß mit Bohrhammer und Dynamit gearbeitet werden. In den einzelnen Gruben sind die Abbauverfahren der Verteilungsart des Platins anzupassen; denn entweder führt das ganze Merensky-Reef gleichmäßig Platin oder nur einzelne Schichten von ihm sind platinreich und abbauwürdig, andere unbauwürdig. Diese platinreichen Schichten können oben oder unten sein. Weiterhin kann ein trennendes Chromitband mitten durch Flöz gehen oder es kann fehlen. Da in all diesen Fällen das abbauwürdige Flöz kleiner als die wirklich abzubauen Höhe ist, und da die einzelnen Gesteinsarten verschiedene Klüftung und verschiedene Haltbarkeit als Firste haben, hat man zur möglichsten Heruntersetzung der Kosten und zur

Vermeidung von Zimmerung und um gleichzeitig ein möglichst hochhaltiges Haufwerk zur Aufbereitung liefern zu können, für jede Grube besondere Abbaufverfahren erdosen. Sie liefern durchschnittlich ein Aufbereitungsgut von 14 bis 16 g/t, dessen Gewinnungskosten in den tieferen festen Teilen um 11 sh/t herum sich bewegen.

2. Der Abbau der kontaktpneumatolytischen *Potgietersrust*-Vorkommen. Abbauwürdige Mächtigkeit der großen Linsen beträgt 6—15 m, Einfallen 50—90°. Gewinnung im kombinierten Scheiben- und Versatzbau mit Firstenverschieb. Die Sohlenstrecken sind im Abstand von 30 m (gemessen entlang des Einfallens) aufgeföhren. Hereingewinnung durch Überhauen. Förderung durch Roll-Löcher. Tagebau nur noch im Zwartfontein Central-Westkörper bis 14 m Tiefe.

3. Der Abbau des *Dunits*. Bis zu einer Tiefe von 9—25 m wurde der Pt-haltige Dunit im Tagebau gewonnen. Zur Aufschließung der tiefergelegenen Lagerstätte wurden dann Schächte abgeteuft und jeweils im Abstand von rund 30 m Querschläge angesetzt. Von diesen sind Sohlenstrecken vorgetrieben, die ihrerseits mit Gesenken in Verbindung stehen. Letztere sind innerhalb der Pipes oder entlang ihrer Grenzflächen abgeteuft.

*Onverwacht Mine*. Scheibenbau: Es werden im Abstand von rund 15 m kreuz und quer durch das ganze „Pipe“ Querschläge („mats“) aufgeföhren und die einzelnen Scheiben des *Hortonolith-Dunits* im Firstenbau hereingewonnen. Sofort nach Abbau wird jede Scheibe mit Bergen versetzt, die von den oberen Sohlenstrecken durch die Gesenke gekippt werden. Das Erz gelangt durch Sturzrollen auf die Förderstrecken und von da zum Hauptförderschacht.

*Mooihoek Mine*. Kombiniertes Firsten- und Untertagsbau mit quadratisch angeordneter Verzimmerung (8×8 Joch). Kosten: 1 sh 8 d je t Fördergut.

*Driekop Mine*. Strossenbau: Es wird nur der in Säulen, Schlieren und Gängchen vorkommende haltige *Hortonolith-Dunit* abgebaut. Der taube *Olivin-Dunit* bleibt als Sicherheitspfeiler stehen.

#### Aufbereitung und metallurgische Anreicherung der Platinerze.

Der wichtigste Gesichtspunkt für eine Platinerzaufbereitung ist, daß die Platin-Scheideanstalten nur Konzentrate über 60 Prozent Platinmetalle abnehmen. Es ist dies der Hauptgrund der seitherigen Schwierigkeiten, die sich der Zugutmachung der Platinerze des Bushvelds entgegenstellen. Je nach der Natur des platinführenden Gesteins sind die Schwierigkeiten verschiedener Art.

1. Im *Merensky-Horizont*, in seinen unoxydierten, rein sulfidischen Teilen, wird eine solche Konzentration auf 60 Prozent Pt durch rein mechanische Aufbereitung auch nur annähernd nicht erreicht werden. Dies geht aus folgender Überschlagsrechnung hervor: Die Platinmetalle sind so gut wie ganz nur an die Sulfide gebunden. Das Gestein hat etwa 3 Prozent Sulfide mit im Durchschnitt 10 bis höchstens 20 g Platinmetallen pro Tonne. Eine hundertprozentige Abtrennung der Sulfide ergibt also ein Konzentrat mit 330 bis 660 g/t, d. h. mit 0,03—0,06 Prozent Platinmetallen. Die weitere Anreicherung kann nur auf metallurgischem Wege erfolgen, wofür schon verschiedene Verfahren ausgearbeitet sind. Nach dem Verfahren der *Krupp-Gruson-Werke* in Magdeburg werden die Flotationskonzentrate zu einem armen Kupfer-Nickelstein verschmolzen, der durch nochmaliges Umschmelzen einen Gehalt von

25,5 Prozent Ni

15,5 Prozent Cu

0,202 Prozent Platinmetalle

erhielt. Durch konz.  $H_2SO_4$  werden Cu, Ni, Fe gelöst, die Platinmetalle bleiben als Schlamm zurück, der zusammen-

geschmolzen ein Konzentrat mit etwa 60 Prozent Platinmetallen ergibt.

Bei einem rein sulfidischen Erz werden nach diesem *Krupp-Prozeß* 85 Prozent der Platinmetalle und 80 Prozent von Kupfer und Nickel ausgebracht. Bei gemischten sulfidischen und Oxydationserzen ist das Platinausbringen 78 Prozent.

Beim *Chlorierungsverfahren* des *Rand Mines Laboratory*, Johannesburg, werden die getrockneten Flotationskonzentrate bei matter Rotglut geröstet, um Schwefel zu entfernen und die Schwermetalle in Oxyde überzuführen. Das Röstgut wird mit Kochsalz vermischt und auf 500—600° C erhitzt. Dadurch werden alle Metalle einschließlich der Platinmetalle in Chloride übergeföhrt und in angesäuertem Wasser gelöst. Die Lösung wird mit Kalkstein versetzt, wodurch Kupfer als Karbonat nebst etwas Platin ausgefällt wird. Nach dem Filtrieren wird aus dem Rückstand Kupfer und Platin elektrolytisch gewonnen. Die Lösung, die den Hauptteil der Platinmetalle enthält, wird mit Zinkstaub versetzt, wodurch die Platinmetalle ausfallen. Sie werden abfiltriert, getrocknet und geglüht und enthalten 70 Prozent Platinmetalle. Aus der Lösung wird das Nickel gewonnen. Der unlösliche Rückstand der Chlorierung wird mit Cyanidlauge behandelt, wodurch das Gold und noch weitere 4—5 Prozent Platinmetalle gewonnen werden.

Das ganze Verfahren gewinnt etwa 90 Prozent der im Flotationskonzentrat enthaltenen Platinmetalle, d. h. 75—80 Prozent des im Gestein enthaltenen Gesamtplatins. Man schätzt, daß im Großbetrieb die Kosten £ 7 pro Tonne Flotationskonzentrat betragen.

Das *Johnson Matthey-Verfahren*, über das Einzelheiten nicht bekannt sind, ist wesentlich teurer und soll £ 10 pro Tonne Konzentrat kosten. Es soll hieraus 95—97 Prozent der Platinmetalle gewinnen.

Das *Eklund-Verfahren* ist ein direkter Amalgamierungsprozeß. Das platinführende Gestein braucht nicht erst mechanisch angereichert zu werden, sondern wird in Gegenwart eines Katalysators mit Zinkamalgam in Berührung gebracht, wodurch Platinamalgam gebildet wird. Als Katalysator dient eine Lösung von Mercurichlorid, Zinkchlorid, Salzsäure und Chlor. In einem Fall erfolgte eine Anreicherung auf 76—78 Prozent Platinmetalle. In anderen Fällen war der Erfolg weniger gut.

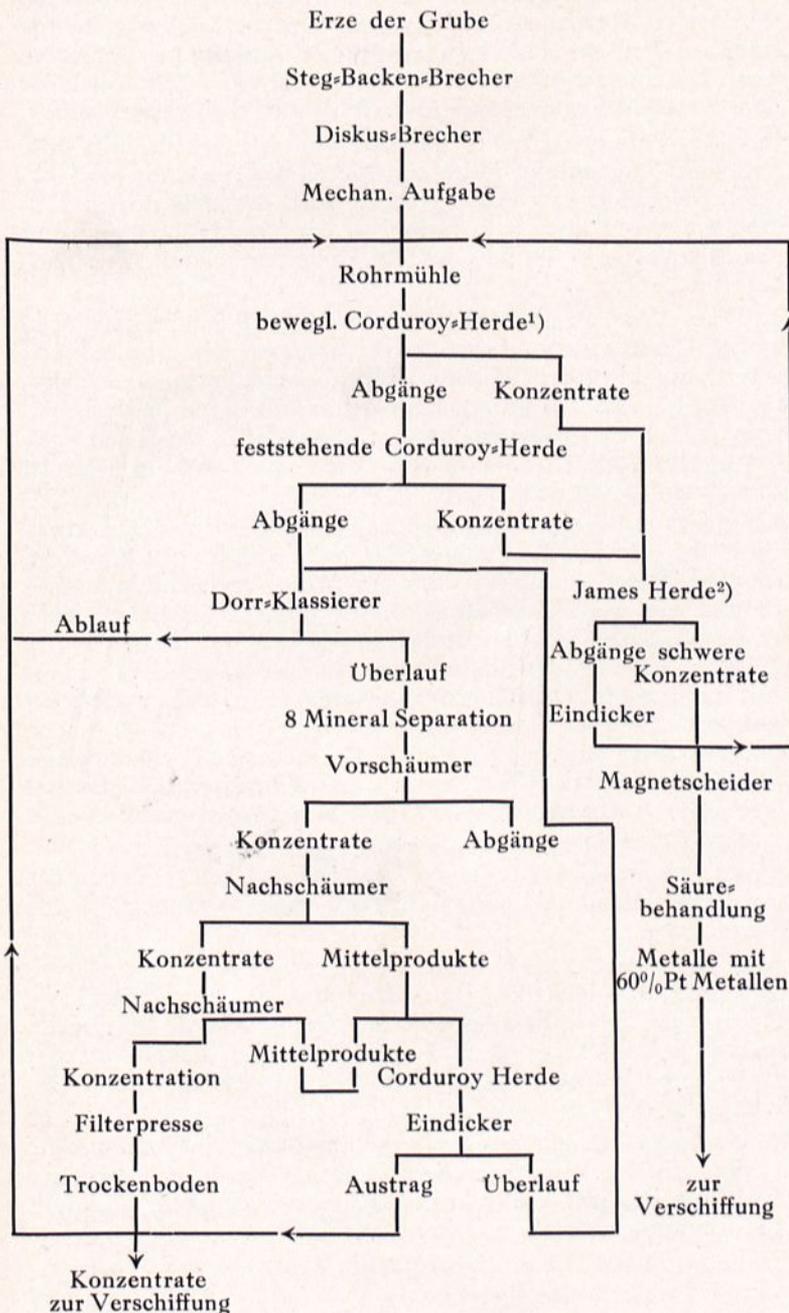
Alle diese Verfahren sind bisher erst im Versuchsstadium. Noch keine Großanlage ist errichtet. Es ist auch noch nicht entschieden, welches Verfahren zweckmäßiger arbeitet. Es kommt noch folgendes hinzu: Im *Rustenburger Bezirk*, wo man hauptsächlich bisher den *Merensky-Horizont* abbaut, fällt der *Horizont* so flach ein, daß er auf große Erstreckung in der Oxydationszone liegt und die Sulfide zum großen Teil oxydiert sind. Hierbei fallen die Platinmetalle anscheinend zum großen Teil gediegen aus. Das ist der Teil, der in den obigen Verfahren am leichtesten gewonnen wird. Ja, es ist sogar möglich, in solchen Erzen schon naßmechanisch oder flotativ eine genügende Konzentration zu erzielen. Stets aber ist dann das Ausbringen sehr gering, vielleicht nur 55—60 Prozent. In welcher Form der Verlustteil der Platinmetalle vorhanden ist, ist nicht bekannt. Naturgemäß ändern sich diese Verhältnisse mit der Tiefe, sie können auch auf verschiedenen Felderteilen nebeneinander ungleich sein. Somit stellt das *Roherz* aus diesen Gebieten keinen einheitlichen, genau bekannten und genau definierten Versuchsstoff dar. Deshalb kann eines von den seither ausprobierten Verfahren hier gut sein, dort nicht, oder es kann nach der Tiefe anders wirken.

Alle diese Verhältnisse müssen planmäßig unter Berücksichtigung der vorliegenden Erzbeschaffenheit und des Oxydationszustandes, vor allem auf mikroskopischem Wege und am besten auch auf spektrographischem Wege gründlich unter-

sucht werden. Erst dann ist der Weg anzugeben, auf dem das zweckmäßigste Anreicherungsverfahren zu suchen ist.

2. Wesentlich günstiger stellt sich die Aufbereitung in den kontaktpneumatolytischen Lagerstätten des Potgietersrust-Bezirktes. Denn hier sind schon in der primären Zone die Platinmetalle vorwiegend als Sperrylith, Cooperit, Stibiopalladinit und ged. Platin vorhanden. In der Oxydationszone ändern sich diese Mineralien gar nicht, während die platinhaltigen Sulfide sich zersetzen und ihr Platingehalt als gediegenes Metall ausfällt. Somit führt hier eine geeignete naßmechanische Aufbereitung zum Ziel. Die Anlage ist in Zwartfontein seit 1927 ununterbrochen im Betrieb. Es ist eine naßmechanische Aufbereitung in Verbindung mit einer Flotation.

Die Aufbereitung ist eingerichtet für die Verarbeitung einer Mischung von Erzen aus der Oxydationszone und Sulfiden aus der magmatischen und Kontaktzone. Verhältnis Oxyde: Sulfide 2 : 1. Sie arbeitet nach folgendem Stammbaum:



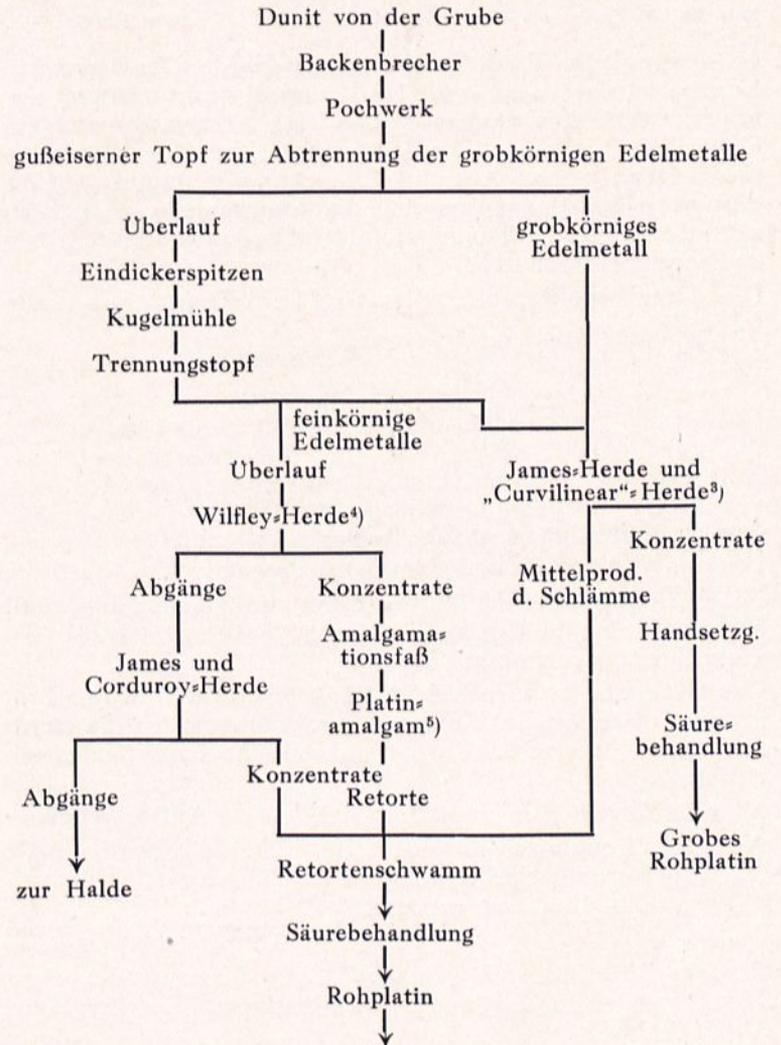
1) Corduroy-Herde = Herde mit Belag aus feingeschnürtem Samt.  
2) James-Herde = veralteter Schüttelherd, der auf 4 Kugeln gelagert ist (wegen zu großen Verschleißes in Deutschland nicht mehr gebräuchlich).

Die Endkonzentrate haben über 60 Prozent Platinmetalle. Bis Dezember 1928 wurden 1006 Tonnen Konzentrate erzeugt mit 146 500 g Platin, 148 025 g Palladium, 6 479 g Gold und anderen Platinmetallen.

Über das Ausbringen ist nichts bekannt.

3. Die Hortonolith-Dunite enthalten Platin nur in gediegener Form und man dachte somit durch eine gravitative Anreicherung die nötige Konzentration erzielen zu können. Man erreichte aber nur Konzentrate mit 0,1 Prozent Platinmetallen. Erst durch kombinierte Prozesse, wobei Amalgamation mit Hilfe von Katalysatoren eine große Rolle spielte, gelang auch hier endlich eine genügende Anreicherung auf 60 Prozent Platinmetalle.

Auf der Onverwacht-Mine ist folgende Anlage:



3) „Curvilinear“-Herde = Herde mit geschweifter Riffelführung.

4) Wilfley-Herde = gewöhnl. Schüttelherde mit normaler Riffelführung.

5) Im Amalgamationsfaß werden die Konzentrate mit Zinkamalgam und einem Katalysator (siehe vorher) in Berührung gebracht. Die Fässer werden alle 2 Stunden in Amalgamationspfannen entleert. Das Amalgam wird zurückgewonnen.

Die gemeinsame Zentralaufbereitung der Dunitvorkommen von Mooihoek und Driekop liegt in Maandagshoek. Von beiden führt eine Seilbahn von 5 bzw. 6 km Länge zur Anlage. Diese liegt sehr schön am Steilhang eines Noritberges (Abb. 52). Die tägliche Leistung beträgt 135 t. Das Erz wird gemeinsam in einen Vorratsbunker gestürzt, kommt dann durch einen Hadfield-Backenbrecher über ein Trommelsieb, das Überkorn zu einem Diskus-Brecher, das Unterkorn zur Kugelmühle, die Schlämme

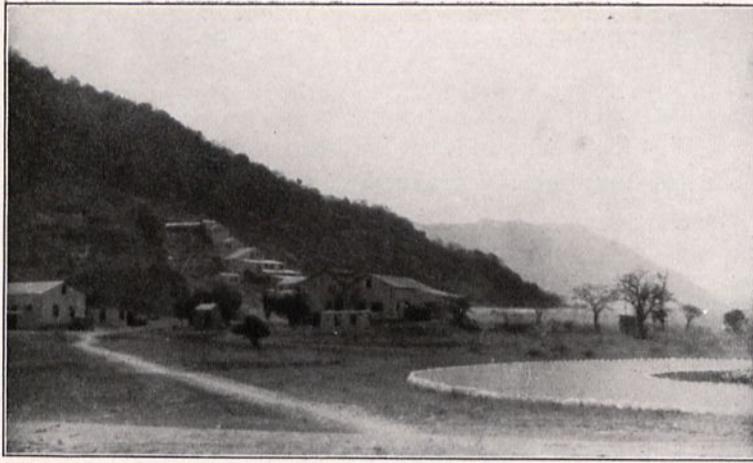


Abb. 52. Die Zentralaufbereitungsanlage Maandagshoek. (Aufn. Schneiderhöhn.)

gehen von da auf Fräser- und Chalmers-Herde. Die Grobkorn-Konzentrate werden von Hand zum Extraktionsraum gebracht, wo sie amalgamiert werden. Die Abzüge kommen auf einen Door-Klassierer, der Austrag geht zur Kugelmühle zurück. Der Überlauf geht zum Eindicker, von da auf die Corduroy-Herde und dann zu einer Flotationsanlage. Alle Konzentrate werden in Säuren gereinigt. Die Endprodukte haben 60 Prozent Platinmetalle.

Die Durchschnittsprobe des Grobkorn-Konzentrats hatte folgende Gehalte:

Pt	= 59,73 Prozent
Pd	= 0,75 „
Jr	= 0,12 „
Rh	= 0,41 „
Os-Jr	= 0,25 „

61,26 Prozent

Andere Metalle und Gangarten 38,74 „

100,00 Prozent.

Die Mittelprodukte der James-Herde und Schlammherde mit 525 g/t werden in England weiter angereichert, ebenso die Flotationskonzentrate mit 230 g/t.

Das Gesamtausbringen beträgt 82,1 Prozent, wovon 74,6 Prozent auf die Grobkorn-Konzentrate, 3,5 Prozent auf die Herd-Mittelprodukte und 3,9 Prozent auf die Flotationskonzentrate entfallen.

Vom 16. August 1926 bis 30. Juni 1928 hat die Anlage geliefert:

Aus der Grobkonzentration	294 500 g Platinmetalle
„ den Herdmittelprodukten	14 800 g „
„ „ Flotationskonzentraten	20 100 g „
	<u>329 400 g Platinmetalle</u>

Also in 22½ Monaten beinahe 330 kg Platinmetalle. Pro Monat werden zur Zeit sogar 23 kg Platinmetalle erzeugt, aus 3330 t Roherz.

Für die 6 letzten Monate 1928 gibt die Verwaltung folgende Gewinnungskosten pro Tonne Haufwerk bekannt:

	s	d
Vortrieb	2	1,1
Zimmerung und Versatz	1	1,1
Förderkosten unter Tag	1	10,5
Schachtförderung	0	10,9
Gesamte Abbaukosten	5	11,6
Wasserhaltung und Bewetterung	0	9,8
Transport des Haufwerks zur Aufbereitung	1	4,8
Aufbereitung	7	9,1
Verwaltungskosten	0	9,3
Löhne und Gehälter	3	5,0
Lizenzen	0	6,5
Aufschließung	3	7,1
	<u>24</u>	<u>3,2</u>

## Der gegenwärtige Stand und die Zukunftsaussichten der südafrikanischen Platinindustrie.

Über diese sehr interessanten und wichtigen Fragen äußert sich Wagner in seinem Buche folgendermaßen: Die ursprünglichen, sehr optimistischen Hoffnungen mußten natürlich, wie es bei jeder neu entstehenden Bergbauindustrie geht und wie es vor allem hier der Fall sein mußte, wo der Bergmann, der Aufbereiter- und Hüttenmann vor völlig neue Probleme sich gestellt sah, wesentlich zurückgeschraubt werden.

Tatsache ist, daß im Merensky-Horizont die Erzreserven praktisch unbeschränkt sind. Demgegenüber sind die Vorräte in den einzigen drei bekannten Dunitvorkommen verhältnismäßig klein. Im Merensky-Horizont arbeiten zur Zeit folgende fünf Gesellschaften:

1. Die Potgietersrust Platiums, Limited. Sie arbeitet einmal im Potgietersrust-Distrikt, baut dort die Zwartfontein-Zentral-Mine ab und besitzt die vorher beschriebene dortige Anreicherungsanlage. Die Ausbeute beträgt zur Zeit etwa 124 kg Platin und Palladium pro Jahr. Sie kann beliebig lange aufrechterhalten werden. Zur Zeit sind über 300 000 t Erz über der 30-m-Sohle aufgeschlossen.

Im Rustenburg-Distrikt betreibt diese Gesellschaft die Kroondal-Klipfontein Mine im Merensky-Horizont und errichtet zur Zeit eine Aufbereitung dort. Es sind dort 3 Millionen Tonnen abbauwürdiges Erz der Oxydationszone und das Mehrfache in der sulfidischen Zone festgestellt. Die Aufbereitung soll pro Jahr 850 kg Platinmetalle liefern.

2. Die Waterval (Rustenburg) Platinum Mining Company, Limited, betreibt ganz in der Nähe von Rustenburg die Waterval Mine, ebenfalls im Merensky-Horizont. Die gesamten Erzvorräte auf dem Felderbesitz werden auf 20 Millionen Tonnen geschätzt. Eine Aufbereitungsanlage mit einer monatlichen Leistung von 10 000 t ist eben fertig geworden.

3. Die Platinum Exploration Company, Limited. Ihr gehören die Lagerstätten bei Swartklip, 83 km nordwestlich Rustenburg, ebenfalls im Merensky-Horizont. Die Erzreserven werden auf 24 Millionen Tonnen geschätzt. Sehr große Vorräte sind bereits aufgeschlossen und haben bis in größere Teile ungewöhnlich hohe Gehalte gegeben. Eine Aufbereitung mit 7 500 t Monatsumsatz wird zur Zeit errichtet.

4. Die Elefantsfontein Platinum, Limited, 104 km nordwestlich Rustenburg. Man beabsichtigt, die Anlage einer Aufbereitung mit 7 500 t Monatsleistung.

5. Die Transvaal Consolidated Land and Exploration Company, Limited, besitzt ebenfalls vielversprechende Minen südöstlich und nordwestlich von Rustenburg.

Aller Voraussicht nach werden also etwa Ende dieses Jahres im Rustenburg-Distrikt vier Aufbereitungsanlagen mit 775 kg Platin pro Jahr vorhanden sein, zu denen noch die Potgietersrustanlage mit 124 kg und die Maandagshoekanlage der Lydenburg Platinum Areas, Limited, mit 248 kg Platin pro Jahr kommt.

Südafrika würde dann pro Jahr über 3000 kg Platin produzieren. Es ist vorauszusetzen, daß bei einer erfolgreichen Tätigkeit dieser Gesellschaften andere folgen und ebenfalls Verarbeitungsanlagen errichten werden.

Es entsteht bei dieser Sachlage die Frage, wieviel südafrikanisches Platin kann der Weltmarkt aufnehmen und zu welchem Preis? Naturgemäß kann man keine bestimmte Antwort auf diese Fragen geben.

Wagner untersucht ausführlich in seinem Buch die Produktionsverhältnisse auf dem Weltmarkt in den letzten

Jahren und die Preise, die das Platin erzielt hat. Ferner gibt er eine Aufstellung über die Produktionskosten in Rußland und Kolumbien und vergleicht sie mit denen in Südafrika. Endlich stellt er die Lagerstättenvorräte in diesen beiden Ländern denen von Südafrika gegenüber. Er kommt zum Schluß, daß Südafrika beide Länder auf dem Platinmarkt mit Leichtigkeit unterbieten könnte. Es erhebt sich dann die Frage, welche Wirtschaftspolitik besser ist, den rücksichtslosen Unterbietungskampf aufzunehmen, oder zu versuchen, zu einer gütlichen Übereinkunft mit den beiden anderen Produktionsländern zu gelangen. Wagner befürwortet das Letztere. Man müßte sich gegenseitig über die Produktionshöhe verständigen und auf diese Weise zu erreichen versuchen, daß der Platinpreis auf einer bestimmten Höhe, infolge internationaler Übereinkunft stabil bleibt. Diese Wirtschaftspolitik wird dann auf dasselbe hinauslaufen, was man in Südafrika auf dem Diamantmarkt schon mit so großem Erfolg dauernd ausübt, nämlich einerseits die strenge Kontrolle und die Kontingentierung der Förderung und andererseits einen Verkauf möglichst nur von einer Zentralstelle aus. Eine große Frage ist noch, wie der Verbrauch von Platin gesteigert werden könnte. Wagner regt an, ein südafrikanisches Komitee aus Wissenschaftlern und Wirtschaftlern zu bilden, das diese Frage und die anderen, mit dem Platin zusammenhängenden Wirtschaftsfragen untersuchen soll und das dann mit den entsprechenden russischen und anderen Komitees sich ins Benehmen setzen soll.

### 8. Die Zinnerzlagerstätten des Bushvelds

Wie überall in der Welt, so stehen auch im Bushveld die Zinnlagerstätten in genetischer, räumlicher und zeitlicher Beziehung zu sauren Intrusivgesteinen, und zwar liegen sie hier in deren pegmatitischen, pneumatolytischen und pneumatolytisch-hydrothermalen Nachphasen. Sie sind überall an die unmittelbaren Grenzteile des Eruptivgesteins und Daches gebunden, kommen somit nur in den hangendsten Teilen des Granits und in den unmittelbaren Dachschichten vor. Im Bushveld hatten sich nun erst in der zweiten Intrusion, der des Roten Granits, die leichtflüchtigen Bestandteile so angereichert, daß es in den letzten Phasen und nach seiner gänzlichen Erstarrung zu einer Konzentration und Abscheidung von Zinnerz kam. Somit war für diese Lagerstätten der über dem Granit liegende Granophyr schon „Dach“. Es entspricht demnach durchaus der auch von anderen Zinnerzgebieten her bekannten Erfahrung, daß das Zinnerz auf mehrere räumlich getrennte Gruppen verteilt ist:

1. Im Roten Granit und seinen obersten pegmatitisch-miarolithischen Durchgasungszonen (Zaaiplaats und an anderen Orten im Potgietersrust-Bezirk; Mutue Fides im Waterberg-Distrikt).

2. Im Dach dieses Eruptivkörpers, und zwar

- a) in unmittelbar überlagerndem Granophyr der ersten sauren Phase (Stavoren im Waterberg-Distrikt),
- b) in den weiter darüber liegenden Rooiberg-Felsiten und Quarziten (Rooiberg, Leeuwpot, Doornhoek im Waterberg-Distrikt).

Alle Gruppen gehen aber ineinander über, doch sind sehr charakteristische Änderungen der Mineralparagenesen in ihnen zu erkennen, die als primäre Teufenzonen aufzufassen sind. Die tiefstgelegenen Lagerstätten im Roten Granit, bei denen Temperatur und Druck am höchsten waren, sind überwiegend pneumatolytischer Natur und fast reine Zinnerz-lagerstätten. Die Gruppe 2a hat noch viel Zinnerz, aber auch schon Scheelit und rein hydrothermale Erze, z. B. Kupferkies. Die Gruppe 2b endlich, die Lagerstätten weiter oben im Dach des Granits, sind bei der geringsten Temperatur entstanden und haben neben wenig Zinnerz und Wolframerzen viel Kupferkies und Eisenglanz als hydrothermale Mineralien. Im übrigen sind solche „Übergangslagerstätten“ auch in jeder Gruppe mehr oder weniger vorhanden, die dann den Charakter des „temporalen Fazieswechsel“ tragen, wie überhaupt derartige Übergangsformen von pegmatitischen über den pneumatolytischen zum hydrothermalen Bereich gerade in den Sn-Wo-Formationen weit verbreitet sind, wie vor kurzem A. Cissarz gezeigt hat.

Die Form der Lagerstätten und die Art und Weise der Verteilung des Zinnerzes und seiner Begleiter ist hier eigenartig und ungewöhnlich, wieweil sie nicht aus dem Rahmen der in pneumatolytischen Lagerstätten überhaupt vorkommenden Erscheinungsformen herausfällt. Es fehlen nämlich die sonst in Zinnerzgebieten häufigsten scharfbegrenzten Quarzgänge mit Zinnstein hier fast ganz. Dafür sind verschwommene Imprägnationszonen häufig, aber oft nicht in eigentlichen ganz zersetzten Greisen- oder Zwitterzonen, sondern die Zersetzung der Nebengesteinsmineralien ist hier oft nur teilweise vor sich gegangen und z. B. der Feldspat ist oft noch völlig frisch in den mit Zinnstein imprägnierten Granitteilen erhalten.

Eine andere, hier häufige, genetisch äußerst lehrhafte und wirtschaftlich durch ihre hohen Zinngehalte sehr wichtige Form ist die der „pipes“, wie sie in den südafrikanischen Arbeiten genannt werden. Es sind röhren- bis schlauchförmige Körper, die sich oft verästeln, aber im großen und ganzen innerhalb einer und derselben flach einfallenden parallelen Strukturfläche des Granits. Diese Körper sind mit Zinnerz und pneumatolytischen und hydrothermalen Zersetzungsmineralien gefüllt, deren Paragenesis der eines Greisen entspricht. Ich möchte den Ausdruck „pipe“ nur benutzen, wenn es sich um durchgreifende Eruptivstöcke oder Schloten handelt. Für diese konkordanten Ent-

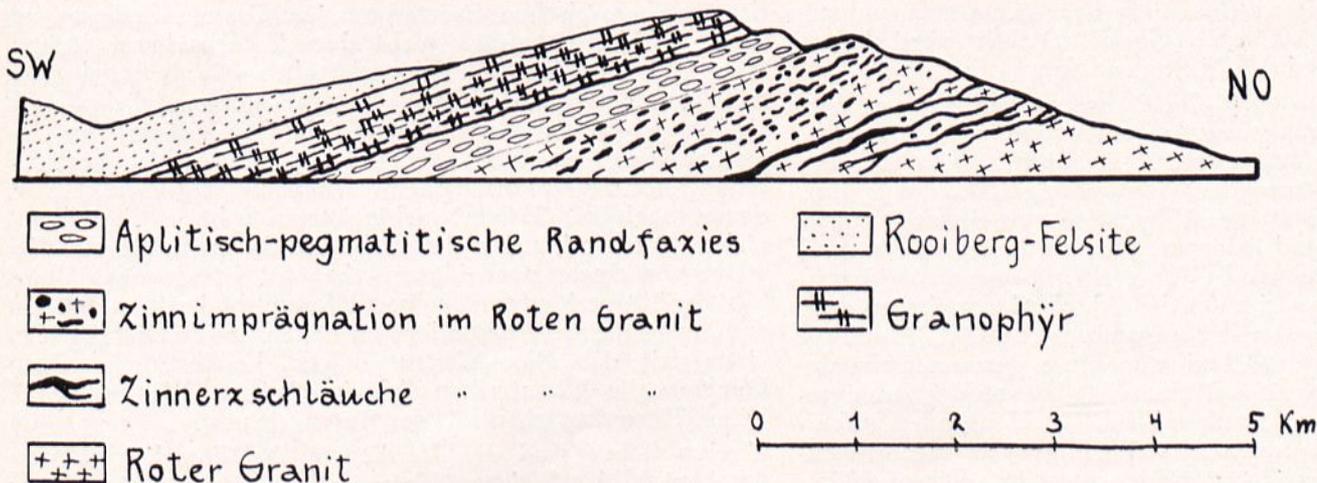


Abb. 53. Halbschematisches Profil der Zinnerzlagerstätten im Zaaiplaats. (Aus der Lit. zusammengestellt.)

gasungsbahnen ist der Ausdruck „Erzschlauch“ oder „Erzschornstein“ besser.

Von den genannten Lagerstätten wurde von der Kongreß-Exkursion eine der bedeutendsten besucht, die auch zugleich die mannigfachsten Erscheinungsformen und schöne Aufschlüsse darbot, Zaaiplaats, 35 km nordwestlich von Potgietersrust. Auch ich hatte Gelegenheit, diese Lagerstätte eingehend unter und über Tage zu befahren und dazu auch noch das sehr gut in dem gebirgischen Gelände aufgeschlossene Profil und die Verteilung der Lagerstätten darin zu studieren. Das Profil Abb. 53 gibt über den Aufbau, die Verteilung und Art der Zinnerzlagerstätten genügend Auskunft.

In Zaaiplaats kennt man bis jetzt einige 25 Zinnerzschläuche, die z. T. nach unten sich miteinander vereinigen. Es sind zylindrische oder ovale Körper bis zu einem Durchmesser von 7,5 : 9 m, meist aber nur von 2—3 m. Die Ebenen, in denen sie liegen, fallen alle mit 15° nach Westen ein, parallel der allgemeinen „Schichtung“. Stets setzen sie in der untersten Abteilung, dem Roten Granit auf. Manche erreichen die heutige Tagesoberfläche nicht, z. B. der längste bis jetzt bekannte Schlauch, der 4 m unter Tage aufhörte und von da im Einfallen 762 m weit verfolgt wurde. Stellenweise erweiterte sich dieser Schlauch bis auf 18 m. Die Substanz der Schläuche ist zersetzter und vererzter Granit. Sie heben sich stets sehr scharf von dem umgebenden roten Granit ab. Der innerste Teil ist graugrünlich, oft schwarz gefleckt von Zinnstein und besteht aus Serizit (durch Zersetzung von Feldspat entstanden), Quarz, Chlorit, Flußspat, Kalkspat, Zinnerz, Arsenkies, Kupferkies. Meist ist dieser Kern umgeben von einem zentimeter- bis dezimeterschmalen Ring von schwarzem Turmalin, dessen Nadeln radial gestellt sind, dann folgt eine schmale Übergangszone zum unzersetzten roten Granit. Die meisten Schläuche hatten 10—30 Prozent Sn, selbst über 50 Prozent kam vor. Das Zinnerz kommt meist in schön scharf ausgebildeten Kristallen vor. Zonare Anordnung im Schlauch kommt auch vor, ebenso trifft man hin und wieder offene Drusen mit schönen Kristallen.

Trotz des außergewöhnlichen Reichtums sind die Massen dieser Schläuche aber relativ gering und die größten Mengen des in Zaaiplaats gewonnenen Zinnerzes stammen nicht von ihnen. Sie kommen vielmehr aus unregelmäßigen Imprägnationen des roten Granits, die zwar wesentlich ärmer sind und nur 1—2 Prozent Sn enthalten, aber in unvergleichlich größeren Massen entwickelt sind. Es kommen Massen bis zu 75 m Weite und 15 m Dicke vor. In ihnen ist der rote Feldspat noch erhalten und nur der Quarz des ursprünglichen Granits ist verdrängt durch Zinnerz, Chlorit, Flußspat, Arsenkies, Pyrit und Kupferkies. Diese imprägnierten Massen schieben ebenfalls entlang der allgemeinen „Schichtung“ ein, haben aber viel unregelmäßigere Formen und verschwimmen ganz allmählich über zinnarmen, unbauwürdigen in zinnfreien, roten Granit. Die Bauwürdigkeitsgrenze liegt zur Zeit bei 0,75 Prozent Sn.

Nach oben hin folgen noch einige „Lagergänge“ entlang den Schichtfugen des aplitischen Granits und ebenso einige Zinnerzanhäufungen im obersten Pegmatit, direkt an der hangenden Grenze gegen den Granophyr. Es kommen dort z. T. sehr große Kristalle von Zinnstein vor, öfters pseudomorph nach Quarz und Feldspat, aber die gesamten Mengen sind hier doch unbedeutend. Von großem Interesse ist dieser hangende Pegmatit, der den Abschluß der ganzen granitischen Serie der zweiten Phase nach oben bildet (Abb. 54); entlang der „Schichtung“ laufen mehrere dezimeterschmale Quarzbänder, aus einzelnen Riesenkristallen von Kappenquarz bestehend, die alle an derselben Fläche im Hangenden aufgewachsen sind. Ihre freien Kristallendigungen ragen nach unten in ein grobes, rotes Feldspatgestein. Diese eigen-

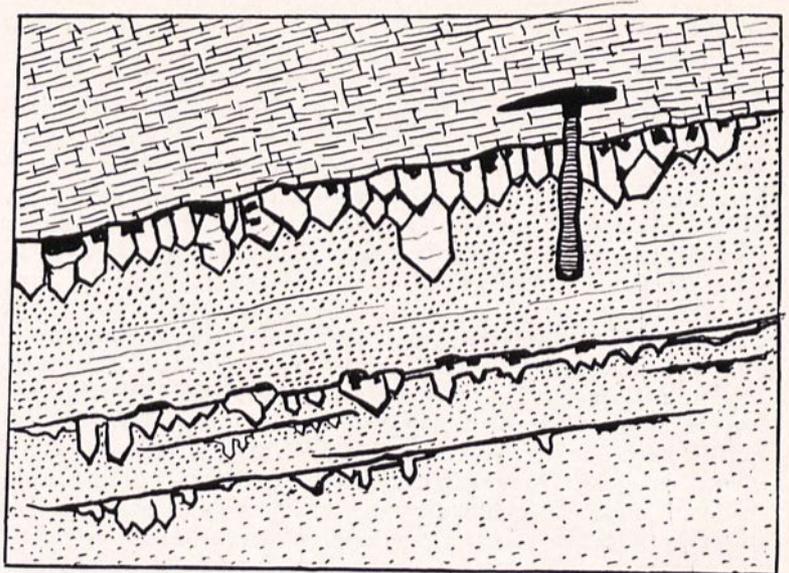


Abb. 54. Pegmatitische Lagen mit großen Quarzkristallen und Zinnsteinkristallen (schwarz) in Feldspatpegmatit (gestrichelt). Darüber älterer Granophyr (Mauersignatur). Zaaiplaats, ca. 50 m über dem Direktorhaus.  
(Überzeichnete Photographie v. Schneiderhöhn.)

artigen, nach unten ausgezackten Quarzbänder wiederholen sich nacheinander parallel 3—4mal mit jeweils einem halben bis 1 m Abstand. In ihnen finden sich die letzten Zinnerzkristalle. Der überlagernde Granophyr der ersten sauren Phase ist hier zinnerzfrei.

Zum Abbau werden Handbohrer und „Jackhammer“ benutzt. Die imprägnierten Zonen werden in großen Weitungen im Pfeilerbau abgebaut, das Gebirge hat eine vorzügliche Standfestigkeit und bedarf gar keiner Auszimmerung.

Die Aufbereitung bietet gegenüber den aus anderen Zinnerzgebieten bekannten wenig Bemerkenswertes.

Zur Zeit kommen im Monat etwa 2100 t zur Aufbereitung, davon 1800 t imprägnierter Granit. Die Konzentrate enthalten 74—75 Prozent Sn. Im Jahre 1928 wurden 320 t Konzentrate erzeugt.

Die anderen Zinnlagerstätten des Bushvelds konnte ich nicht mehr besuchen. Sie sind grundsätzlich von ähnlichem Typus und brauchen deshalb hier nicht näher abgehandelt zu werden.

Der Wert der Zinnerzproduktion der südafrikanischen Union steht in der Mineralproduktion an fünfter Stelle. 1925 wurden für £ 298 973 Zinnkonzentrate erzeugt.

## 9. Rückblick auf das Bushveld

Das geologisch-petrographische Problem „Bushveld“ konnte im Vorhergehenden nur in großen Umrissen angedeutet werden. Zu seiner ausführlicheren Behandlung hätte es neben der Wiedergabe von viel mehr Profilen, geologischen und petrographischen Einzelheiten, vor allem der eingehenden petrochemischen Erörterung der Gesteinsanalysen bedurft. Beides entsprach nicht dem Zweck dieser Zeilen. Aber auch mit Einschluß dieser Angaben wäre heute eine befriedigende Lösung der Probleme noch nicht möglich. Noch sind zuviel Lücken in unseren tatsächlichen Kenntnissen vorhanden, das Gebiet ist so ungeheuer groß, die topographischen Karten sind von kleinem Maßstab, wenig korrekt, z. T. direkt schlecht, Höhenschichtenkarten gibt es überhaupt nicht. Oft sind auf weite Strecken die anstehenden Gesteine von einem zwar dünnen, aber den kursorischen Überblick völlig verhindernden Verwitterungsboden bedeckt. In anderen Gegenden, besonders im Osten, ist das bergige Gelände mit den Blockhängen äußerst beschwerlich. Dazu kommen die klimatischen Schwierigkeiten: Wassermangel, Hitze, Unzugänglichkeit in der Regenzeit usw.

Um so höher sind die Verdienste der Forscher zu veranschlagen, durch deren Untersuchungen wir trotz dieser

Schwierigkeiten und Unzulänglichkeiten ein leidlich gutes Übersichtsbild gewonnen haben, G. A. F. Molengraaff, A. L. Hall, P. A. Wagner. Besonders der unermüdeten und bewunderungswürdigen Arbeiten von A. L. Hall sei hier noch einmal gedacht und die Hoffnung ausgesprochen, daß seine große Bushveld-Monographie bald und mit möglichster Ausführlichkeit erscheinen möge.

Kleintektonik ist erst hie und da in rohen, ziemlich zusammenhanglosen Zügen aufgedeckt. Vorhanden ist sie sicher mehr als man seither weiß. Glücklicherweise scheint sie für die eigentlichen Bushveldprobleme keine oder nur untergeordnete Rolle zu spielen. Aber wer weiß, wie das alles nach einer Spezialkartierung etwa 1:25 000 auf Höhengschichtenkarten aussehen wird?

Viele Einzelkartierungen hat der Bergbau gebracht, besonders die Verfolgung der Chromitbänder und des Merensky-Reefs. Darnach sieht es allerdings so aus, als ob auch das Einzelbild dem seither erzielten Überblick entspricht und eine erstaunliche, regelmäßige „Schichtung“ herrscht.

Andererseits wird doch auch öfters von diskordant durchsetzenden Schlieren, Gängen, Stöcken berichtet, von Zertrümmerung des Merensky-Reefs, der Chromitbänder und anderer Einlagerungen ins Hangende oder Liegende. Besonders E. Reuning hat größeren Wert auf solche Erscheinungen gelegt und möchte von ihnen ausgehend, den Großteil dieser Einlagerungen als selbständige Intrusionen auffassen. Ich selbst habe einige Male solche Dinge gesehen, aber sie könnten dort auch durch Differentiation in situ erklärt werden, sind jedenfalls nicht zwingend für solche wiederholten Intrusionen. Andererseits gibt natürlich die Differentiation in situ noch manches schwere Rätsel auf. Jedenfalls führt die einfache gravitative Kristallisationssonderung hier nicht zum Ziel. Vielleicht in vertikal sehr begrenzten Schichtabschnitten. Das wäre die von den südafrikanischen Geologen angenommene rhythmische Kristallisation: Die unterste Platte des Magmakuchens erstarrt, dann folgt die nächste usw., jede annähernd in gravitativer Gesteinssonderung. Das gäbe gleichzeitige Erstarrung von Schichten, die ungeheuer weit seitlich ausgedehnt, aber oft nur meterdick gewesen wären. Auch das ist unbefriedigend. Eine andere Idee versuchte es mit der Assimilation: ins Magma seien die konkordanten Schichten des Daches langsam eingetaucht und horizontweise eingeschmolzen worden. Das ist stellenweise vielleicht vorhanden gewesen. Einer allgemeinen Anwendung widerspricht aber der Chemismus der Gesteine. Etwas, was ziemlich klar sich heraushebt, ist die große Rolle der leichtflüchtigen Bestandteile bei dem Zustandekommen der Platinlagerstätten, sowohl des Merensky-Reefs als auch in den Duniten. Ich habe versucht, durch mikroskopische und spektrographische Untersuchung eine Differentialdiagnose der Wanderungsbahnen und Anreicherungsverfahren des Platins in den sulfidführenden Gesteinen zu geben, mit der sich auch P. A. Wagner einverstanden erklärt hat. Ähnliches scheint auch in den Duniten der Fall zu sein, Untersuchungen darüber sind im Gange. Vielleicht erklärt der plötzliche Reichtum einzelner Schichten an solchen leichtflüchtigen Bestandteilen manche Widersprüche mit der gravitativen Verteilung. Denn öfters befinden sich die schweren platinführenden Sulfide oder ein Chromband oben oder in der Mitte einer Schicht, statt wie man erwarten sollte, am Boden. Man könnte dies vielleicht so erklären: Wenn während der Erstarrung eine plötzliche Druckentlastung im Magma eintritt und Gasblasen entstehen, so könnten diese die schon ausgeschiedenen Kristalle von Chromit oder die entmischten Sulfidtröpfchen mit in die Höhe nehmen. („Flotation“ im magmatischen Schmelzfluß!) Doch das sind alles zunächst Spekulationen. Vielleicht das

eindruckvollste Zeichen für die rätselvollen Probleme des Bushvelds ist, daß auf der großen Kongreß-Exkursion, unter der sich doch internationale Größen der Petrographie befanden, keine einzige Ansicht mit Entschiedenheit verteidigt wurde, sondern eigentlich allseits eine große Unsicherheit herrschte.

Auch das Bushveld hat wieder dem alten Wort von Plinius recht gegeben: „Semper aliquid novi Africa affert“. Wie so manches andere Problem, so wurde und ist uns auch das Bushveld ein Lehrmeister und wird es noch lange immer aufs neue bleiben.

## 10. Die Eisenerzlagerstätten Südafrikas<sup>1)</sup>.

Südafrika ist ein sehr eisenerzreiches Land. Binahe alle Gruppen der Eisenerzlagerstätten haben hier ihre Vertreter.

### Die Titanomagnetite des Bushvelds.

Sie sind die Hauptvertreter der Eisenerze der magmatischen Folge in Südafrika. Sie besitzen eine ganz ungeheure Ausdehnung und werden in späteren Zeiten einmal als Rohstoffe eine ganz große Rolle spielen.

Die Eisenerzlagerstätten kommen in der Noritzone, und zwar im obersten Teil der Norite (S. 43) vor. Es sind schichtige Titanomagnetitbänder, die liquidmagmatische Ausscheidungen aus dem Noritmagma darstellen und wie alle anderen Einlagerungen der allgemeinen „Schichtung“ des Norits entsprechend eingelagert sind. Es sind mehrere, im kurzen Abstand folgende Horizonte bekannt. Manche dieser Bänder kennt man ununterbrochen auf eine Länge von mehr als 15 km. An anderen Orten besteht der Horizont aus kürzeren, aber immer wieder aufsetzenden Linsen. Die Mächtigkeit schwankt von 0,30 bis 3,60 m. An einer Stelle, den Magnet Heights, kommen sogar 5 verschiedene Horizonte in kurzem Abstand übereinander vor, mit zusammen 6 m Dicke. Das mächtigste Band ist hier 2,40 m dick.

Stets liegen die Eisenerzbänder in einem mittelkörnigen Norit. Nie fehlen in der Nähe der Eisenerzbänder mehr oder weniger ausgedehnte Linsen von Anorthosit in Norit.

Das primäre Erz dieser Bänder ist Titanomagnetit, und zwar entweder Magnetit mit orientiert durch Entmischung eingelagerten Titaneisenlamellen, oder, in Ti-reicheren Teilen, auch noch mit primär ausgeschiedenen Ilmenitkörnern. In der Nähe des Ausgehenden, d. h. an allen natürlichen Aufschlüssen, ist der ursprüngliche Magnetit durch Oxydation in eine eigenartige Form des  $Fe_2O_3$  übergegangen, die nicht mit Eisenglanz übereinstimmt. Sie wurde von P. A. Wagner als *Magnetit* bezeichnet. Sie zeichnet sich durch einen äußerst starken Polarmagnetismus aus, der z. B. bei den Magnet Heights so intensiv war, daß beim Besuch die Uhren abgelegt werden mußten.

Der Metallgehalt dieser Bänder ist gleichmäßig sehr hoch. Die durchschnittliche Zusammensetzung ist:

Fe	= 51—60 Prozent
Ti	= 12—20 „
SiO <sub>2</sub>	= 0,4—3,3 „
P	= 0,0 „
S	= 0,0—0,1 „
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	= Sp—1,0 „

Die Vorräte an diesen Titaneisenerzen sind ungeheuer groß. Die ganze, zur Zeit durch Kartierung festgestellte

<sup>1)</sup> Die wichtigsten und bis in die neueste Zeit vollständigen Übersichten über die Eisenerzlagerstätten Südafrikas und zahlreiche Einzelbeobachtungen stammen von dem hervorragenden Lagerstättenforscher Dr. Percy A. Wagner, der leider Ende vorigen Jahres plötzlich gestorben ist. Es kommen hauptsächlich in Betracht: P. A. Wagner: The iron deposits of the Union of South Africa. Geol. Survey. Memoir Nr. 26. 1928. 264 S. 45 Taf. 30 Abb. P. A. Wagner: Economic Geology: Iron. In: Rogers & Hall, Wagner & Houghton: The Union of South Africa. Handb. d. regionalen Geologie. Heidelberg. Bd. VII. 1929. S. 184.

Längenerstreckung beträgt 250 km. Wenn man etwa 300 km Länge annimmt, was sehr vorsichtig ist, da weite Gebiete noch nicht spezieller kartiert sind, und nur eine Mächtigkeit von 1,20 m, so betragen bei einem Einfallen von 15° die Vorräte bis in 300 m Tiefe über 2 Milliarden Tonnen.

Aus den bekannten Gründen werden derartige Eisenerze wegen des hohen Titangehaltes, gegen den der Hochöfner seit alters her ein tiefes Mißtrauen hat, das eigentlich heut nicht mehr ganz berechtigt ist, z. Zt noch nicht verhüttet. Dabei sind diese Erze auch noch wegen eines stets vorhandenen, sogar bis 1,5 Prozent gehenden Vanadiumgehaltes wirtschaftlich sehr wertvoll.

Außerhalb des Bushvelds sind noch an einigen Orten Südafrikas ähnliche Lagerstätten bekannt, so z. B. im Tagela-Tal in Natal, wo in einem Gabbonorit Linsen und Schlieren mit 42—54 Prozent Fe und 9—11 Prozent Ti vorhanden sind. Bis zur Talsohle sind etwa 15 Millionen Tonnen nachgewiesen.

#### Pneumatolytische und hydrothermale Eisenerzlagerstätten.

Sie spielen in Südafrika nur eine geringe Rolle. Etwa 64 km NNO. von Pretoria, bei Kromdraai Nr. 459, liegen die bedeutendsten südafrikanischen Lagerstätten dieser Gruppe. Es sind Schichten und unregelmäßige Linsen von Eisenglanz innerhalb von Tuffen und vulkanischen Agglomeraten, die zum Dach des Bushveldgranits gehören. Sie haben die primären Mineralien dieser Gesteine mehr oder weniger, manchmal fast völlig, verdrängt. Wagner faßt diese Lagerstätten als „kontaktneumatolytisch“ auf, es sind aber wohl hydrothermale Verdrängungen und Imprägnationen. Die Zusammensetzung schwankt sehr:

20 — 67 % Fe 0,007 — 0,118 % P  
 5 — 30 % SiO<sub>2</sub> 0,001 — 0,07 % S  
 0,4 — 1,8 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> TiO<sub>2</sub>, Ni, Cu, Zn, Pb fehlen.

Die Vorräte sind wegen der unregelmäßigen Gestalt der Erzkörper recht schwer zu berechnen.

Wagner schätzt:

Gutes Erz von 50—60 % Fe  
 und 10—16 % SiO<sub>2</sub>: 3 750 000 Tonnen

Mittleres Erz von 50—55 % Fe  
 und 15—25 % SiO<sub>2</sub>: 650 000 „

Stark kieseliges Erz, über 25 % SiO<sub>2</sub>: 20 000 000 „

Die anderen Lagerstätten dieser Gruppe sind unbedeutend. Von den zahlreichen Arten sedimentärer Eisenerz-lagerstätten haben folgende für Südafrika besondere Bedeutung:

#### Junge festländische Verwitterungseisenerze.

Es gehören hierher die lateritischen Eisenerze, Krusteneisensteine, Eisenerzkonkretionen in Böden, ferner die Eisernen Hüte sulfidischer Lagerstätten. Erstere sind besonders kennzeichnend für gewisse Klimazonen in Afrika und über große Gebiete weitverbreitet. Sie sind überall die Grundlage der primitiven Eisenerzeugung der Eingeborenen. Diese Brauneisenerze lassen sich leicht mit Holzkohle in Termitenhäufen, die als „Hochöfen“ benutzt werden, reduzieren. Für eine Eisenerzgewinnung im europäischen Sinne kommen sie nirgends in Frage, da sie zu unregelmäßig vorkommen, zu zerstreut an der Oberfläche liegen, infolgedessen nur geringe Mengen in weiten Räumen liefern und außerdem haben sie auch oft erhebliche Mengen SiO<sub>2</sub> und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, wenn auch ihr Eisengehalt meist um 50 Prozent herum sich bewegt.

#### Kohlen- und Toneisensteine in Gesteinen der Karrooformation.

Die zweitunterste Abteilung der permo-karbonischen Karrooformation, die Ecca-Schichten, führen in ihrer mittleren Gruppe zwischen unteren und oberen Schieferen die wirtschaftlich wichtigsten Kohlenflöze Südafrikas. Etwa 30 m

unter dem Hauptkohlenhorizont finden sich an zahlreichen Stellen schichtige Eisenerze. Es sind entweder durchhaltende Schichten oder häufiger Linsen und auskeilende Lagen innerhalb kohligter Schiefer mit kleinen Kohlenflözchen oder Kohleschmitzen. Es sind echte Kohle- oder Toneisensteine, wie wir sie auch aus allen europäischen Kohlerevieren kennen, in der Hauptsache aus dichtem Eisenspat bestehend, mit geringen Mengen Quarz, Tonsubstanz, Kalkspat und Kohlesubstanz. Die Mächtigkeit steigt bis zu einigen Metern.

Zusammensetzung und Vorräte in verschiedenen Gegenden sind in folgender Zahlentafel enthalten:

	Fe	SiO <sub>2</sub>	P	freier Kohlenstoff	Vorräte
<b>Natal</b>					
Pristvik	40—62	4—11	0.13—0.24	0.7—5	2 400 000
Hazhdene	50—67	0.9—13	0.015—0.078	—	65 000
<b>Transvaal</b>					
DeRoodepoort	66—69	0.06—2	0.12—0.36	—	37 000

Wagner schätzt im Ganzen

in Natal 3 000 000 t

in Transvaal 200 000 t.

#### Eisenerzlager in Gesteinen der Transvaal-Formation.

Hierher gehören die größten und wichtigsten Eisenerz-lagerstätten Südafrikas. Sie kommen besonders in der Pretoria-Serie, aber auch innerhalb der darunter liegenden Dolomit-Serie vor.

Eine Übersicht über die Gesteine des Transvaal-Systems samt dem Bushveld-Eruptiv-Komplex nebst den darin vorkommenden Eisenerzlagerstätten wurde oben auf S. 41 gegeben. Die fazielle Ausbildung innerhalb einer und derselben Schichtengruppe der Transvaalformation ist rings um das Bushveld-Becken nicht ganz gleichmäßig. Insbesondere prägen sich diese seitlichen Faziesverschiedenheiten in dem Vorhandensein der Mächtigkeit und den Gehalten der eisenerzführenden Schichten aus. Man unterscheidet in bezug auf die Eisenerzführung mehrere Faziesbezirke innerhalb des Bushveld-Beckens: das Zentralgebiet um Pretoria herum, ein südliches, östliches und nördliches Gebiet und endlich kann man noch die gleichartigen Schichten in Griqualand-West als Griqualand-West-Gebiet hinzunehmen.

Wie aus der Formationstafel hervorgeht, liegen die eisenerzführenden Schichten an der oberen Grenze der Dolomit-Serie gegen die Pretoria-Serie und vor allem in der Pretoria-Serie.

Die einzelnen Gruppen seien in ihrer räumlichen und zeitlichen Aufeinanderfolge, beginnend mit der ältesten, betrachtet.

#### Die gebänderten Eisenquarzite der Dolomit-Serie.

Der „banded ironstone“ hat seine Hauptverbreitung im nordwestlichen Teil des Bushvelds, besonders in der Umgebung des Krokodilflusses (Büffelshoek, Gatkop und an mehreren anderen Orten). Es herrscht dort eine bewegtere Tektonik als sonst im Bushveld, mit streichenden Verwerfungen und Überschiebungen. Außerdem gehört die ganze Gegend noch zum Kontakthof des Bushveld-Norits, so daß die Eisenerz-lager und ihre Nebengesteine hochgradig umgewandelt sind. Zwischen den obersten Dolomitlagern der Dolomit-Serie und den untersten Quarziten der Pretoria-Serie ist hier eine breite Schicht gebänderter Eisenquarzite eingeschaltet, d. h. abwechselnd zentimeterschmale Lagen, die aus Kiesel-schiefer und schwarzen oder roten Eisenglanz-bändern bestehen. Nach oben wird dieser gebänderte Eisenstein be-

Übersicht über die Eisenerzvorräte Südafrikas (nach P. A. Wagner 1928).

Lagerstättengruppen			gegenwärtig abbauwürdige Vorräte („actual ore“)			in Zukunft möglicherweise abbauwürdig werdend („potential ore“)				
			t	Fe	SiO <sub>2</sub>	t	Fe	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	
A. Magmatische Lagerstätten	I. Liquidmagmatische Eisenerze Titanomagnetite des Bushvelds Andere Vorkommen in Transvaal Titanomagnetite in Natal		—	—	—	2 122.000.000	51—60	0,7—3	12—20	
	II. Pneumatolyt., hydrothermale Eisenerze Kromdraai in den Rooibergschichten		3.750.000 650.000	50—60 50—55	10—16 15—25	20.000.000	50	25	—	
B. Sedimentäre Lagerstätten	I. Festländische Verwitterungs- bildungen		—	—	—	—	—	—	—	
	II. Kohlen- und Toneisensteine in der Karrooformation		3.000.000	40—62	5—14	—	—	—	—	
	Natal		200.000	65	1—5	—	—	—	—	
	Transvaal		—	—	—	—	—	—	—	
	III. Eisenerzlager in der Transvaal- formation		—	—	—	—	—	—	—	
	Pretoria-Serie	Daspoort Horizont	Zentral-Transvaal	34.000.000	45	25	100 000.000.000	30	?	—
			Südl. „	1.000.000.000	45	15—20				
	Nördl. „	130.000	53—62	5—10						
	Timeball- Hill-Horizont	Clayband Pisolithic Iron ore Magnetic Quarzite Zentral-Transvaal Östl. „	—	19.800.000	50	8	—	—	—	—
			—	6.200.000	40—45	20—25	—	—	—	—
—			2.240.000.000	42—54	14—25	—	—	—	—	
Dolomit-Serie	Gebänderte Eisenquarzite	Nördl. Transvaal	—	—	—	660.000.000.000	25—43	?	—	
		Griqualand-West	—	—	—	1.500.000.000.000	20—42	?	—	
		Sekundäre Eisenanreicherungen in den gebänderten Eisenquarziten Eisenglanz-Brekzien (Blink-Klip und Gamagara-Brekzien)	92.000.000	60	5	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—		
—	—	—	—	—	—	—	—	—		
—	—	—	—	—	—	—	—	—		
C. Metamorphe Lagerstätten	Magnetitschiefer, Eisenglimmerschiefer, Eisenquarzite etc.		—	—	—	20.000.000.000	25—40	30	—	

grenzt von einer brekziösen bis konglomeratischen Kiesel-schieferschicht.

Die gebänderten Eisensteine sind ziemlich eisenarm und haben vor allem sehr wechselnde Gehalte, etwa von 20 bis 43 Prozent. Ihr Kieselsäuregehalt ist aber noch 25—35 Prozent und mehr. Bei der großen Ausdehnung dieses Horizontes sind ungeheure Mengen dieser armen kieseligen Erze vorhanden. Wagner schätzt

im nördlichen Transvaal: 660 Milliarden t  
in Griqualand-West 1 500 „ „

Sie stellen eine der größten Eisenerzanhäufungen auf der Erde dar, sind aber natürlich heute nicht abbaubar.

Sekundäre Hämatitanreicherungen der gebänderten Eisenquarzite.

Es gibt in diesen eisenärmeren und kieselsäurereichen Eisenquarzite an vielen Stellen reiche Erzkörper, von verschiedenen Erscheinungsformen, anscheinend durch ähnliche Vorgänge, die ebenfalls der sedimentären Folge angehören, entstanden.

So finden sich am Krokodilfluß, bei Büffelshoek, Gatkop und anderen Orten entweder innerhalb der gebänderten Eisenquarzite, meist aber an ihrem Hangenden oder Liegenden größere linsenförmige oder unregelmäßig gestaltete, aber meist parallel der Schichtung verlaufende Körper, die fast

ganz aus Eisenglanz und Magnetit bestehen. Die nähere Untersuchung zeigte, daß schon bald nach der Bildung der Schichten selbst in diesen Massen die Kieselsäure durch eisenhaltige Oberflächenwässer aufgelöst und an ihrer Stelle Eisenoxyd niedergeschlagen wurde. Die näheren Erscheinungsformen stimmen sehr gut mit gewissen Erzsorfen des Oberen Sees in Nordamerika überein. Trotz vielfältiger und zahlreicher Arbeiten sind die genaueren Vorgänge und ihre Ursachen bei dieser Eisenanreicherung noch nicht hinlänglich bekannt. Vielleicht handelt es sich um Vorgänge, für die wir infolge andersartiger Oberflächenbedingungen in diesen weiten zurückliegenden Zeiten heute kein aktualistisches Gegenstück kennen. Die hochhaltigen Erzkörper können bis mehrere hundert Meter lang und 15 m dick werden. Sie enthalten:

60 — 69,5 % Fe                    0,006 — 0,08 % P  
0,45 — 6,52 % SiO<sub>2</sub>                0,00 — 0,04 % S.

Im Durchschnitt enthalten sie 85—90 Prozent Eisenglanz und etwa 5 Prozent Magnetit.

Die Vorräte sind sehr groß. Wagner nimmt an, daß 92 Mill. Tonnen Erze mit 60 Prozent Fe und 5 Prozent SiO<sub>2</sub> hier vorhanden sind. Davon sind rund 10 Mill. Tonnen leicht gewinnbar, meist im Tagebau mit 3 sh/to, oder im Stollenbau mit 7 sh 6 d/to.

Die Lagerstätten sind zur Zeit völlig außerhalb des Verkehrs. Es bestehen Pläne, eine Eisenbahn entlang des Krokodilflusses an die Strecke Pretoria-Rustenberg zu bauen, etwa 130 km. Wenn diese Bahn gebaut ist, errechnen sich die Kosten des Erzes pro Tonne frei Hütte Pretoria wie folgt:

Tagebau-Abbaukosten	3 sh — d
Handscheidung	0 „ 6 „
Verladung	1 „ 3 „
Eisenbahn-Transport	4 „ 4,66 „
	<u>9 sh 1,66 d</u>

#### Eisenglanzbrekzien in der Transvaal-Formation in Griqualand-West.

Eisenerze von anderem Aussehen und etwas anderer Entstehung kommen in Griqualand-West in demselben stratigraphischen Horizont vor. Sie werden als „Blink-Klip-Brekzie“ bezeichnet. Es sind sehr unregelmäßige Eisenglanzbrekzien mit einem Bindemittel von Eisenglanz. Sie bilden unregelmäßig geformte brekziöse Massen innerhalb des Dolomits, die durch Einbrechen der hangenden, gebänderten Eisenquarzschichten in Auslaugungshohlräume des Dolomits hineingeraten sind. In ähnlicher Weise wie bei der vorhergehenden Lagerstättengruppe wurden die heruntergebrochenen Massen durch zirkulierende Untergrundwasser ummineralisiert, die Kieselsäure wurde ausgelöst und Eisenoxyd an ihre Stelle gesetzt. Es entstanden auch hier auf diese Weise hochhaltige Eisenerze mit 60–65 Prozent Fe und nur 1–5 Prozent  $\text{SiO}_2$ .

Äußerlich ganz ähnlich, aber von anderer stratigraphischer und fazieller Stellung sind die Eisenerze von Gamagara<sup>1)</sup>. Auch sie sind Eisenglanzbrekzien mit Eisenglanzbindemittel. Es sind aber länger sich hinziehende Linsen und Schichten, auch stehen sie stratigraphisch höher, in der obersten in Griqualand-West als „obere Griquatown-Serie“ bezeichneten Gruppe der Transvaal-Formation, schon nahe der hangenden Waterberg-Formation. Sie sind als festländische Schuttmassen aus zertrümmerten Eisenquarziten und Blink-Klip-Brekzien aufzufassen, die ebenfalls in situ noch weiter mit Eisenerzen angereichert wurden. Sie liegen unmittelbar im Hangenden und stehen in enger stratigraphischer und wohl auch genetischer Beziehung zu den hochwertigen und außerordentlich reichen und mächtigen Manganlagerstätten von Postmasburg.

Für diese beiden Gruppen schätzt Wagner folgende Vorräte: Gamagara . . . . . 15 800 000 t, Klipfontein . . . . . 12 200 000 t mit 60 Prozent Fe und 5 Prozent  $\text{SiO}_2$ .

#### Die oolithischen Eisenerze in der Pretoria-Serie.

Wie schon in der Formationstafel auf S. 41 angeführt, kommen sowohl in den Timeball-Hill-Schichten, als auch in den Daspoort-Schichten große Eisenerzlager vor. Sie haben alle oolithisches Gefüge.

#### Die Eisenerzlager in den Timeball-Hill-Schichten in der Umgebung von Pretoria

<sup>1)</sup> L. T. Nel: The geology of the Postmasburg Manganese deposits and the surrounding country. Geol. Surv. 1929. 169 S.

(Zentralgebiet). Diese Lagerstätten haben z. Z. die größte wirtschaftliche Bedeutung und bilden die unmittelbare Grundlage der geplanten Eisenindustrie.

Die Eisenerze liegen als weit durchhaltende Schichten konkordant eingelagert in den Timeball-Hill-Schichten der untersten Abteilung der Pretoria-Serie (Abb. 55). Es werden drei Eisenerzhorizonte unterschieden, die innerhalb eines etwa 60 m mächtigen Schichtenpaketes von Schiefen und Quarziten liegen:

1. Der „magnetic quartzite“ ist ein oolithischer Magnetit-Hämatit-Chamosit-Quarzit.
2. Der „pisolithic ironstone“ ist ein eisenarmer oolithischer Hämatit-Quarzit.
3. Das „clayband“ ist ein oolithischer Magnetit-Hämatit-Siderit-Quarzschiefer.

Über die Mächtigkeiten, chemische Zusammensetzung gibt folgende Zahlentafel Auskunft:

	Mächtigkeit	spez. Gewicht	Durchschnittliche Zusammensetzung				
			Fe	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{P}_2\text{O}_5$	S
Magnetic quartzite	3,60 m	3,85	48–49	20–21	5–6	0,55	0,03
Pisolithic ironstone	1,80 m		45	20	6	0,45	sp
Clayband	0,60 m	3,65	56	6	4–5	1,20	0,08

Die Vorräte in der näheren Umgebung von Pretoria schätzt P. A. Wagner folgendermaßen:

	Bis zu einer Tiefe von	Metrische Tonnen	Eisengehalt	Kieselsäure
Magnetic quartzite	1350 m	2 275 Mill.	45 %	20–25 %
Pisolithic ironstone	300 m	6.3 Mill.	40–45 %	20–25 %
Clayband	300 m	20 Mill.	50 %	8 %
Summe	ca	2.300 Mill.		

Von besonderer Bedeutung, vor allem wegen der großen Schichtenmächtigkeit ist der „Magnetic-quarzit“. Als Mittel von 43 Analysen von Proben, die von den Gutachtern der Gutehoffnungshütte gesammelt wurden und die in Oberhausen analysiert wurden, ergab sich folgender Durchschnitt:

$\text{SiO}_2$	21,00 %	} (Fe = 48,00)
$\text{TiO}_2$	0,00 %	
$\text{Al}_2\text{O}_3$	5,60 %	
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	65,00 %	
FeO	3,21 %	
MnO	0,21 %	

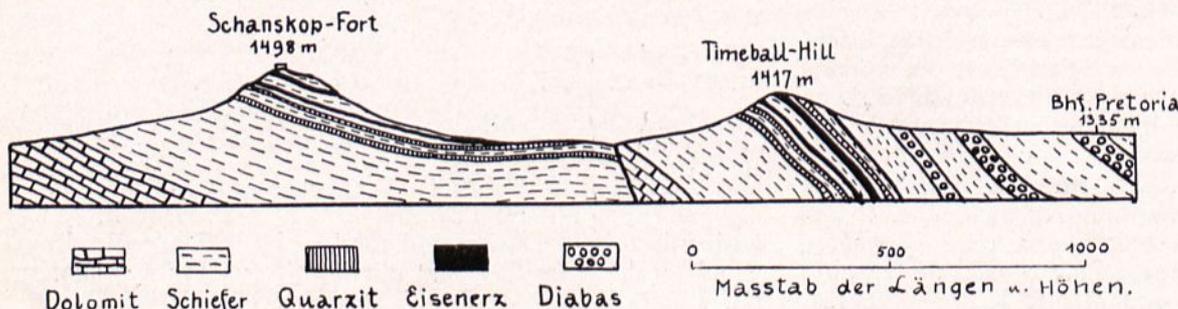


Abb. 55. Profil durch die Eisenerzhorizonte bei Pretoria. (Nach A. L. Hall und P. A. Wagner.)

MgO	0,17 %	
CaO	0,02 %	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,55 %	(P = 0,24)
S	0,03 %	
Cu	0,00 %	
Zn	0,00 %	
As	0,02 %	
Ni	0,00 %	
V	0,00 %	
CO <sub>2</sub>	0,60 %	
H <sub>2</sub> O	4,90 %	
	100 31 %	

Von den erwähnten 2,2 Milliarden Tonnen Vorräte sind etwa 100 Mill. Tonnen in nächster Nähe von Pretoria in Tagebauen oder Tagesstollenanlagen zu gewinnen. Die Abbaukosten und Transportkosten frei Hütte Pretoria wurden zu 3 sh/short ton berechnet. Die Abbaukosten für die tieferen Teile der Lagerstätte, die unter Tage gewonnen werden müssen, dürften etwa 6 sh 9 d/short ton betragen.

Während zweier Jahre wurde eine Reihe von Verhüttungsversuchen in einem Versuchshochofen der South African Iron and Steel Corporation angestellt. Das Erz ist leicht reduzierbar. Es hat nur den einen Nachteil des verhältnismäßig hohen Kieselsäuregehaltes. Doch gibt eine Beimischung von „Clayband“ Erz und Büffelhoek-Erz einen befriedigenden Möller mit 8—9 Prozent SiO<sub>2</sub> und einem Eisengehalt von etwa 55 Prozent Fe.

Mechanische oder magnetische Aufbereitungsversuche zur Abtrennung der Kieselsäure führten bis jetzt nicht zu einem wirtschaftlich brauchbaren Ergebnis.

Von den beiden anderen Eisenerzhorizonten in den Timeball-Hill-Schichten der Umgebung Pretorias hat der „pisolithic ironstone“ nur geringere Bedeutung. Er ist recht kieselsäurereich, auch ist seine Mächtigkeit ziemlich wechselnd. Dagegen ist das „Clayband“ wegen seines geringen SiO<sub>2</sub>-Gehaltes bei gleichzeitigem hohen Fe-Gehalte als Zuschlagserz zum „magnetic quartzite“ recht wichtig. Es muß allerdings zumeist unter Tage abgebaut werden, doch dürften die Kosten 10 sh/short ton nicht übersteigen.

Außerhalb des Zentralgebietes in der Nähe von Pretoria sind die beiden letztgenannten Horizonte nicht bekannt. Dagegen reicht der Magnetitquarzit recht weit ins östliche Gebiet hinein, ist aber eisenärmer, 35—40 Prozent Fe und SiO<sub>2</sub>-reicher, 35—40 Prozent. Wagner schätzt die hier vorhandenen Mengen eines solchen bis auf weiteres nicht abbauwürdigen Erzes auf 26 Milliarden Tonnen.

Die oolithischen Eisenerze der Daspoort-Schichten, der zweiten Abteilung der Pretoria-Serie, sind ebenfalls in der Nähe von Pretoria entwickelt. Es sind zwei Bänder mit je etwa 1 m Mächtigkeit vorhanden. Der Eisengehalt beträgt im Durchschnitt 45 Prozent, es ist aber wesentlich mehr Kieselsäure vorhanden, etwa 25 Prozent SiO<sub>2</sub>.

Wesentlich besser wird das Erz des Daspoort-Horizontes weiter nach Westen, wo es innerhalb des Kontakthofes des Bushvelds liegt. Hier sind die Tonschiefer in harte Andalusit-hornfelse und die oolithischen Eisenerze in Hämatit-Magnetitschiefer umgewandelt, mit 45—55 Prozent Fe.

Der ganze Daspoort-Horizont im zentralen Gebiet hat nach Wagner bei einer Durchschnittsmächtigkeit von 1 m, einem Einfallen von 20° bis zu einer Tiefe von 300 m 170 Millionen Tonnen. Davon sind 34 Millionen hochhaltiges Erz mit 45 bis 55 Prozent Fe, der Rest hat nur etwa 35—45 Prozent Fe. Im südlichen Gebiet sollen 1 Milliarde Tonnen mit 45 Prozent Fe und 15—20 Prozent SiO<sub>2</sub> vorhanden sein.

Im gesamten Bushveld sind in dem Daspoorthorizont geringerwertige Erze mit etwa 30 Prozent Fe in großen Mengen vorhanden. Wagner schätzt sie auf 100 Milliarden Tonnen. Sie kommen bis auf weiteres als Rohstoffe aber nicht in Frage.

Entstehung der oolithischen Eisenerze der Transvaalformation.

Der Entstehung nach sind diese oolithischen Eisenerze der Pretoria-Serie ebenso wie alle anderen bekannten oolithischen Eisenerze: Minette, Juraerze, Clintonerze, Wabanaerze usw. primäre Flachsee-Sedimente. Das Eisen wurde vom Festland her aus den verwitternden Gesteinen durch die Flüsse zumeist als kolloidale Eisenhydratlösung ± Humus-Kolloiden, weniger als iondisperses Eisensulfat oder Eisenkarbonat ins Meer verfrachtet. Im Bereich der Flachsee schied sich um Sandkörnchen, Organismenbruchstücke oder auch um lebende Eisenbakterien herum das Eisenhydratgel als Kügelchen, als „Oolithe“ aus. Es bildete zusammen mit den gleichzeitig eingeschwemmten Sandkörnchen und Tonteilchen und dem anorganisch oder biochemisch ausgeschiedenen Kalk die charakteristischen sandigtonigen, mehr oder weniger kalkigen Eisenoolithschichten. Der heutige Mineralbestand der Oolithe: Eisenglanz und Magnetit ist durch metamorphe Umlagerung des ursprünglichen Brauneisens entstanden.

#### Metamorphe Eisenerze.

In den ältesten Formationen Südafrikas, besonders in der sogenannten Primärformation oder Swaziland-Formation befinden sich an zahlreichen Orten gebänderte hochmetamorphe Eisenmagnetite, Eisenschiefer, Magnetitschiefer, Eisenglimmerschiefer, Eisenquarzite und ähnliche Gesteine. Sie haben aber meist nur einen geringen Eisengehalt von etwa 25—40 Prozent Fe. Der SiO<sub>2</sub>-Gehalt ist ziemlich hoch. — Wagner schätzt die Vorräte dieser z. Z. noch nirgends abbaubaren Eisengesteine auf 20 Milliarden Tonnen.

#### Zusammenstellung der Eisenerzvorräte Südafrikas.

Die in den vorhergegangenen Einzelabschnitten gegebenen Vorratsschätzungen von P. A. Wagner seien im Folgenden zusammengestellt (siehe Zahlentafel S. 57):

Wagner unterscheidet zwischen „actual ore“ und „potential ore“.

„Actual ore“ ist das unter den heutigen Verhältnissen in Südafrika ohne weitere Vorbehandlung abbauwürdige Eisenerz. Es wird alles Erz hierzu gerechnet, das bei Abwesenheit die Verhüttung erschwender Nebenbestandteile (z. B. Ti) mindestens einen Eisengehalt von 40 Prozent und höchstens einen Kieselsäuregehalt von 25 Prozent hat.

„Potential ore“ ist das zur Zeit nicht abbauwürdige Eisenerz, sei es wegen gewisser Beimengungen, z. B. von Titan, sei es wegen eines kleineren Eisen- oder höheren Kieselsäuregehaltes, welche eine Anreicherung bedingen. Es können diese Erze aber in Zukunft abbauwürdig werden.

Wo nach dem geologischen Befund ein Hinuntersetzen der Erzsichten in größere Tiefen anzunehmen ist, wurde bei mindestens 1.50 m mächtigen Erzsichten die Berechnung bis zu einer Tiefe von 1300 m Tiefe, bei geringer mächtigen bis zu einer Tiefe von 300 m durchgeführt.

Alle Zahlen entsprechen ungefähr den bei deutschen Lagerstättenberechnungen meist angewandten Begriffen: sichtbare und wahrscheinliche Vorräte.

Es ist verständlich, daß man sich seit langem bemüht, derartig außerordentlich große Vorräte hochhaltiger Eisenerze nutzbar zu machen. An einen Export der Erze, die alle weitab vom Meere liegen, ist kaum zu denken. Bei dem Reichtum an verkockbaren Kohlen wird die Gründung einer einheimischen Eisenindustrie seit einigen Jahren immer mehr erörtert. Die Vorarbeiten wissenschaftlicher und technischer Art sind schon weit gediehen, unter staatlicher Protektion hat sich schon vor längerer Zeit die South African Iron and Steel Industrial Corporation<sup>1)</sup> gebildet. Ein

<sup>1)</sup> Über die Vorgeschichte dieser führenden südafrikanischen Hütten-gesellschaft und überhaupt der südafrikanischen Eisenindustrie wurde vor kurzem in Stahl u. Eisen 1929, 49, S. 748/49, berichtet.

wichtiger Punkt, der zu vielen Kämpfen hinter den Kulissen und zu langen Erörterungen in der Presse geführt hat, ist die Frage, ob deutsche oder englische Hütten- und Maschinenwerke die Produktionsmittel für die neu zu errichtenden Anlagen liefern sollen. Inzwischen sind die Ausschreibungen, die schon im August v. J. erfolgen sollten, im Dezember 1929 erlassen worden. Schlußtermin der Ausschreibung ist der 12. April 1930, die Prüfung erfordert aber mehrere Monate, so daß frühestens in der zweiten Hälfte 1930 mit einer Auftragserteilung zu rechnen ist.

Einige kleinere Werke sind zur Zeit schon im Betrieb, doch war der Absatz der Erzeugung im Inland zeitweise wenig befriedigend, da Importware zur Zeit noch stark vorgezogen wird. Über die wirtschaftspolitische Tragweite der neuen Gründung und die notwendige Vermehrung der Aufnahmefähigkeit des südafrikanischen Marktes für Eisensorten und Fertigwaren ist man sich ja überhaupt noch nicht im klaren. Jedenfalls würde der Export Deutschlands und Englands empfindlich davon betroffen werden. Denn für beide Länder ist die Südafrikanische Union ein guter Kunde in Schienen, sonstigem Eisenbahnmaterial, Röhrensorten, Blechen, Trägern, Bandeseisen, Formeisen und Eisenfertigwaren.

## 11. Die Kohlenvorkommen Südafrikas

Von Professor Dr. Kukuk, Bochum  
Allgemeine geologische Verhältnisse

Unter den Mineralvorkommen Südafrikas stehen die Kohlen dem wirtschaftlichen Werte nach erst an dritter Stelle. Untersuchungen der letzten Jahre haben jedoch mit Sicherheit ergeben, daß Südafrika weit reicher an Kohlen ist, als früher angenommen wurde. Während in dem bei Gelegenheit des Internationalen Geologen-Kongresses zu Toronto 1910 erschienenen Werk „The coal resources of the World“ der Kohlenvorrat Südafrikas noch mit rund 56,2 Milliarden t angegeben wurde, kommen die neueren sorgfältigen Untersuchungen von Wybergh auf eine Vorratsmenge von rund 225 Milliarden t. Aber auch der Fördermenge nach ist der südafrikanische Kohlenbergbau keineswegs ohne Bedeutung. Mit einer Kohlenherzeugung von rund 13,9 Mill. t in 1928 ist das an Wasserkraften und Holz arme Land hinsichtlich seiner Kohlenversorgung praktisch schon vom Auslande unabhängig. Jedenfalls sind die Steinkohlenegebiete der Union, wenn auch nur mit rund 1 Prozent an der Weltförderung beteiligt, sowohl die wichtigsten Kohlenherzeuger als auch Kohlenlieferanten der südlichen Halbkugel. Hierdurch kommt ihnen auch eine gewisse weltwirtschaftliche Bedeutung zu.

Die wichtigsten und ausgedehntesten Kohlenvorkommen<sup>1)</sup> der Union liegen im südlichen Transvaal. Wie aus der Übersichtskarte (Abb. 56) hervorgeht, gibt es aber auch in Natal, im Oranje-Freistaat und in der Kap-provinz mehr oder weniger große und bauwürdige Kohlenlagerstätten. Möglicherweise bildeten alle diese Vorkommen einstmalig ein zusammenhängendes Ablagerungsgebiet, ohne damit durchaus gleichaltrig zu sein. Gegen die Annahme der Gleichaltrigkeit der Bildung spricht neben der Verschiedenartigkeit der Floren dieser Vorkommen auch die sehr ungleichartige Flöz- und Nebengesteinsausbildung der

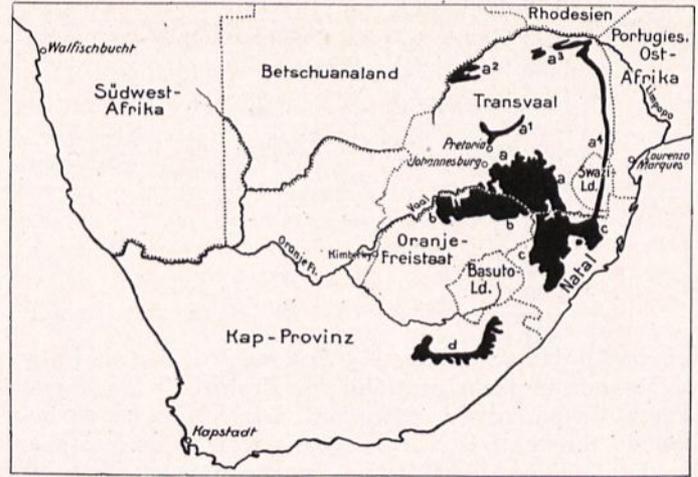


Abb. 56. Die Kohlenfelder Südafrikas (nach Wagner). a<sub>1</sub>) Buschfeld, a<sub>2</sub>) Waterbergfeld a<sub>3</sub>) Zoutpansbergfeld, a<sub>4</sub>) Lebombosfeld, b) Felder des Oranje-Freistaates, c) Natalfelder d) Felder der Kapprovinz.

einzelnen Kohlenegebiete, die eine Identifizierung der Einzel-flöze innerhalb der verschiedenen Becken vorläufig noch nicht gestattet.

Im Gegensatz zu den Kohlenvorkommen der nördlichen Halbkugel, denen größtenteils „karbonisches“ Alter zukommt, sind die Steinkohlenlagerstätten Südafrikas jünger, und zwar „permokarbonischen“ Alters. Die vorwiegend im östlichen Teile der Union auftretenden kohlenführenden Schichten gehören der sogenannten „Karruformation“ (Permo-Karbon) an, die in weiter Ausdehnung große Teile Südafrikas, vornehmlich im Süden, Südosten und Nordosten bedeckt. Die fast horizontal abgelagerten Schichten dieses Systems liegen diskordant auf den das archaische Grundgebirge überdeckenden Witwatersrand- und Ventersdorp-Schichten nebst den darüber folgenden Bildungen des Transvaal-Systems (Pretoria-Schiefer) und des stellenweise entwickelten Waterbergsystems (s. Abb. 57).

Die Schichten des Karrusystems werden von unten nach oben in die „Ecca“-„Beaufort“- und Stormbergschichten“ gegliedert. Als tiefstes Glied der Karruformation erscheinen die bekannten glacialen und fluvioglacialen „Dwykaschichten“ (s. Abb. 58). Die Hauptbildung der bauwürdigen Kohlenflöze fällt in die Zeit der Ablagerung der terrestrisch-limnischen mittleren Eccaschichten, denen ein unterpermisches Alter zukommt. Aber auch die höheren Stufen des Karrusystems, wie die unteren „Beaufort“ und die „Moltenoschichten“ können kohlenführend entwickelt sein. Entsprechend der im allgemeinen in der Richtung von Norden nach Süden zunehmenden Mächtigkeit der Karruschichten stellen sich in dieser Richtung auch immer höhere flözführende Schichten ein. Da die für ihr „Alter“ ausschlaggebenden „Floren“ dieser Stufen noch nicht genügend bearbeitet sind, ist auch die Frage nach der genauen Altersstellung der einzelnen südafrikanischen Kohlenvorkommen heute nicht durchweg mit Sicherheit zu beantworten. Dagegen hat die nähere Untersuchung der Flora des permokarbonischen Kohlenvorkommens von Wankie (Südrhodesien) schon zu einer genaueren Erkennung des Alters der dortigen Kohlenflöze geführt, worauf ich noch weiter unten eingehen werde. Die Flözführung der Karruschichten deckt sich im übrigen nicht mit der Ausdehnung der Karrusedimente. Sie ist vielmehr auf den Osten und Nordosten der Karruformation beschränkt, wo sich an den Grenzen Natals, Transvaals und des Oranje-Freistaates ein unregelmäßig gestaltetes, kohlenführendes Gebiet von etwa 230 km Längen- und 130 km Breitenstreckung hinzieht (s. Abb. 56). Abweichend von der bekannten Entwicklung der vorwiegend paralischen Kohlenablagerungen Europas zeigt die Ausbildung der steinkohlenführenden Eccaschichten (sogenannte

<sup>1)</sup> W. J. Wybergh: The Coal Resources of the Union of South Africa, Vol. I, II, III. Memoir Nr. 19. Geological Survey, Pretoria 1922, 25 und 28. Du Toit: The Geology of South Africa, 1929, S. 397 ff. Krenkel: Geologie Afrikas, II. T. Berlin 1928, S. 886 ff. — Die Kohlenfelder Transvaals, Glückauf 1927, S. 637 ff. Wagner: Economic Geology: Coal, Handbuch der Regionalen Geologie, Heidelberg 1929. Meißner: Kohlen, Lagerstättenchronik d. Z. f. prakt. G. 1929, S. 125. Annual Report of the Government Mining Engineer, Pretoria 1929. Dewar: South Africa Iron and Steel Industry, The Iron and Coal Trades Review, 1930, S. 642. Steart: Coal in Natal, Colliery Guardian 1930, S. 1645 ff. Coulter: Coal and other fuels in Mineral Deposits of the Union of South Africa. Emp. Min. and Metallurgy. Congress 1930, S. 230 ff. Kukuk: Die Kohlen- und Salzvorkommen Südafrikas, Glückauf 1930, S. 1253 ff.

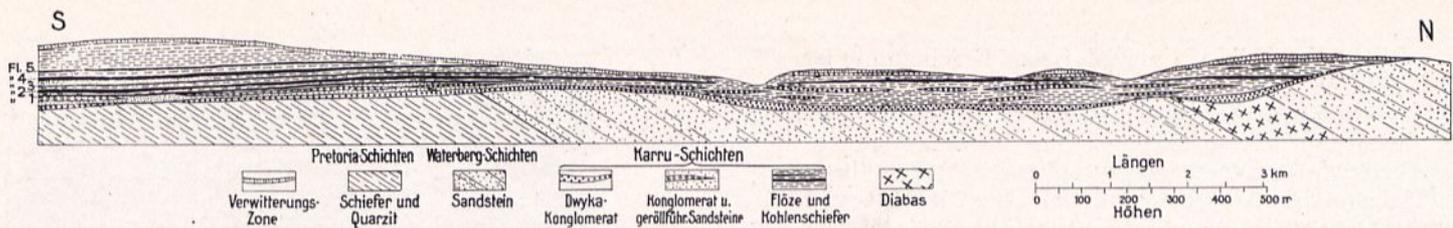


Abb. 57. Schematisches Querprofil durch die Kohlenablagerung des Witbankbezirkes in Transvaal (nach Mellor).

coal measures) im Hauptbergbauggebiet folgendes Bild: Zunächst sind die vorwiegend aus Sandsteinen, Schiefertonen und untergeordnet aus sandigen Schiefen und Konglomeraten zusammengesetzten flözführenden Eccaschichten hier nur mit 110 bis 135 m Mächtigkeit entwickelt. Statt der aus dem europäischen paralischen Karbon bekannten zahlreichen, im allgemeinen dünnen und reinen Flözen von einigermaßen gleichbleibender Dicke, treten hier nur wenige, meist mächtige, aber vielfach unreine Flöze — im Höchstfalle 5 bzw. 6 — von sehr wechselnder (bis 15 m betragenden) Stärke auf (s. Abb. 57), die im Hauptbergbaubezirk fast überall wiedererkannt werden können. Von diesen wird fast durchweg nur das mächtigste Flöz, das zweite von unten, gebaut. Wenn auch die Flöze in ihrer Ausbildung und Ablagerung in mancher Hinsicht an mitteldeutsche Braunkohlenflöze erinnern, so tragen sie doch wieder durchaus die Merkmale richtiger Steinkohlenflöze (mit 10—27 Prozent flüchtigen Bestandteilen), deren Kohlen stellenweise verkokungsfähig sind. Kennzeichnend für die Flöze ist das Auftreten zahlreicher dünner Bergmittel aus Schiefertone oder Sandstein in der Kohle, das häufige Fehlen der charakteristischen „Untertone“ im Liegenden und die besonders nach dem Liegenden zu vorhandene grobe Ausbildung der die Flöze begleitenden Sandsteine. Lange Zeit hielt man daher die afrikanischen Flöze für „allochthoner Natur“, zumal man auch ihre Vorkommen als vorwiegend linsenförmige ansah. Diese Ansicht ist heute wieder verlassen. Wenn auch nicht überall, so kann man doch an vielen Stellen im Liegenden der in Sandstein- und Schiefertonschichten eingelagerten Flöze einen mehr oder minder deutlich erkennbaren „Wurzelboden“ beobachten, von dem ich mich wiederholt überzeugen konnte. Teilweise führt das Liegende aufrecht stehende Baumstammreste mit ausgedehnten Wurzelverzweigungen (in situ). Außerdem lassen sich die wichtigsten Flöze mancher Bezirke auf weite Erstreckung einwandfrei nachweisen. Es kann also darüber kaum ein Zweifel bestehen, daß die limnischen südafrikanischen Kohlenflöze autochthoner Natur sind. Hierbei ist jedoch zu bemerken, daß die Ablagerungsverhältnisse der südafrikanischen Flöze nicht die gleichen waren

wie in den paralischen Revieren Europas, insofern die Bildung der Flöze in kleineren Becken mit sehr unregelmäßigem Untergrunde vor sich gegangen ist.

Die Kohle als solche ist als Streifenkohle entwickelt, bestehend aus wechsellagernden dünnen Lagen von Glanzkohle (Abb. 59) sogen. bright coal („vitrit“ und „clarit“) und Mattkohle (Abb. 60) sogen. dull coal. Faserkohle („fusit“) in der üblichen dünnlinsenförmigen Art des Auftretens ist verhältnismäßig sehr selten vorhanden (Abb. 59) und nach meinen Beobachtungen in der Glanzkohle häufiger als in der Mattkohle. Nach dem Ergebnis mikroskopischer Untersuchungen durch Hall<sup>1)</sup> besteht die Transvaalkohle im Durchschnitt zahlreicher Proben aus 38 Prozent „Clarit“, 46 Prozent „Vitrit“ und 16 Prozent „Fusit“. Auffallenderweise konnte „Durit“ nicht festgestellt werden, obwohl „matte“ Streifen in der Kohle sehr häufig sind. Sie zeigen die völlige Abwesenheit der kennzeichnenden „Sporen“. Hierdurch unterscheiden sich die südafrikanischen Kohlen sehr erheblich von den europäischen Karbonkohlen und entsprechen dadurch mehr den nordamerikanischen Kohlen. Kennzeichnend ist ferner der hohe Gehalt der Kohle an Schwefel, der teils in Form von Kristallen, kristallinen Aggregaten oder dünnen Lagen oder Linsen in der Kohle vortreten ist, so daß die Hauptmenge des Schwefels in der Wäsche entfernt werden kann. Auch der hohe, meist über 15 Prozent betragende Aschengehalt ist für die südafrikanische Kohle bemerkenswert. Er ist am niedrigsten in der Natalkohle. Nach der vom Int. Geologen-Kongreß in Toronto (Kanada) aufgestellten Terminologie ist die Kohle teils als hochwertige „bituminöse Kohle“ teils als geringwertige „halbbituminöse Kohle“, jedenfalls aber nur stellenweise als eigentliche Koks-kohle zu bezeichnen.

Nicht selten zeigen die Kohlenflöze — wie auch im Karbon — Einlagerungen dünner Kohleneisensteinlagen sowie von großen Knollen aus Schwefelkies, Braun- oder Toneisenstein, ferner Ausscheidungen von kohlsaurem Kalk ( $\text{CaCO}_3$ ) auf

<sup>1)</sup> Chemical and microscopical investigations of the coals from the Witbank and Ermelo coal fields. Fuel 1930, S. 373 ff.



Abb. 58. Dwykatillit über glacial geschrammter Diabasoberfläche. Farm Nootgedacht.

Klüften und Lösen der Kohle. Eine häufigere Erscheinung ist auch das Auftreten von Geröllen auf dem Liegenden der Flöze aus Quarzit, Sandstein oder aus den umgelagerten Geröllen des diskordant darunter liegenden Dwykakonglomerats. Bemerkenswerterweise sind gelegentlich ganze Teile der Flöze, insbesondere der hangendsten Flöze infolge von Erosionswirkungen völlig zerstört, weggeführt und durch grobe Sedimente ersetzt. Stellenweise sind große Flözteile durch Intrusionen von Basalten (in Lager- oder Gangform) ganz oder nur an der Berührungsfläche verkockt oder wirt-

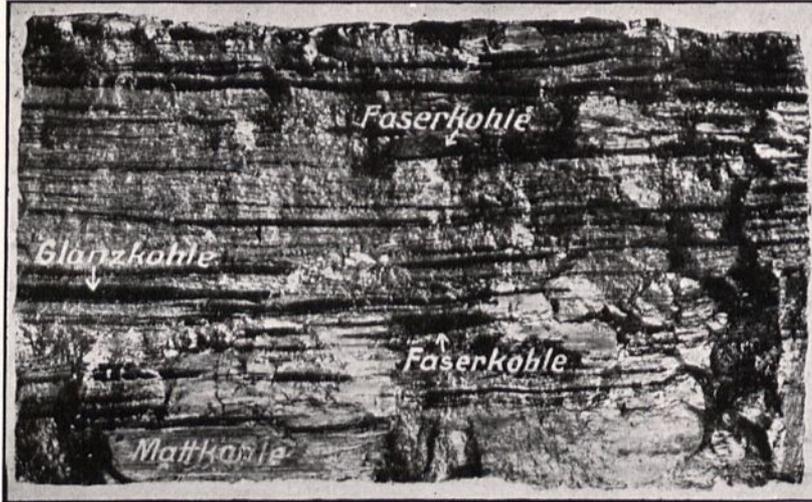


Abb. 59. Streifenkohle aus Fl. 2 der Landaugrube. Dünne Glanzkohlenlagen (schwarz) und breitere Mattkohlenlagen (grau). (nat. Größe).



Abb. 60. Mattkohle aus Fl. 2 der Landaugrube. (2/10 nat. Größe.)

schafflich unbrauchbar geworden (Abb. 61). Kennzeichnend für die Eccaschichten ist ferner, daß stellenweise mit den Flözen Ölschieferlagen (sogen. Oil shales) auftreten. Es handelt sich in ihnen um mehr oder minder ölhaltige Schichten oder um Linsen einer kannelkohleartigen Kohle, die dem schottischen „Torbanit“ petrographisch fast völlig entspricht. In der Mächtigkeit schwanken diese Schichten zwischen 20 cm und 2,50 m. Ihr Ölgehalt ist sehr verschieden und soll sich zwischen 90 und 450 l je t bewegen. Über die Vorräte an Torbanit läßt sich jedoch noch kein genaues Bild gewinnen. Doch scheinen sie recht erheblich zu sein.

Im allgemeinen sind die Lagerungsverhältnisse der Kohlenflöze entsprechend der flach und fast ungestört abgelagerten Karruformation einfache und meist ziemlich störungsfrei (s. Abb. 57). Der hier umgehende Bergbau kann sich daher stellenweise in weitestem Umfange der mechanischen Kohlen-gewinnungsmethoden bedienen. Dementsprechend sind in der Union rund 610 Schrämmaschinen in Betrieb, von denen rund 460 durch Preßluft und rund 150 elektrisch angetrieben werden. Etwa 82 Prozent der Kohlen werden durch Schrämmaschinen hereingewonnen. Die Zahl der in Förderung stehenden Gruben beträgt rund 70. Davon liegen etwa 35 in Transvaal, rund 25 in Natal, 5 im Kaplande und 3 im Oranjestaat. Hier werden etwa 36 000 Mann beschäftigt, darunter 90 Prozent Schwarze. Als Verbrauchsgebiet der Kohle kommt in erster Linie Südafrika, und zwar vorwiegend der Goldbergbau, die Eisenbahnen und Kraftwerke in Be-

tracht. In steigendem Maße wird die Kohle aber auch als Bunkerkohle und als Ausfuhrkohle verwandt. Ein besonderes Merkmal der südafrikanischen Kohlen sind ihre sehr niedrigen Gesteungskosten. Trotzdem ist der Absatz nicht immer befriedigend, da der Abruf wegen der z. Z. in den Anfängen stehenden Industrie noch nicht regelmäßig genug ist.

#### Die einzelnen Kohlenbezirke.

Nach Wybergh lassen sich folgende „Kohlenbezirke“ oder „Felder“ unterscheiden (s. Abb. 56).

a) In Transvaal: Witbank-Bezirk, Springs-Heidelberg-Bezirk, östliches Witbank Feld, Bethal Feld, Ermelo und Middelburg-Belfast Feld und das Piet-Retief-Wakkerstrom Feld (s. Abb. 56 a), außerdem noch eine Reihe kleiner Felder (Abb. 56, a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub> und a<sub>4</sub>);

b) im Oranje-Freistaat: Cornelia-Clydesdaal Felder und Vierfontein Felder (Abb. 56, b);

c) in Natal: Klip River Feld, Vryheid Feld, Utrecht Feld (Abb. 56, c);

d) in der Kapprovinz: Einzelne Vorkommen ohne nähere Bezeichnungen (Abb. 56, d).

#### 1. Die Kohlenfelder Transvaals<sup>1)</sup>.

Wie erwähnt, stehen in Transvaal (Abb. 56) rund 35 Gruben mit rund 900 weißen Angestellten und rund 15 000 farbigen

<sup>1)</sup> J. Phee: Coal in the Transvaal, The colliery guardian 1930, S. 298 ff.

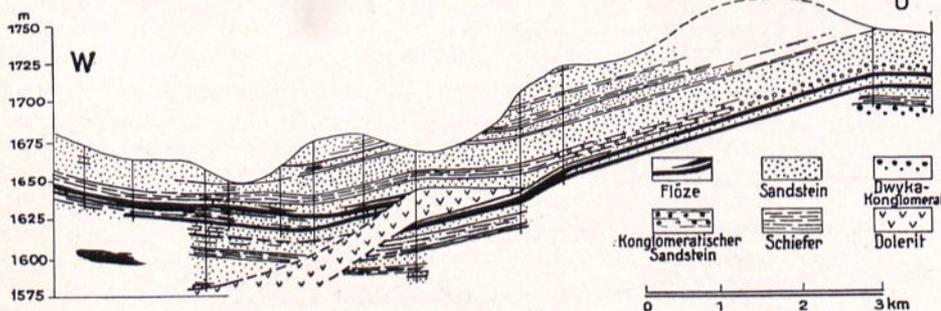


Abb. 61. Doleritintrusion im Ermelofelde Transvaals (nach Wybergh).

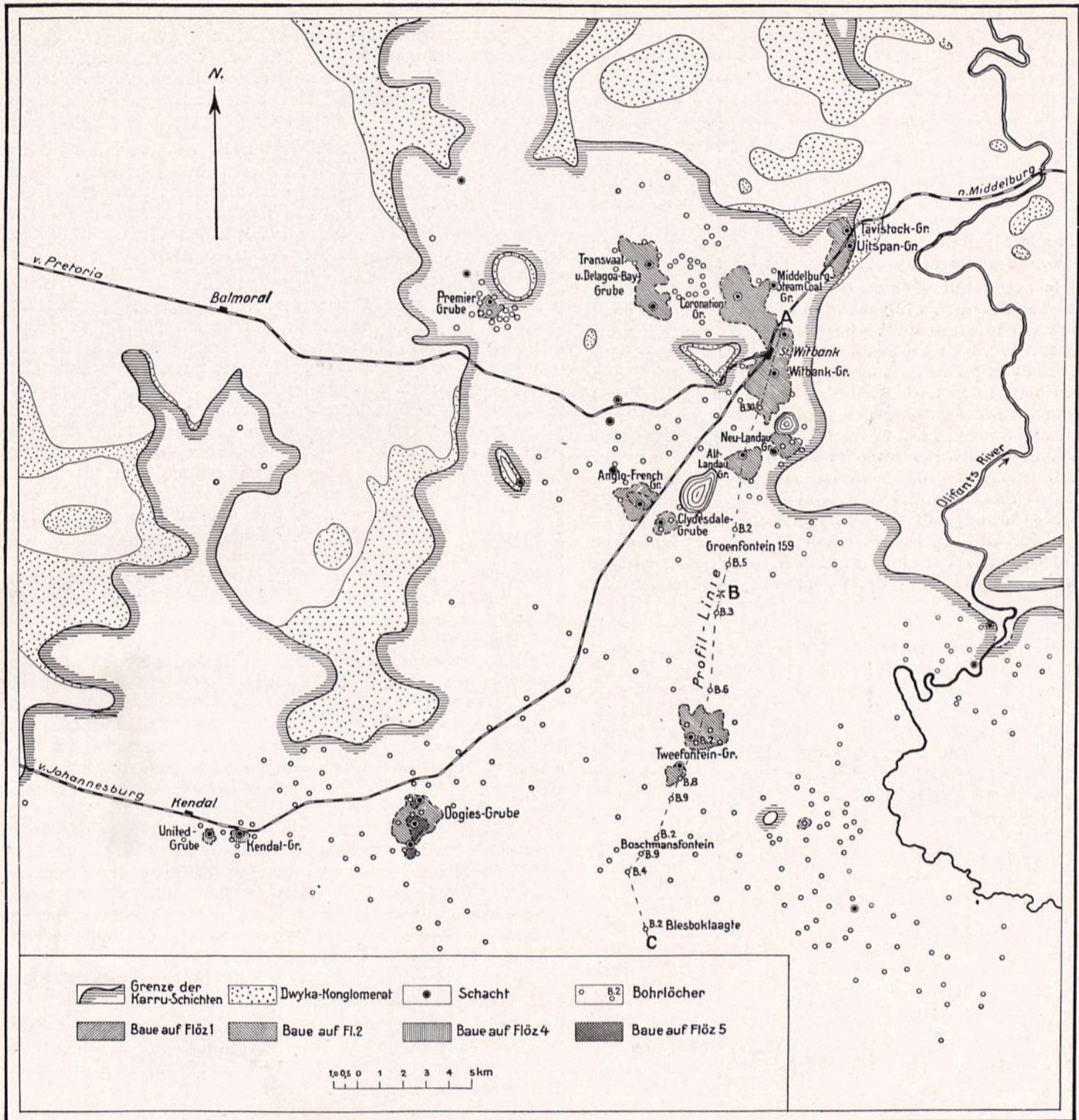


Abb. 62. Übersichtskarte des Witbankbezirkes in Transvaal (umgezeichnet nach Wybergh).

Arbeitern in Förderung. Die teils neuzeitlich, teils aber auch noch recht primitiv eingerichteten Gruben werden zumeist im Tiefbau, zum kleinen Teil auch im Tagebau betrieben. Wegen des Vorkommens von Kohlen, die durch aufbereitungstechnische Maßnahmen als Koks-kohlen verwendbar sind, ist der Bezirk von großer Bedeutung für die in der Entwicklung begriffene Eisenindustrie des Landes.

#### Das Witbank Revier.

Der Flächenausdehnung, der Höhe der Kohlen-erzeugung und der Güte seiner Kohle nach ist der Witbank Bezirk<sup>1)</sup> mit 15 fördernden Anlagen zweifellos das wichtigste Kohlenvorkommen Transvaals (s. Abb. 62).

<sup>1)</sup> S. auch Krenkel, Glückauf 1927, S. 637.

Dieser trägt 5,5 Mill. t zur Gesamtförderung bei. Im „Witbankcoalfield“ sind meist 5 — bisweilen 6 Flöze — vorhanden, die vom Liegenden zum Hangenden mit 1—5 bezeichnet werden (vgl. Abb. 57). Die Mächtigkeit beträgt bei Flöz 1: 0,50—2,50 m, bei Flöz 2: 1,80—9 m, bei Flöz 3: 0,10—1,20 m, bei Flöz 4: 2,20—8,25 m und bei Flöz 5 rund 1,50 m. Von diesen Flözen haben vier wirtschaftliche Bedeutung. Gebaut werden jedoch nur die beiden tiefsten Flöze. Das liegendste Flöz besitzt zwar bituminösen Charakter, eignet sich jedoch nicht zur Verkokung. Von größter Bedeutung ist dagegen das mächtige Flöz Nr. 2, als „Main Seam“ bezeichnet, mit 2—8 m Dicke. Die andern Flöze werden wegen des zu geringen Heizwertes ihrer Kohle z. Z. nicht gebaut. Während die Oberbank des Main Seams fast durchweg aus einer von vielen

dünnen Bergmitteln durchsetzten und daher unbauwürdigen harten streifenkohligen Oberbank (sogen. „dull coal“) mit 14,5—41 Prozent Asche besteht, führt die Unterbank besonders in ihrem mehr oder minder dicken liegendsten Packen fast durchweg eine hochwertige bituminöse Streifenkohle („gas“ oder „coking coal“, Abb. 59), die lagenweise verkokbar ist. Für die Gewinnung von Kokskohle ist daher eine sorgfältige Trennung der verkokbaren Parteien von den nicht verkokbaren Lagen erforderlich. Die aufbereitungs-technischen Fragen scheinen noch nicht restlos gelöst zu sein. Der mittlere, nicht scharf abgrenzbare Teil des Flözes besteht teils aus Mattkohle (Abb. 59), teils aus einer streifigen Glanzkohle, die als „smithy coal“ bezeichnet wird.

Durch viele Schachtaufschlüsse und Bohrungen (s. Abb. 61) ist das Witbank Feld so weitgehend aufgeschlossen, daß auch seine Kohlenvorräte mit ziemlicher Sicherheit ermittelt werden konnten. W y b e r g beziffert die sicheren Vorräte auf 2,7 Milliarden t mit 6330 kcal Heizwert; die wahrscheinlichen auf 3,1 Milliarden t und 6100 kcal Heizwert an. Dazu kommen noch rund 1,6 Milliarden unsichere Vorräte. Wegen seiner eisenbahntechnisch und frachtlich günstigen Lage, insbesondere im Verhältnis zum Natalkohlenbezirk, ist der Witbank Bezirk von größter Bedeutung für das Industriegebiet des Witwatersrandes. Obwohl die Kohlen der Witbank Flöze — im allgemeinen als „steam coal“ bezeichnet — von Teilen der Unterbank des Hauptflözes abgesehen ohne weiteres nicht verkokbar sind, ist man in letzter Zeit eifrig damit beschäftigt, die Kohle der Unterbank auf ihre Eignung zur Verkokung und zur Gewinnung von Nebenprodukten zu untersuchen. Zur Zeit meines Besuches (im August 1929) stand u. a. eine größere Versuchsanlage auf der Landaugrube der South African Coal Estates Witbank Ltd. im Bau. Zweck derselben war, vermittels besonderer Aufbereitungsmethoden aus der zerkleinerten Kohle des untern Packens die „Glanzkohle“ (vitrit) herauszuwaschen, da nur diese sich zur Koks-herstellung eignen soll. Gemittelt aus Flözeanalysen von 10 verschiedenen Gruben ergibt sich für die Kohlen des Witbank Reviers nach W y b e r g folgendes:

Flüchtige Bestandteile	24,55 %
Schwefel	1,23 %
Kohlenstoff (gebunden)	59,67 %
Asche	13,47 %
Feuchtigkeit	1,08 %

An der Zusammensetzung der Kohle nehmen teil:

Kohlenstoff mit	67,28 %
Wasserstoff „	4,70 %
Stickstoff „	1,50 %
Sauerstoff „	10,74 %

Man ermittelte das spez. Gewicht der Kohle zu 1,3 bis 1,7. Bemerkenswert ist noch der hohe Gehalt der afrikanischen Kohlen an Stickstoff.

Die Kohle wird hauptsächlich von der Eisenbahn, zu industriellen Zwecken, für Hausbrand, zur Gewinnung von Heizgas (z. B. in Johannesburg) und zur Umwandlung in elektrische Energie, z. B. im Kraftwerk Witbank, verwendet. In steigendem Maße geht sie ferner als Bunkerkohle nach Lourenzo Marques (Delagoa Bai).

Auf die Einzelheiten der Flöz- und Lagerungsverhältnisse des gesamten Witbank-Bezirks sei hier nicht näher eingegangen. Vielmehr soll einiges aus persönlicher Beobachtung bei Gelegenheit der Befahrung zweier Gruben des Witbank Bezirks, und zwar der Landaugrube der „South African Coal Estates“ (Witbank), Limited und der „Witbank Colliery“ (Witbank) mitgeteilt werden.

Beide Gruben weisen überraschend einfache Lagerungsverhältnisse auf, da auf beiden nur das sehr regelmäßige Hauptflöz (Main Seam) gebaut wird (s. Abb. 63). Auf der ersten Anlage hatte das flach fallende Flöz, das mit einer einfallenden Strecke von Tage aus aufgeschlossen ist, eine Mächtigkeit von rund 5 m. Gebaut wird nur die (rund 3,3 m mächtige) Unterbank, während die aus sogen. „dull coal“ (sehr schieferreicher Kohle mit 15—40 Prozent Asche) bestehende Oberbank angebauet wurde. Als Abbaumethode steht Pfeilerbau in Anwendung in der bekannten Form von „bord“ und „pillar“. Die pillars werden fast durchweg später zurückgebaut, so daß — mit Ausnahme der angebauten „dull coal“ — nur 5 Prozent der Kohle verlorengehen sollen. Die Kohle wird durch Unterschrämen mittels Schrämmaschinen und Hereinschießen der Bank oder durch Abbauhämmer gewonnen. Durch systematisch eingerichtete, gut gepflegte Kettenförderbahnen wird die ziemlich großstückig fallende Kohle zu einem in dem Schachtquerschlag laufenden Förderband geschafft, mittels dessen dann die Kohle durch die einfallende Strecke zur Separation über Tage gefördert wird. Die Kohle des mächtigen Flözes geht sowohl beim Schrämen als auch bei der Gewinnung mit Abbauhämmern sehr gut. Dabei erfordert der Abbau auch in den völlig in der Kohle stehenden Strecken so gut wie keinen Ausbau. Ein den Abbau beeinträchtigender Druck entsteht nicht. Schlagwetter und Kohlsäure sind nicht vorhanden. Grubenwasser brauchen nicht gehoben zu werden. Auch die Staubbildung ist bei der Kohle gering. Fast die einzigen Störungen der regelmäßigen Ablagerung sind die nicht ganz selten auftretenden, anscheinend primär vorhandenen und fast alle in derselben Richtung verlaufenden Aufwölbungen des sandigen Liegend-schiefers bei glattem Durchgehen des Hangenden des Flözes, die sogen. „rolls“. Hierdurch kann die Mächtigkeit des Flözes sehr erheblich beeinträchtigt werden.

Infolge der Einfachheit der bergbaulichen Verhältnisse der geringen Teufe der Gruben in Verbindung mit den niedrigen Löhnen der farbigen Arbeiter ergeben sich für die Gewinnung der Steinkohlen ungewöhnlich geringe Selbst-

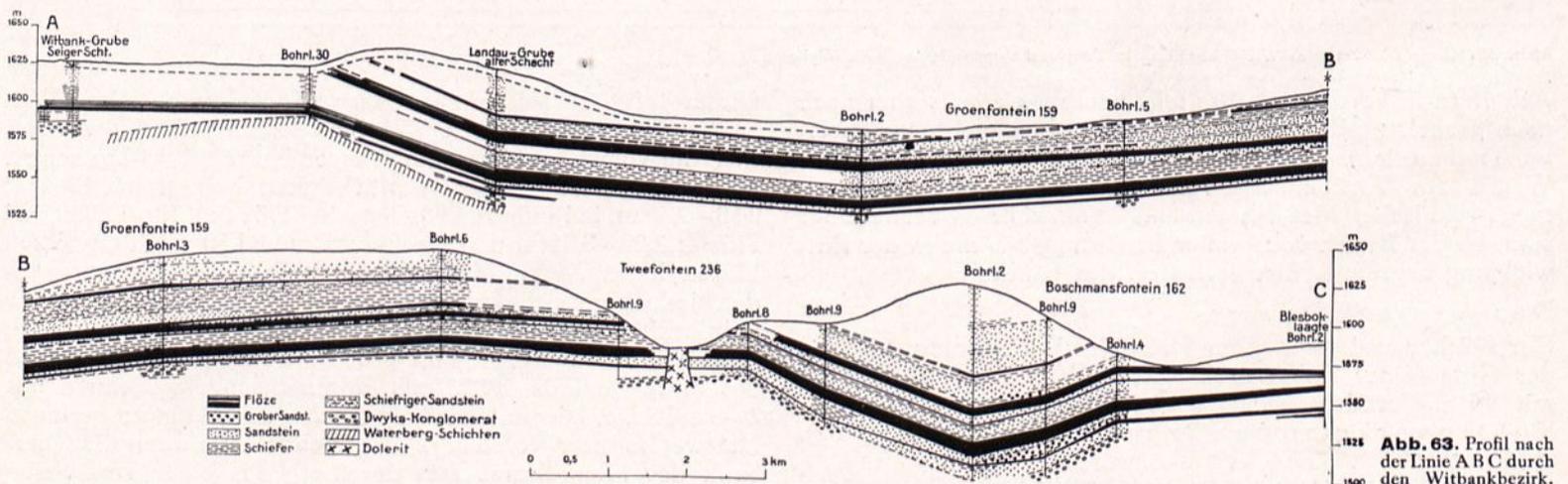


Abb. 63. Profil nach der Linie ABC durch den Witbankbezirk.

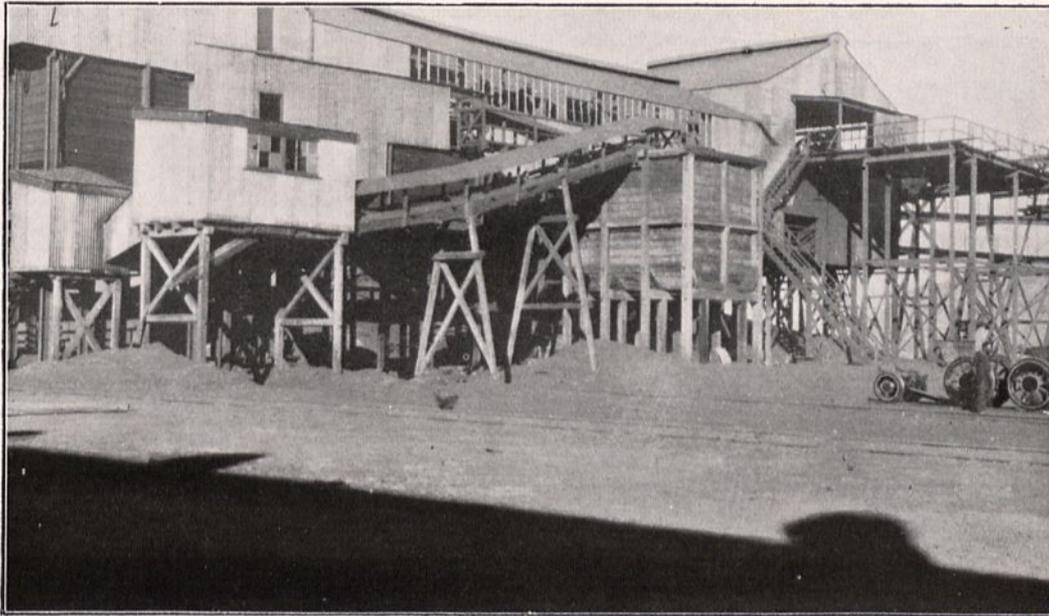


Abb. 64. Ansicht der Tagesanlagen (Separation) der Landaugrube (Transvaal).

kosten. Sie werden von der Betriebsleitung zu 3,50 M. je t bei einem Verkaufspreis von rund 5,50 M. loco Grube abgegeben. Die Fördermenge der Grube ist ziemlich hoch und beträgt im Durchschnitt der letzten Jahre rund 700—800 000 t je Jahr. Die Förderung schwankt deshalb so erheblich, weil die Absatzmöglichkeiten der Kohle immer noch sehr ungleichmäßige sind.

Fast noch einfacher waren die Betriebsverhältnisse auf der zweiten von uns besuchten Grube, der „Witbank Colliery Ltd.“ (Witbank). Hier liegt das in Bau stehende, ungefähr gleichmächtige Flöz fast horizontal. Als Abbausystem steht auch hier wieder „bord“ und „pillar“ in Anwendung. Die Kohlen werden jedoch nicht mittels Abbauhämmer, sondern durch große „Schrämmaschinen“ (coal-cutters) hereingewonnen. Vermittels dieser ausgezeichnet arbeitenden, nur von einem Mann mit einem Boy bedienten, und durch Preßluft angetriebenen Maschinen werden große Flächen am Liegenden des sehr regelmäßig gelagerten Kohlenflözes unter-schrämt. Die Kohle bricht dann entweder von selbst herein oder muß hereingeschossen werden. Somit beträgt die Zahl der eigentlich produktiven Bergarbeiter nur 8 Mann, da die ganze übrige Belegschaft fast lediglich mit dem Aufladen der Kohle in große, rund 1 t fassende Förderwagen und mit Schleppen beschäftigt ist. Die Ausförderung der beladenen Kohlenwagen geschieht in der Weise, daß die aus den Abbaustrecken kommenden Wagen ihren Inhalt den in den Hauptförderstrecken laufenden Transportbändern zuführen. Diese fördern die Kohlen bis zu dem in der einfallenden Hauptstrecke laufenden Transportband, mittels dessen sie zu Tage und zur Separation geschafft werden. Alle Förderstrecken und Abbauräume sind durch elektrische Lampen mustergültig beleuchtet. Eine Kohlenwäsche ist auf den Gruben nicht vorhanden. Die Separation selbst bietet nichts besonderes. Sehr in die Augen fällt dagegen das bauliche Äußere der gesamten Betriebsanlagen, die ohne Rücksicht auf architektonische Schönheit oder besondere Standfestigkeit lediglich zweckentsprechend und mit den einfachsten Mitteln errichtet sind. Sie sind nach außen völlig mit Wellblech verkleidet, das sich bei der trocknen Witterung sehr gut halten soll (s. Abb. 64). Da der Absatz häufig stockt, muß die Kohle nicht selten auf Halde gestürzt werden. Je nach Bedürfnis kann sie jedoch von der Halde durch eine sehr zweckmäßig arbeitende Vorrichtung, ähnlich dem bekannten Entenschnabel, wieder dem Haupttransportbande zugeführt werden. Auch auf dieser Grube sollen die Selbstkosten je t nur 3—3,5 M. betragen, wie ja überhaupt die Kohlen Transvaals die niedrigsten Selbstkosten aller Kohलगruben der Welt

haben. An den Selbstkosten sollen die Löhne der farbigen Arbeiter nur mit 30 Prozent beteiligt sein. Die Jahresförderung der Grube soll zwischen 800—900 000 t liegen. Im Anschluß an die Grube ist hier ein großes Kraftwerk mit rund 9500 inst. kW errichtet worden. Der Verkauf der Kohlen erfolgt durch die „Transvaal Coal Owners Association“.

#### Springs-Heidelberg-Bezirk.

Nach Südwesten geht das Witbank Revier in den Springs-Heidelberg-Bezirk mit rund 110 km Längen- und rund 80 km Breitenstreckung über. Der Bezirk zerfällt wieder in mehrere kleinere Einzelbezirke, in denen die coal measures in verschiedener Mächtigkeit und Kohlenführung entwickelt sind. Die wichtigsten Teilbezirke sind die von „Springs“, „Nigel“, „Vischkuil-Delmas“, „Heidelberg“ und vom „Südrand“. Da es sich vorwiegend um die gleichen Flöze wie im Witbank-Bezirk handelt, dürfte sich eine nähere Beschreibung erübrigen. Obwohl die Kohlen dieser Teilbezirke mit rund 20 Prozent flüchtigen Bestandteilen bei rund 5240 kcal Heizwert nicht hochwertig sind, finden sie wegen der Nähe des Witwatersrandes immer noch guten Absatz. Abgesehen hiervon werden die Kohlen stellenweise noch zur Elektrizitäts- und Gasgewinnung nutzbringend verwendet. Die Vorräte werden von Wybergh auf rund 485 Mill. t geschätzt.

Von geringer Bedeutung sind die z. Z. noch wenig untersuchten Kohlenfelder des östlichen und südlichen Transvaals (s. Abb. 56 a), und zwar des östlichen Witbankfeldes, des Bethal Feldes, des Ermelo- und Heidelberg-Belfast Feldes (s. Abb. 61) und des Piet-Retief-Wakkerstromfeldes.

Außer diesen mehr oder weniger zusammenhängenden Ablagerungen seien noch folgende kleine Einzelvorkommen genannt: Das Springbock Flatsfeld im Buschfeld (Abb. 56, a<sub>1</sub>) mit mehreren dicken Flözen geringer Güte. Abbau geht z. Z. nicht um. Das nördliche Waterbergfeld (Abb. 56, a<sub>2</sub>) südlich des Limpopo gelegen mit zwei Flözen; zur Zeit bergbaulich noch nicht erschlossen. Das Zoutpansberg Feld bei Messina südlich des Limpopo (Abb. 56, a<sub>3</sub>) mit Kohlen von geringer Wertigkeit. Das Komatiport- oder Lebombofeld (Abb. 56, a<sub>4</sub>), ein Feld von mehreren Hundert km Länge und rund 10 km Breite mit Kohlen von anthrazitischen Eigenschaften.

Der Vollständigkeit halber sollen hier auch noch die Kohlenbezirke des Oranjefreistaats, Natals und der Kapprovinz, die ich aus persönlicher Anschauung nicht kennengelernt habe, kurz behandelt werden.

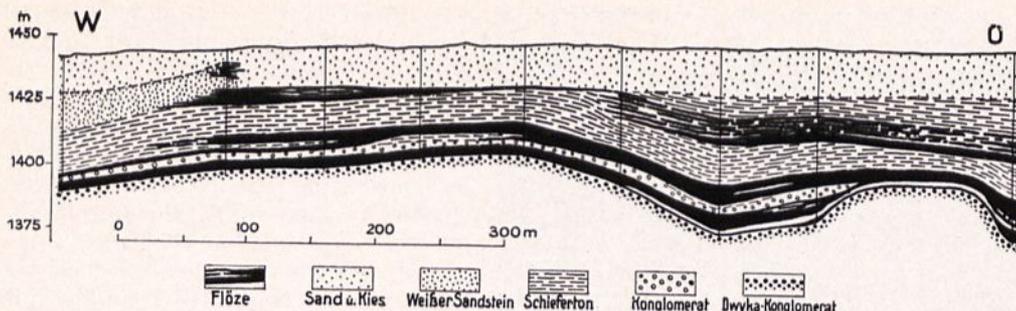


Abb. 65. Schnitt durch die Kohlenablagerung der Cornelia-Grube (Vereeniging) im Oranje-Freistaat (nach Wybergh).

## 2. Die Kohlenfelder des Oranje-Freistaates.

Die Kohlenfelder des Oranje-Freistaates umfassen sehr ausgedehnte Gebiete (vgl. Abb. 56 b). Sie liegen an der Nordgrenze des Heilbron Distriktes sowie am nördlichen bzw. nordwestlichen Teile des Kronstadt Distriktes. Nach einer Schätzung von Wybergh sollen rund 26 000 qkm flözführend ausgebildet sein. Hier sind 1—4 Flöze zur Entwicklung gekommen, deren durchschnittliche Gesamtmächtigkeit zwischen 1,8 und 16 m schwankt. Trotz der ziemlich gleichmäßigen Ausbildung der Flöze und ihres Durchsetzens auf große Erstreckung ist die Güte der Kohle nicht sehr groß. Über die Art der Kohle unterrichtet die nachstehende Analyse:

Feuchtigkeit	5,4 %
Flüchtige Bestandteile	22,48 %
Kohlenstoff (gebunden)	50,80 %
Asche	19,95 %
Schwefel	1,26 %

Da die Kohle auf Grund ihres geringen Heizwertes den Ansprüchen der Goldgruben Transvaals und der Eisenbahnen des Landes nicht genügt, ist hier die bergbauliche Entwicklung des Kohlengebietes sehr zurückgeblieben. Das große Gebiet verfügt daher nur über zwei größere Bergbaubezirke, und zwar über die „Cornelia-Clydesdale Felder“ (südlich von Vereeniging) mit rund 11,5 Milliarden t nachgewiesenen und wahrscheinlichen Kohlenvorräten und die „Vierfontein Felder“ (südöstlich von Klerksdorp) mit rund 730 Mill. t geschätzten Gesamtvorräten. Abb. 65 zeigt die Ausbildung der Flöze auf der Cornelia Grube (Vereeniging). In der Regel soll nur der Unterpacken des tiefsten Flöztes bauwürdig sein. Wie Abb. 66 erkennen läßt, treten innerhalb des Grubenfeldes sehr eigenartige Störungen der normalen Ablagerung des Kohlenflöztes auf. Sie haben ihre Ursache nicht in tektonischen Einflüssen, sondern sind als Folgeerscheinungen infolge Auslaugung erfolgten Einbruchs von Höhlen im unterlagernden Dolomit anzusehen.

Abgesehen von diesen den Eccaschichten angehörenden Flözten sind innerhalb des weiten Feldes auch noch geringwertige Flöze in den stratigraphisch höher gelegenen Beaufort- und Strombergschichten bekannt. Entsprechend der großen Ausdehnung der kohleführenden Fläche und der Kohlenmächtigkeit ist natürlich der Gesamtkohlenvorrat des Oranje-Freistaates sehr bedeutend. Er wird von Wybergh auf insgesamt 100 Milliarden t geschätzt.

## 3. Die Kohlenfelder von Natal<sup>1)</sup> und des Zululandes.

Auch in diesen Ländern nehmen die kohleführenden Ablagerungen, und zwar sowohl die „Ecca“ wie die „Beaufortschichten“ große Flächen ein (s. Abb. 56, c). Rund 5180 Quadratkilometer der Eccaschichten sollen flözführend sein. Im Gegensatz zu den die glacialen Dwykaschichten diskordant überdeckenden „coal measures“ Transvaals sind die kohleführenden Natalschichten den Eccaschichten diskordant zwischengelagert. Obwohl die Kohlenablagerungen Natals der Zahl und der Mächtigkeit der Flöze nach mit denen Transvaals nicht wetteifern können, ist ihre wirtschaftliche Bedeutung doch recht erheblich. Auf den meisten Zechen

sind zwar von den 3—5 zur Ablagerung gekommenen Flözten mit 16—25 Prozent Gas nur zwei oder ein Flöz bauwürdig entwickelt. Dafür ist die Kohle der Natalflöze als solche weit homogener, viel ärmer an Asche (rund 7—8 Prozent) und daher vielfach hochwertiger als die Transvaaler Kohle. Bezüglich ihrer Verkokungsfähigkeit ist zu sagen, daß hier nicht wie in Transvaal nur gewisse Flözlagen verkokungsfähig sind, sondern daß die Kohle der einen Flöze in ihrer Gesamtheit verkokungsfähig, die der andern unverkokbar ist. Kennzeichnend für die Natal-Kohlenvorkommen ist das unerwünschte häufige Auftreten von Gängen und Lagern intrusiven Basalts, welche die bituminöse Kohle stark verändert und stellenweise in Anthrazit oder in unreinen Koks derart umgewandelt haben, daß große Teile des Feldes nicht bauwürdig sind. Auf diese Weise verfügt Natal über alle Arten von Kohlen vom Anthrazit bis zur gasreichen Kohle. Die 26 in Betrieb stehenden Gruben Natals mit rund 16 000 Arbeitern (darunter 1200 Weiße) werden im Süden meist als Tiefbauanlagen, im Norden als Stollenanlagen betrieben. Von diesen fördern rund 14 Gruben Koks-kohle, 10 Industriekohle und die übrigen Anthrazit bei einer Gesamtjahresförderung Natals an Kohle von rund 5 Mill. t. Davon sind rund zwei Drittel als Koks-kohle anzusehen. Die Vorräte an hochwertiger Koks-kohle werden von Dewar<sup>1)</sup> auf rund 312 Mill. t angegeben. Sehr charakteristisch für die Kohle der Natalflöze ist ihr Gehalt an Schlagwettern<sup>2)</sup>. In vielen Gruben müssen daher entgegen der sonstigen Gepflogenheit

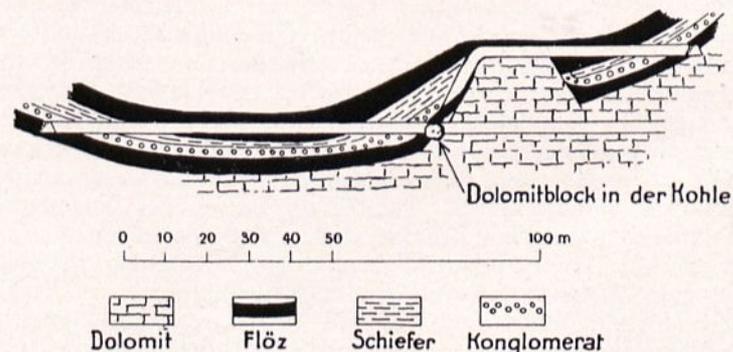


Abb. 66. Scheinbare Faltung der Flöze als Folge des Nachsinks über eingestürzten Hohlräumen im Dolomit.

im Kohlenbergbau Südafrikas Sicherheitslampen verwandt werden. Die natürlichen geologischen Verhältnisse der Natal-Kohlenvorkommen sind im allgemeinen ungünstiger als in Transvaal, da manche Flöze mehr oder minder der Erosion anheimgefallen sind und andererseits der Zusammenhang der Felder durch Denudationswirkungen zerstört worden ist, so daß die früher einheitliche Ablagerung heute aus einzelnen Vorkommen besteht. Trotz dieser Schwierigkeiten haben die Gruben in technischer Hinsicht große Fortschritte zu verzeichnen. Als Kraftantrieb dient im allgemeinen die Elektrizität. Nur auf Schlagwettergruben wird von Preßluft Gebrauch gemacht. Wegen der Regelmäßigkeit der Ablagerung

<sup>1)</sup> a. a. O., S. 642.

<sup>2)</sup> Die Zeitungen brachten vor einiger Zeit Mitteilungen über ein großes Schlagwetterunglück auf einer der Gruben bei Pietermaritzburg (Natal).

<sup>1)</sup> S. auch *Stewart*: Coal in Natal, Colliery Guardian 1930, S. 1645 ff.

der Flöze werden in wachsendem Umfange auf den in Förderung stehenden Gruben elektrisch angetriebene Schrämmaschinen verwendet. Auch Abbauhämmer werden in steigendem Maße benutzt. Gleichzeitig sind an Stelle der alten Davylampe, besonders in den tiefen Gruben des Südens, fast überall die elektrischen Grubenlampen getreten. Als günstiger Umstand für den Bergbau ist es auch zu bezeichnen, daß den Gruben nur geringe Wassermengen zufließen. Erschwerend dagegen ist das unvermutete Auftreten von Schlagwettern und Grubengasausbrüchen. Von wirtschaftlicher Bedeutung ist weiter, daß die Natalkohle in steigendem Maße verkocht wird. Die Koksausbeute betrug 1928 rund 138 000 t Koks (mit rund 10 Prozent Asche). Eine Analyse des Koks aus dem Vryheid Feld ergibt:

Kohlenstoff (geb.)	86,3 %
Asche	12,25 %
Schwefel	0,75 %
Wasser	0,68 %

Der Natalkoks (mit einem Preise von 22 M. am Koksofen) ist sehr begehrt und wird trotz der hohen Fracht u. a. sogar auf der Hütte der Otavi Minengesellschaft in Tsumeb (Südwestafrika) verwandt. Der größere Teil der Kohlen (rund 55 Prozent), deren Gewinnungsstellen im Durchschnitt etwa 380 km vom Meere entfernt liegen, geht als Bunkerkohle oder Verschiffungskohle zum Hafen von Durban, auf Rechnung der Dampfschiffahrtsgesellschaften, die zum großen Teil Besitzer oder Mitbesitzer der Kohlengruben sind. Zwecks bessern Transports zur Küste sind die Bahnen vor kurzem elektrifiziert worden. Natal verfügt über drei größere Kohlenbezirke, die nachstehend näher behandelt werden sollen.

#### Das Klip River (Main Line) Kohlenfeld.

Das wirtschaftlich wichtigste Vorkommen, das Klip Rivergebiet, hat eine Länge von 85 km und eine Breite von 40 km. Hier treten u. a. Flözen zwei im ganzen Bezirk wiederzuerkennende bauwürdige Flöze auf, und zwar the „top“ und the „bottom“, die von 13 Gruben gebaut werden. Während das Topflöz 1 bis 1,5 m dick ist, schwankt das Bottomflöz in der Mächtigkeit zwischen 1 und 2 m. Ausnahmsweise wächst das Flöz sogar auf 15 m an. Die gebaute Kohle hat einen sehr hohen Verdampfungswert und gilt als beste Bunkerkohle Südafrikas. Stellenweise ist der Charakter der Kohle durch Basaltintrusionen stark verändert. Eine der hier bauenden Zechen, die Dewars Anthrazit Grube (östlich von Dundee) fördert Anthrazit, dessen Analyse ergibt:

Feuchtigkeit	2,13 %
Flüchtige Bestandteile	6,06 %
Kohlenstoff (gebunden)	79,54 %
Asche	9,16 %
Schwefel	3,11 %

Nach Wybergh werden die Vorräte des Klip River Feldes (in Flözen über 60 cm) insgesamt auf 2139 Mill. short t geschätzt. Davon sind rund 443 Mill. t (in Flözen über 1,8 m) sicher nachgewiesen. Der größte Teil dieser Kohlenmenge ist aber ein Brennstoff geringer Güte, für die z. Z. nur geringer Absatz ist. Sie wird erst begehrt werden, wenn die Kohlenstaubfeuerung eingeführt werden wird. Nur der kleinere Teil stellt hochwertige Kohle dar. Die letztere soll unter Zugrundelegung der heutigen Förderung von rund 2,3 Mill. t nur noch für rund 40 Jahre vorhalten.

#### Das Vryheid Kohlenfeld.

Das Vryheidfeld stellt keine einheitliche Ablagerung dar, sondern besteht aus einer Reihe von Einzelvorkommen, die früher aller Wahrscheinlichkeit nach untereinander und insbesondere mit dem Utrecht- und Newcastle-Distrikt zusammenhängen. Die durch Denudationsvorgänge hervorgerufene Auflösung der Gesamtlagerstätte in viele über dem allgemeinen Niveau gelegene Einzelvorkommen bringt für

den Bergbaubetrieb den Vorzug mit sich, daß die Flöze an vielen Stellen zu Tage ausgehen und daher bergmännisch durch Stollenbetriebe leicht zu gewinnen sind. Zur Zeit stehen 10 Gruben in Betrieb. Die hier auftretenden vier bauwürdigen Flöze sind bekannt als „Alfredflöz“ mit 1,2 m Kohle, „Gus“ mit 1,2 m Kohle, „Dundas“ mit 1,65 m Kohle und „Coking“ mit 0,75 m Kohle. Etwa 50 Prozent der kohlenführenden Fläche enthält bauwürdige Kohlenflöze. Da die Kohle sehr asche- und schwefelarm, aber stickstoffreich ist, gilt sie allgemein als sehr hochwertig. Neben dem Gusflöz ist das Cokingflöz für die Koksgewinnung besonders wichtig. Es enthält nur 7–8 Prozent Asche. Der Verdampfungsfaktor der Kohle schwankt zwischen 13,35 und 14,34. Wie erwähnt, besteht ein großer Teil der Kohle aus erstklassiger Koks-kohle, über die folgende Analyse Aufschluß gibt:

Feuchtigkeit	0,70 %
Flüchtige Bestandteile	20,46 %
Kohlenstoff (gebunden)	68,28 %
Asche	9,90 %
Schwefel	0,43 %
Verdampfungswert	14,05

Der auf der Bernica Grube hergestellte Koks gilt als der beste Südafrikas. Ungefähr 45 Prozent der Gesamtförderung Natal's entfällt auf das Vryheid Feld. Die gesamten Vorräte dieses Vorkommens werden auf rund 570 Mill. short tons angegeben; davon sind rund 277 Mill. t nachgewiesen.

#### Das Utrecht Kohlenfeld.

Dieses Feld umfaßt die kohlenführenden Ablagerungen innerhalb des Magisterial Distriktes von Utrecht. Obwohl er heute erst durch zwei Gruben näher aufgeschlossen ist, gilt er doch als das kohlenreichste der Nataler Reviere. Bei Paulpietersburg sind vier bauwürdige Flöze erschlossen

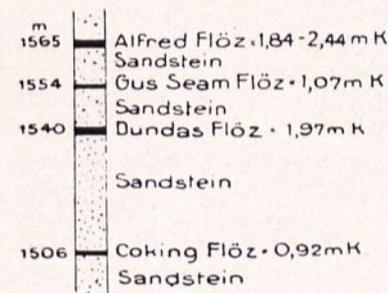


Abb. 67. Die Flözfolge des Utrechtfeldes bei Dumbo Mountain (nach Wybergh).

(s. Abb. 67), die höchstwahrscheinlich mit denen des Vryheid Feldes identisch sind. Die Gesamtkohlenmächtigkeit der drei untern bauwürdigen Flöze beträgt 3 und 4 m. Der Kohlenart nach handelt es sich hier um bituminöse bis halbbituminöse Kohle, von ausgezeichneter Güte mit einem Verdampfungsfaktor von 13,26. Im allgemeinen enthält die Kohle weniger flüchtige Bestandteile als die Vryheidkohle, und zwar im Durchschnitt 16 Prozent Gas, selten mehr. Die Vorräte werden insgesamt auf ungefähr 6,1 Milliarden t geschätzt, wovon rund 94 Mill. t (mit Kohlen über 16 Prozent Gas) als nachgewiesen zu betrachten sind.

#### Die Kohlenfelder des Zululandes.

Auch die kohlenführenden Ablagerungen des Zululandes besitzen eine große Ausdehnung; jedoch sind die Aufschlußarbeiten noch nicht weit genug gediehen, um ein übersichtliches Bild des Vorkommens zu gewinnen. Man vermutet, daß die den Eccaschichten angehörenden Ablagerungen des Zululandes mit dem südlichen Teil des Lebombofeldes von Transvaal in Verbindung stehen (s. a. Abb. 56). Außerdem sind aber auch noch Flöze der höher gelegenen Beaufortschichten vorhanden. Die hier gewonnene Kohle gilt als mager und weniger gut, so daß der Bergbaubetrieb hier noch nicht recht zur Entwicklung gekommen ist.

#### 4. Die Kohlenfelder der Kapprovinz.

Die bauwürdigen Flöze der Kapprovinz sind an die rhätischen Moltenoschichten der Stormbergzone geknüpft, d. h. sie liegen stratigraphisch in einem höheren Niveau als die Flöze Transvaals und Natal. Kennzeichnend für das Alter sind die Funde von *Thinnfeldia* sp., *Taeniopteris* sp., *Baiera* sp. und *Schizoneura* sp. Die drei klar unterscheidbaren flözführenden Horizonte sind als die „Indwe“- „Guba“- und „Moltenoflözzone“ bekannt. Von diesen hat nur der erste und letzte bergbauliche Bedeutung. Im Gegensatz zu den meist mächtigen Flözen der tiefsten Karruschichten sind die erwähnten Flöze der jüngeren Molteno-Schichten durchweg recht dünn und auch nicht auf weite Erstreckung aushaltend. Von Ausnahmen abgesehen übersteigt die Mächtigkeit eines Einzelflöztes kaum 0,60 m. Dazu kommt, daß die kohleführenden Ablagerungen von unzähligen Basaltdurchbrüchen beeinflusst worden sind, die die Güte der Kohle sehr herabgemindert haben. Außerdem sind die Flöze von Natur aus reich an Schiefertoneinlagerungen und daher sehr aschereich. Im übrigen ist die Kohle arm an flüchtigen Bestandteilen (halbanthrazitisch), aber auch arm an Schwefel. Eine Analyse ergibt 10,31 Prozent Gas, 89,7 Prozent Koks (einschl. Asche), 1,13 Prozent Feuchtigkeit bei 28,8 Prozent Asche. Es ist daher natürlich, daß die hier gewonnene Kohle mit den viel bessern Kohlen Transvaals und Natal nicht in Wettbewerb treten kann, zumal die Ablagerungsverhältnisse weniger günstig und die Selbstkosten verhältnismäßig hoch sind.

Die auf den wenigen in den Bezirken von Molteno, Wodehouse und Engcobo (90 km südlich Alival North) in Betrieb stehenden Gruben geförderte Kohle dient in erster Linie den Eisenbahnen. Sie findet weitere Verwendung in der nächsten Umgebung. Über die Zusammensetzung einer Moltenokohle gibt die folgende Analyse Aufschluß:

Feuchtigkeit	1,13 %
Flüchtige Bestandteile	10,31 %
Kohlenstoff (gebunden)	60,89 %
Asche	28,8 %
Schwefel	0,76 %

Zweifelsohne sind die Vorräte auch hier sehr bedeutend. Die bergbauliche Erschließung der Flöze ist jedoch noch so wenig fortgeschritten, daß eine auch nur schätzungsweise Angabe der Vorräte nicht gemacht werden kann.

#### Kohlenwirtschaftliche Verhältnisse der südafrikanischen Union.

Die gesamte Kohlenförderung Südafrikas betrug 1928 rund 13,9 Mill. t (= rund 1 Prozent der Weltkohlenförderung). Demgegenüber beträgt die verbrauchte Kohlenmenge rund 13,4 Mill. t im Werte von etwa 73,4 M. am Schachte. Von der geförderten Menge entfiel auf

Transvaal	rd. 7,91 Mill. t
Natal	rd. 4,83 Mill. t
Oranjerestaat	rd. 1,15 Mill. t
Kapprovinz	rd. 0,005 Mill. t

Wie schon erwähnt, wird der bei weitem größte Teil von der Industrie des Landes, und zwar von der Goldindustrie des Witwatersrandes, von den dortigen Kraftzentralen (Victoria Falls and Transvaal, Co. Ltd. und Rand Mines Power Supply, Co. Ltd.) und den Eisenbahnen aufgenommen. Trotz der Neigung der südafrikanischen Kohle zur Selbstentzündung wurden 1928 etwa 1,65 Mill. t als Bunkerkohle und rund 1,61 Mill. t als Handelskohle ausgeführt. Die ausgeführte Kohle geht in erster Linie zur Befriedigung britischer Kohlenbedürfnisse nach Indien, Singapur, Aden, Sudan, Ostafrika und anderen Orten.

Allein im Hafen von Durban wurden 1926 als Bunkerkohle rund 1,3 Mill. t abgesetzt. Nur ein kleiner Teil der Kohle

wird z. Z. verkocht, und zwar vornehmlich die Kohle Natal. Verkocht wurden in 1928 rund 247 000 t. Aus ihnen erzeugte man in Natal rund 103 000 t Koks (96 000 t in 1927), ferner rund 19 000 hl Teer und rund 1000 t schwefelsaures Ammoniak. Bemerkenswerterweise ist der Kohlenpreis innerhalb der Provinzen ein sehr verschiedener. Er betrug 1928 in Transvaal loco Grube rund 5 M., in Natal 6,30 M., im Oranjerestaat 5,45 M. und in der Kapprovinz sogar 13,20 M. Bei großen Entfernungen des Gewinnungsortes vom Verbrauchsort beträgt der Kohlenpreis infolge der hohen Fracht oft das Vielfache des Grubenpreises.

Die weitere Entwicklung der Kohlenindustrie steht und fällt mit dem wirtschaftlichen und industriellen Aufblühen des Landes. Nicht ohne Bedeutung erscheint daher in dieser Richtung das energische Bestreben der Kohlenindustrie der Union, ihre Kohlen weiter zu veredeln bzw. zu verflüssigen, nicht zuletzt, um das des Petroleums entbehrenden Land von den großen Weltkonzernen der Erdölindustrie unabhängig zu machen. Gelingen diese Versuche, deren praktische Durchführung in absehbarer Zeit allerdings kaum zu erwarten steht, so würde sich das schon an so vielen Mineralen schätzen überreiche Land im Laufe der Zeit auch nach dieser Seite seiner Rohstoffherzeugung selbständig machen können.

#### Das Wankie Kohlenfeld (Südrhodesien)<sup>1)</sup>.

Wenn auch außerhalb der Südafrikanischen Union gelegen, sei doch auch des auf unserer Reise durch Südrhodesien besuchten großen Kohlenvorkommens von Wankie gedacht, das in mehrfacher Hinsicht Interesse beanspruchen kann. Die Wankie-Kohlengrube liegt unweit südlich des Sambesi, und zwar etwa 110 km südöstlich von den Viktoriafällen in einem Nebental des zum Sambesi entwässernden Rundulu-Flusses, an der von Südrhodesien über den Sambesi nach Nordrhodesien führenden Bahnstrecke Bulawayo-Livingstone-Katanga (vgl. Abb. 68). Wie die Mehrzahl der übrigen südafrikanischen und rhodesischen Kohlenvorkommen gehört auch dieses den Karruschichten an; höchstwahrscheinlich aber einem andern Horizont als dem der vorbeschriebenen Transvaaler Lagerstätten.

Das schon im Jahre 1893 durch Zufall entdeckte Kohlenfeld wurde erst 1904 bergmännisch erschlossen, und zwar mit dem Augenblick als die neue, von Bulawayo ausgehende Bahn das Vorkommen von Wankie erreichte. Seit dieser Zeit hat die Förderung aus diesem Vorkommen einen schnellen Aufschwung genommen und erreichte im Jahre 1928 schon 1,2 Mill. t. Insgesamt wurden hier seit 1903 rund 11,2 Mill. t mit einem Werte von rund 90 Millionen Mark gefördert. Die hier zur Ausbildung gekommenen Karruschichten gehören den Ablagerungen der „Sambesi-Furche“ an, die nördlich des Sambesi das in bergbaulicher Entwicklung begriffene Kohlenvorkommen von „Tete“ einschließen. Die Bildungen der Karruschichten lagern ungleichmäßig z. T. auf den roten Sandsteinen der Waterbergschichten, die ihrerseits wieder diskordant archaische Gneise überdecken, z. T. unmittelbar auf den letzteren. Die Kohlenführung ist auf die untere Zone der Karruschichten beschränkt, deren Übereinstimmung mit der tiefsten Zone der Transvaaler *Glossopteris*-Schichten noch nicht feststeht.

Die geologischen Verhältnisse der Ablagerung sind verhältnismäßig einfach. Wie aus Grundriß und Profil hervorgeht, ist nicht die ganze Fläche des Wankiefeldes kohleführend entwickelt. Etwa in der Mitte des im Grundriß (s. Abb. 68) dargestellten Gebietes tritt der alte Granituntergrund zutage. Von hier aus senken sich die rund 500 m mächtigen kohlenführenden Schichten nach Norden zum Dekafuß hinab, wo sie an der nachgewiesenen großen Dekafuß

<sup>1)</sup> S. Lightfoot: The Geology of the Central Part of the Wankie Coalfield, 1929. Walton: The Fossil Flora of the Karoo System in the Wankie District. Geological Survey of Southern Rhodesia, Nr. 15. 1929.

Geologische Übersichtskarte über das Wankie-Kohlenfeld (Süd-Rhodesien).

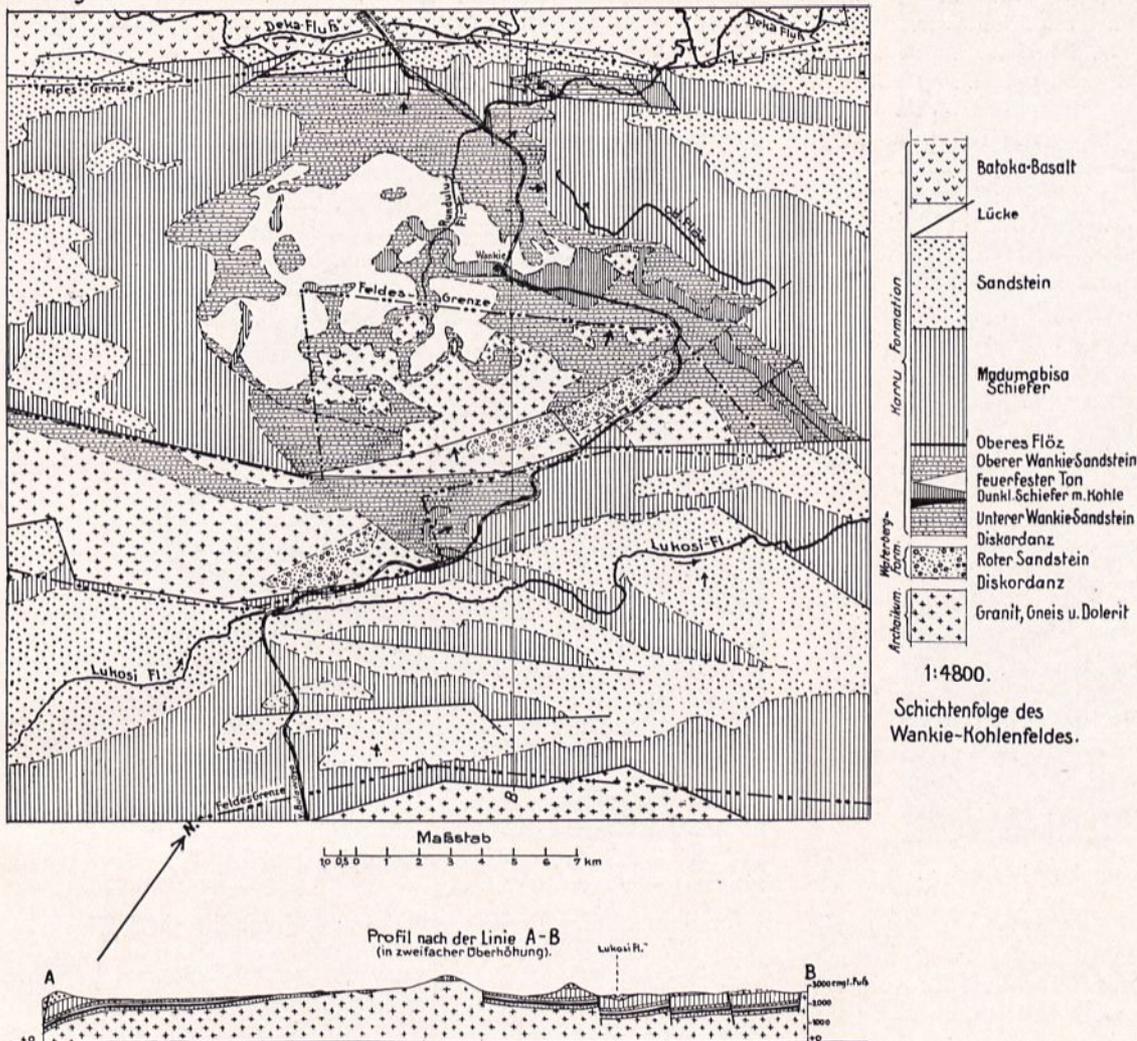


Abb. 68. Geologische Übersichtskarte über das Wankie-Kohlenfeld (Süd-Rhodesien).

verwerfung (mit rund 600 m Verwurfshöhe) abgeschnitten sind. Im südlichen Teil liegt eine ganz flache Mulde vor, die durch eine Reihe meist widersinnig fallender, aber ziemlich parallel verlaufender Verwerfungen in Schollen zerrissen ist, die sich teils als Staffeln, teils als Gräben oder Horste kennzeichnen.

Die stratigraphische Entwicklung der kohlenführenden Schichten im einzelnen geht aus dem Profil (Abb. 68) klar hervor. Darnach handelt es sich um feine und grobe, teilweise auch grobkonglomeratisch entwickelte, sehr hellfarbige Sandsteine (upper and lower Wankie sandstones), die in der Mächtigkeit verhältnismäßig schnell wechseln. Die Gerölle der vielfach konglomeratisch ausgebildeten Sandsteine sind meist faustdick oder gröber und bestehen aus Gneisgranit und Quarzit. Untergeordnet nehmen am Schichtenaufbau auch Schiefertone und feuerfeste Tone teil. Diesen sind mehrere Kohlenflöze sehr verschiedener Mächtigkeit zwischengelagert, und zwar das „Hauptflöz“ an der Basis der Kohlen- und Schiefergruppe, das „Fünffußflöz“ dieser Gruppe und das „Flöz“ an der Grenze der Madumabisa-Schiefer (s. Abb. 68). Nur eins der Flöze, das mittelste (Main Coal Seam), erreicht eine bauwürdige Mächtigkeit. Es wächst in der Richtung von NO nach SW von 6 Fuß (= 2 m) auf 42 Fuß (= 14 m) an, während in derselben Richtung der überlagernde Schiefertone von 114 Fuß (= 38 m) auf 36 Fuß (= 12 m) abnimmt. Die Ausbildung des Flözes weicht von der der Transvaaler Flöze nicht unwesentlich ab. Im Gegensatz zu den letzteren läßt das Liegende des Flözes, das aus einem sehr kennzeichnenden, dünngeschichteten, glimmerreichen Sandstein besteht, an keiner Stelle den un-

geschichteten Wurzelboden mit Wurzelrhizomen und Appendices erkennen. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist das mächtige Flöz also allochthoner Entstehung. Für diese Auffassung spricht auch die Struktur der Kohle mit ihrem ständigen Wechsel von Glanzkohle (bright coal) und asche-reicher Mattkohle. Der in Bau stehende Teil des Flözes schwankt in seiner Mächtigkeit zwischen 2,5 und 4 Meter. Wie zumeist setzt sich auch die Wankie-Kohle aus Streifen-kohle, d. h. abwechselnden Lagen von „Glanz“ und „Matt-kohle“ zusammen, welche letztere aber ebensowenig wie in Transvaal vollständig mit dem karbonischen „Durit“ übereinstimmen dürfte. Genauere petrographische Analysen liegen m. W. zur Zeit nicht vor.

Überlagert wird das Hauptflöz von einem blaugrauen, sehr kohligem und schwefelreichen mächtigen Schiefertonepacken, der Pflanzenreste in sehr schlechtem Erhaltungszustande führt. Fast überall, wo er zutage tritt, weist dieser Hangendschiefer, schon durch seine rote Farbe und glasige Beschaffenheit, die Erscheinungen des Erdbrandes auf, die durch Selbstentzündung des pyritischen Brandschiefers hervorgerufen ist. An einer pflanzenreichen Fundstelle sammelte ich die schon 1912 von Arber beschriebenen, kennzeichnenden fossilen Pflanzen in gutem Erhaltungszustande auf, und zwar *Glossopteris indica*, *Glossopteris browniana* (s. Abb. 69) und *Glossopteris retifera*. Sie sind Kronzeugen der Zugehörigkeit dieser kohlenführenden Schichten zur Karruformation, d. h. zu *Glossopteris Facies*. Außerdem fanden sich *Sphenophyllum speciosum* und *Sphenopteris polymorpha*. Es fehlt dagegen *Gangamopteris*.



Abb. 69. *Glossopteris indica* Sch. und *Glossopteris browniana* Bgt. aus den coal measures von Wankie ( $\frac{3}{4}$  nat. Größe).

In den letzten Jahren sind von Lightfoot<sup>1)</sup>, dem geologischen Bearbeiter des Wankie Kohlenfeldes, zahlreiche weitere Pflanzenreste aus der oberen Wankiestufe von verschiedenen Fundpunkten gesammelt worden, die von

<sup>1)</sup> a. a. O., S. 35.



Abb. 70. *Sphenophyllum thonii* var. *minor* Sterzel aus den Upper Sandstones von Wankie (nat. Größe).

Walton (Manchester) genauer untersucht worden sind. Dieser weist auf die interessante Tatsache hin, daß die aufgesammelten Pflanzen eine „Mischflora“ darstellen, d. h. daß sich unter den typischen Pflanzen der Karruschichten solche befinden, die entweder zweifellos dem Oberkarbon

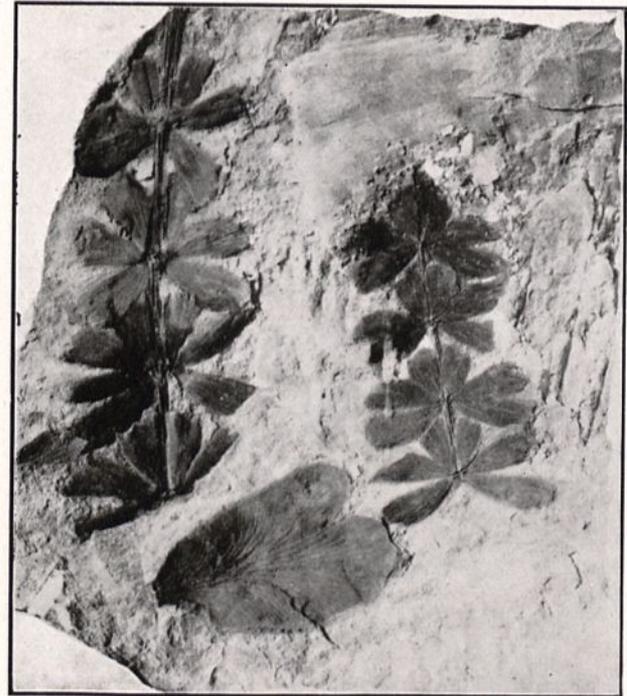


Abb. 71. *Sphenophyllum oblongifolium* Germ. aus den Upper Sandstones von Wankie (nat. Größe).

oder dem untern Perm angehören. Dazu gehören *Sphenophyllum thonii* Mahr., *Sphenophyllum thonii* var. *minor* Sterzel (Abb. 70), *Sphenophyllum oblongifolium* Germ. (Abb. 71), *Pecopteris unita* Brongn. und *Pecopteris arborescens* Schl. Drei dieser Formen, und zwar *Pecopteris arborescens*, *Pecopteris unita* und *Sphenophyllum oblongifolium* sind unzweifelhaft kennzeichnend für die „Ottweiler Schichten Saarbrückens“, d. h. sind unterpermischen Alters. Die Mehrzahl der vorerwähnten Formen konnte ich an Ort und Stelle sammeln. Daneben fanden sich noch Reste von *Phyllothea* sp., Fruktifikationen von *Pecopteris*, anscheinend *Asterotheca* sp., und weitere, noch nicht näher bestimmte Samen (Abb. 72). Walton ist der Ansicht, daß die *Glossopteris* führenden Schichten des Wankiekohlenvorkommens mit ihren nördlichen Pflanzentypen nicht jünger als unter



Abb. 72. *Glossopteris indica* Sch. und „Samen“ aus den Upper Sandstones von Wankie (nat. Größe).

res Perm sind. Professor Gothan (Berlin), der meine Aufsammlungen auf meine Bitte nachprüfte, stellte unter meinen Resten außerdem noch das Auftreten von *Pecopteris hemitelioides* Brong., von *Pecopteris unita* und einer *Pecopteris* n. sp. fest, die wahrscheinlich mit der *Chladophlebis* sp. Walton's identisch ist. Ich schließe mich mit Gothan, der nach dem Pflanzenbefunde die „coal measures“ von Wankie für Unteres Perm hält, der Ansicht von Walton an. Über dem Hangendschiefer des Hauptflözes folgt ein als „fire clay“ bezeichneter silifizierter, sehr harter und feuerfester gelbgefärbter Ton, der dem Erdbrandschiefer sehr ähnlich ist. Er ist überall dort, wo das Flöz erschlossen ist, wiederzuerkennen und bildet daher eine wertvolle „Leitschicht“ für die Verfolgung des Flözes.

Die Lagerungs- und Betriebsverhältnisse der Wankiegrube (The Wankie Colliery Ltd.) sind sehr einfache. Von den zwei oder drei hier entwickelten Flözen (vgl. Profilskizze Abb. 68) wird nur das Hauptflöz gebaut, dessen Mächtigkeit von West nach Ost von rund 20 auf 26 Fuß (= 7 auf 9 m) anwächst. Wir befuhren die Baue der im Osten gelegenen neuen Schachanlage II, wo das fast horizontal abgelagerte Hauptflöz durch eine rund 200 m lange einfallende Strecke aufgeschlossen ist. Das hier fast ungestörte Flöz wird mittels des üblichen Pfeilerbaus („pillar“ und „bord“) ohne Versatz gebaut, da irgendwelche Rücksichten auf die Oberfläche nicht genommen zu werden brauchen. Jedoch bleiben die Pfeiler stehen, was einen Verlust an Kohle von über 33 Prozent bedeutet. Der Eindruck des mit völlig senkrechten Stößen stehenden, mächtigen festen und hier verhältnismäßig reinen Flözes ist überraschend und erinnert an die dicken ober-schlesischen Flöze. Beim Scheine der offenen Grubenlampen tritt die streifenkohlige Struktur der Kohle aus abwechselnden Lagen von Glanzkohle (bright coal) und matter Kohle (dull coal) besonders klar hervor. Die sehr untergeordnet vertretene Faserkohle (Fusit) konnte ich nur in wenigen dünnen linsenförmigen Lagen feststellen. Nicht selten sind Einlagerungen von Schwefelkies- und Toneisensteinknollen, während mächtigere reine Bergemittel — mit Ausnahme eines einzigen — an den befahrenen Orten von mir nicht beobachtet werden konnten. Ausscheidungen von Kalkspat auf Klüften und auf Schichtflächen der Kohle sind dagegen häufige Erscheinungen. Die elementare Zusammensetzung der bituminösen, verkockbaren Kohle, der zum Vergleich der Durchschnitt von 10 Transvaalkohlenanalysen gegenübergestellt ist, ist folgende:

	Wankie	Witbank (Transvaal)
C	79,30	67,28
H	4,50	4,70
N	1,70	1,50
S	6,00	1,23
O		10,74
H <sub>2</sub> O		1,08
Asche	8,5	13,47

Im übrigen weist die bituminöse Wankiekohle nach Angabe der Grubenleitung im Durchschnitt von 87 Kohlengruben auf:

Feuchtigkeit	0,76 %
Flüchtige Bestandteile	23,77 %
Kohlenstoff (geb.)	65,70 %
Asche	9,77 %

Zum Vergleich sei die Analyse einer Mischung von 10 Transvaal-Kohlenproben angeführt:

Feuchtigkeit	1,08 %
Flüchtige Bestandteile	24,55 %
Kohlenstoff (geb.)	59,67 %
Schwefel	1,23 %
Asche	13,47 %

Wenn auch der verhältnismäßig hohe Aschengehalt aller afrikanischen Kohlen ein besonderes Kennzeichen dieser Kohlen gegenüber den europäischen karbonischen Kohlen ist, so schneidet die Wankiekohle — wie die Gegenüberstellung erkennen läßt — bezüglich des Aschengehalts verhältnismäßig gut ab. Dieser Aschengehalt ist nicht so sehr auf den Aschengehalt der Glanzkohle als vielmehr auf die starke Beteiligung aschereicher Mattkohlen zurückzuführen. Die Güte der Wankiekohlen kommt auch in dem Heizwert zum Ausdruck, der im Durchschnitt zu 7451 WE angegeben wird, also verhältnismäßig sehr hoch ist.

Nicht ohne Interesse ist die Zusammensetzung der Asche der Wankiekohle, über die eine Analyse aus 5 Proben gewaschener Nußkohlen Aufschluß gibt:

SiO <sub>2</sub>	48,30 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	38,61 %
CaO	9,86 %
MgO	1,72 %
Alkalien und Schwefel	1,51 %

Das leicht gewinnbare Kohlenflöz mit seinem guten und festen Dach wird im allgemeinen hereingeschossen, z. T. aber, und zwar in steigendem Maße, mit Abbauhämmern herein gewonnen. Der Effekt je Grubenarbeiter und Tag soll etwa 7 t betragen. Die Förderung wird zu 30—40 000 t je Tag und die Jahresförderung mit 1,2 Mill. t angegeben. Nach den auf zahlreichen Bohrungen und auf geologischen Feststellungen der Formationsgrenzen beruhenden Ermittlungen der Kohlenvorräte soll das eine bauwürdige Flöz innerhalb des verliehenen Feldes von rund 400 Quadratmeilen (= je 5673,8 ha) Flächeninhalt eine Gesamtvorratsmenge von rund 6000 Mill. t Kohle enthalten. Darnach würden die Kohlenvorräte des Wankiefeldes bei gleichbleibender Förderung noch für etwa 5000—6000 Jahre vorhalten, d. h. ihre Menge würde selbst bei steigender Kohलगewinnung und bei Annahme starker Abbauverluste praktisch ziemlich unbegrenzt sein. Dazu kommt noch, daß sich die Gesellschaft bis 1953 ein Schürfrecht in einem 800 Quadratmeilen großen anschließenden Felde gesichert hat. Im Gegensatz zu den geringen Selbstkosten des Transvaaler Witbank-Bezirks sind hier die Selbstkosten je Tonne verhältnismäßig hoch. Sie werden zu 7 M./t angegeben. Die bemerkenswerte Höhe der Selbstkosten wird in erster Linie durch die z. Z. erforderlichen großen Kapitalaufwendungen über Tage für Neubauten und maschinelle Anlagen bedingt, die etwa 3,5 M./t betragen sollen.

Über Tage macht die großzügig und weitläufig gebaute Anlage der Wankie Colliery mit ihren — soweit die Wäsche und die Kraftgewinnungsstätten in Frage kommen — guten Einrichtungen einen recht neuzeitlichen Eindruck. Besonders erfreulich wirken außerdem die vielen sauber und zweckmäßig gebauten Häuser und Anlagen der Gesellschaft, wie Büros, Beamtenwohnungen, Clubhäuser, Hospitäler, Tennisplätze, Schwimmbassins, Compounds und ähnliche Einrichtungen. Um so bescheidener ist der Eindruck der teilweise sehr veralteten Kokereianlage, die ohne Gewinnung von Nebenprodukten betrieben wird. Neue Retortenöfen sind im Bau. Von der Betriebsleitung wird angegeben, daß ein Umbau der Öfen in solche mit Nebenproduktengewinnung unzweckmäßig sei, da die Nebenerzeugnisse bei der weiten Entfernung der Gewinnungsstätte vom Verbraucher keinen Absatz fänden. Der hier erzeugte Koks hat ein gutes Aussehen. Nach den mir vorgelegten Analysen soll der Koks nicht mehr als 8—9 Prozent Asche enthalten. Neben den erwähnten Anlagen ist noch eine Ziegelei zur Verarbeitung der Kohlenschiefer in Betrieb. Sie erzeugt rund 7,8 Mill. Steine im Jahr, die teils für die Neubauten des Werks und die Häuser der Compounds (Lager der farbigen Arbeiter) verwandt, teils aber verkauft werden. Als weitere wichtige Einrichtung ist eine Fabrik zur Herstellung feuerfester Steine aus dem schon erwähnten feuerfesten Ton angegliedert, die z. T. für den Bau der Koksöfen verwandt werden.

Da der Grubenbetrieb mangels aller erschwerenden Umstände wie Schlagwetter, Druck, Wasser, gefährlicher Kohlenstaub, matte Wetter, Verwerfungen usw. recht einfach ist, besteht die Hauptschwierigkeit des Bergbaus in der Bewältigung großer Fördermengen. Sie wird in einer sehr energisch geregelten Weise in technisch vollendeter Form gemeistert. Der Hauptabnehmer der Kohle und des Koks ist auf lange Zeit hinaus die Katangakupferindustrie (Union Minière du Haut Katanga, Belgisch Kongo), während ein kleiner Teil zur Deckung des örtlichen Bedarfs von Südrhodesien, insbesondere der dortigen Eisenbahn dient. Der Rest geht als Bunkerkohle nach Lourenço Marques (Portugiesisch Afrika). Die Absichten der Rhodesier bezüglich des Absatzes ihrer billigen und marktfähigen Kohle bzw. ihres Kokes scheinen jedoch noch weiter zu gehen. Rhodesien denkt an den Bau einer Bahn quer durch die Kalahari-Wüste über Windhuk nach Swakopmund-Walfischbay, um von Walfischbay aus die Kohle auf dem Seewege über den Ozean nach Südamerika (vornehmlich nach Argentinien) auszuführen, in der Erwartung, hier mit der englischen und amerikanischen Kohle in erfolgreichen Wettbewerb treten zu können. Ob sich diese Hoffnungen Rhodesiens, deren Erfüllung sich keineswegs mit den Wünschen der Union deckt, verwirklichen lassen, kann erst die Zukunft lehren.

## IV. Süd-Rhodesia

### 1. Geographischer Überblick<sup>1)</sup>.

Die Kronkolonie Süd-Rhodesia, dreimal größer als England, ist gegen Transvaal im Süden durch die breite Senke des Limpopo, gegen Nord-Rhodesia im Norden durch die Senke des Sambesi geschieden. Im Osten grenzt sie an Portugiesisch-Ostafrika, im Westen an das Betschuana-Protectorat, das die Kalahari umfaßt, welche aber in ihren östlichen Ausläufern noch ein großes Stück weit nach Süd-Rhodesia hineinragt. Süd-Rhodesia ist wie der größte Teil von Südafrika ein Hochland, in das aber die breiten Furchen der beiden Flüsse schon ansehnliche Teile unter 1000 m Höhenlage eingeschnitten haben, so daß nur etwa 24 Prozent seiner Fläche eine Höhenlage über 1200 m besitzt. Diese höheren Teile bilden die breite Wasserscheide zwischen Limpopo und Sambesi. Sie ist nicht gebirgig, sondern auch hier macht sich wieder die afrikanische Inselberglandschaft geltend: flache, weitgespannte Ebene mit oft unvermittelt aufgesetzten Einzelbergen von kleinstem bis zu beträchtlichem Ausmaß. Zugleich beginnt aber in Süd-Rhodesia schon ein anderes Formelement der Erdoberfläche sich einzustellen, das klimatisch bedingt ist: die nach den beiden Hauptflüssen immer tiefer eingeschnittenen Neben- und Seitenflüsse und die breiten, tiefen Furchen der Hauptflüsse Limpopo und Sambesi selbst. Besonders eindrucksvoll ist die tiefe, enge Schlucht des Sambesi unterhalb der Viktoria-Fälle. Gleichzeitig ist die Wasserführung der Flüsse auch wesentlich größer als es im Bereich der süd-afrikanischen Union der Fall war: die Aridität des Gebietes ist schon wesentlich gemildert, die Regenhöhe größer bei gleichzeitig höherem Temperaturmittel. Wir nähern uns dem Übergang von den ariden zu den humiden Tropen.

### 2. Geologische Übersicht.

Dank der hervorragenden Forschungen der Southern Rhodesia Geological Survey, unter der Leitung ihres Direktors Dr. H. B. Maufe, sind die geologischen Verhältnisse in der Hauptsache bekannt. Für weite Teile sind die großen Züge sehr einfach (s. Karte Abb. 73).

Den größten Teil der Oberfläche des Landes nehmen hochkristallin umgewandelte Sedimente und Eruptiva archaischen

<sup>1)</sup> H. B. Maufe: An outline of the geology of Southern Rhodesia. S. Rh. Geol. Survey, Rep. Nr. 24, 1929. 12 p. 2 Karten.

H. B. Maufe u. A.: Southern Rhodesia. Intern. Geol. Congr. Guide Book, Exc. C. 20, 1929, 64 p.

E. Krenkel: Geologie Afrikas II. 1928. p. 483—509.

Alters und vor allem die bei der altalgonkischen Faltung in sie eingedrungenen Intrusiva ein. Sie werden zur erdgeschichtlichen Einheit des „Swaziland Systems“ oder der afrikanischen Primärformation zusammengefaßt. Mit Gesteinen dieser Gruppe sind die meisten nutzbaren Lagerstätten Süd-Rhodesiens verknüpft. Ein größeres Gebiet im Norden wird von transgredierenden Gesteinen des mit dem jungalgonkischen Transvaal-System gleichaltrigen Lomagundi-Systems eingenommen.

Dem obersten Transvaal angehörend ist der höchst eigenartige ganz Süd-Rhodesia von Nord nach Süd durchquerende „Great Dyke“, ein nach Zusammensetzung und Lagerung dem Bushveld sehr ähnlicher, riesiger Eruptivaufbruch, der auch genetisch mit dem Bushveld zusammengebracht wird.

Im Nordwesten und in den breiten Senken des Limpopo und des Sambesi befinden sich ausgedehnte Gebiete mit Karroo-Bedeckung. Hier ist das hochwichtige Wankie-Kohlenfeld.

Von Westen her endlich greifen die jungen, wohl bis zur Oberen Kreide zurückgehenden Deckschichten der Kalahari in breiten Becken nach Süd-Rhodesia hinein.

Zwei weitere Formationsgruppen, z. T. nicht ganz sicheren Alters, sind nur an den äußersten Ostgrenzen entwickelt und spielen für die Lagerstättenverbreitung keine Rolle.

### 3. Die Primärformation.

Um bei der Besprechung der Lagerstätten Wiederholungen zu vermeiden, soll im folgenden der lagerstättlich wichtigste Gesteinskomplex, die Primärformation, etwas ausführlicher besprochen werden.

Es sind in ihr zwei große Formations- bzw. Gesteinsgruppen zu unterscheiden (s. Übersichtskarte Abb. 73).

1. Schon oberflächlich wird der überwiegende Anteil eingenommen von archaischen Graniten, Gneisgraniten mit ihren verschiedenen eruptiven Vorläufern und Nachschüben. Schon in geringer Tiefe dürften sie wohl so gut wie das gesamte Gebiet Süd-Rhodesias einnehmen, alle übrigen Gesteine liegen nur als dünne Decken und Schollen auf ihnen. Petrographisch sind folgende Hauptglieder vorhanden:

Basische und ultrabasische Vorläufer, ehemalige Dunite, Peridotite, Pyroxenite, Gabbros usw., heute sehr stark metamorphosiert und in Serpentine, Talkschiefer, Talk-Karbonatgesteine usw. umgewandelt. An sie sind die wirtschaftlich hochbedeutenden Asbest- und Chromitvorkommen geknüpft.

Der Hauptgranit, z. T. besonders in der Nähe der Dachschollen von gneisartigem Gefüge, besteht wieder aus mehreren altersverschiedenen, aber wohl „komagmatischen“ Intrusionen, deren jede eine Anzahl „Batholithe“ bilden mag, die aber alle in ihrer Gesamtheit eine ganz ungeheure Aufschmelzzone, eine Arealintrusion granitischer Magmamassen allergrößten Maßstabs darstellen. Sie ist weit über die Grenzen Süd-Rhodesias hinaus verbreitet. Die großen, alten Granitmassen Südwestafrikas gehören augenscheinlich ebenso dazu, worauf ganz ähnliche Lagerstättenabfolgen und Mineralparagenesen hinweisen. Auch das Landschaftsbild der Granitgenden Süd-Rhodesias mit ihren Kopjes und Spitzkopjes, voller Granitkugeln, wie es am schönsten in den Matopo-Bergen bei Bulawayo vorkommt, ähnelt aufs überraschendste den Landschaften des mittleren Hererolandes. Diese unvermittelt aus der Granitfläche aufragenden Kopjes mit ihren nackten, runden Felsgebilden bestehen in den zahlreichen Fällen, wo ich es näher untersucht habe, stets aus richtungslosem, porphyrischen Granit, während das umgebende Gestein der Fläche stets nichtporphyrisch-körnig war und oft gneisige Paralleltexur hatte. Augenscheinlich handelt es sich hier, ebenso wie in Südwestafrika, meist um jüngere granitporphyrische Nachschübe des Hauptgranitmagmas. Herr Maufe konnte mir auf Anfrage diese Beob-

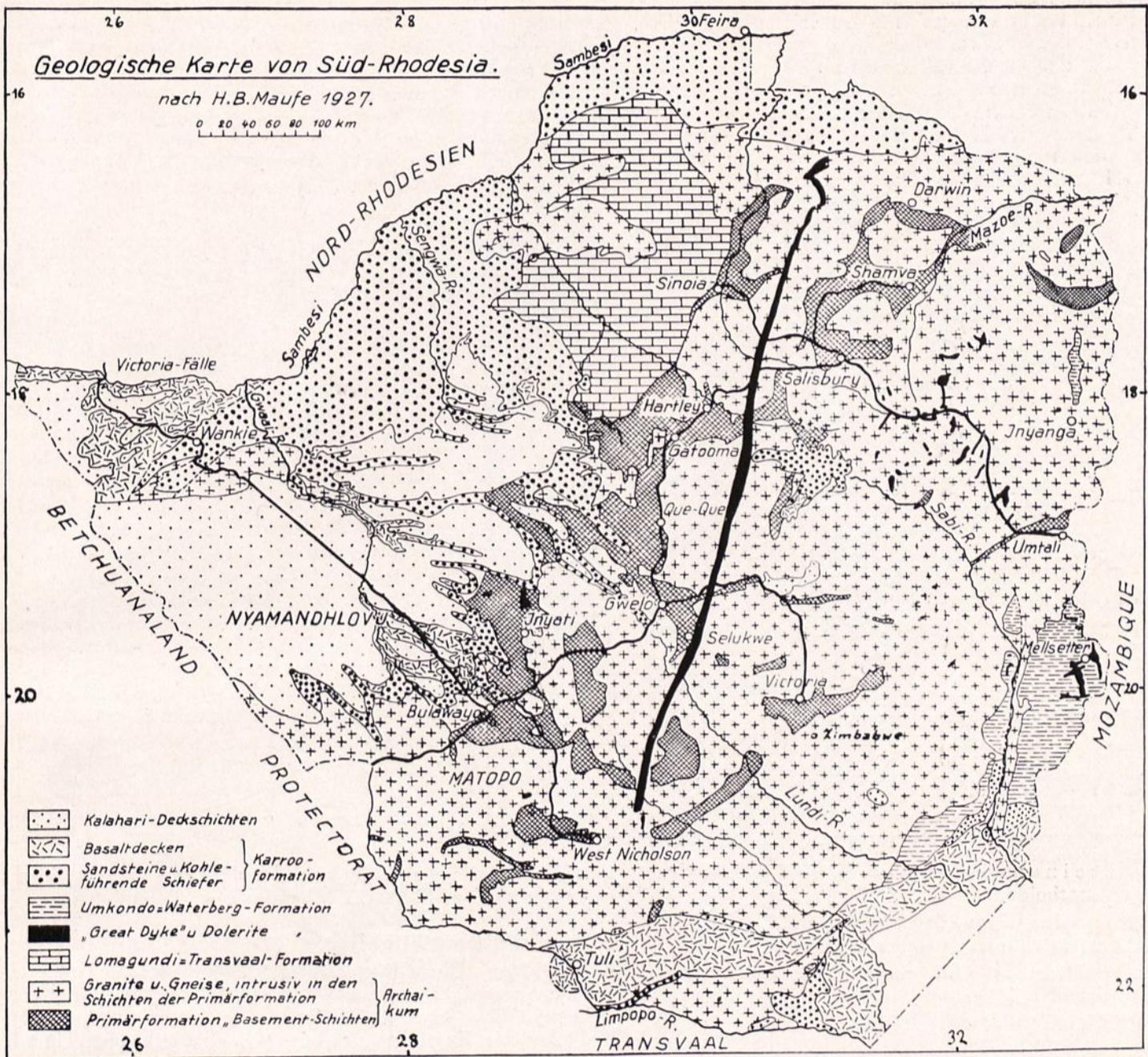


Abb. 73.

achtung durchaus bestätigen und hatte die Freundlichkeit, mir noch mitzuteilen, daß ihm nirgendwo ein Fall bekannt geworden sei, daß die hydrothermalen Erzgänge, besonders die Goldgänge in diese porphyrischen Kopjesgranite hineinsetzen, so daß diese anscheinend jünger als die, den Granit begleitenden Erzlagerstätten sind. Etwas ältere Gangnachschiebe, die oft in Beziehung zu Erzlagerstätten stehen und selbst oft Erze führen, liegen in zahlreichen Pegmatiten und Apliten vor. Gegen die metamorphen Schiefer, die Basement-Schichten hin werden die Granite meist gneisartig, wobei ihre Streckung deren Streichen (NO-SW) parallel läuft.

2. Auf dieser Granitmasse schwimmen als isolierte Schollen hochmetamorphosierte Stücke älterer vorgranitischer Formationen, zusammengefaßt als „Basement-Schichten“. Stets bilden sie synklinale Auflagerungen auf dem Granit und stellen die Reste eines ursprünglich zusammenhängenden Granitdaches dar. Die eingehende Arbeit der südrhodesischen Geologen konnte in ihnen noch drei verschiedene, durch Diskordanzen voneinander getrennte Formationen feststellen: eine älteste mit gebänderten Eisensteinen, Phylliten, Kalken und zwischengelagerten Grünsteinschiefern mit noch erkennbarem Lava- und Tuffgefüge, eine

mittlere, aus groben Quarziten und Konglomeraten bestehend und eine oberste, mit Konglomeraten, Arkosen, Grauwacken und Schiefen. Alle diese Formationen sind aufs intensivste verfaltet und durch gleichmäßig hohe Regional- und Dislokations-Metamorphose egalisiert, zu denen noch die sehr starke Kontakt- und Injektionsmetamorphose durch die Granite kommt.

#### 4. Lagerstättenübersicht

I. Die älteste Gruppe der Basement-Schichten enthält große Mengen von Eisenerzen in den gebänderten Eisenquarziten, ferner Korund. Erstere werden begreiflicherweise z. Z. nirgends abgebaut und stellen erst für eine spätere Zukunft sehr beachtliche mineralische Rohstoffe dar. Korund wird in geringen Mengen gewonnen. Ferner werden die großen Kalkvorkommen des Grundgebirges ausgebeutet und bilden die Grundlage zu einer blühenden Zementindustrie.

In den beiden anderen Gruppen der Basement-Schichten sind bis jetzt keine nutzbaren Lagerstätten bekannt geworden.

II. Die Hauptmasse der südrhodesischen Lagerstätten hängt mit den archaischen

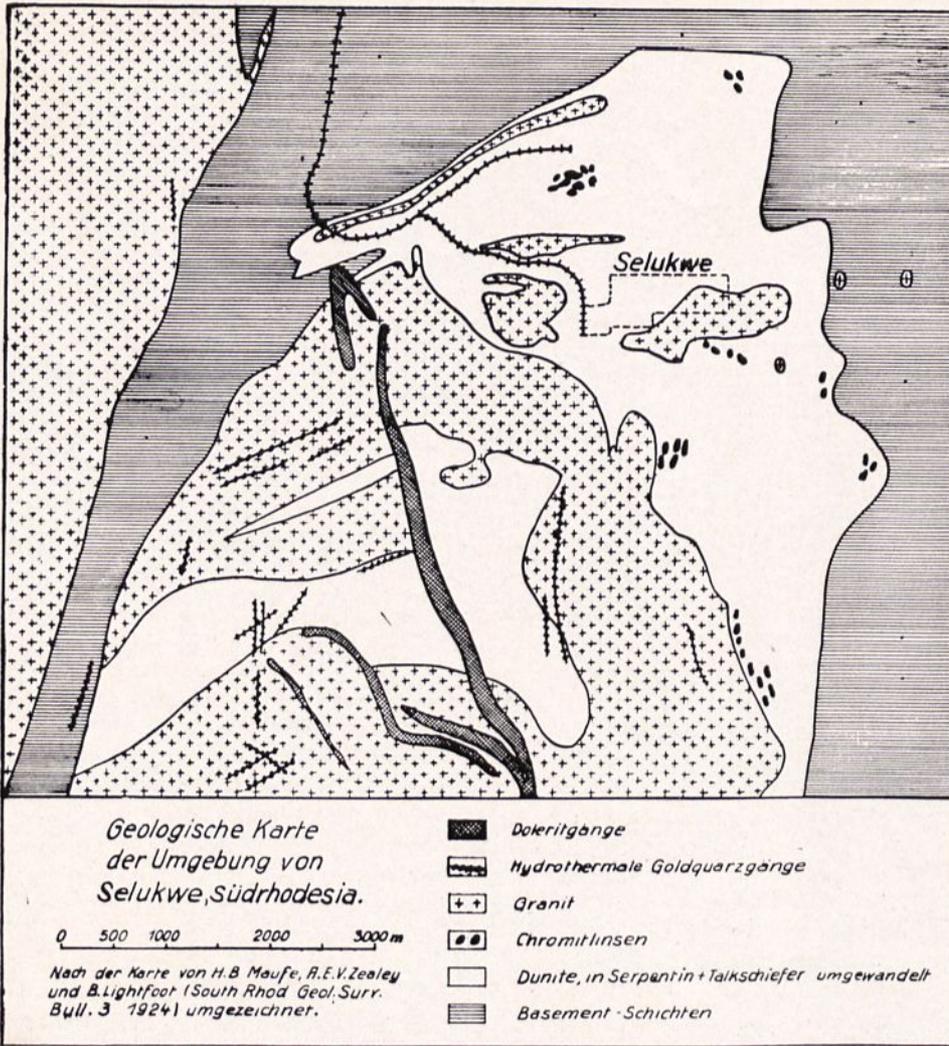


Abb. 74.

Eruptivgesteinen zusammen. Es sind verschiedene Gruppen zu unterscheiden:

1. Liquidmagmatische Chromitlagerstätten in den serpentinisierten und vertalkten ultrabasischen Gesteinen.
2. Asbestlagerstätten in den metamorphosierten ultrabasischen Gesteinen.
3. Erzpegmatite im Gefolge des Granits.
4. Hydrothermale Golderzgänge.

III. Liquidmagmatische Lagerstätten im Great Dyke.

1. Platinerze.
2. Chromiterze.

IV. Kohlenlagerstätten in den Karrooschiefern (schon auf S. 68—72 behandelt).

### 5. Chromitlagerstätten<sup>1)</sup>

Die größten Chromitlagerstätten liegen bei Selukwe, 160 km nordöstlich von Bulawayo. Die Hauptbahn führt von Bulawayo über Gwelo (180 km) nach der Hauptstadt von Süd-Rhodesia, Salisbury (481 km), von da weiter über Umtali an der Grenze gegen Portugiesisch-Ostafrika nach dem Hafen Beira (1080 km). Von Gwelo zweigt eine 36 km

<sup>1)</sup> H. B. Maufe, B. Lightfoot, A. E. V. Zealley: The geology of the Selukwe Mineral Belt. S. Rh. Geol. Surv. Bull. 3. 1919. (Repr. 1924.) 96 p., 14 Taf., 7 Abb.

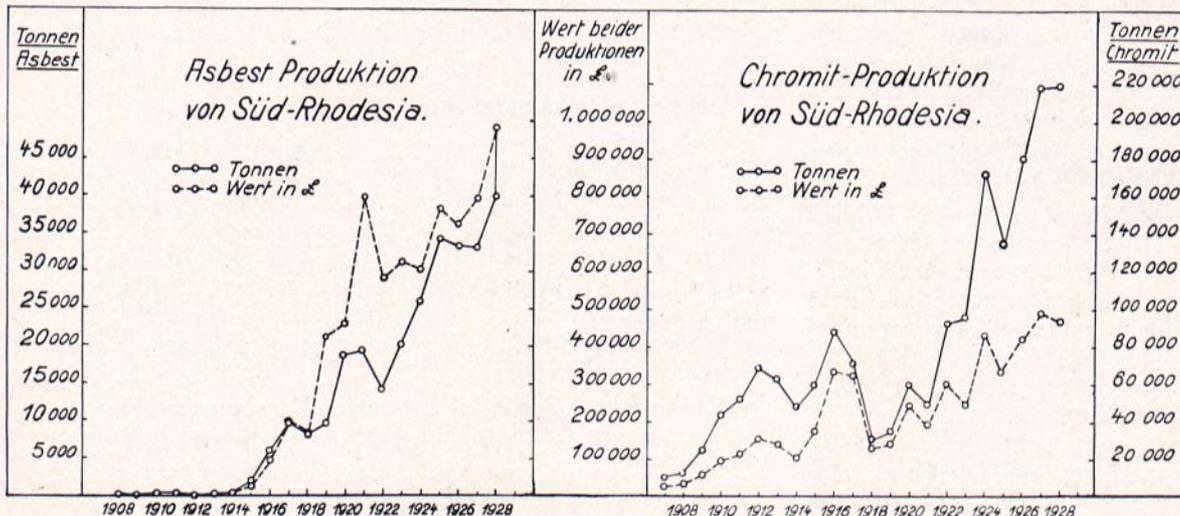


Abb. 75.

lange Bahn ab zu dem Ort Selukwe, in dessen unmittelbarer Nachbarschaft die großen Chromgruben liegen (Abb. 74). Sie sind gebunden an große unregelmäßige Massen metamorphosierter basischer Eruptiva, die in die Basementschichten eingedrungen und zusammen mit ihnen verfault und metamorphosiert wurden. Der stark vergneiste Hauptgranit ist in der unmittelbaren Nachbarschaft von Selukwe nicht vorhanden, wohl aber ein über 100 qkm großer jüngerer, saurer, granitischer Nachschub, der Mont d'Or-Granit. Mit ihm sind die zahlreichen und wichtigen hydrothermalen Goldgänge der Gegend verknüpft. Endlich setzt noch ein wesentlich jüngerer, mächtiger Doleritgang durch, der aber mit diesen und anderen Lagerstätten in keinerlei Zusammenhang steht.

Die ehemaligen basischen und ultrabasischen Intrusivgesteine sind heute völlig metamorphosiert und bilden Serpentine, verkieselte Serpentine, Talkschiefer, karbonatische Talkschiefer und Chloritschiefer. Die verkieselten Serpentine und die Talkschiefer ± Karbonaten führen Chromit, während die reinen Serpentine und die Chloritschiefer hier praktisch chromitfrei sind. Es deutet dies daraufhin, daß weder die ehemaligen Dunite, noch die ehemaligen gabbroartigen Gesteine chromitführend waren, sondern nur pyroxenitische Gesteine, eine Erfahrung, die auch im Bushveld zutrifft.

Chromit kommt in den Gesteinen eingesprengt vor in dicht nebeneinander liegenden Kristallen, massiven Erzkörpern oder sparsamer verteilt. Die vererzten Partien bilden unregelmäßige bis zu 150 m lange Linsen oder Körper von gangähnlicher Ausdehnung. Stets finden sich mehrere bis viele Erzkörper eng geschart neben und hintereinander. Die größten Erzkörper sind auf der Karte (Abb. 74) verzeichnet. Das meiste Fördererz enthält etwa 50 Prozent  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  und ist damit unmittelbar versandfähig. Stellenweise muß ausgeklaut werden. Lose, ärmere Massen werden auch naßmechanisch angereichert. Zwei Durchschnitsanalysen großer Fördererzmengen, Nr. I von gutem, Nr. II von weniger gutem Erz, ergeben folgende Gehalte:

	I.	II.
$\text{Cr}_2\text{O}_3$	51.00	49.20
FeO	11.40	11.80
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1.40	0.94
MnO	0.50	—
$\text{Al}_2\text{O}_3$	15.20	13.69
MgO	12.70	13.53
CaO	0.90	2.24
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.50	1.27
S	sp	—
$\text{SiO}_2$	4.80	6.50
$\text{H}_2\text{O}+$	1.90	—
$\text{H}_2\text{O}-$	0.07	0.83
	100.02	100.00

Der Abbau findet terrassenförmig in großen Tagebauen und z. T. auch unter Tage statt. Die Selukwe-Lagerstätten sind zur Zeit der größte Chromproduzent der Erde und liefern mehr als die Hälfte der gesamten Chromproduktion. In der letzten Zeit betrug die Jahresförderung etwa 220 000 Tonnen im Wert von nicht ganz 10 Millionen Mark. Von 1907—1928 wurden im ganzen hier 1 845 000 t Chromerz im Wert von 100 Millionen Mark gefördert. Das Roherz mit rund 50 Prozent  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  geht nach Beira per Bahn und wird von dort nach Europa oder Amerika verschifft.

In Abb. 75 sind die Produktions- und Preis-kurven der südrhodesischen Chromiterz-erzeugung von 1907—1928 dargestellt.

## 6. Asbestlagerstätten<sup>1)</sup>

Dieselben Gesteinstypen, die die Chromitlagerstätten enthalten, führen auch die großen Asbestvorkommen Süd-

<sup>1)</sup> F. E. Keep: The route from Somabula to Shabani and the Shabani asbestos deposits. Int. Geol. Congr. Guide Book. Exc. C. 20. 1929. 15—22.

F. E. Keep: The geology of the Shabani mineral belt, Belingwe District. Geol. Surv. Southern Rhodesia. Bull. No. 12. 1929. 193 p. 18 Taf. Geol. Karte, 14 Abb.

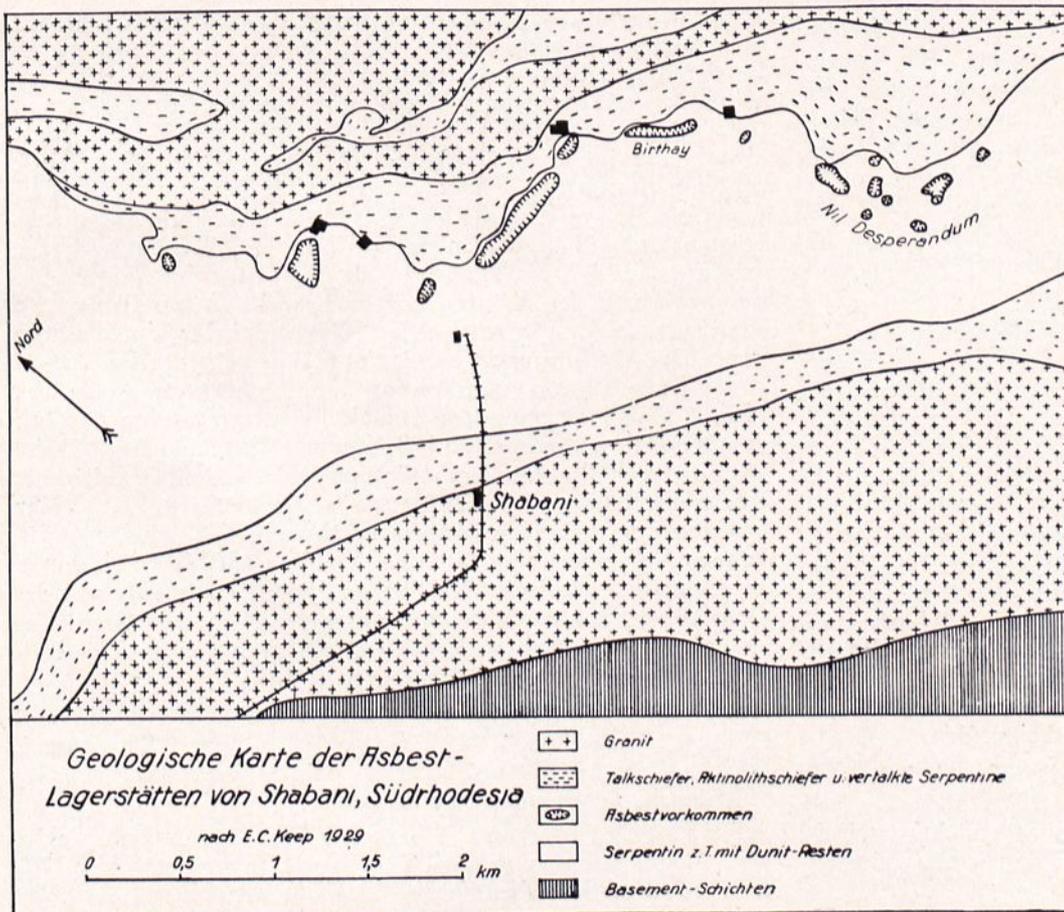
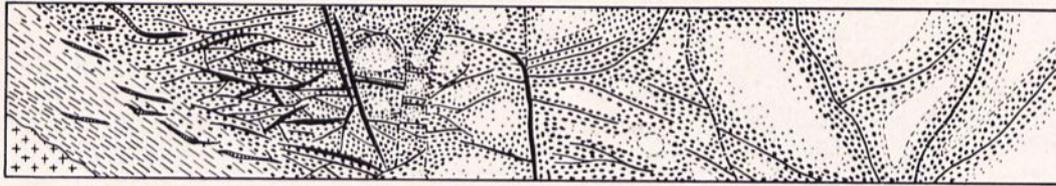


Abb. 76.



Schematische Skizze der Asbestlagerstätten von Shabani, Süd-Rhodesia.

Nach Keep 1929.

 Granit	 Magnesit
 Talkschiefer, Talk-Karbonatschiefer	 Reiner Serpentin
 Vertalkter Serpentin	 Serpentin mit Dunitresten
 Vertalkter Asbest („brittle fiber“)	 Dunit, schwach Serpentinisiert
 Asbest	

Abb. 77.

Rhodesias. Sie gehören nach den kanadischen zu den größten ihrer Art und Süd-Rhodesia ist der zweitgrößte Asbestproduzent.

Die Asbestlagerstätten liegen in großen Schollen metamorphosierter Dunite, die auf dem etwas jüngeren, archaischen Gneisgranit schwimmen und vor ihm injiziert werden, vgl. Abb. 76, geologische Karte der Umgebung von Shabani.

Die Hauptvorkommen finden sich in der großen Duniterscholle von Shabani, die 16 km lang und 1,5–3 km breit ist und die der Grenze der Basementschichten gegen den Granit parallel läuft. Im mittleren Teil besteht sie aus Serpentin mit unzersetzten Dunitkernen. Die Serpentinisierung geht deutlich von den Absonderungsklüften aus, von denen im mittleren Teil drei etwa senkrecht aufeinanderstehende vorhanden sind. Nach dem Rand gegen den Granit zu stellen sich starke Bewegungs- und Scherzonen ein, die dem Kontakt parallel laufen. Zugleich geht der Serpentin über in andere Gesteine: verkieselten Serpentin, Chloritschiefer, Talkschiefer, Talk-Karbonatgesteine, Aktinolithschiefer. In den Serpentinpartien, welche unmittelbar an diese Scherzonen und Talk usw. Gesteine angrenzen, liegen nun die Asbestlagerstätten (Abb. 77). Der Asbest, der in Shabani abgebaut wird, ist ausschließlich Chrysotil oder Serpentin-asbest, d. h. die faserige Varietät des Serpentin. Er findet sich in Adern und Gängen im weichen, reinen Serpentin oder im harten, verkieselten Serpentin.

Die Asbestadern streichen häufig auf weite Strecken parallel den erwähnten Scherflächen und damit dem Kontakt gegen den Granit. Es finden sich aber auch auf größeren Strecken kreuz und quer verlaufende Asbestadern. Es kommen drei Asbestarten vor, Querfasern, Längsfasern und „brittle fiber“. Bei der ersteren Art, die den weitaus größten Teil bildet, stehen die Asbestfasern annähernd senkrecht (meist etwas schief oder in Form eines schwach geschwungenen „Integralhakens“) auf den Salbändern. Die Adern können 12–15 cm breit werden, aber die Länge der Fasern übersteigt selten 6–7 cm, da fast stets, auch in den schmalen Adern, eine mittlere Absonderungskluft vorhanden ist, an der die Fasern abstoßen. Sie finden sich immer nur im Serpentin. In einem der besuchten Abbaue wurde uns gesagt, daß 2 Prozent der gesamten abgebauten Masse aus Asbest bestanden.

Die zweite Varietät, die Längsfasern („slip fiber“), kommen örtlich vereinzelt vor, da wo besonders starke, allseitige Bewegungen und Beanspruchungen im Serpentin sichtbar sind, die wohl während der Asbestbildung selbst stattgefunden haben.

Die dritte Art, „brittle fiber“, stellt sich an der Grenze nach den Talkschiefern und in diesen selbst ein und ist ebenfalls dort an starke Bewegungsflächen gebunden. Ihrer chemischen Zusammensetzung nach ist sie als ein mehr oder weniger vertalkter Serpentin-asbest anzusprechen, eine Zwischenstufe zwischen Asbest und Talk. In den Talkschiefern selbst findet man öfters die völlige Endstufe dieses Vorganges in Gestalt von Pseudomorphosen von Talk nach Serpentin-asbest. Wie schon der Name sagt, leidet die Festigkeit der Faser durch die Vertalkung. Sie ist deshalb technisch wenig oder gar nichts wert.

Die Vorgänge, die zur Bildung des Asbestes im Dunit führten, dürften sich hier wohl folgendermaßen abgespielt haben (in anderen Asbestlagerstätten mögen andere, z. T. mehr dislokationsmetamorphe Vorgänge die Oberhand gehabt haben): Die Dunite sind hier (wie so oft im magmatischen Zyklus) die ersten eruptiven Vorläufer gewesen. Unmittelbar darnach drang dann die große Hauptmasse des Magmas, der Granit, nach. Er drang in die Basementschichten und auch in die Dunitmassen ein und schmolz diese unter dem Einfluß der leichtflüchtigen Bestandteile z. T. wieder auf, wie zahlreiche, weitverbreitete Dunit-einschlüsse im Granit zeigen. In die verbleibenden Dunit-schollen drangen die, nach der Graniterstarrung freiwerdenden Gase, Dämpfe und Lösungen entlang den Absonderungsklüften ein und serpentinisierten ihn. Die Serpentinisierung erfolgte randlich am stärksten, in der Mitte der Dunitmasse nur noch von den Klüften aus, während das Innere der Absonderungsblöcke unangegriffen blieb. Bei der Umwandlung von Olivin in Serpentin erfolgt nun eine sehr starke Volumzunahme, wodurch randlich an den Kontakten gegen den Granit starke Pressungen, Stauchungen, verbunden mit tangentialen Bewegungen und Scherungen stattfanden. Dabei wurde durch die hier am stärksten wirkenden, granitischen Rückstandslösungen der Serpentin noch weiter zu Talk, Karbonaten und freier Kieselsäure umgewandelt. Bei dem plötzlichen Aufreißen von Spalten im Bereich der Scherungsbewegungen innerhalb des Serpentin kristallisierte aus den überhitzten, plötzlich druckentlasteten Lösungen Serpentin-substanz in den Scherungsklüften plötzlich aus, und zwar in faseriger Form: dies ist eben der Asbest.

Die Hauptgruben liegen alle in nächster Nähe von Shabani. Die wichtigsten sind: Nil desperandum, Shabani, Birthday, Bilton, Slip. Die ersten drei wurden von der Kongreßexkursion besucht.

Abbauverfahren: Ein großer Teil des Asbestes wird auch heute noch in großen Tagebauen gewonnen (Abb. 78). Das gewonnene asbesthaltige Gestein wird von Hand ge-

schieden und in Gesenken oder Sturzrollen auf die untere Sohle gestürzt. Von hier gelangt es in Stollen oder in tonnlägigen Schichten zur Aufbereitung. Das Bohren geschieht von Hand durch „hammer-boys“ oder „hand-drillers“.

Daneben findet auch Tiefbau (Strossenbau) statt. Die Strossen werden 15 m von den Querschlägen der einzelnen Sohlen entfernt aufgefahen und durch Gesenke und Blindschächte miteinander verbunden.

Bei dem geringen Gehalt des Gesteins an Asbest (2 Prozent), bei der ungleichmäßigen Beschaffenheit, und da ferner der Handel sehr hohe Anforderungen an gleichmäßige und gute Sorten stellt, ist die Aufbereitung hier sehr wichtig. Vor allem muß dabei auch die Asbestfaser pfleglich be-

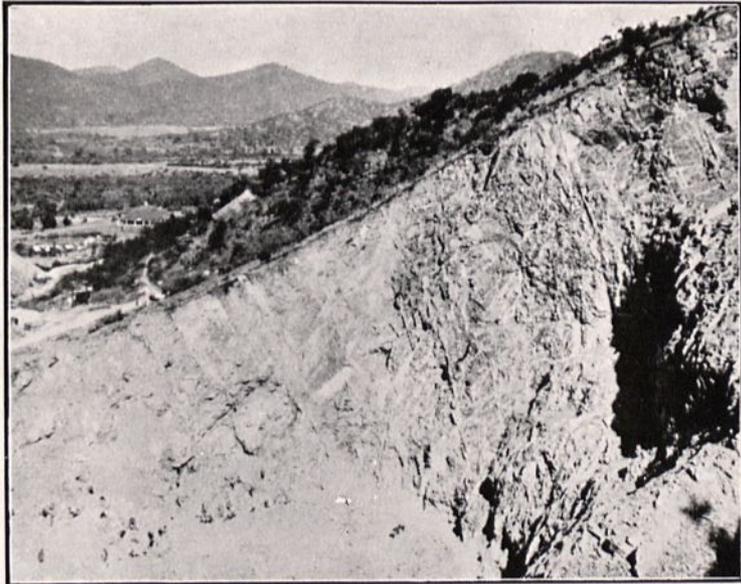


Abb. 78. Tagebau Lode F der Asbestgrube Nil Desperandum. Man sieht die Asbestadern in dunklerem Serpentin. Zur Größenvergleiche beachte die Personen links unten (Aufn. Schneiderhöhn.)

handelt werden und wie überall in der Aufbereitung, dürfen die Abgänge ein bestimmtes Maß nicht überschreiten.

Zur Zeit wird folgendes trockene Verfahren angewandt: Das ausgeklaubte Gut wird klassiert und in Trögen, die mit Dampf erhitzt sind, getrocknet. Dann gelangt es zum weiteren Aufschließen in „pug-mills“ und von hier auf Schüttelsiebe, wo es weiter klassiert und gereinigt wird. Die Asbestfasern werden abgesaugt. Das grobe Gut wird in einer Schlagmühle weiter zerkleinert. Dann wird auf Rüttelsieben nach Faserlänge sortiert. Die so erhaltenen gereinigten Handelsprodukte gelangen zur Verschiffung.

Es ist dies das sogenannte trockene oder pneumatische Verfahren. Neuerdings wird auch in Süd-Rhodesia, wie schon vorher in Kanada, das nasse Verfahren viel erörtert und eine Versuchsanlage soll jetzt in Betrieb kommen. Der Nachteil des trockenen Verfahrens ist: Der Wert des Asbestes hängt von seiner Faserlänge ab. Da er hier den ganzen Zerkleinerungsvorgang mitmachen muß, ist das Konzentrat kurzfasernig.

Diesen Übelstand soll das nasse Verfahren oder der „Selective Treatment Process“ vermeiden. Das Aufschließen des Haufwerkes geht unter Wasser vor sich. Die Fasern fließen, sobald sie sich gelöst haben, ab und werden der weiteren Zerkleinerung entzogen. Bei diesem Verfahren findet also nur teilweises Aufschließen statt. Die Schlagmühle hat 20 Umläufe in der Minute. Der vom Nebengestein befreite Asbest schwimmt obenauf und wird selbsttätig von der Maschine ausgetragen. Die weiteren Stufen des Arbeitsvorganges sind:

1. Teilweise Entwässerung der Asbestfasern.

2. Anreicherung

- a) lange Fasern,
- b) kurze Fasern.

3. Pressen der nassen Fasern.

4. Trocknen unter ständiger Temperaturkontrolle, um eine zu weitgehende Entwässerung und Entfärbung zu vermeiden.

5. Vorsichtiges Trennen der einzelnen Fasern, um Faserbruch zu vermeiden.

6. Einteilen des Fertigproduktes in die einzelnen Handelsorten.

Die Vorteile dieses Verfahrens lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Der Wert des Handelsproduktes aus dem „Selective Treatment process“ ist doppelt so hoch als der für das im „trockenen“ Verfahren erhaltene.

2. Dem Ausbringen von 2000 lbs Asbest nach dem bisherigen Verfahren steht nach dem neuen Verfahren bei derselben Menge Roherz ein Ausbringen von 3000 lbs gegenüber.

3. Die Gesteinskosten je t Asbest liegen ungefähr um  $\frac{1}{3}$  tiefer als bei dem gegenwärtigen Verfahren.

Bedingt sind diese geringeren Kosten durch folgende Faktoren:

a) Geringerer Materialverschleiß und geringere Reparaturkosten bei den Schlagmühlen wegen der bedeutend kleineren Umdrehungsgeschwindigkeit.

b) Statt der gesamten Menge Haufwerk wird nur der Asbest getrocknet.

c) Genügende Zerkleinerung ist schon erreicht, wenn sich die Asbestfasern vom Nebengestein gelöst haben. Feinzerkleinerung ist sogar unerwünscht.

d) Schwierige Sortierung des „dry rock“, da es bei seiner größeren Härte leicht unzerkleinert die Mühle verläßt.

Die Qualität des südrhodesischen Asbestes ist als recht gut zu bezeichnen. Die Produktion ist im steten Steigen begriffen, wie Abb. 75 zeigt.

Von 1908—1928 wurden in Süd-Rhodesia insgesamt 278 000 t Asbest im Werte von £ 7 200 000 gewonnen. Für die nächste Zeit wird ein weiteres Ansteigen der Produktion erwartet, da im Mai 1929 die Bahnlinie von Somabula bis Shabani fertig geworden ist (Nebenstrecke der Linie Bulawayo-Salisbury).

Die Zukunftsaussichten der Lagerstätten werden sehr zurückhaltend beurteilt. Sie hängen allein davon ab, welche Gestalt und Ausdehnung die Dunitkörper nach der Tiefe zu zeigen und vor allem, wie die vertalkten Zonen sich nach der Tiefe zu verhalten. In einigen Vorkommen, z. B. der Nil desperandum-Mine sind ungewöhnlich mächtige, vertalkte Zonen vorhanden und wesentlich geringere, asbestführende Serpentinmassen darin, als es sonst im Distrikt der Fall ist. Es besteht die Gefahr, daß die vertalkten Zonen nach unten zunehmen, da ja augenscheinlich die Duniteschollen überhaupt nur auf dem Granit schwimmen.

Immerhin sind für die nächste Zukunft noch genügend Vorräte vorhanden und es sind auch noch andere, zur Zeit noch wenig bekannte Duniteschollen in ähnlicher geologischer Position da, in denen neue Lagerstätten entdeckt werden können.

## 7. Erzpegmatite

An den Grenzzonen des Granits gegen die überliegenden Dachsollen der Basementschichten sind meist durchsetzende Aplit- und Pegmatitgänge entwickelt. Die Pegmatitgänge führen vielerorts wertvolle Erze, besonders Scheelit, Wolframit, Zinnstein, Wismutglanz, Tantalit-Niobit, Molybdänglanz. Von Nichterzen sind abbauwürdige Feldspat

und Lithiumglimmer. Es sind nur kleinere Betriebe, wie aus folgenden Produktionszahlen der letzten Jahre hervorgeht:

	1927		1928	
	t	£	t	£
Zinnerzkonzentrate . .	26	6 535	8	1.382
Scheelit . . . . .	34	1.661	15	1.110
Lepidolith . . . . .	21.5	48	—	—

### 8. Hydrothermale Golderzgänge<sup>1)</sup>

Süd-Rhodesia ist ein außerordentlich goldreiches Land. Schon in uralten Zeiten bestand hier einmal ein blühender Goldbergbau. Die rätselhaften und so überaus eindrucksvollen und großartigen Ruinen von Zimbabwe, Khami und zahlreichen anderen Orten stammen offensichtlich von einem Kolonialvolk und waren nichts weiter als die festen Stützpunkte und die Verarbeitungs- und Gewinnungsstätten des Goldes aus seinen Erzen. Jedenfalls wurden uns an allen Orten, wo wir Goldlagerstätten besuchten, auch die „ancient works“ gezeigt, uralte, altertümlich betriebene Tagebaue und Stollenanlagen, Zerkleinerungsanlagen im anstehenden Fels und Steinwerkzeuge. Das ganz hervorragende Landesmuseum in Bulawayo hat zahlreiche derartige Reste und Erscheinungsformen des prähistorischen Bergbaus gesammelt, so daß jedenfalls über die weite Verbreitung und den hohen Stand eines prähistorischen Goldbergbaues in Süd-Rhodesia gar kein Zweifel sein kann.

Seit Cecil Rhodes Eroberung des Landes hat der Goldbergbau wieder angefangen und nimmt einen stetigen Aufschwung. Zahlreiche, wohl über hundert Goldminen sind im Betrieb, darunter einige ganz große, viele werden fort und fort noch entdeckt oder besser nutzbar gemacht.

Über das ganze große Land ist die geologische Position aller bis jetzt bekannten Goldgänge ganz gleich: es sind mineralisierte Gangzonen, Ruschelzonen und Imprägnationen mit vorwiegendem goldhaltigen Quarz. Sie setzen aus den handgendsten Teilen des archaischen Granites in die Basementschichten, die Reste seines ehemaligen Daches hinauf. Es sind typische intrusiv-hydrothermale Goldquarzgänge in ihren verschiedenen formalen Abarten, entstanden als Absatz aus aufsteigenden hydrothermalen Restlösungen des Granitmagmas. Es liegt hier in Süd-Rhodesia ein großartiges Beispiel vor für die von W. H. Emmons als „embatholithisch“ bezeichneten Lagerstätten: „die tiefreichende Erosion hat von den Granitbatholithen schon große Gebiete entblößt, zwischen denen Reste des Daches als stark metamorphosiertes und intrudiertes Nebengestein liegen. Darin sind die Lagerstätten, und zwar hauptsächlich rings um die Dachreste und in diesen selbst, weniger in der Nähe der großen ununterbrochenen Granitflächen“. Man betrachte daraufhin den Ausschnitt aus der geologischen Karte Abb. 79 und die Lage der Goldminen.

Die Verteilung der Goldminen über ganz Süd-Rhodesien und die bedeutendsten Einzelgruben nebst der Beteiligung an der Produktion zeigt nebenstehende Übersicht.

Insgesamt wurde im Jahr 1929 in Süd-Rhodesia Gold im Wert von etwa £ 2 360 000 gefördert. Das ist etwa  $\frac{1}{17}$  der Goldförderung aller Randminen.

<sup>1)</sup> Southern Rhodesia. Int. Geol. Congr. 1929. Guide Book. B. 20:

J. C. Stokoe: Notes on the Cam and Motor Mine. S. 27—31.

A. M. Macgregor: Geological notes on the Globe and Phoenix Mine, Que Que, S. 36—40.

S. C. Morgan: The Geology of the Gaika Gold Mine, Que Que. Southern Rhodesia Geol. Surv. Bull. 14. 1929. 42 p. 4 Karten.

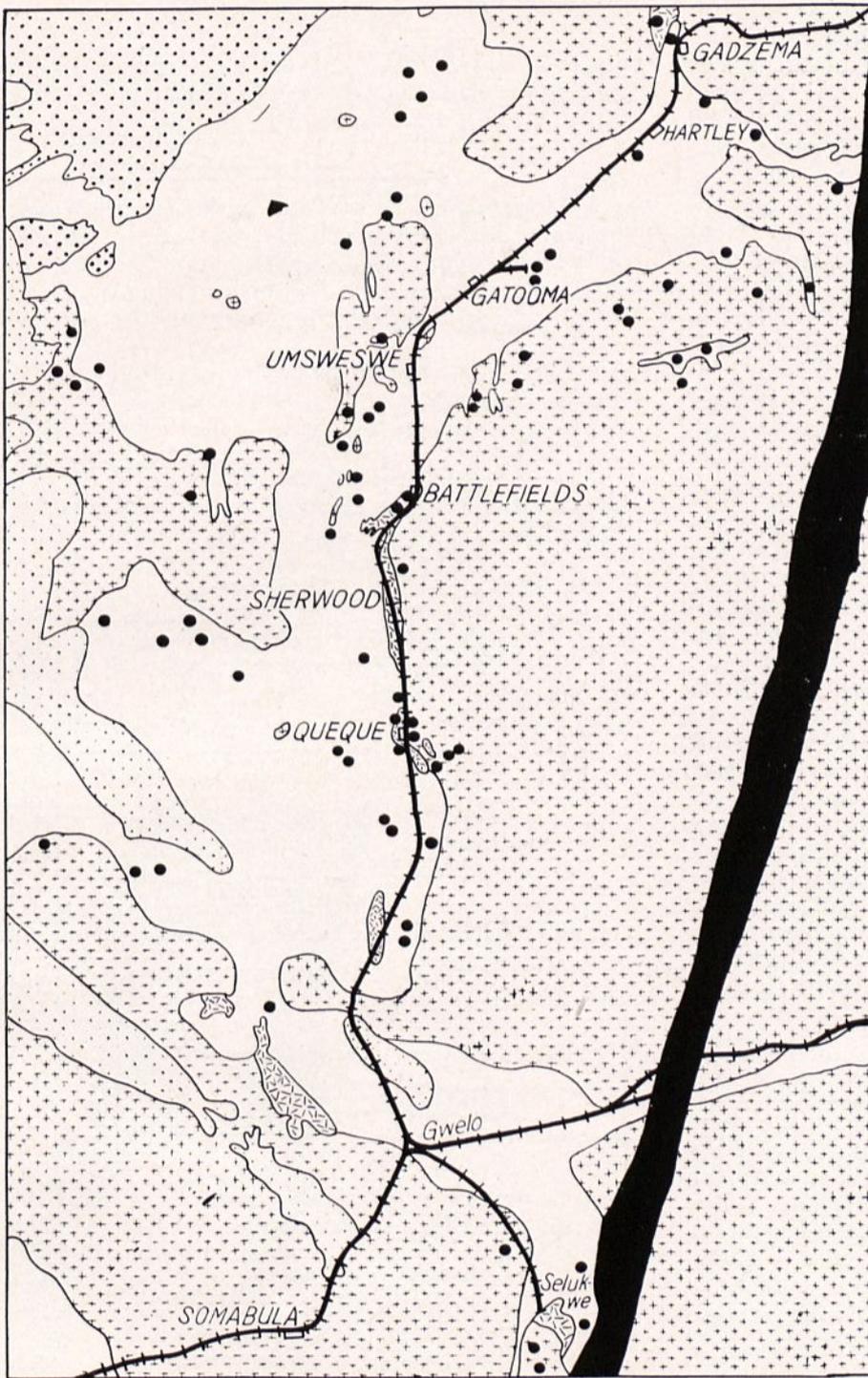
Viele Aufsätze und die Bergbau-Statistik der letzten Jahre im „The Rhodesian Mining Journal“.

Distrikt und Hauptgruben	Prozentuale Beteiligung an der Gesamt-Goldförderung Südrhodesias für 1929
Antelope	2,0
Fred	2,5
Lonely Reef G. M.	8,9
Kleinere Gruben zusammen	10,6
Distrikt Bulawayo:	24,0 %
Black Beas	3,9
Gaika G. M.	3,5
Globe and Phoenix G. M.	11,1
Kleinere Gruben zusammen	5,5
Distrikt Gwelo:	24,0 %
Cam and Motor G. M.	24,7
Golden Valley	2,1
Kleinere Gruben zusammen	6,2
Distrikt Hartley:	33,0 %
Shamva Mines	9,8
Kleinere Gruben	0,2
Distrikt Salisbury:	10,0 %
Prince of Wales	1,2
Kleinere Gruben	0,8
Distrikt Mazoe:	2,0 %
Rezende Mines	6,5
Kleinere Gruben	0,5
Distrikt Umtali:	7,0 %

Die Kongreßexkursion besuchte drei Goldminen, darunter die größte in Süd-Rhodesia. Durch erläuternde Vorträge, Ausstellungen von Proben der Nebengesteine und des Ganginhaltes, ausgedehnte Befahrungen unter Tage und Besichtigungen der Verarbeitungs- und Gewinnungsanlagen über Tage erhielten wir einen vorzüglichen Einblick in das Wesen der Lagerstätten und ihren bergbaulichen, aufbereitungs- und hüttentechnischen Betrieb.

Ich will im folgenden auf diese 3 Goldminen näher eingehen. Die Cam and Motor Gold Mine, die größte Goldmine Süd-Rhodesias, liegt in der Nähe von Gatooma (Bahnstrecke Bulawayo-Salisbury) im Distrikt Hartley. Die Gangzonen setzen auf in ungefähr senkrecht stehenden, stark gefalteten und gestörten Basementschichten, ziemlich weitab vom Granit. Es sind Glieder der allerältesten Formation der Basementschichten: ehemalige „Kissenlaven“, heute zu kalkigen Grünsteinen metamorphosiert, und ebenfalls eruptive „doleritische Grünsteine“ wechsellagern mit Schiefen und Quarziten. Es sind mehrere Systeme mineralisierter Ruschel- und Trümmerzonen vorhanden. Der Motor-Gang läuft parallel dem Nebengesteinsstreichen, an der Grenze zwischen Grünstein und Schiefen, während der Cam-Gang und einige andere kleinere Gänge quer zum Streichen aufgerissen sind. Der Längsgang ist eine ganze Gangzone, zahlreiche Gangtrümchen kreuz und quer, mit falschen Salbändern, dünnste Blätter bis dicke Pakete von Glanzschiefern zwischen den einzelnen Trümmern. Die Erze sitzen nicht nur in der eigentlichen Gangmasse, sondern haben auch die Nebengesteinspakete dazwischen und im Hangenden und Liegenden imprägniert. Die wahre Mächtigkeit der erzführenden Zone ist somit schwimmend und oft nur eine Funktion der Gewinnbarkeit. Sie wechselt auch sonst häufig und beträgt meist mehrere Meter, ja bis 15 m. Die Quergänge sind absätziger. Das Einfallen ist etwa 70°.

Der Ganginhalt besteht zum überwiegenden Teil aus dichtem Quarz. Von Erzen kommen vor: Arsenkies und Pyrit



Die Goldlagerstätten in den Bezirken Gwelo u. Hartley, Süd-Rhodesia.

Nach der „Geological Map of Southern Rhodesia“ von H.B. Maufe .1928. vereinfacht.

1:1000000  
 0 10 20 30 40 50 km

••••• Karroo- u. Kalaharisichten

■ Basische Intrusiva des „Great Dyke“

••••• Lomagundi-Transvaal-sichten

Primar-  
 formation

••••• Granit

~~~ Basische Intrusionen, metamorphosiert

□ Basemnt-Schichten

● Hydrothermale Goldlagerstätten

Abb. 79.

meist als Imprägnation der Nebengesteinsstücke, ferner viel Antimonglanz, der im Quarz gleichmäßig eingesprengt oder auf einzelnen parallelen Blättern angereichert ist oder endlich große sehr reine Linsen in der Gangmasse bildet. Das Gold

ist meist als Freigold vorhanden; darunter ein großer Teil in millimetergroßen verästelten Partien im Quarz mit bloßem Auge sichtbar. Auch die Sulfide enthalten viel Gold eingesprengt.

Der Durchschnittsgehalt des z. Z. gewonnenen Haufwerks ist 22 g/t (= 14 dwts).

Der Hauptschacht steht z. Z. in 840 m Tiefe, die tiefste vorgerichtete Sohle ist die neunzehnte bei 675 m.

Betriebliches: Heute wird in der Hauptsache nur noch Strossenbau angewandt. Die Abbaue sind mit den Förderstrecken der nächsttieferen Sohle durch Sturz- und Fahrrollen verbunden. Die abgebauten Teile werden im Spülversatzbetrieb mit Abgängen aus der Aufbereitung zugesetzt.

Das bis 1919 angewandte Aufbereitungsverfahren: Trockenzerkleinerung und Rösten, Läuterung, Klassierung und Cyanlaugung hatte nur geringen Erfolg, wohl wegen der starken Antimonergehalte. Nach Umbau der Anlage im Jahre 1921 wurden mit naßmechanischer Zerkleinerung und Anreicherung ausgezeichnete Erfolge erzielt. (Vgl. nebenstehenden Stammbaum.)

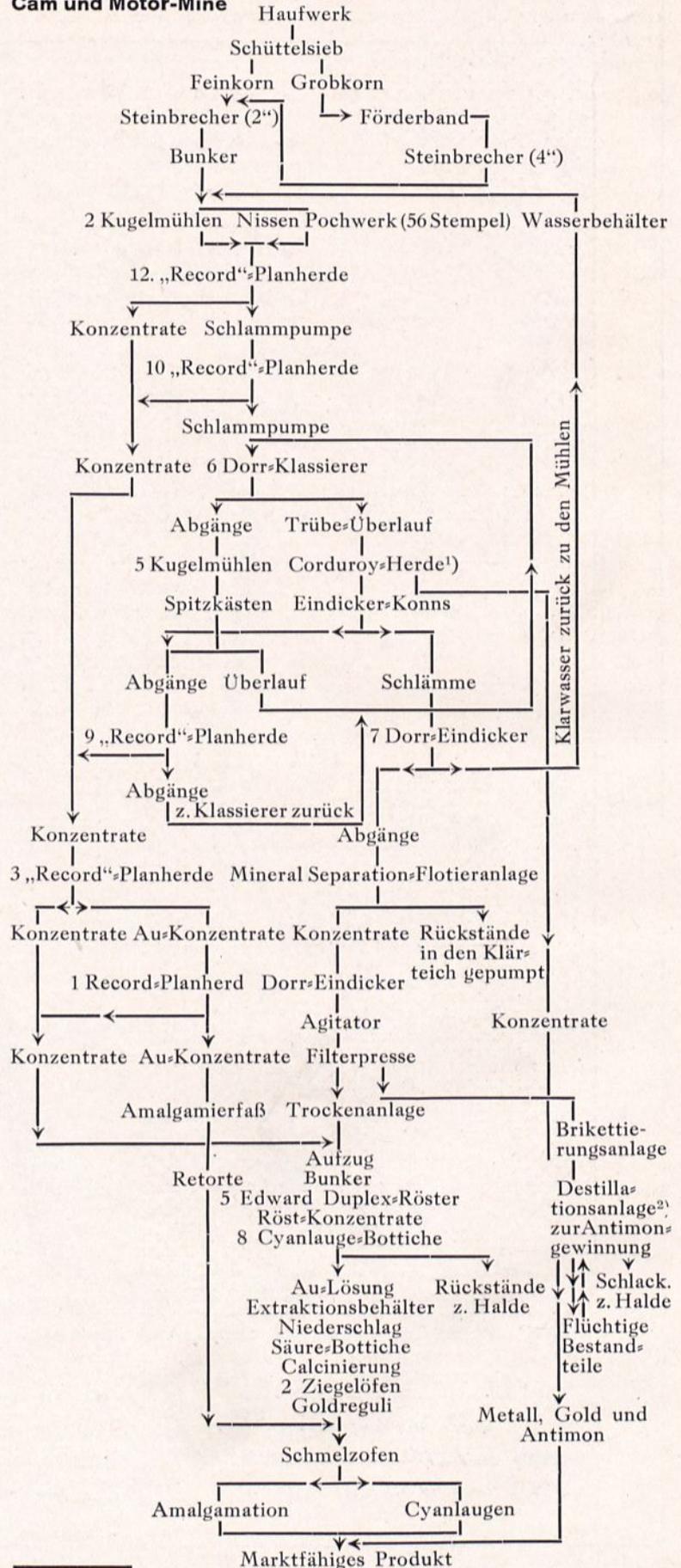
Von 1914—1929 wurden im ganzen etwa 2 500 000 t Erz abgebaut, aus denen für über 5 Mill. £ Gold gewonnen wurden. 1929 wurde 22 Prozent Dividende verteilt.

Die *Globe und Phoenix-Mine*, unmittelbar bei Que Que, an der Strecke Bulawayo-Salisbury. Sie liegt an steileinfallendem Kontakt des Granits gegen eine 0,5—1 km schmale, lange Scholle von Basement-Schichten, jenseits der noch einmal ein langer schmaler Aufbruch von Granit ansteht. Es sind mehrere Gänge vorhanden. Der *Globe Gang*, auf dem vor 1906 gebaut wurde, der aber seitdem verlassen ist, liegt ganz im Granit. Die *Phoenix-Gangzone* liegt in den tieferen Sohlen im Granit. Sie fällt nach derselben Richtung aber weniger steil als der Kontakt ein und setzt deshalb auf den obersten Sohlen in die Basement-Schichten über, denen sie ungefähr parallel verläuft. Wir konnten die Sohle befahren, wo wegen des unregelmäßigen Kontaktes die Gangzone teils noch im Granit, teils schon in den Schiefen verlief. Hier am Kontakt sind die alten basischen Eruptivgesteine der Basement-Schichten in Gesteine umgewandelt, die im wesentlichen aus Magnesit, Talk, Chromglimmer und Quarz bestehen. Je nach dem Verhältnis dieser Mineralien zueinander sind Magnesitschiefer, Talkmagnesitschiefer, Talkschiefer und Chromglimmerschiefer vorhanden, die schichtig sich abwechseln. Der Granit am Kontakt ist feinkörnig-aplitisch. Eine Reihe granitporphyrischer Ganggesteine stehen in engster Beziehung zu den Erzgängen. Diese sind gut absätzig, echte Spaltengänge, aber immer mit mehreren Aufreißungen und mehreren Generationen. Die älteste Generation ist tauber Quarz und Kalkspat, dann erfolgt auf denselben Spalten die Intrusion der Porphyrgänge. Ein weiteres Aufreißen, oft mit schief durch die erste Generation durchsetzenden Salbändern brachte den Absatz von Goldquarz und Antimonglanz. Eine vierte Generation endlich ist durch reiche, quarzfreie und goldführende Antimonglanzmittel gekennzeichnet. Der Goldquarz ist dicht, gebändert, und enthält sehr viel sichtbares Freigold, meist unmittelbar an den Salbändern.

Von 1900—1928 wurde über 2 Mill. t Erz abgebaut, aus denen 62 000 kg Gold gewonnen wurde. Das entspricht einem Durchschnittsgehalt von 31 g/t.

Die *Gaika-Mine* liegt nur etwa 1,5 km südlich von *Globe und Phoenix*, ebenfalls am direkten Kontakt derselben langen, schmalen Basementschieferscholle gegen den Granit. Die goldführende Zone ist ein ganzes Netzwerk von Gängen, Quertrümpchen, mineralisierten Ruschelzonen und Nebengesteinsschollen. Sie liegt im Bereich der heutigen Grubenbaue noch in den Schiefen. Diese bestehen hier ebenfalls aus einer Wechsellagerung von Magnesitschiefer und Talkschiefer mit eingelagerten Linsen und Serpentin. Auch Porphyrgänge spielen als Vorläufer der Vererzung in den heutigen Gangzonen hier eine Rolle. Nach *S. C. Morgan* ist der Porphyr hier unmittelbar nach dem Granit hoch-

### Stammbaum der Aufbereitung und Verhüttung der Golderze der *Cam und Motor-Mine*



1) Feststehende Herde mit Samtbelag.

2) Wassergekühlte Verblaseöfen, ähnlich wie bei der Kupferverhüttung.

gekommen und dann erst ungefähr in derselben Spaltenzone die hydrothermalen Lösungen. Sie setzten zuerst tauben

Quarz ± Kalkspat ab, dann den goldführenden Quarz mit etwas Antimonglanz. Eine schwache Imprägnation mit Gold findet sich auch oft im unmittelbar angrenzenden Magnesit-schiefer.

Die Grubenbaue reichen bis 480 m. Von 1905—1928 wurden aus etwa 900 000 t Haufwerk 12 145 kg Gold im Wert von 1,7 Mill. £ gewonnen. Im Durchschnitt enthält also die Tonne 13 g Au.

Andere hydrothermale Lagerstätten spielen in Rhodesia nur eine geringe Rolle. Es sind einige Erzgänge ähnlich wie die Goldgänge aber mit überwiegenden Kupfererzen vorhanden. Blei- und Zinkerze fehlen schon fast völlig. Es stimmt dies gut überein mit der auch aus anderen Gegenden bekannten Metallführung „embatholithischer“ Metallprovinzen.

In der Gegend zwischen Gwelo und Que Que sind viele Schwerspatgänge, in denen bis zu einer Tiefe von nur 5 m 100 000 t sehr reinen Schwerspats nachgewiesen sind.

### 9. Der „Great Dyke“ und seine Lagerstätten<sup>1)</sup>

Das auffälligste Bild der geologischen Karte Süd-Rhodesiens und eine der merkwürdigsten geologischen Erscheinungen überhaupt auf der Erde ist der „Great Dyke“, jenes lange, schmale, fast schnurgerade NNO-SSW das Land durchziehende Eruptivgebilde. Bei einer Breite von 6—9 km ist seine Länge 530 km, das ist die Luftlinie Aachen—Berlin! Morphologisch enttäuscht der „große Gang“, denn er bildet meist eine flache, öfters sogar eine beinahe tischglatte, mit lichtem Busch bestandene Einsenkung zwischen zwei rand-

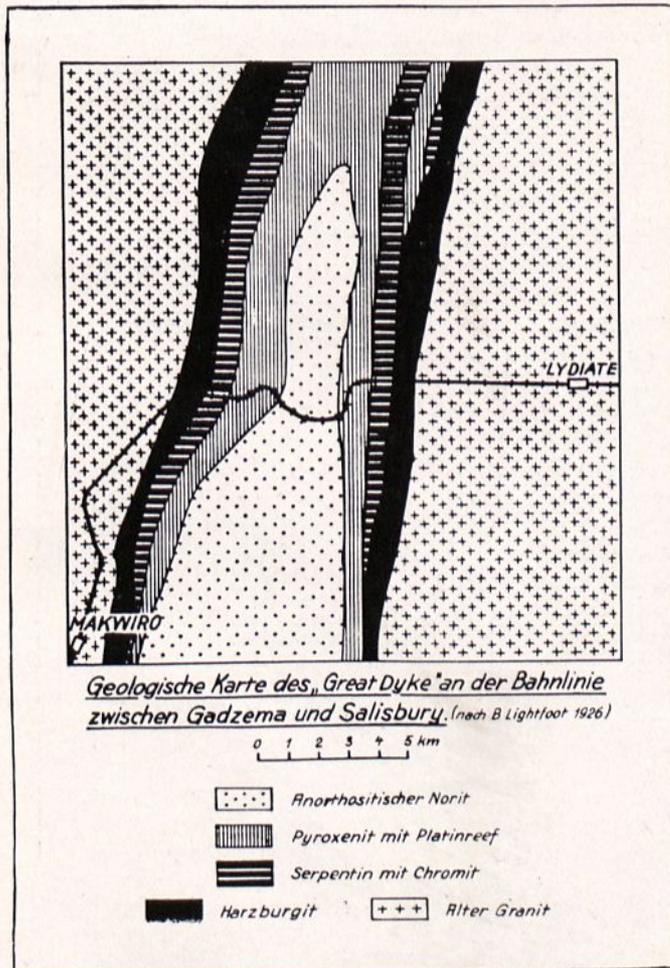


Abb. 80.

<sup>1)</sup> B. Lightfoot: Platinum in Southern Rhodesia. Geol. Surv. Rep. No. 19. 1926. 13 p. 2 Taf.  
 B. Lightfoot: Traverses along the Great Dyke of S. Rhodesia. Geol. Surv. Rep. No. 21. 1927. 8 p. 3 Taf.  
 P. A. Wagner: Platinum Deposits of the Great Dyke. In „Platinum Deposits and Mines of South Africa“. 1929. p. 247—252.

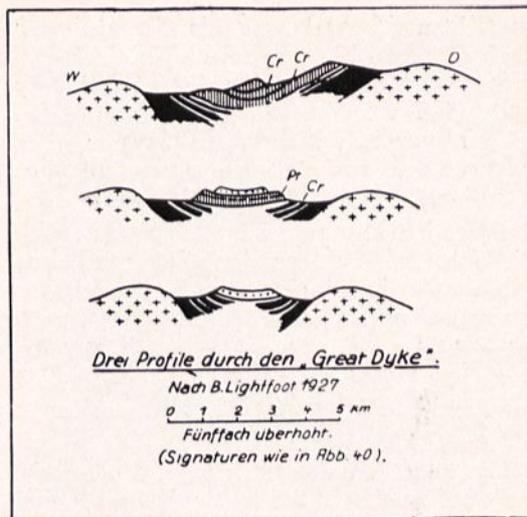


Abb. 81.

lichen Hügelzonen aus Granit. Nur in einzelnen Gegenden sind die mittleren Teile längs der Gangerstreckung ebenfalls langgestreckte Hügelreihen.

Petrographisch ist eine verblüffende Ähnlichkeit, ja oft eine völlige Gleichheit mit den Gesteinen der Noritgruppe des Bushveldes vorhanden, und zwar nicht nur im Vorhandensein der einzelnen Typen und in deren Mineralbestand, sondern auch die „Schichtigkeit“ kehrt bis ins kleinste wieder, ja sogar die Chromitbänder, einige Titanomagnetiteinlagerungen und selbst ein dem Merensky-Reef durchaus ähnliches platin- und sulfidführendes Pyroxenitband ist kürzlich gefunden worden.

Die einzelnen Gesteinsschichten liegen ganz flach muldenförmig mit der tiefsten Einsenkung längs der Mittelachse des ganzen Eruptivkörpers, wie die Profile Abb. 81 zeigen. Ein und dieselbe eruptive „Schicht“ hat aber in verschiedenen Teilen des Great Dyke eine etwas verschiedene Höhenlage, wie die Karte Abb. 80 zeigt.

Ganz allgemein besteht die liegendste „Schicht“ aus Serpentin, Harzburgit (Enstatit-Olivin-Gestein) oder Wehrlit (Augit-Olivin-Gestein), wobei die beiden letztgenannten Gesteine meist zu unterst liegen. Im Serpentin sind öfters Chromitbänder entwickelt. Dann folgt als Hauptmasse eine Schicht von augitreichem Norit oder Feldspatpyroxenit. Sie enthält das Platinreef. Zu oberst liegt streckenweise ein heller feldspatreicher oder anorthositischer Norit. Die Granitgrenzen im Osten und Westen fallen steil nach der Mitte des „Ganges“ zu ein.

Der Great Dyke hat also in seiner Form mit dem Bushveld viele Ähnlichkeit, nur ist er um ein Vielfaches mehr in die Länge gezogen. Sein Alter ist nicht ganz sicher erwiesen, doch ist er wohl dem Bushveld-Komplex gleichaltrig.

Platinlagerstätten. Etwa 6—18 m unter der Grenzfläche des augitreichen Norits gegen den überlagernden anorthositischen Norit befindet sich ein platinführender Horizont. Es ist hier eine 2,50—3 m mächtige Schicht mit Sulfiden entwickelt, in der alle genaueren Untersuchungen bis jetzt im Durchschnitt etwa 3—5 g Platin pro Tonne festgestellt haben. Das Gestein sieht genau aus wie der „pseudoporphyrische augitreiche Diagonalorit oder Feldspatpyroxenit“, der — im Bushveld als Merensky-Reef bekannt — dort die großen Platingehalte führt. Bis jetzt wurde dieser Horizont im Great Dyke immer nur in derselben Position gefunden und deshalb stellt der hangende, feldspatreiche Norit gewissermaßen den Leithorizont dar. Nach der weiten Verbreitung dieses Leitgesteins zu schließen, müssen auch außerordentlich große Mengen des platinführenden Gesteins vorhanden sein. Die größten Platingehalte sind, soweit bis jetzt untersucht wurde, in dem obersten Meter dieses „reefs“,

das wegen seiner kugeligen Absonderung als „Potato reef“ bezeichnet wird. Nach Untersuchungen der südrhodesischen geologischen Landesanstalt sind in den Konzentraten Sperryolith und Cooperit gefunden worden. Es ist noch näher zu untersuchen, ob diese Mineralien hier ebenfalls nur oberflächliche Umbildungsprodukte aus platinführendem Magnetkies und Pentlandit sind, wie es im Bushveld der Fall ist.

Innerhalb des Great Dyke kennt man 3 oder 4 langgestreckte und weitausgedehnte Gebiete, in denen der hangende, anorthositische Norit und damit auch in seinem Liegenden der Platinhorizont vermutlich entwickelt ist.

Bis jetzt ist nur eine kleine Platinmine, die Wedza Platinum Mine im Belingwe-Distrikt im Betrieb, die sich z. Z. noch im Stadium der Aufschließung und der Aufbereitungsversuche befindet.

Chromitlagerstätten. In den untersten Teilen der liegendsten Dyke-Schicht, in einem Serpentin befinden sich auch schichtige und linsenförmige Einlagerungen von Chromit. Sie werden an verschiedenen Stellen abgebaut.

### 10. Die Viktoria-Fälle des Sambesi

Die Exkursionen in Süd-Rhodesia fanden ihren Abschluß mit einem mehrtägigen Aufenthalt an den Viktoria-Fällen des Sambesi. Schon wochenlang vorher sahen wir auf allen größeren Bahnhöfen, in vielen Hotels riesengroße, schöne Photographien und Werbeplakate der Fälle, alle Reisehandbücher und unsere Fachführer verkündeten ihre Großartigkeit, wer von den Südafrikanern davon redete, tat es nur in den Tönen höchster Begeisterung, kurz wir waren einigermaßen gespannt, dieses größte afrikanische Naturwunder selbst zu sehen. Die meisten von uns Geologen und Mineralogen, die wir ja von Berufswegen schon weit herumkommen und viel sehen müssen, waren einigermaßen skeptisch einer solchen so allgemein angepriesenen Naturschönheit gegenüber, die einen zum Schluß ja meist doch nur um so mehr enttäuscht, je mehr man vorher darauf gespannt ist. Um es aber gleich zu sagen, es wurden auch die hochgespanntesten Erwartungen eines jeden weitaus übertroffen. Die Viktoria-Fälle waren für uns alle ein unvergeßliches, einzigartiges Erlebnis und einer der stärksten Eindrücke, den wir überhaupt je hatten.

Lage: Im Herzen von Zentralafrika gelegen, 1858 von Livingstone entdeckt, waren die Sambesi-Fälle vor Erbauung der rhodesischen Eisenbahn nur in wochenlangen beschwerlichen Ochsenwagenfahrten zu erreichen. Die Bahn erreichte 1904 die Fälle und seither ist das südafrikanische Bahnnetz so ausgebaut, daß man von Westen als auch von Osten die Fälle gut erreichen kann. Gemessen an europäischen Maßstäben sind allerdings die Entfernungen immer noch ungeheuerlich. Der nächste Hafen, Beira in Portugiesisch-Ostafrika, ist 1520 Bahnkilometer, Kapstadt gar 2637 Kilometer von den Fällen entfernt. Die Schnellzüge legen die Entfernung Beira—Viktoria-Fälle in 57 Stunden, die Entfernung Kapstadt—Viktoria-Fälle in 80 Stunden zurück, wozu noch 2—6 Stunden Aufenthalt in Bulawayo kommen. Die „Beira and Mashonaland and Rhodesia Railways“ haben an den Fällen in herrlicher Lage ein großes schönes Hotel erbaut, dem an Güte in ganz Südafrika nur noch einige wenige Hotels gleichkommen. Sonst wohnt niemand an den Viktoria-Fällen, der Ort Livingstone, die offizielle „Hauptstadt“ von Nord-Rhodesia, liegt 8 Kilometer von den Fällen entfernt.

Die Fälle liegen 17° 53' südl. Breite, also im tropischen Gebiet, in einer Meereshöhe von 920 m (Oberkante der Fälle). Wenn man nach tagelanger Eisenbahnfahrt vom Süden oder vom Osten her sich dem Sambesi nähert, tritt eine deutliche Änderung der Landschaft ein. Die ungeheuren 1200—1400 m hoch gelegenen Flächen mit ihren aufgesetzten Inselbergen beherrschen nicht mehr so stark das Landschaftsbild, sondern sie werden allmählich immer mehr von Schluchten

und Trockentälern zerschnitten, die Bahnlinie krümmt und windet sich hindurch und verliert immer mehr an Höhe. Die große Ebene bildet entlang dem Sambesilauf ein riesiges eingesenktes Becken, in das dann wieder die Seitentäler, Seitenbäche und Schluchten steilwandig eingeschnitten sind. Kurz vor der Station Viktoria-Fälle hat man von der Bahn aus einen prächtigen Überblick über dieses Becken, man sieht in großen Zickzackwindungen die Sambesischlucht und im Nordosten gewahrt man eine weiße Dampf Wolke in der Luft: die Fälle. Die Vegetation besteht aus dem lichten bis dichteren, halbstämmigen Busch oder Buschwald, wie er schon tagelang die Bahn begleitet mit vielen Akazienarten und Euphorbien, ohne Unterholz und mit lockeren Grasbüscheln zwischen den Bäumen. Schon von der prächtigen Terrasse des Viktoria-Fälle-Hotel aus sieht man vier bis fünf Dampfsäulen hoch in die Luft steigen und das Brausen und Rauschen der Wassermassen kann man aus 1,5 km Entfernung schon hören. Man sieht die erste tiefe Schlucht unterhalb der Fälle, über die sich die kühne und elegante 150 m hohe Eisenbahnbrücke spannt und die dann in scharfem Knick sich zur zweiten Schlucht umbiegt. Senkrecht fallen die Wände der Schluchten ab, nur wenige horizontale Bänder gliedern sie. Die Fälle selbst sieht man noch nicht vom Hotel aus. Man muß auf der ebenen Fläche noch 1000—1500 m weit bis in ihre nächste Nähe gehen, wo man immer mehr ihr betäubendes Donnern hört, bis man ihnen plötzlich gegenübersteht. Einige hundert Meter vorher ändert sich fast sprunghaft die Buschvegetation: Palmen, Lianen, Agaven, Sensivieren usw. bilden in üppigster tropischer Fülle einen beinahe undurchdringlichen tropischen Regenwald, an dessen Boden Moospolster, vermodernde Bäume und oft sogar eine echte Moorflora (wie Geh. Bergrat Prof. Dr. Keilhack aus Berlin bei unserem Besuch zum erstenmal feststellte) sich befinden. Im Gegensatz zur trockenen Hitze der Gegend,

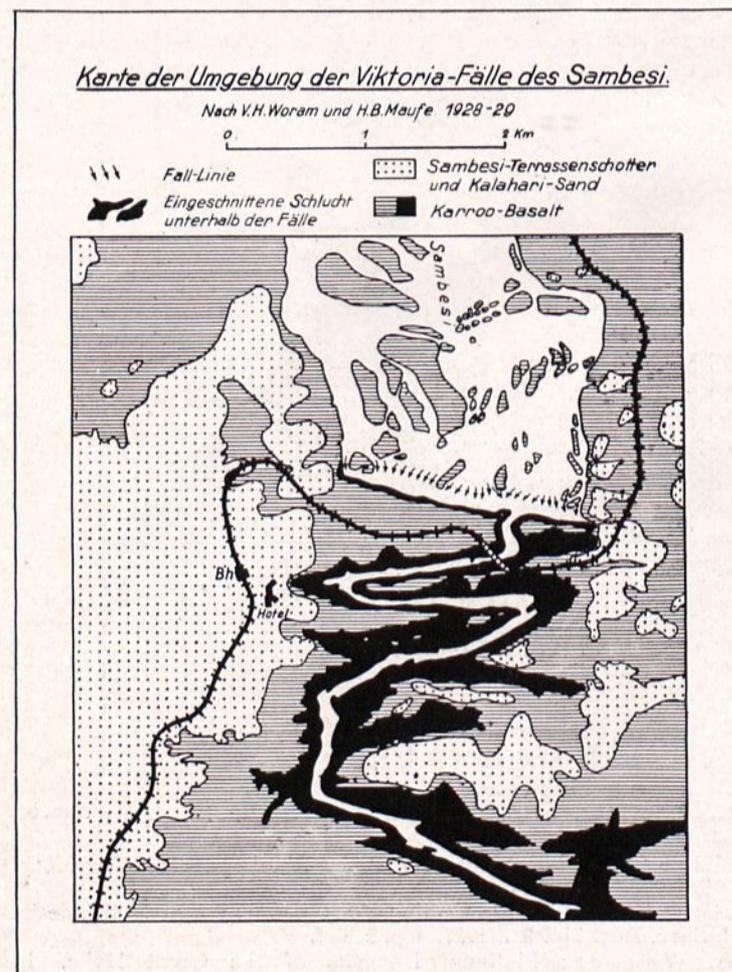


Abb. 82.

taucht man im Regenwald in eine heißfeuchte Treibhausluft und je näher man dem Fall kommt, um so mehr Regenstaub ist in der Luft, bis man endlich unmittelbar vor dem Fall streckenweise ganz im wechselnden Sprühregen steht, der einem im Nu bis auf die Haut durchnäßt und in dem die Sonne wechselnde und seltsame Regenbogen entstehen läßt.

Die allgemeine Topographie der Fälle und ihrer Umgebung geht aus der beigegebenen Karte nach W o r a m und M a u f e hervor. (Abb. 82.)

Der Sambesi fließt oberhalb der Fälle auf einer völlig flachen und ebenen Fläche langsam und ruhig dahin, in einem breit geschwungenen, ca. 2 km breiten Bett. Auch unterhalb der Fälle setzt sich als höchstgelegenes Landschaftselement noch diese Fläche völlig eben fort, aber jetzt ist in einer vielfach zickzackförmig gewundenen Schlucht der wildbrausende Fluß mit seinen Seitenschluchten 150 m tief in sie eingeschnitten. Der Fall erfolgt längs einer fast geraden Linie von 2100 m Länge in einem einzigen Sturz von 130 m, gerechnet von den beiden mittleren Wasserständen oberhalb und unterhalb des Falles. Wie tief die fallenden Wassermassen die Schlucht auserodiert haben, ist nicht bekannt aber 20—30 m dürften es wohl sein. Die über 2 km lange Fallschlucht ist nur 80—100 m breit und man kann von der gegenüberliegenden Kante meist überhaupt nicht bis zum Grund sehen. Am Hauptfall ist ein riesiges Stück der Wand in einer Platte hinuntergefallen. Hier fallen gerade die Hauptwassermassen und durch den Aufprall auf diese große, schiefliegende Platte wird ein großer Teil des Wassers zerstäubt und hoch wieder hinaufgeschleudert. Daher kommen die einzigartigen, Hunderte von Metern aufsteigenden Dampfsäulen und die so überaus wechselvollen und geisterhaften Regenbogenerscheinungen, die einen überall in der Luft umgeben. Die ganzen Wassermassen drängen sich dann in tosenden Strudeln durch ein enges Loch, dem „boiling pot“ in eine zweite unter 25° spitz gegen die erste abstoßende Schlucht, die nach kurzer Zeit wieder scharf umbiegt und so öfters noch, so daß ein zickzackförmiger Verlauf der tiefen, allmählich bis auf 250 m sich senkrecht einschneidenden Schluchten sich ergibt.

Der Felsuntergrund baut sich aus mehreren horizontal liegenden Basaltdecken der obersten Karrooformation auf. An den Fällen selbst sind 5 Decken von je 30—50 m Mächtigkeit bekannt, im ganzen kennt man deren 8. Sie bestehen in der Mitte aus dichtem, schwarzen Basalt, während ihre Ober- und Unterflächen blasig mandelsteinartig ent-



Abb. 83. Hauptfall der Viktoria-Fälle (etwa oberstes Drittel) vom Regenwald aus. (Phot. Schneiderhöhn.)

wickelt sind. Besonders die Oberkanten zeigen sehr schöne Stromoberflächen, Wulstlava, Fladenlava, Schlackenagglomerate und die Mandeln sind mit schönen Mineralbildungen, Chalzedon, Achat, Kalkspat und langen, strahligen Zeolithen, besonders Stilbit und Laumontit erfüllt. In den Basaltdecken verlaufen zwei Systeme von Spalten- und Ruschelzonen, die etwa ostnordöstlich und ost-südöstlich verlaufen und miteinander Winkel von 25—35° bilden. Die heutige Fall-Linie und Fallschlucht ist eine solche Verwerfungs- und Ruschelzone und die Schluchten unterhalb der Fälle ebenfalls. Aber auch oberhalb sind diese Zonen vorhanden, wie man sehr schön am Cataract-Island sieht und wie man auch aus der Lage der Inseln im breiten Sambesibett erkennen kann. Längs dieser weiteren Ruschelzonen findet beständig eine weitere rückwärtsgreifende Erosion statt, und eine sprunghafte Rückwärtsverlegung der Fälle nach der nächsten Ruschelzone, die nach ON—O streicht, zeichnet sich schon als Zukunftseignis in einer — geologisch gesprochen — kurzen Zeit deutlich ab.

Die Fläche selbst in der Umgebung ist mit Kalaharisand und jungen Terrassenschottern des Sambesi bedeckt, die wichtige Anhaltspunkte zur Entzifferung der von H. B. Maufe untersuchten jüngeren geologisch-morphologischen Entwicklungsgeschichte des Sambesi und der Fälle gegeben haben. In dem Terrassenschotter liegen zahlreiche Steinwerkzeuge aus zwei deutlich unterschiedenen Perioden:

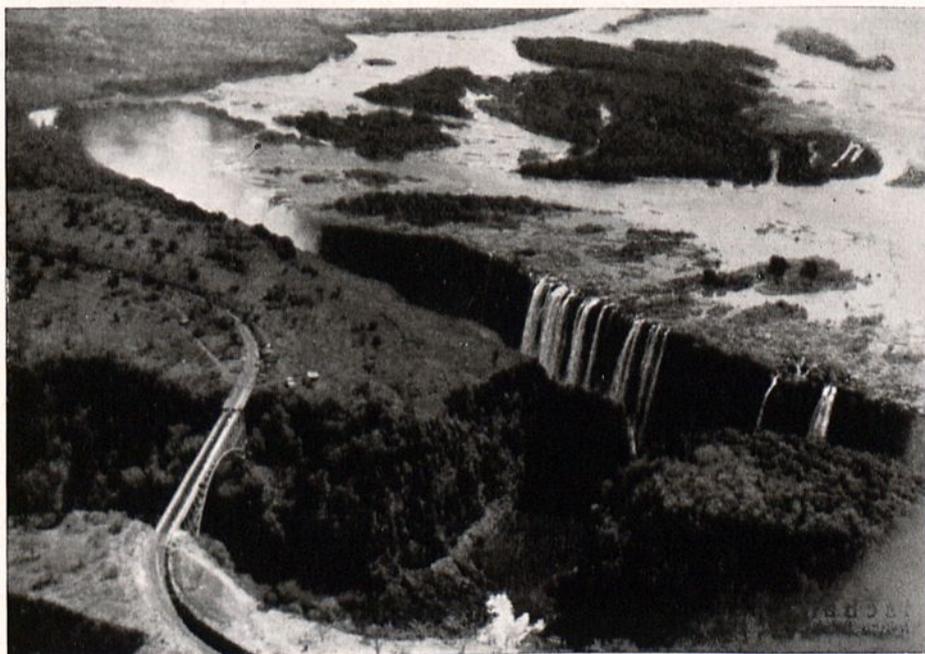


Abb. 84. Viktoria-Fälle vom Flugzeug aus. Man sieht den 2 km breiten, nicht eingesenkten Sambesilauf mit seinen zahlreichen Inseln oberhalb der Fälle, dann die einzige, fast gerade Falllinie und die Fallschlucht. Die Hauptmasse des Wassers fällt in der Trockenzeit immer mehr an der Westecke der Fälle (links im Bilde), wo ganz links der Devils Cataract, dann Cataract-Island und dann die hohen Dampfsäulen des Hauptfalles und des Regenbogenfalles gut zu sehen sind. Gegenüber hebt sich der Regenwald gut ab. Rechts vorn brechen die Wassermassen durch die Schlucht des „boiling pot“, man sieht deutlich die horizontal gegliederten 150 m hohen Basaltwände der Schlucht. Diese biegt dann ganz unten vorn scharf nach links um. Die Bahnlinie von der Station Viktoria Falls (links, nicht mehr im Bild) über die 150 m hohe Brücke läuft rechts unten aus dem Bilde Richtung Nordrhodesia. — In den Inseln des Sambesi im Hintergrund sind deutlich mehrere unter spitzen Winkeln sich kreuzende und mit den Schluchten im Vordergrund parallele Stromrinnen zu sehen, die auserodirierte Ruschelzonen sind und die in späterer Zukunft neue rückwärts verlegte Fallschluchten darstellen. (Phot. Schneiderhöhn.)

den „Early african stone age“ und den „Middle stone age“ (etwa unseren Acheuléen entsprechend).

Maufe konnte nachweisen, daß die letzten 5 Zickzack-schluchten unterhalb der jetzigen Fälle erst seit den „Middle stone age“ eingeschnitten sind.

Tagelang konnten wir uns nicht satt sehen an den ungeheuren Fällen, immer und immer wieder liefen wir an den gegenüberliegenden Steilkanten herum, kletterten in die Schluchten hinab, fuhren mit dem Kanu auf die Inseln oberhalb des Falles, wagten uns unmittelbar an die stürzenden Wassermassen heran, verloren uns in der Pracht des tropischen Regenwaldes. In der Glut des Mittags, bei auf- oder untergehender Sonne, um Mitternacht, als der Vollmond senkrecht über den Fällen stand und geisterhafte Mondregenbogen in den dämmenden Schluchten hervorzauberte, immer wieder packte uns das einzigartige Schauspiel. Ich hatte an einem Tage Gelegenheit, längere Zeit auch noch im Flugzeug über die Fälle hin und her zu kreuzen. Erst da sieht man mit einem Blick die gewaltigen Ausmaße, die drei-

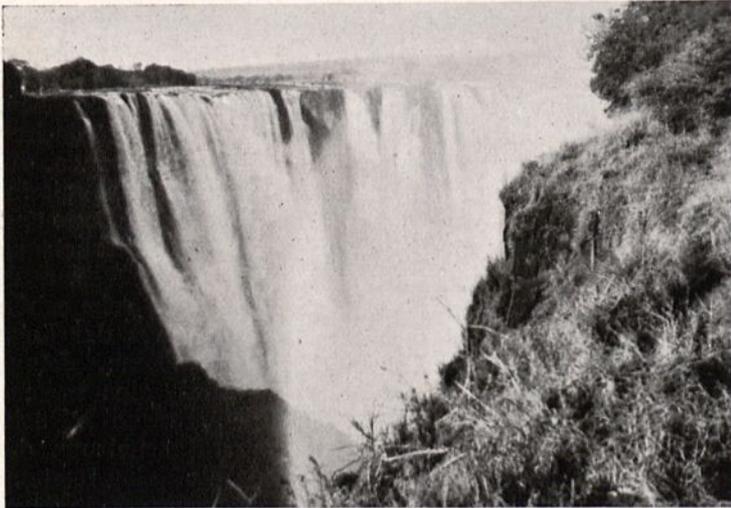


Abb. 85. Regenbogenfall der Viktoria-Fälle, Blick in die obere Hälfte der Fallschlucht, im Vordergrund ein Regenbogen, hinten Cataract-Insel. (Phot. Schneiderhöhn.)

mal größer als die Niagara-Fälle sind. Besonders klar und eindrucksvoll waren von der Höhe die Verwerfungssysteme, auch oberhalb der Fälle zu sehen.

Die Bilder Abb. 83—85 nach eigenen Photographien geben nur einen schwachen Begriff.

Die Energiemenge der Fälle wird je nach der Jahreszeit auf 250 000—600 000 PS geschätzt. Vor längeren Jahren hat sich zur Ausbeutung dieser Energie die „Victoria Falls and Transvaal Power Co., Ltd.“ gebildet, welche die rhodesischen und besonders die transvaalischen Gruben und Betriebe mit elektrischer Energie versorgt. Doch ist man davon abgekommen, die Viktoria-Fälle auszunutzen, in erster Linie, weil die Übertragung der hochgespannten Ströme unter den klimatischen Bedingungen auf die langen Entfernungen zu große Verluste verursacht. Neuerdings tritt auch immer mehr der in Südafrika kräftig erwachende Naturschutz in den Vordergrund und es dürfte heute ein Projekt zur Industrialisierung der Fälle auch aus diesem Grunde auf große, wenn nicht überwindliche Schwierigkeiten stoßen.

## V. Nord-Rhodesia

Der Sambesi bildet die Grenze zwischen Süd- und Nord-Rhodesia und an den Viktoria-Fällen endete die südrhodesische Kongreßexkursion. Eine kleine Gruppe schloß sich einer weiteren Exkursion durch Nord-Rhodesia an, besonders zum Studium der Blei-Zinklagerstätte von Broken Hill und der nordrhodesischen Kupferlagerstätten.

## 1. Allgemeiner Überblick

Nord-Rhodesia fällt völlig in die Tropen (18—8° südl. Breite). Es gehört zum großen Teil zur zentralafrikanischen Hochfläche zwischen 1100—1200 m Meereshöhe und bildet die Wasserscheide zwischen Kongo und Sambesi. Diese Fastebene muß recht alt sein und man findet über große Gebiete einen dicken Mantel von Verwitterungsprodukten und roten Flugsanden. Nur einzelne härtere „Kopjes“ und Rücken anstehenden widerstandsfähigen Gesteins ragen als Inselberge heraus.

Ein oberflächliches Entwässerungssystem, welches wenigstens in der Regenzeit und kurze Zeit darnach auch oberflächlich fließendes Wasser führt, ist entsprechend der größeren Regenhöhe über das ganze Land hin entwickelt, meist als flache, grasbestandene, z. T. sumpfige breite Depressionen, welche als „Dambos“ bezeichnet werden (im Aussehen beinahe mit den „Omurambas“ in Südwestafrika zu vergleichen, vielleicht besteht auch ein etymologischer Zusammenhang beider Worte). Der Hauptfluß Kafue führt das ganze Jahr über reichlich Wasser.

Gegen Nordosten und Osten endlich stellen sich auch rasch sich eintiefende, z. T. bis 30 km breite und 300—400 m tief eingeschnittene Senken ein, die zu den Flüssen Luano, Loangwa und Lukushashi führen und damit zum ostafrikanischen Grabensystem entwässern.

Eine Eigentümlichkeit, die ihre größte Verbreitung anscheinend in Nord-Rhodesia und im südlichen Kongogebiet hat, sind die ungeheuer vielen und erstaunlich großen Termitenhügel. Sie werden 5—10 m hoch und sind an der Grundfläche oft 20 m breit. Auf stundenlangen Autofahrten zählte ich sie einigemal und konnte alle 60—80 m einen solchen Riesen Hügel beobachten. Die Tätigkeit der Termiten ist in dieser Gegend von einer ganz enormen Bedeutung für die intensive Umlagerung und Umarbeitung der oberen, lockeren Bodenschichten.

## 2. Geologie

Die Geologie von Nord-Rhodesia<sup>1)</sup> ist nicht so eingehend bekannt wie die der Gegenden weiter südlich. Große Gebiete werden wieder eingenommen von den alten archaischen Graniten und Gneisgraniten mit darauf schwimmenden größeren oder kleineren Schollen der Basement-Schichten. Die Sambesi-Furche enthält auch auf nordrhodesischem Gebiet einen breiten Streifen Karroogesteine, Schiefer und Sandsteine sowohl als auch die Basaltdecken.

Im Norden endlich liegen über dem Granit und seinen Dachschollen diskordant und in sich wieder mäßig bis stärker gefaltete getrennte Synkinalreste von uralten, terestrischen Sedimenten. Sie gehören der Hauptsache nach einer mächtigen, als „Bwana M'Kubwa-Serie“ bezeichneten Schichtenfolge an. Diese ist als Trägerin der nordrhodesischen Kupferlagerstätten von ganz besonderer Bedeutung. Zwei darüber liegende, ebenfalls ganz alte Gruppen werden als „Christmas“ und „Kundelungu-Serie“ bezeichnet. Alle drei zusammen bilden die jungkongonische „Katanga-Formation“. Sie dürfte wahrscheinlich mit der Transvaal-Namagomogundi-Formation gleichaltrig sein.

## 3. Die Blei-, Zink- und Vanadium-Lagerstätten von Broken Hill<sup>2)</sup>

Die Basement-Schichten in Nord-Rhodesia unterscheiden sich von denen in Süd-Rhodesia durch das fast völlige Zurücktreten der hochmetamorphen ehemaligen Eruptivgesteine. In der Hauptsache bestehen sie aus Glim-

<sup>1)</sup> J. A. Bancroft und R. A. Pelletier: Notes on the general geology of Northern Rhodesia. Int. Geol. Congr. 1929. Guide Book, Exc. C. 22. 1—12.

<sup>2)</sup> R. A. Pelletier: The zinc, lead and vanadium deposits of Broken Hill. Intern. Geol. Congr. 1929. Guide Book, Exc. C. 22. 13—16. Ferner Karten und Mitteilungen der Minenverwaltung.

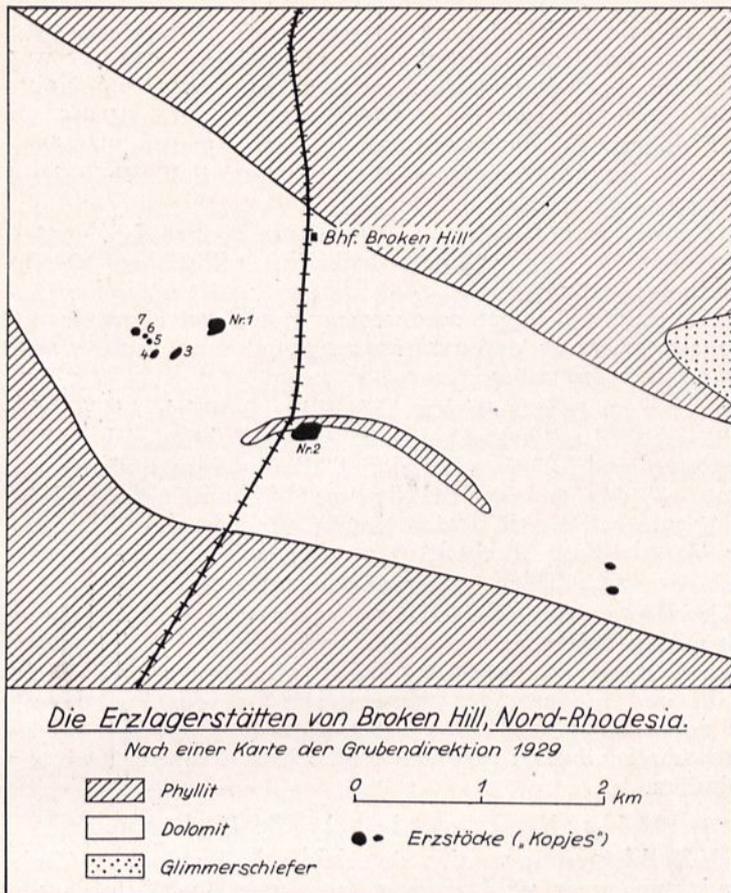


Abb. 86.

merschiefer, Quarzschiefer und Quarziten. Vielerorts liegen auf ihnen ohne erkennbare Diskordanz Schiefer und Phyllite mit zwischengelagerten dolomitischen, kristallinen Kalken. Sie sind etwas weniger stark metamorphosiert als es in den eigentlichen Basement-Schichten die Regel ist und wurden deshalb auch schon als eigene „Broken Hill-Serie“ ausgeschieden. Sehr wahrscheinlich sind sie aber auch noch zu der ganzen Gruppe der Basementschichten zu rechnen. Jedenfalls sind sie noch älter als der alte Granit und werden von ihm intrudiert und kontaktlich verändert.

In den dolomitischen Gesteinen dieser Serie setzen nun die großen Blei-, Zink- und Vanadiumlagerstätten auf.

Die Gegend ist völlig flach und unvermittelt ragen bei Broken Hill eine Anzahl steiler, zerklüfteter „Kopjes“ 20–40 m hoch auf. Sie befinden sich meist in einem NW-SO-streichenden Dolomitband, das beiderseitig von Schiefen begrenzt wird (vgl. geol. Karte Abb. 86). Diese Kopjes bestehen der Hauptmasse nach aus oxydischen Zink- und Bleierzen, Quarz und Brauneisen und lokal auch Blei-Zink-Vanadaten. Sie haben ein sehr charakteristisches, zellig-kavernöses Gefüge. Brauneisen und dichte „jasperoide“ Kieselsäure durchtränkt die ganze Masse. In den Drusen und Hohlräumen sitzen schöne und wohlausgebildete Kristalle von Cerussit, Kieselzinkerz, Pyromorphit, Desclozite ( $Pb-Zn$ -Vanadat), ferner seltene Zinkphosphate, wie Tarbuttite, Hopeite, Parahopeite, sie haben

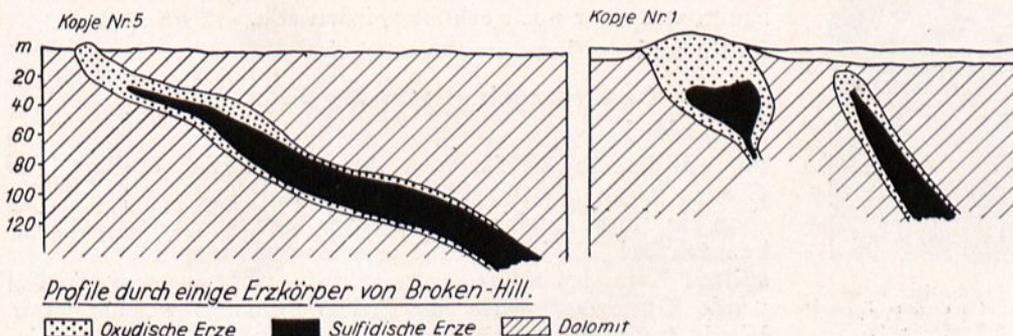


Abb. 87.

Broken Hill zu einem berühmten Mineralfundpunkt gemacht. Die ganze Masse der Kopjes enthält wohl 30–50 Prozent  $Pb + Zn$ . Sie stellt den Eisernen Hut sulfidischer Erzkörper dar, die in größeren Tiefen teils durch Tiefbau aufgeschlossen, teils schon erbohrt sind. Sehr interessant sind die Formen und die Tiefenfortsetzungen der Oxydationszone. Die Erzkörper setzen in Dolomit, also in einem auflöselichen Gestein auf, in dem die Wasserzirkulation an Spalten und Hohlformen, nicht wie im durchlässigen Gestein, an einen durchgehenden Grundwasserspiegel geknüpft ist („Karsthydrographie“). Die Grenzflächen der Erzkörper waren bevorzugte Zirkulationsbahnen, die durch die fortschreitende Oxydation der Sulfide noch erweitert wurden. Von ihnen aus drang die Oxydation seitwärts, nicht wie es bei einem durchlässigen Gestein die Regel ist, abwärts. Somit sind die sulfidischen Erzkörper allseitig bis in große Tiefen von einem Mantel von Oxydationserzen umgeben. Es herrschen hier in dieser Beziehung dieselben Verhältnisse wie auf der Tsumeb-Mine, auf der ich 1916/17 zum ersten Male die Gestalt und Ausbildung einer derartigen Oxydationszone einer sulfidischen Erzlagerstätte im auflöselichen Nebengestein genau studieren und aus der Karsthydrographie ableiten konnte<sup>1)</sup> Die sulfidischen Erze bestehen aus einem mittelkörnigen Gemenge aus Bleiglanz und Zinkblende, mit sehr wenig Kupferkies und fast gar keinen Gangarten. Sie fangen in einigen Kopjes schon 30 m unter dem Niveau der Fläche an, aber stets ist ein schmaler Mantel oxydischer Erze bis in die größten, im Abbau bekannten Tiefen (etwa 170 m) vorhanden.

Die bis jetzt in größerer Tiefe bekannten Erzkörper stehen nicht senkrecht, sondern schieben z. T. sehr flach ein auf den Schichtfugen des Dolomits. Auch eine nicht zutage austretende Erzsäule hat man gefunden. (Abb. 87.)

Ein besonderes Wort muß noch über die Phosphat- und Vanadat-Mineralien und über die Herkunft des Phosphors und des Vanadiums gesagt werden. Die Zinkphosphate kommen nur in großen Höhlen vor, die am Rande der Erzkörper aufsetzen und mit Sand und Nebengesteinsbruchstücken erfüllt sind, die z. T. 30, 40, 50 m tief herunterreichen. In der Höhlenfüllung liegen öfters zahlreiche Knochen von Wirbeltieren, die mehr oder weniger zersetzt sind oder auch mit Zinkphosphaten und Pyromorphit inkrustiert sind. Die Höhlenwände und der Schutt sind ebenfalls mit den Phosphaten und auch anderen oxydischen Zink- und Bleierzen besetzt und verkittet. In einer dieser Höhlen war es, wo am 17. Juni 1921, zusammen mit riesigen Mengen von Tierknochen und Steinwerkzeugen ein menschlicher Schädel ohne Unterkiefer gefunden wurde, der so berühmt gewordene *Homo rhodesiensis*, wohl die „primitivste, bisher bekanntgewordene Form, die zwischen dem Pithecanthropus und dem europäischen Neandertal-typus steht<sup>2)</sup>. Die Knochenhöhle in ihrem heutigen, noch ziemlich gut konservierten Zustand zeigt Abb. 88.

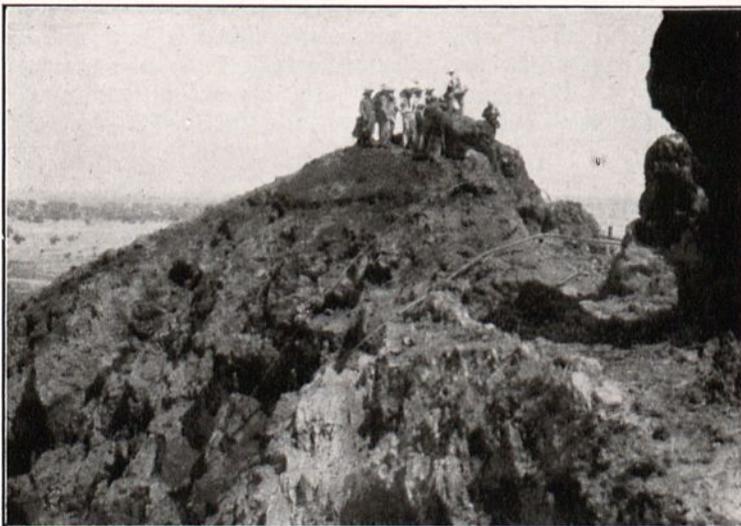
<sup>1)</sup> H. Schneiderhöhn: Die Oxydations- und Zementationszone in sulfidischen Erzlagerstätten. Fortschritte d. Mineralogie. 1924. 9. 67–100, bes. 83–85.

<sup>2)</sup> Vgl. F. Weidenreich: Tatsachen, Legenden und Theorien über den „Duck“-Menschen von Rhodesien. Naturwiss., 1929, 17. 233–238.



**Abb. 88.** Broken Hill. Tagebau am Rande von Kopje I. In der Mitte des Bildes ist die etwa 25 m tiefe Höhle, auf deren Grund der Schädel des *Homo rhodesiensis* gefunden wurde. Die Wände bestehen aus schwach mit Zinkkarbonaten und -silikaten vererztem Dolomit. (Aufn. Schneiderhöhn)

Nach allen Beobachtungen und wie uns von unserem Führer in Broken Hill auch gesagt wurde, stammt zweifellos der Phosphor all dieser Schwermetallphosphate aus den Knochen der Tiere und auch der Menschen in diesen Höhlen. Und nun das Vanadium! Ebenso wenig wie die primären sulfidischen Erze hier einen Phosphorgehalt besitzen, so kann man auch kein Vanadium in ihnen nachweisen. Aus früheren Beobachtungen im Otavibergland und im Schwarzwald hatte ich auch bei solchen Vanadaten vermutet, daß das Vanadium aus einem in seinen Einzelheiten noch nicht erkannten biogenen Kreislauf und Anreicherungsprozeß stamme. Es war mir sehr interessant, daß unser Führer Dr. R. A. Pelle



**Abb. 89.** Broken Hill. Spitze von Kopje II. Besteht aus sehr hochhaltigen karbonatisch-silikatischen Zinkerzen. Die zelligen Wände im Vordergrund sind mit schönen Pyromorphitkristallen besetzt. Im Hintergrund die ebene Fläche, aus der die „Kopjes“ sich steil erheben. (Aufn. Schneiderhöhn.)

tier in seiner Erläuterung genau dieselbe Theorie vertrat und daß verschiedene amerikanische Forscher uns für analoge amerikanische Lagerstätten ebenfalls zustimmten. Jedenfalls ist der Kreislauf und die Anreicherung des Vanadiums an der Erdoberfläche ein ganz besonders interessantes Problem, über das im Gange befindliche Arbeiten hoffentlich bald besseres Licht verbreiten.

Die primären Lagerstätten von Broken Hill stellen hydrothermale Verdrängungskörper im auflöslichen Nebengestein dar, entlang dessen Schichtflächen und Absonderungsklüften, die Erzlösungen stammen wohl aus dem alten Granit. Bemerkenswert ist, daß die Erze kein Kadmium und nur sehr wenig Silber enthalten.

Der Abbau geht zunächst über Tage vor sich, bis an der Stelle der steil aufragenden Kopjes tiefe, mächtige eingesenkte Tagebaue sind. Dann wird der Tiefbau eröffnet, der heute schon auf den meisten Erzkörpern stattfindet. Kopje I ist völlig entfernt. Kopje II steht nur noch in Resten (Abb. 89). Die Verarbeitung geschieht nach den drei Sorten getrennt, die schon beim Abbau ausgehalten werden:

#### I. Silikatische und karbonatische Zinkerze (mit wenig Bleierzen)

Nach Zerkleinerung wird mit  $H_2SO_4$  gelaugt, dann wird  $SiO_2$  gefällt und filtriert (der schwierigste Teil des Prozesses!); aus der Lösung wird Zink elektrolytisch gewonnen, in der ungewöhnlich hohen Reinheit von 99,987 Prozent, frei von Kadmium.

#### II. Sulfidische Zinkblende-Bleiglanzerze.

Nach Zerkleinerung werden sie selektiv flotiert und ein Zinkblendekonzentrat wird erzeugt, aus dem im Röstofen un-  
reines Zink gewonnen wird.



**Abb. 90.** Broken Hill. Hütte und Aufbereitung von Kopje I aus. (Aufn. Schneiderhöhn.)

#### III. Vanadiumerze.

Nach Zerkleinerung wird auf Schüttelherden ein Konzentrat mit 16–20 Prozent  $V_2O_5$  erzeugt, das zur Zeit noch nach England geschickt wird. Eine Ferrovanadinanlage soll gebaut werden.

Zur Zeit wird 900–980 t Elektrolyt-Zink pro Monat erzeugt, was aber noch erhöht werden soll.

Hütte und Aufbereitung zeigt Abb. 90.

### 4. Das Kupfererzgebiet von Nord-Rhodesia

#### 1. Überblick.

Im nördlichsten Teile von Nord-Rhodesia, entlang der Grenze gegen die Provinz Katanga von Belgisch-Kongo, ist eben ein Kupferbezirk im Entstehen, der zu den größten bekannten gehört, ja der mit den anstoßenden Kupferlagerstätten Katangas schon heute als die größte zusammenhängende Kupferlagerstätte der Erde bezeichnet werden kann. Wenig ist seither darüber bekannt geworden, fast nur Ge

rüchte und Legenden, aber bis Mitte vorigen Jahres keine authentischen Veröffentlichungen. Neben der überragenden Ausdehnung der Lagerstätten und der hochinteressanten Genesis der Kupferanreicherungen machen noch zwei Umstände diese Lagerstätten besonders reizvoll: sie wurden aus den unscheinbarsten äußeren Anzeichen nur durch logische und sachgemäße wissenschaftliche Schlußfolgerungen gefunden und ihre Erschließung wurde mit den größten Geldmitteln, in einzigartig großzügiger und systematischer Weise, auf wissenschaftlicher Grundlage in Angriff genommen.

Die nordrhodesische Kongreßexkursion war einige Tage im Kupfergebiet. Die Besichtigungen waren in glänzendster Weise organisiert. Ich folgte dann nach der Rückkehr aus Katanga einer freundlichen Einladung des Chefgeologen des Rhodesian Selection Trust, Herrn Dr. Anton Gray, und studierte einen großen Teil der Lagerstätten noch näher. In bereitwilligster Weise wurden mir alle Auskünfte erteilt, ich erhielt Einblick in die neuen Bohrungen, Karten, Profile, Analysen und Berichte, konnte soviel Proben sammeln, wie ich wollte und alle mich interessierenden Punkte besuchen. Überall, wo die Erschließungskolonnen, Versuchsbetriebe und die beginnenden Bergbaue, z. T. noch mitten im jungfräulichen Busch, hausten, wurde ich aufs gastfreundlichste aufgenommen und allen Herren auf den verschiedenen Betriebspunkten schulde ich herzlichen Dank!

Die ersten zusammenfassenden authentischen Veröffentlichungen<sup>1)</sup> über das Gebiet waren gerade zum Kongreß erschienen und wurden uns überreicht. Sie sind unten angeführt und ihnen entnehme ich den Hauptteil der folgenden Angaben. Viele weitere, wertvolle Angaben verdanke ich den freundlichen Führern auf den langen Touren und Besichtigungen, insbesondere dem Chefgeologen der Gesellschaften Dr. J. A. Bancroft, Dr. A. Gray, Dr. D. A. Davidson, Dr. C. Sharpstone, Major D. Gilchrist und den Direktoren der einzelnen Minen. Auch dem Gedankenaustausch mit meinem Begleiter auf den privaten Exkursionen, Herrn Prof. F. L. Ransome (Pasadena, Cal.), verdanke ich manche wertvolle Anregung.

Im Ganzen konnte ich dem nordrhodesischen Kupferbezirk etwa zwei Wochen widmen, die infolge der erwähnten großartigen Unterstützung und im Verein mit der Durcharbeitung der großen mitgebrachten Sammlungen mir einen guten Einblick in die Vorkommen verschafften.

## 2. Geologische Grundzüge.

Im allgemeinen großen Überblick unterscheidet sich der geologische Aufbau im nördlichen Teil von Nord-Rhodesia nicht wesentlich von dem südlichen Teil und von Süd-Rhodesia. Auf die einfachste Formel gebracht, stellt er sich folgendermaßen dar: Schwimmende Schollen und Reste hochmetamorpher Basement-Schichten, durchdrungen von altem Granit, beides „Primärformation“ bildend; über beiden diskordant in einzelnen synklinalen Denudationsresten eine mächtige Serie eingefalteter und schwächer metamorphosierter, terrestrischer Sedimente, zusammengefaßt als „Katanga-Formation“, die in stratigraphischem Aufbau, tektonischer Stellung und vielfach auch in ihrer petrographischen Fazies manche Ähnlichkeiten mit der Lomogundi-Formation Süd-Rhodesias und der dieser gleichaltrigen Transvaal-Nama-Formation Südafrikas und Südwestafrikas besitzt. Die im allge-

<sup>1)</sup> Mining Developments in Northern Rhodesia. Prep. by Rhodesian Anglo American, Ltd. Febr. 1929. 63 p. 3 Karten, 11 Abb. A. Gray: An outline of the geology and ore deposits of the N'Kana-Concession. D. C. Sharpstone: An outline of the geology and development of the Roan Antelope Mine. — London, April 1929. 75 p. 10 Taf. 11 Abb. J. A. Bancroft and R. A. Pelletier: Notes on the general geology of Northern Rhodesia. Int. Geol. Congr. Guide Book. Exc. C. 22, 1922. 40 p. A. Bateman: The Rhodesian Copper Deposits. Canadian Mining and Metallurgical Bulletin 1930. 37 p. Ferner zahlreiche Berichte und Angaben aus dem „Rhodesian Mining Journal“ der letzten Jahre (bis 15. April 1930).

meinen ungefähr konkordanten Glieder dieser Formation werden, ebenso wie weiter südlich, so auch in Nord-Rhodesia, in verschiedene „Serien“ eingeteilt, hauptsächlich nach petrographischen Gesichtspunkten. Nach Auffassung der nordrhodesischen Geologen soll nur ein Teil des Granits älter sein, d. h. der „Primärformation“ angehören. Ein anderer Teil, der allerdings sich äußerlich nicht von ersterem abtrennen läßt, ist nach ihrer Ansicht jünger als die Schichten der Katanga-Formation. Ein Horizont ziemlich tief an der Basis der untersten Serie dieser Katanga-Formation ist nun der Erzträger: er ist schichtig, überall, wo er vorhanden ist, außerordentlich weitreichend und ganz auffällig regelmäßig mit Kupfersulfiden vererzt.

Dies die ganz großen Züge.

Die Einzelformationen müssen kurz besprochen werden, da sie für die Kupferlagerstätten und ihre Genesis große Bedeutung haben.

## 3. Primärformation (Basementschichten und alter Granit).

Die Basementschichten sind auch hier wurzellose Schollen von der auch in südlicheren Gebieten üblichen petrographischen Vielgestaltigkeit: Quarzite, Quarzglimmerschiefer, Glimmerschiefer bilden den Großteil und waren einstmals Sedimente, daneben sind Gebiete mit injizierten Mischgneisen und Augengneisen und als Äquivalent uralter Eruptiva Chloritschiefer und Hornblendeschiefer vorhanden. Stark metamorphosierte, rein körnige Katagesteine liegen vor in Granat-, Disthen- und Andalusitgneisen. Endlich sind auch Konglomeratgneise und gebänderte Eisensteine vorhanden.

Die metamorphe Fazies ist nicht überall gleich, wie schon vorher hervorgehoben wurde. So gehören zu der Basementgruppe auch die etwas weniger metamorphosierten Phyllite, Schiefer und Dolomite der Broken Hill-Serie.

Die Basementschichten nehmen im nördlichen Nord-Rhodesia anscheinend ein größeres Gebiet ein als weiter südlich, aber überall ist ihre Wurzellosigkeit augenscheinlich, alle schwimmen auf dem Granit.

In den Basementschichten, besonders in der höheren Broken Hill-Serie, sind überall zahlreiche kleine Kupfererzgänge und Kupferverdrängungslagerstätten bekannt. Sie sind lokal bauwürdig, wenn sie auch nur kleine Lagerstätten darstellen. In ungeheurer Zahl sind unbauwürdige Quarzgänge mit Pyrit und wenig Kupferkies bekannt, die überall die Schichten durchsetzen. Endlich sind auch zahlreiche, aber stets arme Goldquarzgängchen vorhanden, die bis in den Granit hinabreichen.

An und für sich sind alle diese Lagerstätten in der Primärformation des nördlichen Nord-Rhodesia ganz bedeutungslos. Über die außerordentlich wichtige Rolle, die sie meiner Ansicht nach für die Ausbildung der jüngeren Kupferlagerstätten der Katanga-Formation spielen, wird später erst etwas zu sagen sein.

Der alte Granit („M'Kushi-Granit“) ist auch hier teils körnig, teils gneißig entwickelt. Auf Altersunterschieden dürfte dies weniger beruhen als darauf, daß die körnigen Teile reineren, inneren Magmentteilen entsprechen, während in den gneißigen Teilen die Injektion und völlige Durchtränkung und Aufschmelzung der Basementschichten mit Granitmagma vorliegt. Erstere kommen auch meist weiter innen in den Granitmassen vor, während letztere nach den Basementkontakten zu häufiger werden.

## 4. Bwana M'Kubwa- oder Roan-Serie.

Die tiefsten Schichtglieder der diskordant auf den Basementgesteinen und dem alten Granit der Primärformation auflagernden Katanga-Formation werden von Bancroft als Bwana M'Kubwa-Serie, von Gray, Sharpstone u. a. als Roan-Serie bezeichnet. Die Fazies ist überall, wo man diese Serie in Nord-Rhodesia bisher kennt, dieselbe; die

ungefähre Schichtfolge stimmt auch überall überein, während die Mächtigkeiten und die petrographische Beschaffenheit im einzelnen schon auf kurze Entfernungen in weiten Grenzen schwanken können, Erscheinungen, die bei dieser Art Fazies durchaus üblich sind.

a) Die Serie beginnt mit einer sehr wechselnd mächtigen Folge von Feldspatsandsteinen, Feldspatquarziten und Arkosen mit einzelnen Geröllen, Geröllbänken oder Konglomeratlagen, auch oft mit echten „Fanglomeratlagen“. Sie sind in selteneren Fällen 20 m, meist zwischen 60 und 120 m mächtig. Ein Grundkonglomerat über dem Granit bzw. den Basementschiefern fehlt mit Ausnahme einiger Stellen fast immer. Vielmehr entwickeln sich meist die Sedimentschichten unmittelbar aus dem liegenden Primärgestein als deren eluvialer unklassierter Schutt, und auf 1–2 m gehen beide ganz allmählich ineinander über. Ich konnte derartige Profile an lückenlosen Bohrkernen hervorragend in der N'Changa-Mulde studieren, auch in Roan Antelope reichen schöne Aufschlüsse unter Tage bis in den Gneis. Erst weiter nach oben werden die Gesteine etwas gleichmäßiger, bleiben aber immer noch recht grob und verhältnismäßig wenig klassiert. Stets sind durch die ganze Folge dort sehr viele frische Feldspäte in ihnen, Kreuzschichtung kommt oft vor und öfters sieht man kleine fossile „Seifen“ von klastisch angereicherten Eisenerzen in den Bändern. Ab und zu sind Geröllbänke oder mächtigere Konglomeratlagen entwickelt. Auch gutgerundete Einzelgerölle der unterlagernden Gesteine kommen vor. Im allgemeinen ist aber Schichtung und Bankung nur undeutlich ausgeprägt. Nach oben hin, gegen die erzführende Lage, tritt fast überall ein Konglomeratband ein, das „footballconglomerate“.

b) Durch mehrere Merkmale ist die nächste Folge, der Kupferhorizont, scharf vom Liegenden geschieden. Eine Schichtigkeit, öfters sogar eine Dünnschichtigkeit bis dünnstufige Entwicklung ist stark ausgeprägt, die Gesteine sind größtenteils viel gleichmäßiger, die Korngröße ist wesentlich geringer, die Gemengteile sehr gut klassiert. Mineralogisch nimmt der Feldspatgehalt stark ab und der Glimmergehalt sehr stark zu; lagig angereichert oder über größere Abschnitte sparsam eingesprengt kommen Karbonate, meist Dolomit, vor. Der ganze Horizont ist 6–36 m mächtig und ist meist über die ganze Mächtigkeit mit Kupfersulfiden und Kupfereisensulfiden imprägniert. Allerdings enthält meist nur ein Teil der Schichten über 2 Prozent Cu und wird damit zur Zeit als abbauwürdig angesehen. Nähere Angaben über den Erzhorizont werden bei den einzelnen Grubenbezirken gemacht.

c) Die Schichten darüber ähneln den Erzgesteinen zunächst noch sehr. Es sind feldspat- und glimmerführende Sandsteine und Quarzite mit einzelnen zwischengeschalteten Schieferlagen. Ein grünes Schieferband ist öfters lange Zeit Leitshorizont und liegt 45–60 m über den Erzlagen. Im unteren Teil sind in einigen Erzgebieten ebenfalls noch vererzte Schichten vorhanden. Die Mächtigkeit dieser Abteilung ist mindestens 60 m, öfters beträchtlich mehr, bis zu 250 m. Örtlich sind dann die obersten Lagen wieder als grobe Arkosandsteine und Feldspatquarzite ausgebildet.

d) Darüber kommt eine meist sehr mächtige Schichtenfolge von dolomitischen Schiefen mit eingeschalteten Bänken und Linsen von nur reinen Dolomiten. Sie wird bis 360 m mächtig und sinkt örtlich bis auf 60 m.

e) Nach oben gehen sie über in massige Dolomite mit wenigen eingeschalteten Schieferbändern. Sie sind durchschnittlich 100 m mächtig, sinken bis auf 60 m und erreichen örtlich 150 m.

#### 5. Die Christmas-Serie.

Konkordant auf den letztgenannten Dolomiten lagert eine mächtige Folge von Schiefen und Quarziten auf. Sie fängt

stellenweise mit einem Konglomerat aus Geröllen der liegenden Roan-Gesteine an, deshalb wurde sie als eigene Serie abgetrennt. Sie gehört aber stratigraphisch und faziell durch aus noch zur älteren Roan-Serie. Die Quarzite bilden meist nur vereinzelte Lagen, überwiegend sind Schiefer vorhanden. In den Quarzitlagen finden sich ab und zu größere Mengen von Pyrit eingesprengt, auch kommen geringe Kupfergehalte vor. Die Quarzite werden in der Literatur als „oolithisch“ bezeichnet, doch ist dies nicht richtig. Es handelt sich nur um gerundete klastische Quarzkörner, die von einem Quarzement konzentrisch umgeben sind.

#### 6. Die Kundelungu- (Tanganjika- oder Mutondo-) Serie.

Über der Christmas-Serie folgt eine mehrere Kilometer dicke Serie, deren Konkordanz zur Christmas-Serie nicht sicher erwiesen ist. Gray behauptet sie, Bancroft bestreitet sie, hauptsächlich wohl wegen grober Konglomerate im untersten Teil der Schichtenreihe. Hier wechsellagern Schiefer, Sandsteine und Konglomerate in 150 m Mächtigkeit. Die „Konglomerate“, besonders das unterste, zeigen eckige Gerölle, die ab und zu gekritzelt sind. Das Gestein ist völlig unklassiert, ganz große Brocken und feinkörniger Sand liegen nebeneinander. Schon früher wurden diese Gesteine von verschiedenen Forschern als fluvioglaziale Ablagerungen gedeutet und auch heute vertreten noch manche diese Ansicht. Nachdem aber neuerdings E. Kaiser, München, auf die Erscheinungsformen der terrestrischen Schuttagerungen aufmerksam gemacht hat, die sich unter Bedingungen bilden, wie sie unserem heutigen ariden Klima entsprechen, kann man solche unklassierten Sedimente und gekritzte Gerölle nicht mehr allein als Spuren früherer Eiszeiten deuten. Vielmehr können Festlandsschuttmassen durchaus ähnliches Aussehen haben. Da in all diesen Gebieten der geschrammte Untergrund mit seinen charakteristischen Formen fehlt — der allein völlig beweisend für glaziale Verhältnisse ist —, so ist die Deutung dieser Sedimente als terrestrische Schuttsedimente als „Fanglomerate“ viel wahrscheinlicher, da sie sich in die Fazies der ganzen Katanga-Formation ganz zwanglos einfügen.

Darüber folgen dann:

feinkörnige und dichte, tonige Dolomite und Dolomitschiefer, rötliche und braune Schiefer,

blaugraue und rote Sandsteine, über 1000 m mächtig („purple sandstone“).

#### 7. Der metamorphe Zustand der Gesteine der Katanga-Formation.

Während die Basement-Schichten hochmetamorph sind, der Katazone oder mindestens der Mesozone angehörig, ist der Metamorphismus der Gesteine der Katanga-Formation wesentlich geringer. Fast stets ist auch noch makroskopisch die ursprüngliche sedimentäre Eigenart des Gesteins zu erkennen. In den beiden unteren Serien ist aber deutlich erkennbar eine metamorphe Umbildung sowohl nach Mineralbestand als auch nach Struktur und Textur eingetreten. Besonders tritt sie an den stärker durchbewegten Falteanteilen, an den Umbiegungsstellen der Faltschenkel in Erscheinung. Im ganzen entspricht der metamorphe Zustand der Epizone, manchmal, besonders aber an den stärker durchbewegten Teilen, neigen sie zur Mesozone.

#### 8. Jüngere Eruptivgesteine in den Gesteinen der Katanga-Formation.

Von den nordrhodesischen Geologen wird behauptet, ein Teil des im Gebiet vorhandenen Granits sei jünger als die Bwana M'Kubwa-Serie. Schon nach den ersten Tagen der Kongreßexkursion war mir dies sehr zweifelhaft geworden und bei meinem zweiten Besuch achtete ich hierauf besonders. Ich verdanke dem Entgegenkommen mehrerer Herren, daß ich ziemlich alle für einen jüngeren Granit „beweisenden“ Stellen

gesehen habe. Es stellte sich heraus, daß nach eingehender Untersuchung kein einziger dieser Beweisgründe aufrecht erhalten werden konnte. So stellten sich angebliche Kontaktzonen als rezente Grundwasservereisungen an der Grenze des alten Granits und der überlagernden Schuttarkose heraus. Oder größere Massen in die Bwana M'Kubwa-Schichten eingedrungener Granitporphyre erwiesen sich als Augengneise, die den Basementschichten angehören und die eine kuppelförmige Erhebung des Untergrundes zur Zeit der Ablagerung der Bwana M'Kubwa-Arkosen bildeten. Überhaupt findet man derartige auf- und absteigende Grenzen des Untergrundes sehr häufig und wenn der Untergrund dann aus Granit bestand, so wurden solche Stellen als Anzeichen einer Intrusion des jüngeren Granits in die Bwana M'Kubwa-Gesteine aufgefaßt. Aber nirgends sind echte Gänge und Apophysen vorhanden, so daß ich — nach allem, was ich gesehen habe, und das war, wie gesagt, die Hauptsache der „beweisenden“ Stellen — hierin nur ein unregelmäßiges Relief des Untergrundes und keinen jüngeren Granit sehen kann. Ferner konnte bei allen mir als „jünger“ angegebenen Graniten mineralogisch und mikroskopisch gar kein Unterschied gegenüber dem alten Granit festgestellt werden.

Der letzte Beweisgrund endlich für das Vorhandensein einer jüngeren Intrusion sollen zahlreiche Quergängchen sein in den Bwana M'Kubwa-Schichten, insbesondere auch in den Erzschieben, welche als Pegmatit- und Aplitgänge aufgefaßt

wurden. Schon nach eingehendem Studium im Gelände, unter Tage und an Tausenden von Metern Bohrkernen kam ich zu der Überzeugung, daß hier keine Eruptivgänge vorliegen. Die Durcharbeitung meiner reichen Sammlungen zu Hause und unter dem Mikroskop hat es mir zur Gewißheit gemacht, daß diese Gängchen lateral-sekretionäre Ausfüllungen von Zerrungsrissen sind, die anlässlich der Auffaltung unter metamorphosierenden Druck- und Temperaturverhältnissen entstanden sind. Sie sind mit den alpinen Mineralklüften zu vergleichen und die Ausbildung der in ihnen vorhandenen Mineralien ist vielfach den alpinen Klüftmineralien äußerst ähnlich.

Ich komme auf diese Sekretionsgängchen noch einmal bei der Besprechung der Erzlager zurück.

Aus all den Gründen vermag ich kein Anzeichen eines jüngeren Granits in Nord-Rhodesia, wenigstens im Bereich der Kupferlagerstätten, zu sehen.

Dagegen ist in einem der Synklinalgebiete eine echte jüngere Intrusionsmasse zwischen den Bwana M'Kubwa-Gesteinen, und zwar anscheinend konkordant als Lagergänge, vorhanden. Es sind basische Gesteine, von der Zusammensetzung etwa eines Gabbro oder Diabas. Sie sind recht frisch und undeformiert, und vielleicht liegen hier Äquivalente zu den Karroodiabasen Südafrikas vor.

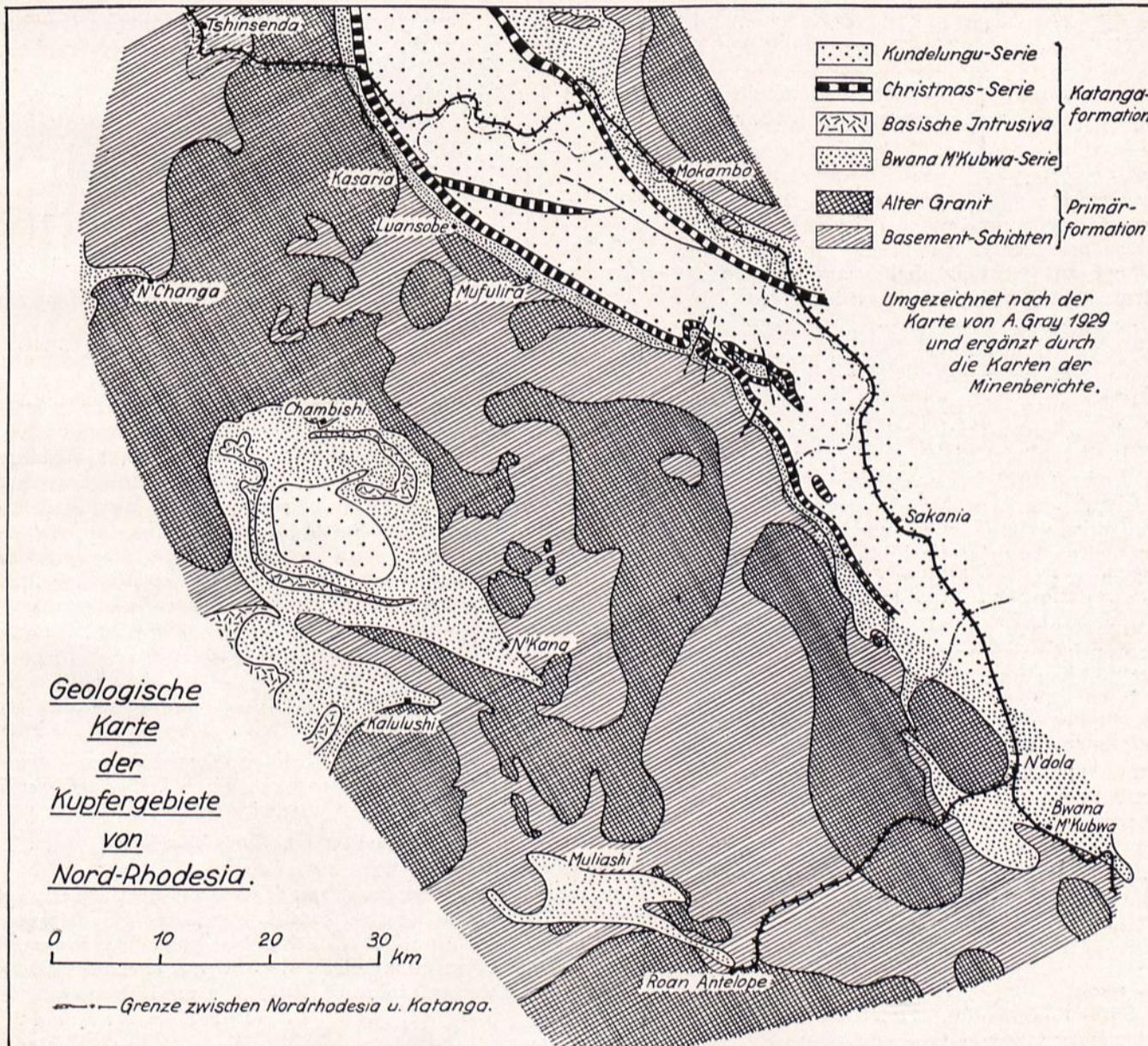


Abb. 91.

## 9. Tektonik.

Die Katanga-Gesteine sind heute im Bereich des nordrhodesischen Kupferbezirkes nur noch in einzelnen eingefalteten Mulden erhalten, die auf den Gesteinen der Primärformation, den Basementschichten und dem alten Granit aufliegen. Wie die geologische Karte (Abb. 91) zeigt, sind im gegenwärtigen Hauptkupferbezirk, der N'Kana-Konzession, vier derartige Muldengebiete vorhanden. Der Faltungstiefgang ist nicht sehr erheblich, die Falten selbst sind zwar meist asymmetrisch, auch Spezialfalten („dragfolds“) kommen öfters vor, aber im ganzen ist die Intensität der Dislokation hier nicht groß. Das Streichen der Synklinalen ist nicht einheitlich. Im großen und ganzen ist es SO—NW gerichtet, doch kommen starke Richtungsänderungen vor. Die Umbiegungen sind oft recht scharf, während die Schenkel lange Strecken gleichmäßig und ruhig fortstreichen. Besonders auffällig ist die starke Zunahme der Metamorphose an diesen Umbiegungen, die Gesteine sind stärker kristallin, erheblich mehr in sich verfällt und durchbewegt, eine starke transversale Schieferung mit vielen kleinen Gleitbrettern bildet sich aus, und die erwähnten Sekretionsgänglichchen häufen sich hier besonders stark.

Verwerfungen kommen in diesen Synklinalen vor, spielen aber, soweit bekannt, in Nord-Rhodesia noch keine erhebliche Rolle, bzw. der Betrag, um den die Schichten verworfen werden, ist recht gering und eine Störung der bergbaulichen Aufschließungsarbeiten ist bis jetzt noch nicht dadurch eingetreten.

Die einzelnen Mulden werden im nächsten Abschnitt anlässlich der Besprechung der Erzlagerstätten näher betrachtet.

## 5. Die einzelnen Kupferbezirke

### 1. Bwana M'Kubwa.

**Lage und Geschichte.** Diese älteste Kupfergrube Nord-Rhodesiens liegt an der Hauptbahn zum Belgischen Kongo, 186 km nördlich Broken Hill, 1320 m ü. d. M.

Die Lagerstätte zeigte sehr reiche Malachitabrisse, die von den Eingeborenen schon sehr lange in primitiver Weise abgebaut wurden. 1902 wurde die Lagerstätte von einem weißen Prospektor gefunden, es bildete sich eine Gesellschaft, welche aber so lange nur Aufschließungsarbeiten betrieb, als die Eisenbahnlinie nicht soweit vorgestreckt war. Sie erreichte Anfang 1920 Bwana M'Kubwa, eine Aufbereitung wurde gebaut, die aber bei der teuren Tiefbaugewinnung nur zeitweise mit Gewinn und auch nur die reichsten Erze verarbeiten konnte. Es bildete sich 1922 die heutige Bwana M'Kubwa Copper Mining Comp., ein Abbau mittels Dampfhammer im Tagebau wurde eingerichtet und eine neue Verarbeitungsanlage mit einer Tagesleistung von 1000 t eines 3—4prozentigen Erzes wurde errichtet. Näheres siehe im Abschnitt „Abbau und Verarbeitung“.

**Geologie.** Die Mine liegt am südwestlichen Ende des Westflügels einer langen, schmalen Synklinale, die entlang

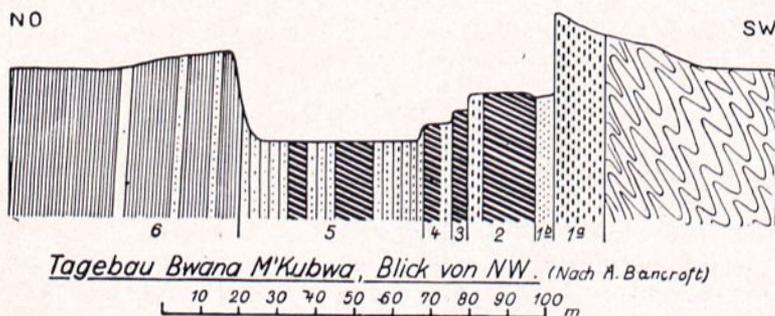


Abb. 92.

der Grenze von Nord-Rhodesia-Katanga sich auf rhodesischem Boden allein über 100 km weit hinzieht, um dann in die rasch sich verbreitenden Becken der Katangaschichten in Katanga selbst einzumünden. Sie streicht hier etwa SO—NW. Nahe südlich Bwana M'Kubwa ist ihr südliches Ende. Der Westflügel an der Mine steht senkrecht, zum Teil sogar etwas überkippt. Die Schichtenfolge geht aus dem Profil (Abb. 92) hervor. Auf Gneisen und kristallinen Schiefen liegen zunächst etwa 18 m grobe Quarzite (1a<sup>1)</sup>) und Feldspatquarzite (1b), dann werden die Gesteine feinkörniger, zugleich schwach dolomitisch und auf eine Mächtigkeit von 12—15 m stark mit oxydischen Kupfermineralien („footwall orebody“) vererzt (2). Eine obere Schicht von 4—5 m ist fast erzfrei. Der darauf folgende unreine, gebänderte Dolomit (3) von 3—5 m Dicke ist wieder sehr gut vererzt („central lode“), zugleich bis in große Tiefen sehr stark zersetzt. Dann folgen 3—4 m erzfreie Quarzite und dann 4—8 m erzführende Quarzite (4) „hanging wall orebody“. Die nächsten 50 m werden von Feldspatquarziten (5) gebildet, in denen einige Linsen, die bis zu 8 m mächtig werden und im Streichen öfters länger aushalten, ebenfalls ganz gut vererzt sind. Die endgültig hangende Begrenzung der ganzen Erzserie bildete dann Glimmerschiefer mit Feldspatquarziten wechsellagernd (6).

**Erzführung.** Die Vererzungshorizonte sind im ganzen Gebiet völlig niveaubeständig.

Im Bereich des Tagebaues sind fast nur oxydische Kupfererze vorhanden, meist Malachit, aber auch Chrysokoll, Rotkupfererz und Schwarzkupfererz. Als Seltenheit kommt hier ein Kupferphosphat, Cornetit, vor, dessen Phosphorgehalt wohl auch hier, wie in Broken Hill, organischen Ursprungs ist. In äußerlich auffallenden Überzügen, aber der Menge nach ganz zurücktretend, sieht man dann noch Manganerze und Brauneisenerz. Alle Erze sind eingesprengt in die normalen Gesteine, die höchstens stärker verwittert sind, aber im Bereich der Vererzung nirgends irgendwie ummineralisiert sind. Vor allem fehlt jegliches nichtmetallisches Begleitmineral der Kupfererze, das als „Gangart“ angesprochen werden könnte.

In einigen Bänken dichter Quarzite sind auch noch spärliche Reste von Sulfiden erhalten, Kupferglanz, Buntkupfer und Kupferkies. In einer Reihe von Kernbohrungen wurde festgestellt, daß die oxydischen Erze bis zum Grundwasserspiegel in Tiefen von 80 m herrschen und noch bis 150 m überwiegen. In den dichteren quarzitischen Bänken stellen sich die Sulfide viel eher ein als in den dolomitischen. Diese werden durch Auslaugung des Dolomits porös, wodurch die Oxydation der Sulfide begünstigt wird. Zugleich fixiert der Karbonatgehalt das gelöste Kupfer als Malachit, und deshalb bleibt der Kupfergehalt der oxydischen und sulfidischen Teile konstant. Eine Bildung von Zementationssulfiden findet in geringem Maße statt, aber eine eigentliche Anreicherung geschieht hier deshalb nicht, weil die primären Sulfide viel Buntkupfer enthalten, also schon recht kupferreich sind.

Durch die Tagesaufschlüsse und die Bohrungen sind in dem bisher untersuchten Gebiet bis 150 m Tiefe 7 500 000 t eines Erzes mit 3,96 Prozent Cu nachgewiesen.

**Abbau und Verarbeitung.** Der Tagebau (Abb. 93) ist zur Zeit über 1600 m lang, 80 m breit und zwischen 20 und 30 m tief. Er wird in mehreren Terrassen betrieben, entsprechend den einzelnen, senkrecht stehenden Erzschieben (siehe Abb. 92). Man beabsichtigt, bis zum Grundwasserspiegel, der hier in 80 m Tiefe liegt, den Tagebau in derselben Weise weiterzuführen. Zur Zeit sind drei Dampf-

<sup>1)</sup> Die Nummern der Gesteine entsprechen der Bezeichnung im Profil Abb. 92.



Abb. 93. Tagebau Bwana M'Kubwa, Blick nach Süden. Die hohe Wand rechts ist der liegende „footwall quarzite“. Die Schichten stehen senkrecht, vergl. Profil Abb. 52 (Aufn. Schneiderhöhn)

schaufeln in Betrieb (Abb. 93). Interessante Handbohranlagen zeigt Abb. 94.

Die Anreicherung und metallurgische Gewinnung der Erze begegnet gewissen Schwierigkeiten. Es ist bei dem heutigen Großbetrieb und den Schwankungen des Kupferpreises natürlich nur möglich, alles Erz mit einem Durchschnittsgehalt zwischen 3 und 4 Prozent in toto zu gewinnen und es mit einem Ausbringen von mindestens 90 Prozent zu verarbeiten. Die Schwierigkeiten bestehen: einmal in dem verschiedenen mineralogischen Charakter der oxydischen Erze: Kupferkarbonate, Kupferoxyde, Kupfersilikate; zweitens in der nach unten immer mehr in Erscheinung tretenden Beimengung der Kupfersulfide, drittens in dem starken Gehalt des Roherzes an feinen, tonigen, erzhaltigen Schlämmen neben gröberstückigem und grobkörnig verwachsenem Grobkornerz. Bis auf weiteres spielen die Sulfide noch keine nennenswerte Rolle, so daß nur die erste und dritte Schwierigkeit zu überwinden war und mit der heutigen Anlage auch praktisch überwunden ist. Bei dem Charakter der Erze und des Nebengesteins kam nur eine Laugerei durch neutrale oder basische Lösungen in Frage. Die gemeinsame Verarbeitung der grobkörnigen Erze und der tonigen Massen ergab ganz erhebliche Verluste. Deshalb wird heute das ganze angelieferte Erz nach Zerkleinerung in Glockenbrechern bis auf  $\frac{1}{4}$  sorgfältig klassiert und die gröberen Kornklassen und die Schlämme gesondert behandelt. Die Laugung findet in der Wärme mit Ammoniumkarbonat statt. Die Erwärmung geschieht mit eingeleitetem Wasserdampf. Die in Filterpressen gewonnene Lösung wird unter Rückgewinnung von Ammoniak eingedampft und der Rückstand zu CuO getrocknet. Auf eine

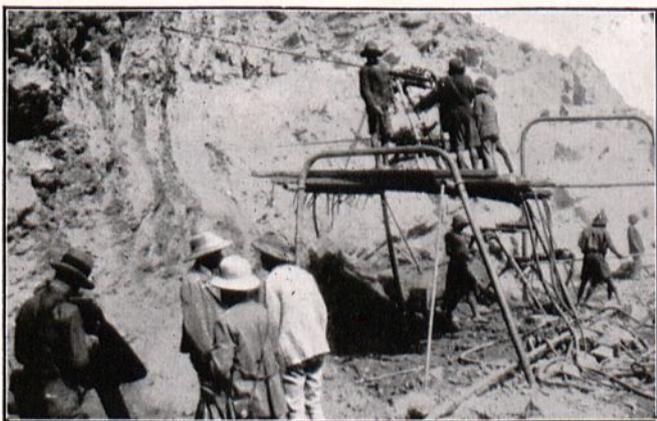


Abb. 94. Einfaches und praktisches Bohrgestell im Tagebau Bwana M'Kubwa (Aufn. Schneiderhöhn)

Tonne gewonnenes Kupfer findet ein Verlust von 4,5 kg  $NH_3$  statt. Das  $CuO$  wird mit Pech und Kalk in niedrigen, breiten Schachtöfen mit Gasfeuerung verschmolzen und aus automatischen, rundlaufenden Gußpfannen das Kupfer im Reinheitsgrad von 99,1 Prozent in kleine Barren gegossen. Die äußere Ansicht der Verarbeitungsanlagen zeigt Abb. 95.

## 2. Mufulira.

Mufulira liegt in derselben langgestreckten Synklinalen wie Bwana M'Kubwa ebenfalls an ihrem Westflügel, aber 80 km weiter nordwestlich von Bwana M'Kubwa. Die geologische Lage ist ganz ähnlich wie dort, nur fallen die Schichten mit  $40-45^\circ$  nach Nordosten ein. Die Schichtenfolge, wie sie sich als Mittel von zwölf gut übereinstimmenden Bohrungen ergibt, zeigt Abb. 96. Auch hier liegen erst Konglomerate und grobe Sandsteine auf den Basement-Schiefen, sie sind allerdings ganz wesentlich mächtiger. Dann folgen gut klassierte Feldspatquarzite mit gebänderten Quarziten, in denen drei Erzsichten liegen von folgenden Durchschnittsmächtigkeiten:

|               |           |                |
|---------------|-----------|----------------|
| I. Erzsicht   | . . . . . | 13,50 m        |
| II. Erzsicht  | . . . . . | 9,30 m         |
| III. Erzsicht | . . . . . | 7,20 m         |
|               |           | Gesamt 30,00 m |

Dann folgen Glimmersandsteine, Dolomite, Feldspatquarzite, Schiefer und wieder ein mächtiger Dolomit.

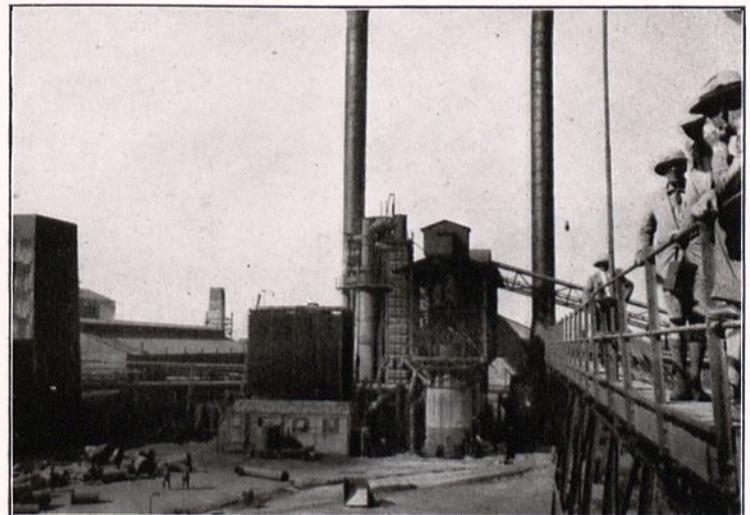
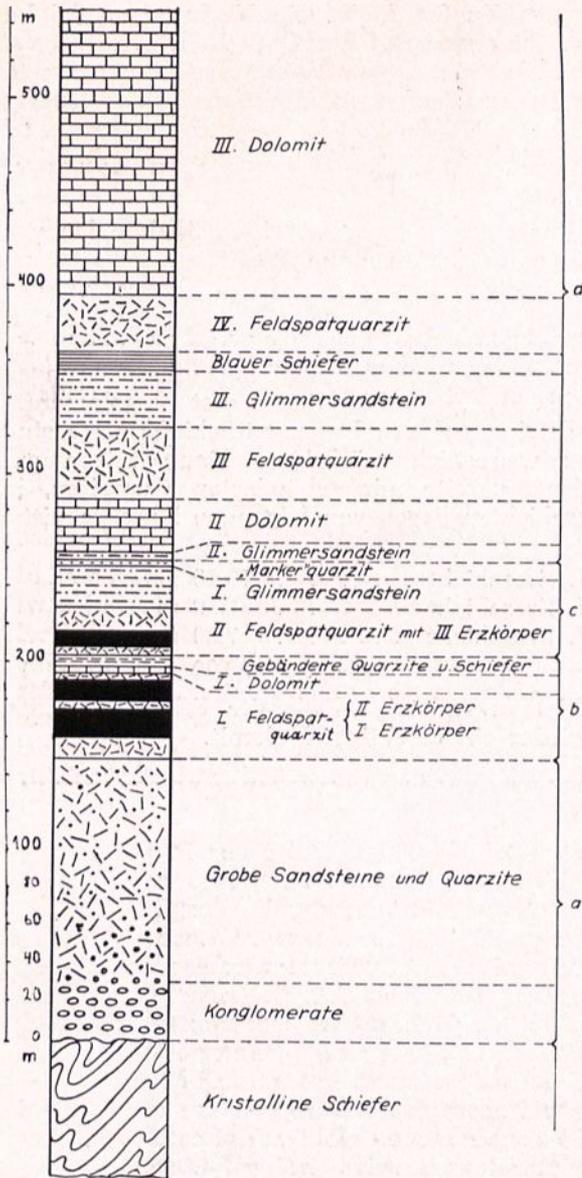


Abb. 95. Laugerei und Hütte in Bwana M'Kubwa (Aufn. Schneiderhöhn)

Die bisherigen Bohrungen haben die Erzführung auf über 2 km streichende Länge und im Einfallen auf etwa 330 m festgestellt. Während im Streichen der Metallgehalt innerhalb der erzführenden Schicht zuletzt stark abnahm, um jenseits aber wieder zuzunehmen, ist eine Abnahme nach dem Innern der Mulde bisher noch nicht beobachtet worden.

Die Erzführung zeigt deutliche sekundäre Teufenunterschiede. Am Ausgehenden findet sich sparsam Malachit eingesprengt, manche Teile sind ganz ausgelaugt. Weiter unten nimmt Malachit stellenweise etwas zu, Rotkupfererz und Kupferlasur werden ab und zu gefunden, aber im allgemeinen ist der Metallgehalt bis unter dem Grundwasserspiegel recht gering. Dieser stellt sich etwa in 35—45 m Tiefe ein, aber erst in 50—58 m Tiefe werden Sulfide häufiger, zunächst meist Zementationskupferglanz, der in größerer Tiefe in die primären Erze übergeht. Es sind dies Kupferkies, Buntkupferkies und graphische Verwachsungen von Buntkupfer mit Kupferglanz. Die Erze liegen meist in dünnen Schnüren auf den Schichtflächen, auch vieles ist imprägniert. Ab und zu kommen kurze durchgreifende Sekretionstrümchen vor.



Durchschnittsprofil in Mufulira.

(Mittel aus 12 Bohrungen.)

Abb. 96.

Erzmächtigkeiten, Metallgehalte und Tiefenlage der Erzkörper in einigen Bohrlöchern zeigt obenstehende Zahlentafel (Zahlen in Metern).

Die Erzgehalte in den einzelnen Schichten des Bohrloches 14 zeigt Abb. 97 nach Werten, die ich der Minendirektion von Mufulira verdanke.

Die Lage der Bohrlöcher (Stand vom 1. Januar 1930) und den geologischen Lageplan der Umgebung von Mufulira zeigt Abb. 98. Die reicheren erzführenden Schichten fangen im Streichen zwischen Bohrung 1 und 3 an, verarmen zwischen Bohrung 10 und 6 stark, fangen aber jenseits wieder von neuem an. Im Fallen haben auch die Bohrungen der dritten Parallelreihe bis jetzt gute gleichbleibende Ergebnisse geliefert.

Die gesamten bis Ende 1929 nachgewiesenen Erzvorräte betragen 100 Millionen Tonnen zu 5,5 Prozent Cu auf eine durch Bohrungen festgestellte streichende Länge von über 2 km. Die durchschnittliche Erzmächtigkeit beträgt hier 30 m, die größte zur Zeit erreichte Tiefe ist 330 m. Dieselben Verhältnisse erstrecken sich wahrscheinlich über eine streichende Länge von beinahe 10 km, so daß mit einem wahrscheinlichen Vorrat von der mehrfachen Menge zu rechnen ist, wozu noch erhebliche Vorräte nach dem Innern der Mulde zu rechnen sind.

| Bohrloch-Nr. | Tiefe der Erzsichten im Bohrloch | Erzsichten | Wahre Mächtigkeit | % Cu                 |                      |
|--------------|----------------------------------|------------|-------------------|----------------------|----------------------|
| 1            | 87.30 — 153.60                   | I          | 4.60              | 9.49<br>5.72<br>5.14 |                      |
|              |                                  | II         | 7.15              |                      |                      |
|              |                                  | III        | 4.70              |                      |                      |
|              |                                  |            | 16.45             | 6.61                 |                      |
| 2            | 107.10 — 170.40                  | I          | 3.80              |                      | 8.62<br>4.21<br>4.91 |
|              |                                  | II         | 4.60              |                      |                      |
|              |                                  | III        | 8.00              |                      |                      |
|              |                                  |            | 16.40             | 5.57                 |                      |
| 4            | 141.60 — 159.00                  | III        | 13.30             |                      | 5.75                 |
| 5            | 101.10 — 164.70                  | I          | 6.15              |                      | 5.47<br>6.93<br>5.28 |
|              |                                  | II         | 9.45              |                      |                      |
|              |                                  | III        | 8.30              |                      |                      |
|              |                                  |            | 23.90             | 5.98                 |                      |
| 7            | 107.40 — 152.40                  | I          | 3.10              |                      | 2.83<br>4.78         |
|              |                                  | II         | 23.70             |                      |                      |
|              |                                  |            | 26.80             | 4.55                 |                      |
| 8            | 100.90 — 166.20                  | I          | 6.70              |                      | 4.82<br>4.98<br>4.32 |
|              |                                  | II         | 8.00              |                      |                      |
|              |                                  | III        | 14.25             |                      |                      |
|              |                                  |            | 28.95             | 4.62                 |                      |
| 13           | 328.50 — 349.50                  | III        | 16.20             |                      | 4.15                 |
| 14           | 267.90 — 348.00                  | I          | 7.95              |                      | 6.71<br>5.41<br>5.37 |
|              |                                  | II         | 10.00             |                      |                      |
|              |                                  | III        | 15.00             |                      |                      |
|              |                                  |            | 33.45             | 5.70                 |                      |

Mufulira befand sich zur Zeit meiner Besuche Ende August und Anfang September 1929 mitten im Aufschlußstadium. Es werden zur Zeit einige Schächte abgeteuft, sie hatten aber die Erzlager noch nicht erreicht. Eine vorläufige Ansiedelung ist mitten im ursprünglichen Busch entstanden, hübsche und praktische kleine Rundhütten liegen locker verstreut als vorläufige Unterkunft für die weißen Angestellten (Abb. 99), einige größere Verwaltungsgebäude, Direktionshäuser und Messegebäude sind auch schon da. Dazwischen liegt immer noch der ursprüngliche Busch mit seinen hohen, prächtigen Bäumen und seinen erstaunlich vielen und 8—12 m hohen, riesenhaften Termitenhügeln. Eine rege Bohrtätigkeit mit vielen Kolonnen herrscht noch in der Umgebung und stellt planmäßig die Fortsetzung der Erzhorizonte im Streichen und nach dem Innern der Mulde zu fest (Abb. 100). Von Monat zu Monat erhöhen sich die Erzvorräte und bald wird hier ein modernes Großwerk liegen.

### 3. Roan Antelope.

Im südlichen Teil der N'Kana-Konzession liegt die kleinste bis jetzt bekannte erzführende Teilmulde, die vierzipfelige Mulde von Roan Antelope, Roan Antelope Extension und Muliashi (vgl. Abb. 91). Die beiden südlichen Zipfel sind 25 km lang, bei einer Breite von 1—1,5 km, die beiden nördlichen 16 km, bei einer Breite von 1—2 km, in der Mitte hängen die beiden Teilmulden zusammen und werden über 4 km breit. Die gesamte Muldenfläche beträgt etwa 82 km<sup>2</sup>. Das allgemeine Streichen ist OSO—WNW.

Die geologischen Verhältnisse und die Schichtenfolge sind wieder im Rahmen der üblichen Schwankungen dieselben wie aus den anderen Kupferlagerstätten Nord-Rhodesias bekannt. Die Unterlage der Mulde bilden teils hochkristalline Glimmerschiefer, Quarzite, Gneise und Injektionsgneise der Basement-(Muva-)Schichten teils alte Granite, die massig, oder als Gneisgranit oder als injizierte Zonen in den Schiefen entwickelt sind.

Die Bwana M'Kubwa-Gesteine werden hier als „Roan-Serie“ bezeichnet. Von ihnen sind die untersten 400—500 m aus den Grubenaufschlüssen und den Bohrungen gut bekannt. In der Mitte der Mulde liegen noch weitere 300 m darüber, sind aber im einzelnen nicht bekannt. Die noch höheren Schichten der Serie und die in den anderen größeren Mulden über der Bwana M'Kubwa- (bzw. Roan-) Serie liegenden Gesteine der Christmas- und Mutondo-Serie sind hier in dieser kleinen Teilmulde abgetragen.

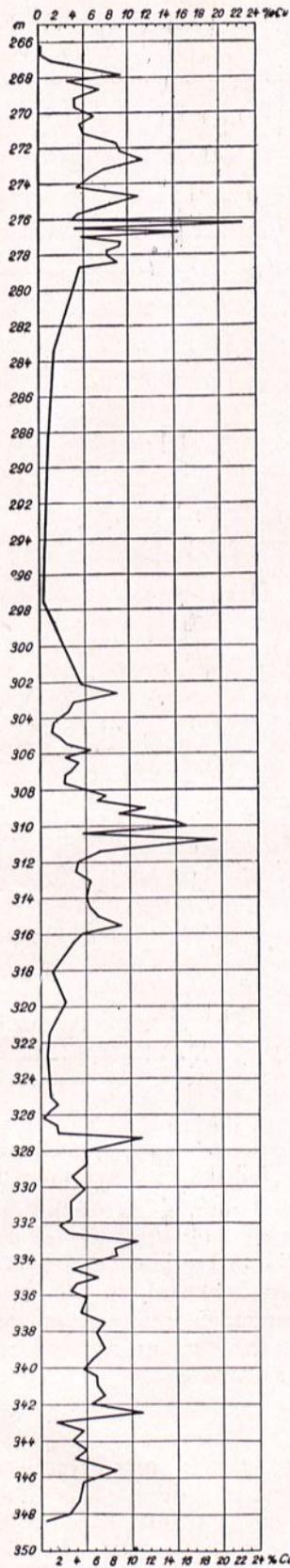


Abb. 97.

Die Kupfergehalte in den Erzschichten des Bohrloches 14 in Mufulira (Einfallen der Schichten 1939)

Nach den eingehenden Untersuchungen von D. C. Sharpstone ist folgendes Profil der unteren Abteilung festgestellt:

- e) Kristalline Dolomite und Kalke 60,00— 90,00 m
- d) Karbonatische Schiefer und Sandsteine 30,00 m
- c<sub>3</sub>) Arkose und Feldspatquarzite 120,00—150,00 m
- c<sub>2</sub>) Grüner Schiefer 7,00— 15,00 m
- c<sub>1</sub>) Dunkle Quarzite 45,00— 75,00 m
- b<sub>2</sub>) Glimmersandsteine und Schiefer (mit den Erzhorizonten) 15,00— 23,00 m



Abb. 99. Mufulira. Rundhütten als vorläufige Unterkunftsräume für die weißen Angestellten. Rechts und links große Termitenhügel. (Aufn. Schneiderhöhn)



Abb. 100. Mufulira. Tiefbohrung mitten im Busch. (Aufn. Schneiderhöhn)

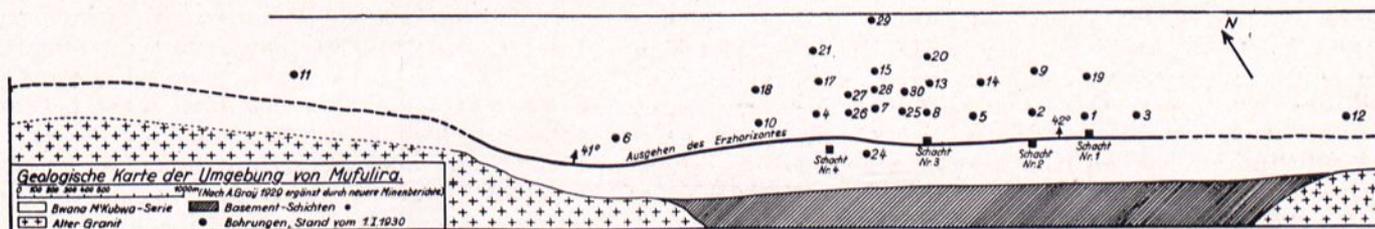


Abb. 98.

- b.) Glimmerschiefer 1,50— 6,00 m  
 a) Quarzite und Konglomerate 30,00—100,00 m

Kristalline Schiefer, Quarzite, Gneis und Granit.

Nach oben folgen auf die kristallinen Dolomite und Kalke e) abwechselnd schiefrige und unreine dolomitischkalkige Gesteine. Ein Teil des Granits soll auch hier jünger als die Roangesteine sein. Ich konnte auch hier keinerlei Anzeichen dafür sehen. Die auf den ersten Karten von Sharpstone dargestellten Einstülpungen des Granits in die Roangesteine mit einer Unterbrechung des Erzhorizonts sind nur vermutet gewesen und haben sich bei der genaueren Kartierung nicht bestätigt. Vielmehr ist überall eine normale diskordante Transgressionsüberlagerung vorhanden und nirgends eine Intrusion des Granits bekannt. Die sogenannten „Pegmatit“-Gänge, die gleich noch zu erwähnen sind, sind auch hier keine solchen, sondern Sekretionsabsätze in bei der Faltung entstandenen Zerrungsrisen.

**Tektonik.** Die Mulde von Roan-Antelope-Muliashi zeigt etwas bewegteren Faltenwurf als die anderen Mulden. Die vier langen Auszifflungen haben meist nur wenig von der Senkrechten abweichende Muldenachsen, aber im mittleren breiten Teil herrscht stärkere Asymmetrie, stark überkippte Schenkel und viele Spezialfalten. Abb.101 zeigt die geologische Karte der Erzmulde, Abb. 102 das Profil des ost-süd-östlichen Zipfels bei der Roan Antelope Mine und den wesentlich stärkeren Faltenwurf mehr im Innern der Mulde.

Der **Erzhorizont** ist, soweit bis jetzt bekannt, niveaubeständig, an eine ganz durchlaufende Schicht von 15 bis 23 m mächtigen Glimmersandstein und schiefrigen Sandstein gebunden. Innerhalb dieser vererzten Schicht sind ärmere und reichere Horizonte, die in ihrer Lage etwas wechseln. Die zur Zeit als abbauwürdig befundene Mächtigkeit schwankt zwischen 2,70 und 14 m. Es ist nur ein Erzhorizont hier bekannt und er teilt sich nicht wie in Mufulira und Bwana M'Kubwa stellenweise in drei Schichten. Am Ausgehenden findet sich eine schwache Durchtränkung mit Malachit, weiter in die Tiefe kommen auch Chrysokoll, Rotkupfererz, ged. Kupfer, Schwarzkupfererz und Manganüberzüge vor. Diese Oxydationszone reicht im allgemeinen bis zum Grundwasserspiegel, der hier in 30—60 m Tiefe vorhanden ist. Auf einzelnen Ruschelzonen in den stärker gefalteten Teilen reicht die Oxydation wesentlich tiefer. Die dann folgende sulfidische Zone enthält meist nur Kupferglanz, Buntkupfer und Kupferkies. Pyrit kommt selten und dann nur lokal vor. Die Kiese liegen entweder

in papierdünnen Streifen entlang den Schichtflächen oder sie imprägnieren gleichmäßig als sehr feine, oft erst mit der Lupe erkennbare Körnchen die Gesteine. Eigene Gangarten fehlen völlig. Sandigere Lagen enthalten oft mehr und gröbere Erzkörner als schiefrige. Stellenweise ist vom Hangenden zum Liegenden eine ausgesprochene schichtige



Abb. 102.

Anordnung der Erzminerale vorhanden. Es sind folgende Lagen übereinander:

- Kupferglanz + Buntkupfer
- Buntkupfer
- Buntkupfer + Kupferkies
- Kupferkies + Pyrit
- Pyrit.

Es handelt sich hier nicht um sekundäre Teufenzonen, sondern es sind primäre, verschiedene Erzlagen, da an diesen Stellen die Muldenschenkel senkrecht stehen oder gar überkippt sind, so daß diese Erzlagen heute nicht übereinander, sondern nebeneinander liegen. In anderen Teilen der Lagerstätte hat man ähnliche Beobachtungen nicht gemacht. Sichere Anzeichen von deszendenden Zementationsulfiden sind noch nicht beobachtet worden. Sie werden wohl nicht fehlen, spielen aber für die Ausbildung einer angereicherten Zementationszone gar keine Rolle.

Öfters kommen kleine, 5—12 cm lange und höchstens einige Zentimeter breite oben und unten ausspitzen, durchgreifende Gängchen innerhalb der Erzschiefer vor, die randlich Kristalle von Quarz, Adular und Kalkspat enthalten und in der Mitte eine Kupferglanz- und Buntkupferfüllung. Sie werden von den dortigen Geologen als Pegmatitgänge bezeichnet. Ich fasse sie als nachträglich aufgerissene und sekundär gefüllte Sekretionstrümchen auf, die bei der Faltung und Metamorphose gebildet wurden.

**Aufschlüsse und Vorräte:** Im April 1929 waren folgende Aufschlüsse bei Roan Antelope vorhanden:

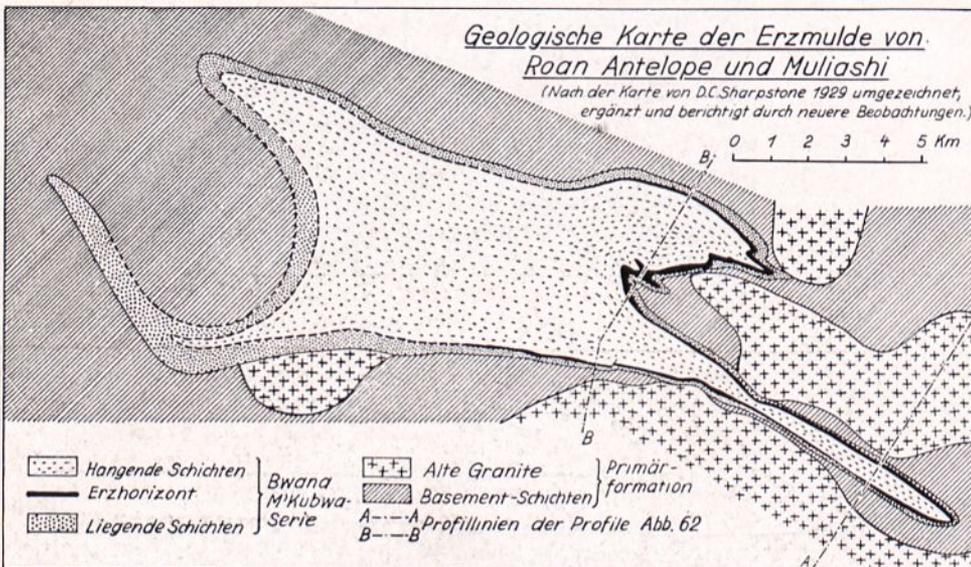


Abb. 101.

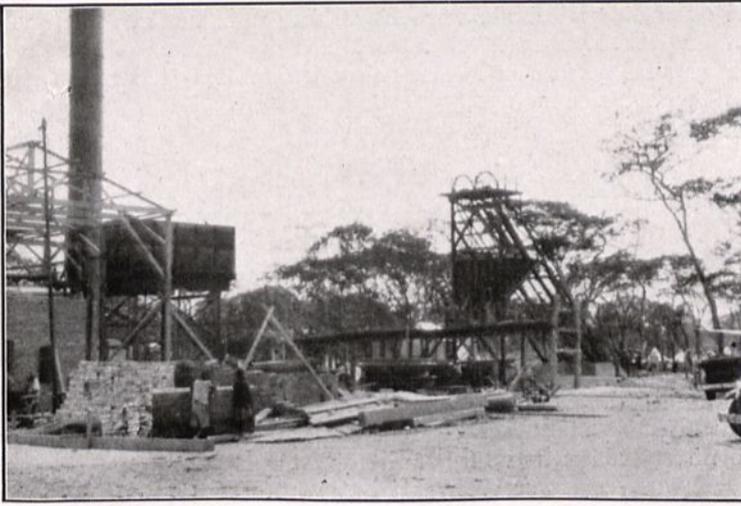


Abb. 103. Roan Antelope. Schacht II; Fördermaschinenhaus im Bau (Sept. 1929). (Aufn. Schneiderhöhn)

Auf dem Nordflügel: 4 Schächte  
630 m Strecken  
„ „ Südflügel: 4 Schächte  
3000 m Strecken  
Ferner waren fertig: 17 Bohrlöcher.

In der Zwischenzeit sind die Aufschlüsse wesentlich weiter gekommen und im Oktober 1929 wurde folgende Aufstellung im Rhodesian Mining Journal veröffentlicht:

Wahrscheinlich vorhandene Länge des Erzhorizonts 32 km davon aufgeschlossen durch Untertagestrecken und

|                                                              |                                     |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Bohrungen                                                    | 18,8 km                             |
| Größte, zur Zeit erreichte Tiefe                             | 554 m                               |
| Als abbauwürdig betrachtete durchschnittliche Erzmächtigkeit | 6 m                                 |
| Erzvorräte in Roan Antelope Mine mit einem Kupfergehalt von  | 80 Millionen Tonnen 3,4 Prozent Cu. |

Ähnliche Verhältnisse wie in dem kleinen Zipfel von Roan Antelope herrschen auch in der übrigen Mulde. Sie wird in einzelnen Bezirken eben untersucht, die als Roan Extension, Muliashi: West, Südwest und Nordwest Extension bezeichnet werden. Auch hier haben viele einzelne Bohrungen schon denselben Erzhorizont mit ähnlichen Gehalten erschlossen. Als nachgewiesene Vorräte werden angegeben: 170 Millionen Tonnen mit 3,4 Prozent Cu.

Auch in Roan Antelope herrscht lebhaftere Gründertätigkeit. Schachtgerüste stehen schon da, elektrische Zentrale, Aufbereitungen, Werkstätten, Warenhäuser usw. waren gerade im Bau (Abb. 103). Die vorläufigen Rundhütten und größeren solideren Gebäude der Angestellten schieben sich zwischen die Termitenhügel und die hohen Bäume ein (Abb. 104). Eine große Ziegelei fertigt Backsteine für die bleibenden Gebäude an. In der Umgebung sieht man allenthalben große Eingeborenenkolonnen, welche den Urwald roden und schnur gerade breite Autostraßen und Bahndämme anlegen (Abb. 105).

#### 4. N'Kana und Chambishi.

Eine sehr große Mulde ist die von N'Kana-Chambishi, die in SO-NW-Richtung 40 km lang ist und senkrecht dazu etwa 20 km breit ist. Im Südwesten schließt sich an sie eine zweite, mit der ersten durch eine schmale Verbindung zusammen-



Abb. 104. Roan Antelope. Mitten im Busch und zwischen den Termitenhügeln (in der Mitte) ist eine neue Minenstadt im Entstehen. Links die vorläufigen Unterkunftshütten, im Hintergrund ein fertiges Magazin, rechts Schacht II. (Aufn. Schneiderhöhn)



Abb. 105. Bei Roan Antelope. Eingeborene roden den Busch zum Wege- und Eisenbahnbau. Im Hintergrund noch der typische, hochstämmige Busch Nord-Rhodesias. (Aufn. Schneiderhöhn)

hängende Mulde an, deren Form und Fortsetzung nach SW vorerst noch nicht weiter untersucht ist.

In der Hauptmulde wird zur Zeit die südöstliche Auszippelung bei N'Kana und das nordwestliche Ende bei Chambishi näher untersucht.

Die Unterlage der Mulde, die Basement-Schichten und der alte Granit, bieten keine Besonderheiten gegenüber den von anderen Stellen in der Konzession gesagten dar.

Der unterste Teil der Bwana M'Kubwa-Formation zeigt wieder dieselbe Schichtenfolge, mit folgenden Mächtigkeiten:

|                                                                                 |         |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------|
| d) Dolomitische Schiefer, mit einigen Lagen kristallinen unreinen Dolomits      | 390 m   |
| c <sub>3</sub> ) Lichtgraue Feldspatquarzite, dolomitisch                       | 45 m    |
| c <sub>2</sub> ) Glimmersandsteine                                              | 12—15 m |
| c <sub>1</sub> ) Gebänderte Glimmersandsteine und Schiefer, dolomitisch         | 7—10 m  |
| b) Erzführender Horizont, in dolomitischem Glimmersandstein und Glimmerschiefer | 9—10 m  |
| a) Konglomerate und Feldspatquarzite                                            |         |

#### Basementschichten und Granit.

In der Nähe der Mulde liegen in den höheren Teilen der Bwana M'Kubwa-Formation anscheinend konkordant zwischengeschaltet intrusive Lagermassen diabas- oder gabbroartiger Eruptivgesteine. Weiter oben wird der innerste Teil der Mulde von jüngeren Gesteinsgliedern der Christmas- und Mutondo-Formation eingenommen.

Der Erzhorizont in dem N'Kana-Zipfel liegt überall auf dem obersten Konglomerat der grobklastischen untersten Schichten, etwa 80—300 m über der Transgressionsfläche. Überall sind wieder die Erze ganz niveaubeständig an eine Reihe von Schichten gebunden. In der sulfidischen Zone treten die Kupfersulfide Kupferkies und Buntkupferkies, selten Kupferglanz, auf und daneben auch gar nicht selten Kobaltkies, der in derselben Art und Paragenese auch in den sulfidischen Erzen von Katanga vorkommt. Das ganze Erz enthält dadurch 0,2—0,4 Prozent Co. Die Verteilung der Sulfide ist wieder dieselbe wie schon von den anderen Lagerstätten erwähnt, entlang Schichtfugen, imprägniert oder in alten Sekretionstrümchen.

Die Oxydationszone ist recht unregelmäßig. Meist ist eine oberste Zone völlig ausgelaugt, dann ist öfter eine ziemlich reiche Zone mit Malachit, Chrysokoll und anderen oxydischen Erzen entwickelt, die langsam in eine gemischt oxydisch-sulfidische Zone übergeht. Anzeichen von sekundären Reichsulfiden fehlen nicht, aber sie spielen keine große Rolle.

Die von Bancroft erwähnten Anzeichen von jüngeren Graniten sind dieselben wie vorher erwähnt. Ich konnte sie auch an dieser Lagerstätte nicht für bindend halten.

Auch in N'Kana ist eine lebhafte Aufschließungstätigkeit im Gange. Eine Anzahl Schächte sind schon abgeteuft und zahlreiche Bohrungen teils schon beendet, teils noch im Gang. Bis Mitte 1929 waren hier in 39 Bohrlöchern 13 200 m gebohrt worden. Die nachgewiesene Länge des Erzhorizonts im Streichen beträgt 3,9 km, die wahrscheinlich vorhandene beträgt mindestens 20 km. Bei einer durchschnittlichen abbauwürdigen Mächtigkeit des Erzkörpers von 8,5 m betragen die Ende 1929 nachgewiesenen Vorräte 100 Mill. Tonnen mit 4,2 Prozent Cu.

In Chambishi am Nordwestrand der Mulde liegen die Verhältnisse ganz ähnlich. Hier waren Ende 1929 2,1 km streichende Länge genau untersucht und dieselben Verhältnisse erstrecken sich hier, soweit bis jetzt bekannt ist, wahrscheinlich mindestens auf etwa 10 km. Bei einer abbauwürdigen Durchschnittsmächtigkeit von 15 m sind hier zur Zeit schon 50 Mill. Tonnen Erz mit 3,0 Prozent Cu nachgewiesen.

Bei der sehr viel größeren Verbreitung der ganzen Mulde ist mit Kupfervorräten hier zu rechnen, die um ein Vielfaches größer sind als die in N'Kana und Chambishi zusammen zur Zeit nachgewiesenen.

#### 5. N'Changa.

An der nordwestlichen Ecke, schon außerhalb der N'Kana-Konzession, fängt eine weitere Mulde an. Von ihr ist vorläufig nur der östliche Zipfel bekannt bei N'Changa, während ihre Fortsetzung nach Westen zur Zeit noch untersucht wird. Der Südflügel der Mulde ruht auf Granit, der Nordflügel auf mächtigen Konglomeratgneisen der Basementschichten. Diese wurden von einigen Geologen dort in den obersten 400—500 m noch zur Bwana M'Kubwa-Formation gerechnet. Ich konnte aber durch genauere Untersuchung im Gelände und an den mitgebrachten Proben feststellen, daß ihr metamorpher Zustand völlig anders ist als der der Bwana M'Kubwa-Gesteine. Während diese nur epimetamorph sind, sind diese Konglomerate tiefe Mesozone bis Katazone, z. T. gefasert, z. T. schon echte Konglomeratgneise, gehören also ihrem metamorphen Zustand nach durchaus zum Grundgebirge. Die Schichtenfolge über dem Granit bzw. über diesen Konglomeratgneisen ist auf dem nördlichen Muldenschenkel genauer untersucht und hat hier folgende Gesteine:

|                                                                    |          |
|--------------------------------------------------------------------|----------|
| 7) Dolomitschiefer                                                 | 300 m    |
| 6) Obere gebänderte Schiefer                                       | 21 m     |
| 5) Feldspatquarzite                                                | 12—23 m  |
| 4) Wechsellagerung von Sandsteinen, Quarziten und Glimmerschiefern | 7—25 m   |
| 3) Untere gebänderte Schiefer                                      | 6—24 m   |
| 2) Quarzglimmerschiefer                                            | 24 m     |
| 1) Feldspatquarzite                                                | 67—150 m |

Der Erzhorizont im nördlichen Muldenschenkel umfaßt den obersten Teil von 3 „Untere gebänderte Schiefer“ und greift noch in den unteren Teil von 4 „Wechsellagerung sandiger und schiefriger Gesteine“ ein. Dagegen scheinen auf dem südlichen Flügel die Feldspatquarzite Nr. 5 und die oberen gebänderten Schiefer Nr. 6 die Erzträger zu sein, doch reicht die Vererzung stellenweise hier auch in die Schichten Nr. 4 hinunter. Doch sind diese Verschiedenheiten nur durch petrographische Vergleichung der Erzträger erschlossen, dagegen nicht durch direkte Verfolgung der Gesteins- und Erzschieichten um die Muldenbiegung herum. Bei dem seitlich stark wechselnden Charakter der Gesteine und ihrem nicht sehr ausgeprägten Charakter überhaupt ist es nicht ausgeschlossen, daß der Erzhorizont hier ebenfalls niveaubeständig ist, daß aber der petrographische Charakter derselben Schicht z. T. etwas im Streichen sich ändert.

Die vererzten gebänderten Schiefer auf dem Nordflügel sehen öfters ganz schwarz aus, die Sulfide sind parallel den Schichtfugen angeordnet und die Gesteine sehen oft ganz so aus wie der Kupferschiefer (Abb. 106). Allerdings ist ihr mikroskopisches Bild sehr verschieden. Nach der Umbiegung der Mulde hin werden die Schichten stärker beansprucht und durchbewegt, es stellt sich z. T. eine sehr schöne, in den gebänderten Gesteinen sichtbare Transversalschieferung ein und zugleich vermehren sich die aufgerissenen Quertrümchen, die stets sekretionär mit Erzen gefüllt sind (Abb. 107). Diese stärker beanspruchten Gesteine sind dann auch bedeutend mehr umkristallisiert und metamorph verändert. An der Oberfläche sind viele oxydischen Erze, Malachit und Chrysokoll, die ganz allmählich in sulfidische Erze übergehen, so daß hier mit viel gemischten Erzen zu rechnen ist.

Die Mulde selbst ist ganz unsymmetrisch gebaut, der Nordflügel steht völlig senkrecht, der Südflügel fällt 25° ein. Der Erzkörper im Nordflügel („River Lode“) ist durch Schächte und 3 Sohlen aufgeschlossen:

auf der 15 m Sohle ist die Mächtigkeit 20 m mit  
3,31 Prozent Cu



Abb. 106. Ungestörtes Nebengestein, Sulfide lagig auf den Schichtflächen und fein eingesprengt, in der ursprünglichen Form der sedimentär-syngenetischen Lagerstätte.



Abb. 107. In derselben Schicht etwa 100 m weiter, wo die Umbiegung der Mulde beginnt und das Gestein stärker gestört ist. Bei der Fältelung des Gesteins sind transversale Schieferungsklüfte aufgerissen und in diese Sekretionsklüfte wanderten die Erze bei der metamorphen Durchbewegung ein. (Aufn. Schneiderhöhn)

Abb. 106 u. 107. Polierte Anschliffe, Vergr. 5 : 1. Sulfidisches Erz von N'Changa River Lode. Dunkel: Quarz, Glimmer und Dolomit, hell Kupferkies und Buntkupferkies.

auf der 45 m Sohle ist die Mächtigkeit 21 m mit  
4,5—5,0 Prozent Cu  
auf der 90 m Sohle ist die Mächtigkeit 21 m mit  
4—4,5 Prozent Cu.

Tiefere Bohrungen haben dieselben Mächtigkeiten und Gehalte bis 100 m festgestellt.

Im Südflügel („Dambo Lode“) haben Bohrungen bis 260 m eine Erzmächtigkeit von 15 m mit 3,74 Prozent Cu festgestellt, weiter unten waren die Gehalte z. T. geringer.

Im Streichen wurden die Bohrungen ebenfalls weit fortgesetzt und sind zur Zeit noch im Fortschreiten. Die Vererzung ist ebenfalls wieder bemerkenswert gleichmäßig im Streichen. Zur Zeit werden etwa 60 Bohrungen hier vollendet sein. Durch diese Aufschlüsse waren bis Ende 1929 etwa 90 Mil-

lionen Tonnen mit rund 4 Prozent in N'Changa nachgewiesen. In der westlichen Fortsetzung (N'Changa-West) kommen dazu noch bis jetzt 50 Mill. Tonnen mit 4—5 Prozent Cu.

## 6. Andere Kupfererzfunde in Nord-Rhodesia.

Das zuletzt besprochene N'Changa liegt schon außerhalb der N'Kana-Konzession, die seither am eingehendsten untersucht wurde. Es ist zu erwarten, daß in den großen anderen Konzessionsgebieten des nördlichen Rhodesia noch weitere Mulden der Bwana M'Kubwa-Gesteine und damit wahrscheinlich auch noch der Kupferhorizont an anderen Orten gefunden werden wird. Eine Übersicht über die Konzessionsgebiete von ganz Nord-Rhodesia gibt Karte Abb. 108.

In den anderen Konzessionsgebieten sind noch eine größere Menge von geologisch andersartigen Kupferlagerstätten bekannt und z. T. auch schon näher untersucht worden. Meist sind es Gänge, Verdrängungslagerstätten und vererzte Ruschelzonen im Grundgebirge, im Granit oder in den Basementschiefern, mit goldhaltigem Kupferkies und Pyrit. Es seien nur folgende Namen angeführt: Lunsemfroa, 110 km NO von Broken Hill, mit sulfidischen Erzlinsen im Granit von 4,3 Prozent Cu; Chifumpa, 290 km westlich von Broken Hill, sehr reiche oxydische Kupfererze; ferner das Gebiet der Kafue Copper Development Comp. 160 km westlich Broken Hill, wo zahlreiche, z. T. schon lange bekannte Gold-Kupferlagerstätten liegen; Kansonso, 320 km westlich Broken Hill, kupfer- und goldhaltige Quarzgänge und endlich Kansanshi, 160 km nordwestlich von N'Changa, in nächster Nähe der Grenze von Nord-Rhodesia gegen Katanga. In Kansanshi sind ganz ungewöhnlich reiche, teils sulfidische, teils oxydische Verdrängungslagerstätten und imprägnierte Ruschelzonen vorhanden, zum Teil mit 20 bis 30 Prozent Cu. Auch sie liegen in den Basementschichten.

Daneben sind zahllose kleine Kupfer- und Goldvorkommen in der ganzen Gegend im Granit und in den Basementschichten bekannt, deren Weiterverfolgung bei der Fülle großer und größter Lagerstätten bisher noch nicht durchgeführt wurde.

## 6. Die Entstehung der nordrhodesischen Kupferlagerstätten

Aus den angeführten Schichtenfolgen in den Einzelagerstätten und aus der Lage des Erzhorizontes geht ohne weiteres hervor, daß in dem ganzen großen Gebiet von 100 000 km<sup>2</sup> die stratigraphischen und faziell-petrographischen Verhältnisse der Bwana M'Kubwa-Formation sowohl im ganzen als auch in bezug auf die Lage des Erzhorizontes so gleichbleibend sind, wie man es billigerweise in einer Schichtenfolge dieser Fazies überhaupt erwarten kann.

Die fazielle Natur der Bwana M'Kubwa-Formation ist ja wohl aus den vorhergegangenen Einzelbeschreibungen mit genügender Klarheit hervorgegangen. Es kann als völlig sicher behauptet werden, daß es sich um Schutt- und Verwitterungsmassen („Fanglomerate“) und mehr oder weniger klassierte Festlandssedimente mit oder ohne Beteiligung chemischer Ausscheidungen handelt, von einer Art, wie wir sie heutzutage im Innern großer abflußloser Becken und flacher Ebenen im ariden Klimabereich vorfinden und entstehen sehen<sup>1)</sup>. Die Unterlage, der alte Granit und die Basementschichten, wurden zuerst lange Zeit hindurch kilometerdick abgetragen. Dann erfolgte in einem sich langsam einsenkenden Becken Aufschüttung der Schuttmassen. An vielen Bohrkernen, sehr schön z. B. in N'Changa, konnte ich den völligen Übergang des anstehenden Granits in die untersten Bwana M'Kubwaschichten verfolgen, die als unklassierter Granitschutt (eigentliche Fanglomerate), dann als

<sup>1)</sup> Vgl. E. Kaiser: Über Fanglomerate, besonders im Ebrobecken. Sitzber. Bayr. akad. Wiss., 1927. Math. nat. Abt. 17—28. Die junge terestre Sedimentation in Süd- und Südwestafrika. Ztschr. prakt. Geol., 1929, 37, 116—124.

Arkose und erst weiter nach oben als gut klassierte Feldspatquarzite (aufbereitete Fanglomerate) ausgebildet waren. Kreuzschichtung, Einlagerung von Geröllbänken oder Einzelgeröllen, Einschaltung von Schmitzen mit schweren Eisenerzen („fossile Seifen“) kommen sehr häufig hier vor. Ein eigentliches transgredierendes Grundkonglomerat fehlt somit sehr häufig, wenn auch nicht immer, aber dann ist es auch meist fanglomeratisch ausgebildet. Die unterste Schichtenfolge macht somit überall den deutlichen Eindruck eluvialer, wenig gut transportierter und demgemäß wenig aufbereiteter Schüttung. Erst weiter oben fangen echte, gröbere Konglomerate an, die zum Teil recht mächtig und auch oft recht grob werden, die Komponenten wechseln, sind nicht mehr so rein autochthon wie in den Basisschichten, zugleich setzen plötzlich, mit den groben Konglomeraten wechselnd, sehr feinkörnige Quarzite, Sandsteine und gutgebänderte Quarzschiefer ein. Alle Gesteine werden plötzlich gut klassiert, haben recht gleichmäßiges, mittleres bis feines Korn. Stellenweise tritt sogar eine Dolomitimpregnation auf. An dieser Stelle, in dieser Fazies, da ist nun der Erzhorizont. Manchmal wiederholt sich die Folge. Auf erlere oder erzarme unruhigere, weniger aufbereitete, gröberkörnige Schichten folgt ein zweiter oder sogar noch ein dritter Erzhorizont, aber immer nur in mittel- bis feinkörnigem, stets recht gut aufbereiteten, gleichmäßigkörnigen, gutgeschichteten und lagigen Quarzschiefern oder Glimmerquarziten, ± Dolomitimpregnation. Nach oben hin werden dann die Gesteine meist sehr viel feinkörniger, bzw. sehr viel glimmerreicher, der Dolomitgehalt nimmt zu, massige unreine Dolomitbänke oder Linsen schalten sich ein, auch wieder mal ein Feldspatquarzit, bis endlich in der obersten Abteilung eine eintönige Wechselagerung zwischen Schiefen und Glimmersandsteinen, mit mehr oder weniger Dolomitlagen herrscht.

Die nordrhodesischen Geologen glauben nun, daß die Metallgehalte eingewandert seien aus hydrothermalen Lösungen, die bei der Erstarrung eines jüngeren Granits frei wurden. Je länger ich die Verhältnisse an Ort und Stelle untersuchen konnte, um so weniger konnte ich mich mit dieser Ansicht befreunden. In langen Erörterungen mit den nordrhodesischen Fachgenossen wurde eingehend das Für und Wider besprochen, in entgegenkommendster Weise wurde mir jede Möglichkeit gegeben, auch sehr entfernt liegende, von ihnen als beweisend angegebene Stellen zu besuchen. Die Durcharbeitung des großen, gesammelten Materials im Mikroskop hat mich endgültig von meiner ursprünglichen Ansicht dann überzeugt.

Daß einer der Hauptgründe für eine epigenetisch-hydrothermale Vererzung, nämlich der junge Granit, sich aus den vorhandenen Aufschlüssen nicht aufrecht erhalten läßt, ist vorher schon gesagt worden. Daß ferner die ganze Art des Vorkommens, diese auf Hunderte von Kilometern so völlig gleichförmig-schichtige, fast genaue und in vielen Fällen auch tatsächlich völlig genaue Niveaubeständigkeit ein starker Beweisgrund für gleichzeitig-sedimentäre Entstehung des Erzinhalts ist, geben alle nordrhodesischen Forscher ohne weiteres zu. Sie betonen sogar sehr stark die großen Schwierigkeiten, die sich ergeben, wenn man versucht, den Gründen der Vererzung gerade dieser Schichten im Profil nachzugehen. In einem engbegrenzten Gebiet kann man noch allenfalls plausible Gründe dafür beibringen. Die Vergleichung verschiedener Gebiete zeigt, daß z. B. Porosität, Dolomitgehalt, Gehalt an Tonerde- und Glimmermineralien, Korngröße, Kornform, Kornbindung, Kornregelung usw. in den Erzschieften zwar im allgemeinen nur wenig schwankt, daß aber die Erzschieft zum Hangenden oder Liegenden in Bezug auf jeden dieser Faktoren in den verschiedenen Bezirken völlig verschieden ist. Also einmal ist die Erzschieft relativ die poröseste, anderwärts ist sie die am wenigsten poröse, einmal hat sie am meisten, anderwärts am wenigsten Dolomit oder Glim-

mer, einmal sind in ihr die Korngrößen geringer, anderwärts größer als die des Hangenden oder Liegenden u. s. f. Die unbedingt vorhanden gewesenen großzügigen Gesichtspunkte bei der Entstehung derartig gleichförmiger, riesig weit verbreiteter Lagerstätten fehlen somit völlig, wenn man erklären soll, warum später zusetzende Erzlösungen gerade nur die heutigen Erzhorizonte vererzt hätten.

Was mir ferner unbedingt gegen hydrothermale Entstehung spricht, ist die Metallvergesellschaftung oder vielmehr das Fehlen einer Metallvergesellschaftung. Die Lagerstätten sind reine Kupferlagerstätten! Eisensulfide fehlen fast ganz, Pyrit gehört intensiv und extensiv zu den großen Seltenheiten. Ein Silbergehalt fehlt entweder ganz oder ist ganz unbedeutend, Gold fehlt völlig, ebenso Blei und Zink. Ganz zerstreut findet sich ab und zu ein Metall, das in hydrothermalen Lagerstätten immer in ganz anderer Vergesellschaftung, jedenfalls nie mit Kupfer allein zusammen auftritt, Kobalt. Nickel fehlt dabei. Eine derartige Metallführung kommt in den verbreiteten hydrothermalen Lagerstätten nicht vor<sup>1)</sup>.

A. M. Bateman, der bekannte amerikanische Lagerstättenforscher, der vor dem Kongreß die nordrhodesischen Lagerstätten besuchte und jetzt eine eingehende Darstellung davon gibt (Lit. s. S. 87)<sup>2)</sup> hat als erster eine genaue Beschreibung der mikroskopisch-mineralogischen Verhältnisse der Erze gegeben. Ich kann nach der Durcharbeitung meiner Proben den tatsächlichen Befunden von Bateman durchaus beistimmen. Die häufigsten Erzminerale sind Buntkupfer und Kupferglanz, ungefähr in gleichen Mengen. Etwas zurücktretend kommt Kupferkies vor. Kupferglanz ist zumeist von der deutlich paramorphen Form, d. h. er wurde über 91° gebildet. Kupferglanz und Buntkupfer kommen ferner meist in gegenseitigen Verwachsungen vor, die auf Entstehung bei höheren Temperaturen schließen lassen. Besonders sind Entmischungen sehr häufig und weit verbreitet. Als ganz besonders auffällig möchte ich die von Bateman erwähnte, aber weiter nicht hervorgehobene Tatsache betonen, daß die Sulfide zumeist mit eigenen Kristallflächen in der Umgebung liegen, eine Tatsache, die besonders bei so wenig kristallisierfreudigen Mineralien wie Buntkupfer und Kupferkies ganz ungewöhnlich ist. Bateman schließt nun aus dem mikroskopisch-paragenetischen Bild ganz richtig, daß der heutige Mineralbestand sich bei höheren Temperaturen gebildet hat. Ich kann ihm aber nicht darin folgen, wenn er behauptet, daß das Bild der Erzschieften, so wie es heute vorliegt, aus der epigenetischen Imprägnation der Gesteine mit heißen, magmatisch-hydrothermalen Lösungen entstanden sei, daß diese den Absatz der Kupfersulfide bewirkt hätten, wobei die nichtmetallischen Nebengesteinsminerale erheblich von den Sulfiden verdrängt worden wären. Um das heutige Bild der Erzschieften verstehen zu können, muß man vielmehr die Gesteine der Bwana M'Kubwa-Serie als Ganzes petrographisch betrachten. Sie haben alle den Charakter schwach metamorph umgewandelter Gesteine, und zwar sind es durchweg Epigesteine nach der Definition von Grubenmann. Zu diesem metamorph umgebildeten Mineralbestand gehören auch die Sulfide. Sie waren da, als das Gestein umgebildet wurde, und sind dabei selbst besonders stark mit umkristallisiert und ummineralisiert worden, da Sulfide ja viel reaktionsfähiger sind als Silikate. Diese Umbildung ging bei höheren Temperaturen vor sich und daher stammen die übereinstimmend auf höhere Temperaturen deutenden Mineralarten, Verwachsungen und Ent-

<sup>1)</sup> Die Kupferlagerstätten des Oberen Sees können nicht als Vergleich herangezogen werden, da sie durch die ungewöhnliche Natur des Nebengesteins — basische Eruptiva und ihre Tuffe — weitgehend modifiziert wurden.

<sup>2)</sup> Vgl. auch Econ Geol. 1930, 25, 365—418.

mischungen im Erzbestand, auch die so überaus häufigen Kristallformen der Sulfide. Dies sind keine Verdrängungsbilder im üblichen Sinne, sondern es sind „idioblastisch“ bei der Metamorphose eingewucherte Neubildungen. Bei dieser Metamorphose — die wohl Hand in Hand mit der Aufzählung unter stärkerem Belastungsdruck und demzufolge erhöhter Temperatur vor sich ging — rissen kleine Zerrungsklüfte auf. Die heißen, unter Druck stehenden, mit Mineralstoffen des Nebengesteins beladenen, zirkulierenden Lösungen im Gestein diffundierten rasch hinein, bei dieser Druckentlastung kristallisierten die gelösten Stoffe aus und so bildeten sich jene fingerlangen Sekretionsklüfte voll Quarz, Adular, Kalkspat und Sulfiden, welche von den Forschern dort seither für „Pegmatit“-Gänge gehalten wurden. Sie sehen den entsprechenden alpinen Sekretionsklüften völlig ähnlich, die wasserklaren schönen Bergkristalle, die flachen Kristallformen des Adular stimmen ganz genau mit diesen überein, nur fehlen in den Alpen die Kupfersulfide fast völlig, da sie dort im Nebengestein nicht enthalten sind, während sie hier im Nebengestein vorkommen. Bezeichnenderweise sind die Sekretionsklüfte in den hangenden und liegenden Gesteinen des Erzhorizonts stets erzleer und sie enthalten nur Sulfide, wenn sie im Erzhorizont selbst aufreißen. Sonst ist bei der Metamorphose keine wesentliche Wanderung der Metalle eingetreten, die Sulfide liegen im allgemeinen noch an ihrer ursprünglichen Stelle.

Die Nebengesteine selbst und die anderen Gesteine der Bwana M'Kubwa-Serie haben ähnlich metamorphen Charakter. Bisweilen steigt die Metamorphose sehr viel stärker an (so lokal in N'Changa oder Muliashi). Dann kann man dies aber stets durch gesteigerte Durchbewegung der Gesteine bei wesentlich intensiverer Kleinfaltung und Deformation erklären. Auch ist der Charakter dieser Gesteine anders, als es bei einer Kontaktmetamorphose, für die Bateman dies hält, die Regel zu sein pflegt.

Die — übrigens nur sehr spärliche — Turmalinführung, die auch ganz weit weg vom Erzhorizont sich findet, hängt nicht mit der Erzführung zusammen. Es sind metamorph ummineralisierte, klastische Turmaline der Sedimente, oft auch nur orientiert umwachsene abgerollte Turmalinkörner.

Es muß nun noch auf die ursprüngliche Natur des Erzbestandes vor der Metamorphose und seine Entstehung eingegangen werden. Ich halte ihn für syngenetisch-sedimentär. Noch heute streichen im Grundgebirge in Nord-Rhodesia überaus zahlreiche kleine Lagerstätten aus. Es sind meist goldhaltige Kupfer-Eisensulfidlagerstätten von einer paragenetischen Art, wie es den unteren Wurzeln der hydrothermalen Erzgänge schon im Granit selbst, dem sogen. „embatholitischen“ Typus eigentümlich ist. Die höheren, heute abgetragenen Teufenstufen dieser Gänge, die „epi- und akrobatholitischen“ Typen, sind im allgemeinen wesentlich reicher, insbesondere kupferreicher. Der archaische Granit Süd- und Nord-Rhodesiens muß eine ungeheuer reiche Metallprovinz erzeugt haben. Als nach der terrestrischen Abtragung wieder eine Sedimentation des Verwitterungs- und Abtragungsschuttes und seiner Aufbereitungsprodukte begann, waren die abgetragenen Bruchstücke der Erzgänge im Schutt, und die ausgelaugten und gelösten Metalle zirkulierten im Grundwasser der abflußlosen Wannsen, in denen sich die Bwana M'Kubwa-Gesteine aufschichteten. Hier wurden während der Sedimentation der ganzen Schichtenfolge an einer Schicht, wo die Bedingungen dazu vorlagen, die Metalle als Sulfide ausgefällt. Eine Syngenesese im wörtlichen Sinne braucht das nicht gewesen zu sein, sondern die Ausfällung fand nur ganz allgemein innerhalb des sedimentären Zyklus der Bwana M'Kubwa-Gesteine statt. Entweder geschah dies schon gleichzeitig mit dem Absatz der Erznebangesteine oder schon bald darnach, oder aber möglicherweise auch erst sehr viel später, als schon

Hunderte von Metern darüberlagernde Sedimente aufgehäuft waren. Oder, was vielleicht am wahrscheinlichsten war, verzeigte Sulfide innerhalb des heutigen Erzhorizontes, die zum Teil noch klastisch hineingeraten sein mochten, wirkten als Ansatzkeime und lange Zeiträume hindurch wurden durch die reduzierende Wirkung dieser sich ständig vermehrenden Sulfide aus dem Grundwasser die Metalle hier ausgefällt und auf ganz kleiner Mächtigkeit konzentriert. Jedenfalls stammt nach dieser Erklärung der unmittelbare Metallgehalt des Erzhorizonts aus den Grundwässern der sich gleichzeitig bildenden Sedimentserie; die Grundwässer bezogen den Metallgehalt aus den Erzlagerstätten der Unterlage, die in den Randgebirgen abgetragen wurden; die Ausfällung erfolgte im Verlauf der Bildungs- und in der erdgeschichtlichen Epoche der Bwana M'Kubwa-Formation. Das ist der Typus der „sedimentären Konzentrationslagerstätten in terrestrischen, ariden Schuttgesteinen“.

An dieser Stelle will ich die Bildungsvorgänge im einzelnen nicht weiter verfolgen, es soll dies in einer besonderen Arbeit geschehen, in der die petrographisch-mikroskopische Beschaffenheit der ganzen Gesteinsserie, das Gefüge und besonders der Erzinhalt ausführlich behandelt wird. Es sei nur noch darauf hingewiesen, daß der eigenartige, einseitige Metallgehalt sich durch diese Bildungsvorgänge auch ohne weiteres erklären läßt. Ferner sei an dieser Stelle schon bemerkt, was im nächsten Kapitel dieses Berichtes ausführlicher dargelegt werden wird, daß, wie manche andere Autoren, z. B. Bateman, so auch ich der Ansicht bin, daß die sulfidischen Teile der Kupferlagerstätten von Katanga derselben stratigraphisch-faziellen Stellung und derselben Entstehung sind. Es muß endlich noch bemerkt werden, daß W. Lindgren in Cambridge, Mass., schon vor länger als zehn Jahren die Katanga-Lagerstätten auf Grund der spärlichen damals bekannten Literaturangaben ebenso wie oben dargelegt, aufbaute und sie in seine genetische Gruppe: Deposits formed by concentration of substances contained in the surrounding rocks by means of circulating waters“ einreichte. In der neuesten Auflage seines Lehrbuches vermutet Lindgren auch, daß die südlich anstoßenden nordrhodesischen Kupferlagerstätten derselben Entstehung seien<sup>1)</sup>. Ich freue mich, dem verehrten und weitblickenden Altmeister der Lagerstättenkunde auch in dieser Frage wie in so vielen anderen rückhaltlos zustimmen zu können.

Der Typus dieser Konzentrationslagerstätten ist in der verschiedensten Form und mit den verschiedensten Metallführungen weltweit verbreitet. Den besten Überblick gibt Lindgren in seinem Lehrbuch<sup>2)</sup>.

## 7. Die Erschließung Entwicklungsgeschichte.

Spärliche und unsichere Nachrichten über große Bodenschätze Nord-Rhodesias waren schon lange bekannt. Einzelne reichere Ausbisse, wie Bwana M'Kubwa wurden jahrhundertlang schon von den Eingeborenen ausgebeutet. Erst als die Bahn in den ersten Jahren des Jahrhunderts näher rückte, ging man ernsthafter an die Erschließung. Von 1912 an begann Abbau und Verarbeitung in Bwana M'Kubwa, aber der Krieg unterbrach lange die Entwicklung. Erst 1923 fing wieder eine lebhafte Tätigkeit an. In diesem Jahr übertrug die Konzessionsinhaberin, die British South Africa Company der Rhodesia Congo Border Concession Ltd. die alleinigen Schürfrechte in einem

<sup>1)</sup> W. Lindgren: Mineral deposits. 3. Aufl. 1928 S. 453/454.

<sup>2)</sup> W. Lindgren: ebenda, S. 420—470.

Vgl. auch: H. Schneiderhöhn: Konzentrationslagerstätten in arid-terrestrischen Schuttgesteinen. Jahresberichte und Mitteilungen des Oberrheinischen Geologischen Vereins. 1928. 17. VIII—IX.

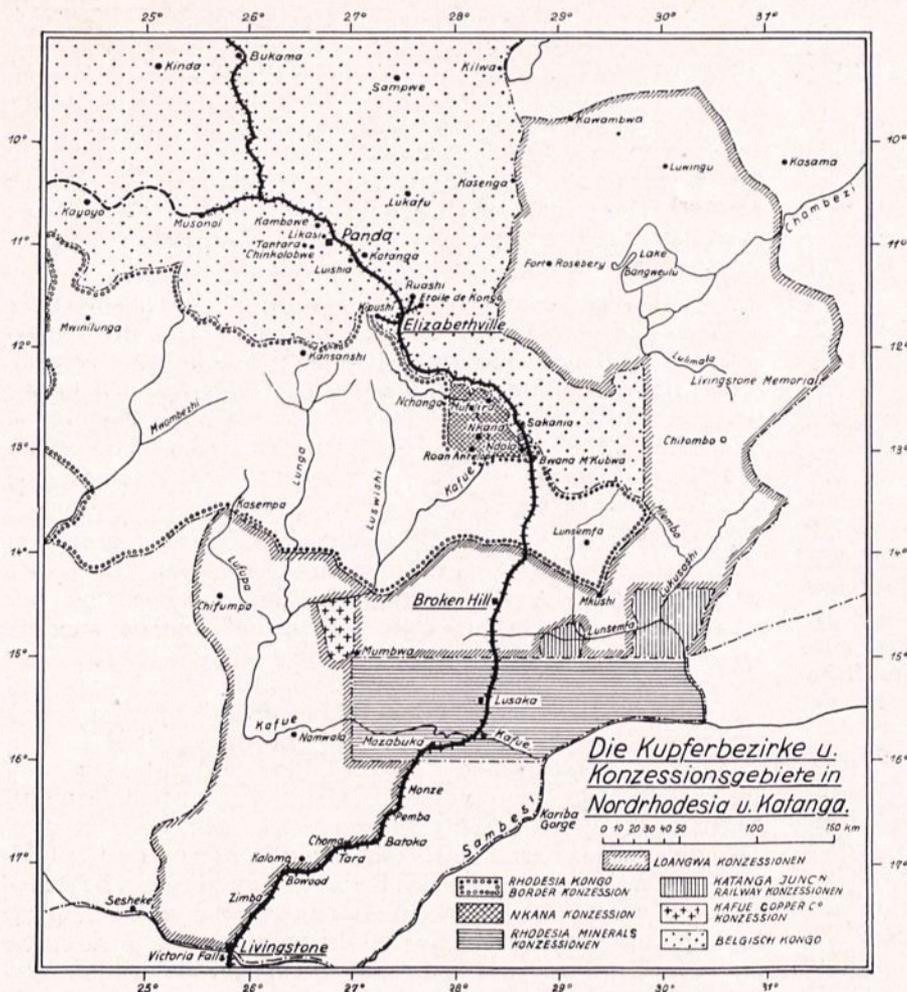
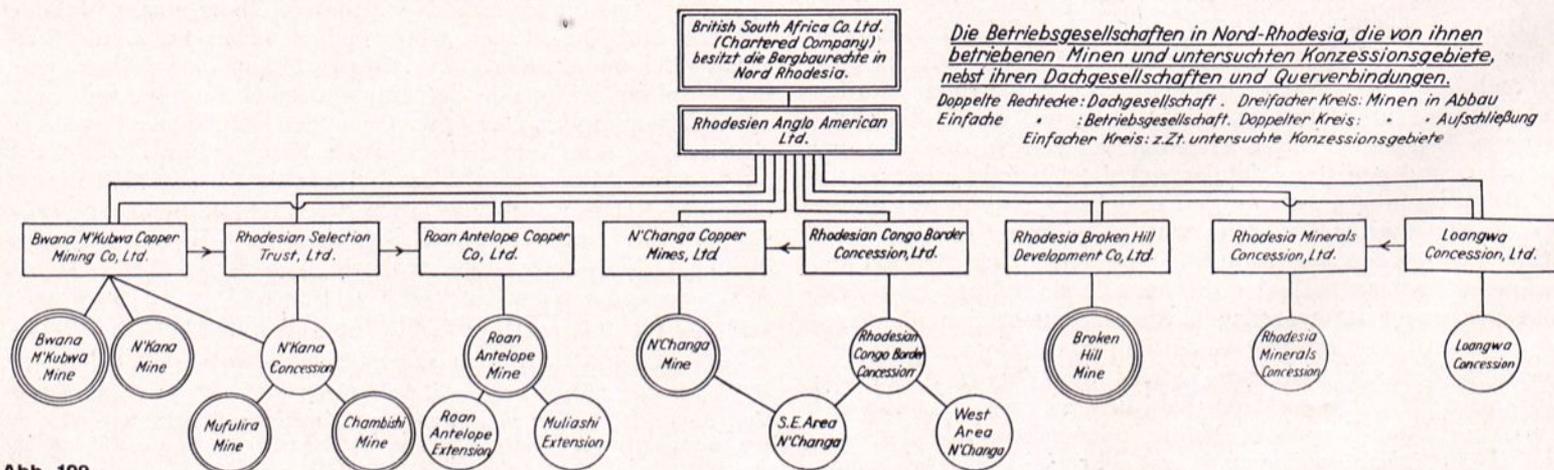


Abb. 108.

Gebiet von 130 000 km<sup>2</sup> im nordwestlichen Teil des Landes für eine Reihe von Jahren. N'Changa wurde bearbeitet und hatte Erfolg, große Londoner Finanzgruppen interessierten sich dafür, eine andere Gruppe, die Selection Trust, begann Roan Antelope aufzuschließen.

1926 trat die Anglo American Corporation of South Africa Ltd. auf den Plan und interessierte sich für die Lagerstätten. Sie zweigte als Tochtergesellschaft die Rhodesian Anglo American Ltd. mit dem Sitz in Broken Hill ab, die von nun an als Dachgesellschaft und als „consulting engineers“ für alle sich weiterhin bildenden Betriebsgesellschaften fungierte. Die zur Zeit vorhandenen Betriebsgesellschaften und die von ihnen untersuchten Konzessionsgebiete und die zur Zeit in Aufschließung bzw. Abbau befindlichen Minen zeigt die Karte Abb. 108. Auf der Tafel Abb. 109 sind die Gesellschaften samt den Querverbindungen der einzelnen Gruppen dargestellt.

Die Erforschung des Geländes und die Aufschließung der Lagerstätten gestaltete sich sehr schwierig. Ausbisse sind nur an wenigen Orten und dann auch meist nur in geringer Konzentration vorhanden. Infolge der meist quarzitischerporösen Natur des Nebengesteins und der stark lösenden Wirkung des Klimas ist das Ausgehende der Lagerstätten meist ganz oder fast ganz ausgelagert. Jedenfalls kann man sich auf größere Erstreckung aus der Beschaffenheit der Ausgehenden der Erzschieht kein Bild von ihrem Metallgehalt in der primären Zone machen. Vor allem sind die Ausbisse der Gesteine selbst nur sehr spärlich und lückenhaft vorhanden, tiefer Verwitterungsboden, fossile Flugsande, ferner dichte Vegetation verdecken sie auf weite Strecken. Als in den Jahren 1924—26 sich die Betriebsgesellschaften gegründet hatten und an die Erschließung gingen, mußte somit erst ein großzügiger Plan dafür aufgestellt werden. Eine Zeitlang dachte man, mit dem



Die Betriebsgesellschaften in Nord-Rhodesia, die von ihnen betriebenen Minen und untersuchten Konzessionsgebiete, nebst ihren Dachgesellschaften und Querverbindungen.  
Doppelte Rechtecke: Dachgesellschaft. Dreifacher Kreis: Minen in Abbau  
Einfache Rechtecke: Betriebsgesellschaft. Doppelter Kreis: Aufschießung  
Einfacher Kreis: z.Zt. untersuchte Konzessionsgebiete

Abb. 109.

Flugzeug alte Eingeborenen-Abbaue rasch auffinden zu können, die eine andere Vegetation haben oder baumlose Grasplätze bilden sollten. Auch war von einigen Punkten (besonders N'Changa) bekannt, daß der Ausstrich des Erzlagers ein baumloser Grasstreifen im dichten Busch ist („Dambo“) und man glaubte dies verallgemeinern zu können. Die Flugzeugerkundung hatte mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen, weil man erst Landeplätze anlegen mußte, denn trotz des meist fast ebenen Geländes war eine Landung beinahe überall wegen der hohen Bäume und auf den Grasflächen wegen der überaus zahlreichen 5—10 m hohen eisenfesten Termitenhügel ganz ausgeschlossen. Es hat sich dann gezeigt, daß der Erfolg nicht den Erwartungen entsprach wegen der geringen Sichtigkeit der stets staubigen und oft von Grasbränden rauchigen Bodenluft. Alte unbekannte Eingeborenenanlagen wurden nicht gefunden und „Dambos“ waren an Erzausstrichen nur ausnahmsweise. Trotzdem wurden 30 000 km<sup>2</sup> vom Flugzeug aus photographisch vermessen.

Die Elektrische Schürfung nach verschiedenen Potentialmethoden versagte, weil die sulfidimprägnierten Erzsichten sich nicht genügend von wasserführenden, erzfreien Schichten unterschieden.

So blieb nichts anderes übrig, als in mühevoller Kleinarbeit geologisch zu kartieren und vor allem die Erzkörper in der Tiefe durch enggestellte Kernbohrungen fortlaufend aufzuschließen.

Die einzelnen Gesellschaften halten ihre Geologen- und Vermessungskolonnen, die alle nach einheitlichem Plan vorgehen. Im ganzen Distrikt waren im vorigen Jahr 62 wissenschaftliche Geologen aus den verschiedensten Ländern tätig. Die organisatorische Oberleitung hat Dr. J. A. Bancroft, in der N'Kana-Konzession Dr. A. Gray. Eine genauere Methode der Kartierung wurde ausgearbeitet. Der Geologe mit seinen Trägern usw. läuft entlang gerader Linien, die in gewissem Abstand voneinander parallel durch den Busch gelegt werden und senkrecht zu denen eine zweite Parallelschar liegt. Die topographische Vermessung mit Kompaß und Meßband erfolgt gleichzeitig mit der geologischen Aufnahme. Eine Partie von zwei Geologen kartiert so in einem Monat 200—250 km<sup>2</sup>. In den Gesellschaftsbüros und in einigen Zentralbüros werden dann diese Angaben verarbeitet.

Die Bohrungen setzen an den erzfündigen Stellen an und verfolgen planmäßig die Erzsichten. Da diese meist auf sehr lange Strecken ziemlich gleichmäßig streichen und steil einfallen, wurden zuerst in bestimmter Entfernung vom Ausstrich eine Parallelreihe von Bohrungen angesetzt, dann eine zweite und weitere nach dem Innern der Mulde zu. Die Bohrungen hatten im allgemeinen Abstände von 200—400 m. Stets werden Kernbohrungen ausgeführt, z. T. mit sehr großem Durchmesser. Die Bezeichnung der Kerne und ihre Aufbewahrung erfolgt überall in vorbildlicher Weise. Ganz gleichmäßige Bohr- und Untersuchungsregister der Kerne werden überall höchst sorgfältig geführt. Wenn ich mich für irgendeine petrographische oder chemische Angabe einer Bohrkartei interessierte, konnte ich wenige Minuten später aus dem Bohrkernlager, in dem viele Kilometer Kerne lagerten, sofort das betreffende Stück erhalten. Bei der Besprechung der Einzellagerstätten habe ich schon eine Reihe Angaben gemacht, aus denen die enorm große Länge der erbohrten Profile hervorgeht, die heute schon Dutzende von Kilometern beträgt.

## 8. Bergbau, Aufbereitung und Verhüttung

Ein Abbau findet zur Zeit regelmäßig nur in Bwana M'Kubwa statt; die dortigen Tagebau-Abbauverfahren wurden vorher geschildert. In Roan Antelope, N'Kana, N'Changa, Mufulira, Chambishi sind Tiefbaue, zum Teil

schon mit mehreren Sohlen. Es werden dort bislang nur Erz-mengen beim Streckenvortrieb gefördert, die vorerst auf Halde kommen oder zu Aufbereitungs- und Verhüttungsversuchen verwandt werden. Der größte Teil der Lagerstätten wird nur unter Tage abgebaut werden können. Es wird eben alles so eingerichtet, daß eine möglichst mechanisierte Massenförderung stattfindet, einmal natürlich, um die Förderkosten herabzusetzen, andererseits aber, um sich so weit als möglich von den eingeborenen Arbeitskräften unabhängig zu machen.

Auch die Verarbeitung der Erze, Aufbereitung und Verhüttung, ist noch im Versuchsstadium. Es sind drei Sorten Erze zu unterscheiden: rein oxydische, gemischt oxydisch-sulfidische und rein sulfidische. Die Zugutmachung der oxydischen Erze hat mit zwei Schwierigkeiten zu kämpfen: einmal sind stets neben Malachit wesentliche Mengen Kupfersilikate, Chrysokoll usw., manchmal auch noch Kupferoxydul vorhanden. Andererseits ist meist mit erheblichen Mengen Karbonate, Dolomit und Kalkspat im Erz zu rechnen. Über die Verarbeitung dieser Erze liegen in Bwana M'Kubwa genügend Erfahrungen vor und man hat dort jetzt ein brauchbares Verfahren, das vorher beschrieben wurde.

Mit der Verarbeitung der gemischten oxydisch-sulfidischen Erze hat sich die Minerals Separation Ltd. in London mehrere Jahre beschäftigt und hat neuesten Zeitungsnachrichten zufolge (Deutsche Bergwerkszeitung vom 27. Dezember 1929) einen „Segregationsprozeß“ angegeben, der folgendermaßen arbeiten soll:

„Er besteht aus einer Warmbehandlung des Erzes bei 600 bis 700° C mit 1 bis 2 Prozent Kohle und weniger als 0,5 Prozent gewöhnlichem Salz. Das Kupfer verläßt fast vollständig die Gangmasse; selbst Partikel von Kupfersilikaterz bis zu 2 mm werden herausgezogen und lagern sich als Metall auf der Kohle ab. Diese Gebilde können ohne weiteres einer Flotation unterworfen werden. Bei der Arbeit in der Versuchsanlage der Minerals Separation Limited in London hat sich ergeben, daß 95 Prozent des Kupfers aus oxydierten Erzen und 92 Prozent aus gemischten Erzen gewonnen werden konnten. Die Anlage besteht aus einem Erzbeschicker und zwei Drehzylindern, den Vorwärmern, dem Ofen und einem Kühlzylinder, der sich mit einer Umdrehung in der Minute bewegt. Die Verarbeitung umfaßt das Trockenbrechen des Erzes bis auf etwa 2 mm, die Segregation und die Flotation. Im normalen Arbeitsverfahren würde sich das Schmelzen und Raffinieren des metallischen Kupfers anschließen. Die erste Anlage, die nach diesen Prinzipien gebaut ist, wird wahrscheinlich in der nächsten Zeit an die N'Changa Copper Mining Comp. geliefert werden.“

Am wenigsten Schwierigkeiten macht wohl die Verarbeitung der rein sulfidischen Erze, die z. T. naßmechanisch, z. T. mit Schwimmaufbereitung zu Konzentraten aus reinem Buntkupfer + Kupferglanz + Kupferkies angereichert werden können, die dann nach dem üblichen hüttenmännischen Verfahren verschmolzen werden können.

## 9. Wirtschaftlicher Ausblick

### 1. Vorräte.

Die wirtschaftliche Bedeutung der nordrhodesischen Kupferlagerstätten ist ganz ungeheuer groß. Da das nordrhodesische Kupfer augenblicklich auf dem Kupfermarkt noch nicht erscheint, ist ihr Einfluß auf die Metallwirtschaft der Welt noch gar nicht einzuschätzen und zu überblicken. Man sehe doch nur folgende Gesamt-vorräte, die schon heute als nachgewiesenermaßen vorhanden betrachtet werden müssen, zu einem Zeitpunkt, wo man in der Erschließung noch nirgends an das Ende der Erzlager gekommen ist:

|                           |                                 |
|---------------------------|---------------------------------|
| Bwana M'Kubwa             | 7 500 000 t zu 3,96 Prozent Cu  |
| Mufulira                  | 100 000 000 t zu 5,5 Prozent Cu |
| Roan Antelope Mine        | 80 000 000 t zu 3,4 Prozent Cu  |
| Roan Extension + Muliashi | 170 000 000 t zu 3,4 Prozent Cu |
| N'Kana                    | 100 000 000 t zu 4,2 Prozent Cu |
| Chambishi                 | 50 000 000 t zu 3,0 Prozent Cu  |
| N'Changa                  | 90 000 000 t zu 4,0 Prozent Cu  |
| N'Changa-West             | 50 000 000 t zu 4,0 Prozent Cu  |
| zusammen                  | 647 500 000 t zu 4 Prozent Cu.  |

Das entspricht einem Inhalt von über 25 000 000 t Kupfer.

Wie hoch sich die endgültigen Vorräte nach Beendigung der Untersuchungsarbeiten stellen werden, ist schwer zu sagen. Aber zwei- bis dreimal mehr wird es sicher werden, nach allen geologischen Daten, die schon bekannt sind, vielleicht noch mehr. Zum Vergleich sei erwähnt, daß die größte bekannte Einzellagerstätte des Kupfers, Chuquicamata in Chile, vor einigen Jahren mit 900 Mill. Tonnen, aber nur eines Erzes mit etwa 2 Prozent Cu rechnete, daß Bingham in Utah 360 Mill. t mit 1,5 Prozent Cu angibt.

## 2. Arbeiterfrage.

Die Arbeiterfrage für einen so großen neu entstandenen Industriebezirk ist nicht einfach zu lösen. Nord-Rhodesia ist nur dünn mit Eingeborenen besiedelt. Nach der letzten Zählung 1927 waren es 1 237 000 Eingeborene, von denen etwa 250 000 Männer als arbeitsfähig in Betracht kommen. Die Schätzungen über den Bedarf der neuen Kupferminen an eingeborenen Arbeitskräften schwanken zwischen 20 000 und 40 000. Dazu kommt noch die mit der Inbetriebnahme der Minen plötzlich außerordentlich gesteigerte Ausdehnung und Vermehrung der Regierungsstellen, Eisenbahnbehörden, Farmer, Gewerbetreibende und Kaufleute, wodurch ebenfalls eine wachsende Nachfrage nach Eingeborenen entsteht.

Die Meinungen darüber, ob das Land selbst einen solchen Bedarf decken kann, sind geteilt. Es kommt noch hinzu, daß heute sehr viele nordrhodesische Eingeborene im Kongo und in Transvaal nach Arbeit suchen und der Eingeborene zeigt in dieser Beziehung ein gewisses Beharrungsvermögen.

Vorerst hat sich ein Ausschuß gebildet, der zusammen mit der Regierung diese Fragen studiert und eine Eingeborenen-Anwerbe-Organisation nach großem Plan vorbereitet.

Es wird auch vielfach die Frage erörtert, ob man überhaupt nicht möglichst auf Eingeborene als Minenarbeiter verzichten und dafür europäische gelernte Arbeiter ins Land ziehen soll. Deren Mehrleistung würde allerdings nicht die wesentlich höheren Löhne und Aufwendungen für Wohnungen usw. ausgleichen. Afrika befindet sich in dieser Richtung heute in einer Krise, in einer Unsicherheit wie noch nie. Einerseits braucht man billige Arbeitskräfte. Andererseits muß unter allen Umständen die weiße Einwanderung viel stärker werden als seither, sonst kann eines Tages das erwachende Selbstbewußtsein der Eingeborenen, wenn das zahlenmäßige Übergewicht weiter so bleibt wie jetzt, den Weißen höchst unangenehm werden.

Bis jetzt galt allerdings immer noch das Dogma, daß der Weiße in Afrika nicht als „Arbeiter“ verwandt werden dürfe, sondern nur Aufseher sein sollte über eine Kolonne von Eingeborenen, die die eigentliche Arbeit machten. Jedenfalls wird die Lösung dieser Frage noch schweres Kopfzerbrechen machen. Eines steht heute schon fest und wird ganz bewußt von allen Gesellschaften betrieben: die denkbar größte Mechanisierung und Rationalisierung in allen Zweigen der Betriebe wird angestrebt und damit die größtmögliche Ersparung von Arbeitskräften. Ein vorzügliches Beispiel ist Bwana M'Kubwa, wo in dem riesigen Tagebau einige einsame Dampfschaukeln arbeiten und Erzzüge rollen und sonst nur noch eine Handvoll Eingeborener — an einigen Bohrpunkten verteilt —, die Bohrarbeit verrichtet.

## 3. Hygienische Verhältnisse.

Voraussetzung für Verwendung und Ansiedelung größerer Mengen europäischer Arbeiter, wie natürlich überhaupt für jede Aufnahme des Großbetriebes ist die Sanierung der Gegend. Malaria herrscht heute noch überall und Prophylaxe ist das ganze Jahr über notwendig. Ausroden des Busches, Vermeidung der stehenden Gewässer, Austrocknung der Sumpfstrecken der „Dambos“ in der Nähe der Ansiedlungen sind die notwendigen, aber auch hinreichenden Mittel zur Bekämpfung. Daneben müssen natürlich die Behausungen entsprechend eingerichtet sein, was auch überall bei den Neubauten schon beachtet wird. Wegen der Tsetse-Fliege kann Vieh nicht gehalten werden. Ob hierin eine Änderung möglich ist, kann ich nicht sagen. Für die Frischfleischversorgung einer größeren Anzahl Weißer wäre das von Bedeutung. Schlafkrankheit fehlt nicht im Bezirke, ist aber wohl nur ganz vereinzelt und kann bei geeigneter systematischer Anwendung der neuen deutschen Mittel (nicht ihrer wertlosen ausländischen Nachahmungen!) ausgerottet werden. Die Sanierung der Gegend ist somit relativ einfach und gut durchzuführen. Das Klima ist sonst ganz gut und nicht sehr verschieden von dem im äußersten Norden von Südwestafrika, wo es sich ja auch ganz gut und gesund leben läßt. Etwas heißer in der trockenen Jahreszeit ist es und mit etwas mehr Regen in der Regenzeit als in Tsumeb wird man hier rechnen können.

## 4. Verkehrsverhältnisse.

Endlich ist noch ein Wort zu sagen über die Verkehrsverhältnisse. Die Eisenbahn nach Katanga berührt den Hauptkupferbezirk an seiner Nordost- und Ostseite. Einige Stichbahnen an die Hauptbergwerksorte, Roan Antelope, Mufulira, N'Kana, N'Changa sind geplant, teils schon im Bau, teils sogar schon fertig. Im Bezirk selbst sind überall schon die Hauptautowege durchgelegt, in der Art, wie man überhaupt heute in Afrika noch Autowege baut, nicht befestigt, aber in der Trockenzeit hinreichend, in der Regenzeit allerdings unpassierbar. Die größeren Flüsse, besonders der vielfach gewundene Kafue, werden auf Autofähren überfahren, durch kleine Bachläufe fährt man einfach durch. Die sumpfigen Dambostrecken haben Knüppeldämme. Im Distrikt selbst sind also heute schon ganz leidliche Verkehrsverhältnisse und sie werden mit fortschreitender Entwicklung rasch noch sehr viel besser.

Eine viel ernstere Frage ist die nach der zukünftigen Weltverkehrs-Orientierung des Bezirks. Hier gehen die Interessen von Nord-Rhodesia zum großen Teil mit denen von Katanga Hand in Hand, aber sie stimmen nicht überein mit denen des British Empire und auch nicht mit denen der Union of South Africa. Für diese beiden Staatsgebilde ist Nord-Rhodesia ein weit entlegener Außenposten, der nach Süden gravitieren müßte, alle Einfuhrgüter von Süden her aus Unionshäfen über die Union- und Rhodesiabahnen erhalten müßte und dessen Ausfuhr den umgekehrten Weg gehen müßte. Ein Blick auf die Verkehrskarte (Abb. 110) zeigt, daß dieser politische Wunsch verkehrsgeographisch schlecht zu rechtfertigen ist. Zur Zeit allerdings sind die einzigen durchgehenden Bahnstrecken, die nach den Unionshäfen bzw. den portugiesisch-ostafrikanischen Häfen Beira und Lourenco Marques.

Vom nordrhodesischen Kupferbezirk sind es bis:

|                  |      |               |
|------------------|------|---------------|
| Beira            | 2100 | Bahnkilometer |
| Lourenco Marques | 3000 | „             |
| Durban           | 3400 | „             |
| Port Elisabeth   | 3500 | „             |
| Kapstadt         | 3500 | „             |

Der nächste Weg ist also der nach Beira. Eine Abkürzungslinie Kafue-Sinoia ist geplant, welche den Weg um 450 km abkürzen würde. Diese Strecke führt also hoch an die Ostküste. Von da ist entweder ein sehr weiter Seeweg ums Kap,

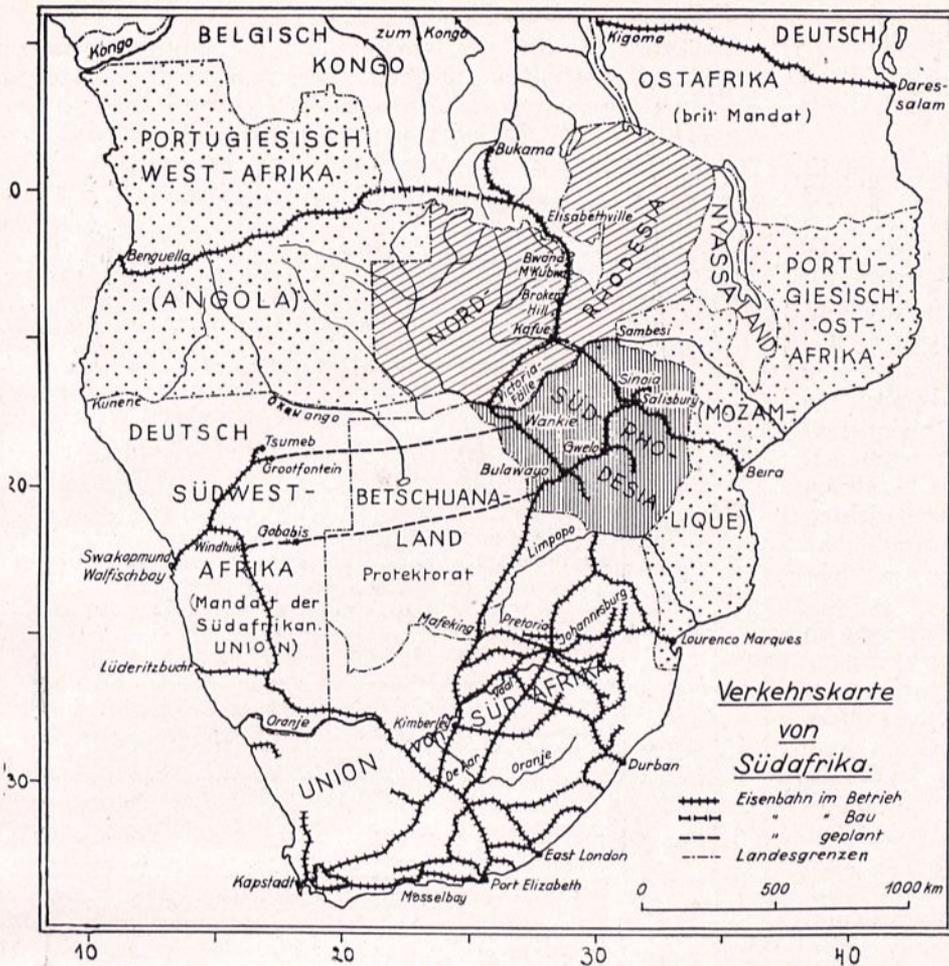


Abb. 110.

oder ein ebenso weiter durch den Suez-Kanal, auf dem überdies noch die enorm hohen Kanalgebühren liegen. Trotzdem ist dies heute noch der Hauptweg.

Zwei weitere Pläne sind vorhanden: Der eine, schon weit vorgeschritten, ist die Benguela-Bahn. Sie geht von dem Hafen Lobito Bay in Portugiesisch-Westafrika (Angola) in östlicher Richtung bis zur Grenze zum Kongostaat und wurde im Jahre 1927 beendet und Mitte 1929 eingeweiht. Das Zwischenstück, rund 500 km auf belgischem Boden, ist schon in Angriff genommen und ist in 2—3 Jahren wohl fertig. Die ganze Strecke Nord-Rhodesia—Lobito Bay ist etwa 2400 km lang, also nur wenig länger als nach Beira, hätte aber den Vorteil einer außerordentlichen Verkürzung des Seewegs. Demgegenüber steht für Nord-Rhodesia die Abhängigkeit von zwei fremden Ländern.

Der andere Plan, ganz auf dem Boden des British Empire, geht dahin, von einer Stelle in Süd-Rhodesia aus (Wankie oder Bulawayo) eine Bahn nach Westen quer durch die Kalahari (Betschuanaland-Protectorat) nach Südwestafrika zu legen. Sie soll das dortige Bahnnetz entweder im Norden, in der Otavibahn (wohl in Grootfontein) treffen oder in der Mitte des Landes über Gobabis in Windhuk. Beide Strecken münden im Hafen Walfischbucht.

Die Strecke Wankie—Grootfontein—Walfischbucht ist 1060 km, die Bulawayo—Windhuk—Walfischbucht ist 1760 km lang. Die Gesamtstrecke von dem nordrhodesischen Kupferbezirk nach Walfischbucht wäre 2000 km bzw. 3000 km lang. Die völlige Souveränität über diese Bahn dürfte die etwas weiteren Bahnwege und die  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Tage längere Seereise wieder wettmachen. Für dieses Projekt wird eben, besonders auch aus Kreisen der großen englischen Gesellschaften, die hinter den Kupfergesellschaften stehen, sehr starke Propaganda gemacht. Es muß aber bedacht werden, daß hierzu eine neue Strecke durch z. T. völlig unbekannte, unbe-

siedelte und wasserlose Teile der Kalahari gebaut werden muß, die je nach der gewählten Route zwischen 900 und 1200 km Länge hat. Außer ein oder zwei Autodurchquerungen im vorigen Jahr scheinen für diesen Plan noch keine Vorarbeiten zu existieren, so daß eine Verwirklichung noch gute Weile hat.

## VI. Katanga

Die „Union Minière du Haut Katanga“ hatte die Kongreßteilnehmer in entgegenkommender Weise zu einer Exkursion zum Studium der Geologie und der hauptsächlichsten Kupferlagerstätten von Katanga eingeladen. Diese Exkursion fand im Anschluß an die in Nord-Rhodesia statt und eine kleinere Anzahl Teilnehmer machte sehr gern von der zum ersten Male gebotenen Gelegenheit Gebrauch, diese über alle Maßen reichen und mineralberühmten und wirtschaftlich so wertvollen Lagerstätten im Herzen Afrikas zu sehen. Die Führung hatten die beiden Geologen der Gesellschaft, Dr. H. H. J. Schuiling und Dr. A. Timmerhans sowie der Chefgeologe der Union Minière, Dr. Emile Richet. Wir konnten die wichtigsten und größten Kupferlagerstätten sehen, Ruashi, Etoile du Congo, Likasi, Luishia, Kambowe, die wichtigsten Grundzüge der geologischen Verhältnisse studieren, die modernen Abbaue in den Riesentagebauen und die großartigen Anlagen für die Verarbeitung der Erze, die Gewinnung des Kupfers und Kobalts sowie der anderen Nebenprodukte. Auch ein Einblick in die Organisation der geologischen Erforschung des Gesellschaftsgebietes und in die herrlichen Mineralsammlungen wurde uns gegeben. Dagegen war eine Besichtigung der reichsten Kupfergrube Kipushi (Prince Léopold) und der berühmten Uran-Radium-Grube Chinkolobwe (Kasolo) nicht gestattet. Den Führern und der Direktion der Union Minière du Haut Katanga

sowie dem Gouverneur der Provinz Katanga sind alle Besucher für das viele Neue und Interessante und für die gastfreundliche Aufnahme zu lebhaftem Dank verpflichtet.

## 1. Geographisch-morphologischer Überblick

Die Grenze zwischen Nord-Rhodesia und Katanga verläuft ganz genau auf der Wasserscheide zwischen Sambesi und Kongo. Eine solche eindeutig zu definierende Grenzföhrung war zur Vermeidung unendlicher Streitigkeiten notwendig, weil der Kupferbezirk auf beiden Seiten der Grenze liegt und die Lage, z. B. der reichen Mine Kipushi, zweifelhaft war und sie erst durch ganz genaue Vermessung eindeutig dem Katangagebiet zugesprochen werden konnte. Die Wasserscheide ist ganz flach und nur selten durch stärkere Erhebungen gekennzeichnet. Sie wurde in mühsamer Präzisionsvermessung durch eine gemeinsame Grenzkommission festgelegt und verläuft nun natürlich äußerst kompliziert. Überall im Gelände ist ihr entlang ein breiter Streifen aus dem dichten Buschwald ausgehauen und in kurzen Abständen sind hohe Grenzsteine errichtet. Von dieser Wasserscheide aus sieht man stellenweise weit hinein in das buschwald- und urwaldbestandene Kongobecken, das ebenfalls wie Nord-Rhodesia im allgemeinen eine ungeheure ebene Fläche bildet, nur mit ganz vereinzelt kleinen, aufgesetzten Kopjes und Inselbergen. Erst weiter nach Nordosten und Norden kommen größere aufgesetzte Gebirge. Die Hauptstadt Katangas ist Elisabethville, eine schöne, moderne und saubere Stadt mit allen Bequemlichkeiten und Einrichtungen für verwöhnte europäische Ansprüche. Der Sitz der Union Minière du Haut Katanga ist Panda, 120 km nördlich Elisabethville. Hier sind die Verwaltungsgebäude, der größte Teil der metallurgischen Verarbeitungsanlagen, sowie die hübschen, hygienischen und zweckmäßig gebauten Wohnhäuser der Beamten und Angestellten. Auch die großen Minen weiter ab mit ihren modernen Anlagen und ebenso gut gebauten Ansiedlungen machen überall nur den besten Eindruck. Rings um die Ansiedlungen, besonders im Umkreis um Elisabethville, sind ausgedehnte Gartenanlagen mit Obst- und Gemüsezuht. Dagegen fehlt wegen der Tsetse-Fliege auch hier alles Vieh. Die Eisenbahn ist ähnlich wie die nordrhodesische, ebenso gut und sauber; die Verkehrswege im Land, die wir fuhren, waren durchweg gut und ordentlich.

## 2. Geologische Verhältnisse

### 1. Allgemeiner Überblick.

Über die Geologie Katangas besteht eine sehr ausgedehnte Literatur, auf die ich in diesem Bericht nicht eingehen kann. Es seien nur die allerletzten Ergebnisse der langjährigen Spezialuntersuchungen der Geologen des Service Géologique der Union Minière du Haut Katanga gebracht. Sie wurden durch Schuiling und Timmerhans in Vorträgen vor dem Kongreß in Pretoria behandelt. Sie erscheinen in den Comptes rendus des Geologen-Kongresses. Den Teilnehmern an der Katanga-Exkursion wurden Abdrücke der Karten und Erläuterungen eingehändigt, auf die ich mich im folgenden meist beziehe.

Es hat sich durch die neueren Arbeiten immer mehr die schon 1913 von dem deutschen Bergingenieur Dr. C. Guillemin ausgesprochene Ansicht bestätigt, daß in Katanga eine verhältnismäßig einfache Schichtenfolge sedimentärer Gesteine herrscht, daß die Verhältnisse aber verwickelt sind durch eine z. T. recht bewegte Tektonik, durch sehr rasche und in allen Schichtgliedern vorhandene seitliche Fazieswechsel und endlich durch lückenhafte Aufschlüsse und große zwischenliegende mit Vegetation und Verwitterungsböden bedeckte Flächen. Die genaueste Einzelaufnahme der genannten Geologen der Union Minière hat diese Hindernisse erst überwinden können.

### 2. Schichtenfolge der Katanga-Formation.

Es sei zunächst die stratigraphische Schichtenfolge gegeben für das Zentrum des Kupferbezirkes, also etwa die Gegend zwischen Elisabethville-Luishia-Panda-Kambowe (siehe Karte Abb. 111) nach den Zusammenstellungen von Schuiling und Timmerhans und in ihren Bezeichnungen.

#### Schichtenfolge im Kupferbezirk von Katanga

(Nach Ergebnissen des Service géologique der Union Minière du Haut Katanga, entnommen aus dem Führer für die Exkursionen in Katanga anlässlich des XV. Internationalen Geol. Congr., Sept. 1929).

|                                     |              |                                  |                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------|--------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Groupe de Kundelungu                | 2000 m       | Série du Kundelungu supérieur    | Schistes, Schistes gréseux ou grès feldspatiques<br>Calcschistes et calcaires gréseux en lentilles<br>Calcaire comé = Calcaire rosé                                                                                              |
|                                     | 0—50 m       | Série du Kundelungu inférieur    | Petit conglomérat de Kundelungu                                                                                                                                                                                                  |
|                                     | 400 — 1500 m |                                  | Calcschistes, Calcaires gréseux ou grès feldspatiques<br>Schistes parfois chloriteux, Calcschistes ou calcaires gréseux<br>Calcschistes ou grès feldspatiques                                                                    |
|                                     | 300—800 m    |                                  | Grand Conglomérat de Kundelungu                                                                                                                                                                                                  |
| Groupe schisto-dolomitique-cherteux | 100—200 m    | Terrains supérieures de M'Washia | Grès ou quarzites feldspatiques ± Schistes noirs pyriteux ou schistes rubanés                                                                                                                                                    |
|                                     | 0—100 m      | Petit conglomérat de M'Washia    | Localement lentilles de conglomérat                                                                                                                                                                                              |
|                                     | 100 — 300 m  | Terrains inférieures de M'Washia | Schistes charbonneux=ferrugineux=rubanés<br>Calcaires schistoides<br>Lentilles silicieuses (chertes, jaspes)<br>Calcaires dolomitiques                                                                                           |
|                                     | 200 — 400 m  | Série des Mines                  | Dolomies supérieures 50-200<br>Schistes dolomitiques 30-80<br>Calcaire dolomitique silicieuse<br>Roches silicieuses cellulaires 10-20<br>Roches silicieuses feuilletées ± 10<br>Dolomies talqueuses =<br>Dolomies inférieures 10 |
|                                     |              |                                  | „Brèches“                                                                                                                                                                                                                        |

Tiefer als bis in die „Dolomies inférieures“ sind gewöhnlich in den Grubenaufschlüssen und den natürlichen Entblößungen die Schichten nicht zu verfolgen. Nur aus Bohrungen kennt man „brèches“ oder „formations brêchoïdes“ in durch wechselnder Mächtigkeit, unter denen dann einigemal noch „phyllades“ erschlossen sind. Letztere gehören zweifellos ins Grundgebirge, zu den Basement-Schichten und werden von den Katanga-Geologen auch dazu gerechnet. Die „Brèches“ sind hauptsächlich tektonische Brekzien oder Mylonite entlang der Verschiebungs- und Überschiebungsflächen der aufgetreßten Sattelschwölbe (s. tektonischer Abschnitt). In ihnen stecken als Gesteinselemente zweifellos oft auch die Bestandteile sandig-quarzitisch-konglomeratischer Gesteine, die die Basis der Série des Mines bilden und als rein klastische Gesteine von ganz wechselnder Mächtigkeit direkt auf dem Grundgebirge liegen.

Was nun die weitere Schichtenfolge anlangt, die Série des Mines und die M'Washia-Serien, das, was als „Groupe schistodolomitique cherteux“ zusammengefaßt wird, so ist ihre große petrographische Ähnlichkeit mit den Gesteinen der Bwana M'Kubwa-Serie ganz unverkennbar. Nur ist die Beteiligung karbonatischer, in erster Linie dolomitischer Bestandteile an dem Aufbau der Gesteine im Kongo viel größer als in Nord-Rhodesia. Reine

Dolomite kommen nicht einmal in sehr großer Mächtigkeit vor. Dagegen sind fast alle anderen Gesteine der Gruppe mit Dolomit durchwoben: dolomitische Schiefer, dolomitische Quarzite, Dolomite mit Hornstein-Knollen und Hornsteinbändern, das sind die herrschenden Gesteine.

Die erzführenden Schichten sind vor allem die mittleren Glieder der Série des Mines, während die unteren und oberen Dolomite erzarm bis erzfrei sind.

Erst die höheren Kundelungugesteine führen neben viel Karbonatgesteinen auch wieder mehr sandig-arkosige Glieder.

### 3. Stratigraphischer Vergleich zwischen Katanga und Nord-Rhodesia.

Eine Parallelisierung zwischen den beiden Erzdistrikten in bezug auf Altersverhältnisse der Nebengesteine liegt nahe. Sie ist durch manches erschwert: durch die z. T. sehr wenig ausgeprägte petrographische Eigenart der Gesteine, durch den raschen und wiederholten, seitlichen Fazieswechsel und vor allem bis in die jüngste Zeit durch das völlige Fehlen einer Zusammenarbeit der Geologen der nordrhodesischen Gesellschaften und denen der Union Minière. Erst voriges Jahr beim Kongreß fanden die ersten gegenseitigen Besuche und Besichtigungen statt, vorher kannte keiner das Nachbargebiet.

Am ehesten lassen sich die größeren, anscheinend durchgehenden Konglomerate als Leitgesteine benutzen. Es sind, wie aus der Formationstafel hervorgeht, in Katanga drei verschiedene Konglomerate vorhanden, von oben nach unten:

Petit conglomérat de Kundelungu,  
Grand conglomérat de Kundelungu,  
Petit conglomérat de M'Washia.

Dazu kommen noch an der Basis die „Brêches“ als ähnliches Gestein. In Nord-Rhodesia sind auch drei:

Grundkonglomerat der Mutondo-Serie.  
Grobsandige, z. T. konglomeratische Basisschichten der Christmas-Serie.

Feldspatquarzite ± Konglomeraten an der Basis der Bwana M'Kubwa-Serie.

Nun hat das „Grand conglomérat de Kundelungu“ petrographisch sehr oft dieselbe Beschaffenheit, wie es vom „Tillit“ der Mutondo-Serie näher beschrieben war: es ist ein völlig unklassiertes Gestein mit eckigen, wenig gerundeten Stücken und Blöcken mit sehr wechselnder Sand- und Tongrundmasse. Es ist auch im Kongo als „Tillit“ d. h. als fluvioglaziale Ablagerungen gedeutet worden, eine Deutung, die wir zugunsten der Natur als terrestrisches Schuttgestein als „Fanglomerat“ im Sinne von E. Kaiser heute aufgeben. Wenn man auf dieser Grundlage die Parallelisierung durchführt, ergeben sich weitgehende Ähnlichkeiten beider Ausbildungen. Die Erzserien fallen recht genau in dieselbe Stufe. Ein wesentlicher Unterschied besteht in dem verschiedenen petrographischen Charakter der Erzneben- und Nebengesteine: in Rhodesia quarzitischeschiefrig mit geringer Dolomitbeteiligung, in Katanga dolomitisch mit geringer Quarz- und Glimmerbeimengung. Dazu bemerken aber die Katanga-Geologen, daß die dolomitischen Gesteine der Série des Mines nach Süden und Westen, d. h. nach dem Beckenrand immer sandiger werden, so daß ihr seitlicher Übergang in die sandigen Bwana M'Kubwa-Gesteine auch durch diese Beobachtungen wahrscheinlich gemacht wird. Allerdings liegt eine genauere Bestätigung der Parallelisierung ohne eingehendere Kenntnis der Basisschichten der Série des Mines im ungestörten Feld noch nicht vor. Hier klafft noch eine Lücke in unserer Kenntnis, die heute vielleicht schon durch die Bearbeitung bereits vorhandener Bohrungen ausgefüllt werden kann. Sicher werden in naher Zukunft weitere Bohrungen darüber Aufschluß geben.

A. Gray hat in seiner Schrift über die Geologischen Verhältnisse der N'Kana-Konzession (1929, p. 23) die Parallelisierung auf dieser Grundlage schon angedeutet. Auch A. M. Bateman 1930 stimmt dem zu. Ich selbst bin schon an Ort und Stelle nach Vergleich beider Distrikte zu demselben Ergebnis gekommen. Vor allem ist folgendes ein wichtiger Beweisgrund für die Richtigkeit dieser Parallelisierung: Die neue geologische Karte der Mission géologique der Union Minière du Haut Katanga, 1:1 Mill., die in Pretoria auf dem Kongreß zum erstenmal vorgelegt und uns zur Exkursion ausgehändigt wurde, reicht im Südosten zwischen Tshinsenda und Sakania bis zur rhodesisch-belgischen Grenze. Auf derselben Strecke reicht die 1929 veröffentlichte Karte der N'Kana-Konzession von A. Gray u. A. ca. 1:190 000 ebenfalls bis zur Grenze. Wenn man letztere auf 1:1 Mill. reduziert und an die Katanga-Karte anpaßt, ergibt sich die genaue Fortsetzung der einzelnen Formationsgruppen in der nach obiger Parallelisierung verlangten Weise (Abb. 111).

Auf dieser Grundlage ergibt sich somit folgende Vergleichstafel der Formation in beiden Gebieten:

| Nord-Rhodesia                             |                                                                      | Katanga                                                                                                    |                           |                                     |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Mutondo Kundelungu- oder Tanganyika-Serie | Purple quarzite                                                      | Schiefer, Quarzschiefer, Kalkschiefer, Kalke                                                               | Obere Abteilung           | Kundelungu Gruppe                   |
|                                           | Dolomitische Schiefer, Dolomite, Sandsteine, Schiefer                | Petit conglomérat de Kundelungu<br>Kalkschiefer, quarzige Kalke, Feldspatquarzite, Chloritschiefer         | Untere Abteilung          |                                     |
|                                           | Sandsteine und Konglomerate                                          | Grand Conglomérat de Kundelungu                                                                            |                           |                                     |
| Christmas-Serie                           | Schiefer mit Pyrit und Eisenspat, Sandsteine                         | Feldspatquarzite, dunkle Pyritschiefer, Petit conglomérat de M'Washia                                      | Obere M'Washia Abteilung  |                                     |
| Bwana M'Kubwa Serie                       | Dolomite, Dolomitische Schiefer, Feldspatsandsteine, Glimmerquarzite | Gestreifte kalkig-eisenschüssige Schiefer, Kalkschiefer mit Hornsteinlinsen, Dolomite                      | Untere M'Washia Abteilung | Groupe schisto-dolomitique cherteux |
|                                           | Glimmersandsteine, Quarzite, gebänderte Schiefer + Dolomitgehalt     | Obere Dolomite, Dolomitschiefer, Zellendolomite, gebänderte Hornstein-dolomite<br>Unt. schiefrige Dolomite | Série des Mines           |                                     |
|                                           | Feldspatsandsteine, Feldspatquarzite ± Konglomerate                  | „Brêches“                                                                                                  |                           |                                     |
| Primär-Formation                          | Basement-Schichten ± altem Granit                                    | „Phyllades“                                                                                                |                           |                                     |

(Die unterstrichenen Gesteine sind die Erzträger.)

### 3. Tektonik

Die einfach gebauten unsymmetrischen Mulden in Nord-Rhodesia gehen in Katanga in wesentlich kompliziertere tektonische Gebilde über. Jenseits der Grenze verschwindet mit zunehmender Tiefe des Beckens rasch der kristalline Sockel. Im ganzen östlichen Gebiet von „Haut Katanga“, das heißt in ben. In den Antiklinalen kommen die ältesten Gesteine der Katanga-Formation an. Das allgemeine Streichen ist zunächst noch SO-NW und biegt erst zwischen dem 27° und 26° Längengrad rasch nach O-W um. Die Katangagesteine sind in eine Reihe enger, langgezogener Falten zusammengeschoßen. In den Antiklinalen kommen die ältesten Gesteine des Groupe schisto-dolomitique-cherteux mit den kupferführenden Gesteinen heraus. Die zusammenhängenden Muldengebiete dazwischen werden von den Kundelungu-Gesteinen eingenommen. Der häufige Wechsel zwischen dolomitischen, schiefrigen, sandigen und konglomeratischen Gesteinen von ganz verschiedener tektonischer Mobilität hat eine durchaus disharmonische Faltung erzeugt. Sie ist oft „injektiv“ im Sinne von H. Stille, und zwar hauptsächlich ektiv, d. h. einzelne Faltelemente erleiden einen gesteigerten Vortrieb ins Hangende. Manche Bilder der schmalen, langen, stark

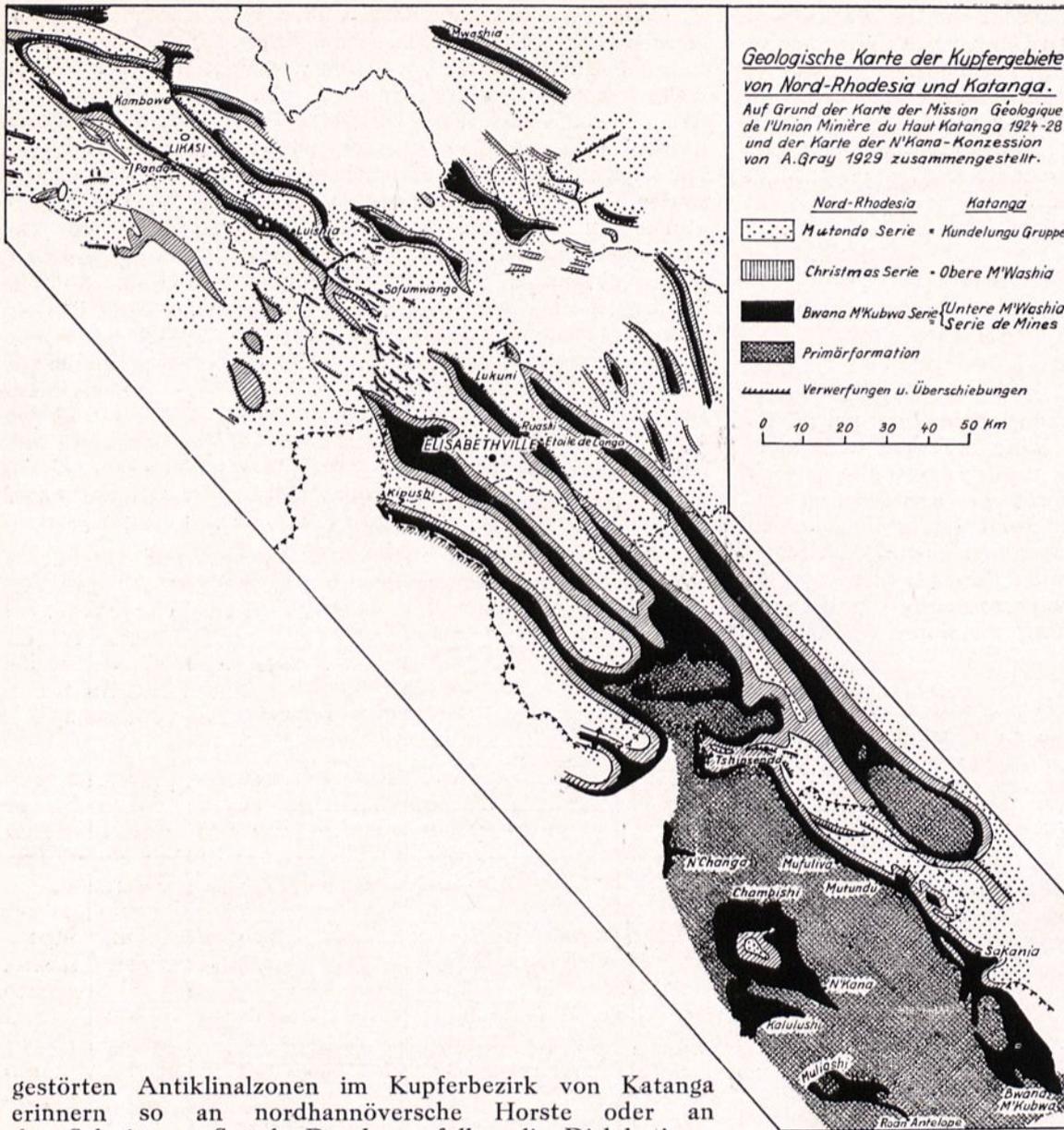


Abb. 111.

gestörten Antiklinalzonen im Kupferbezirk von Katanga erinnern so an nordhannöversche Horste oder an den Salzgitterer Sattel. Durchweg fallen die Dislokationsflächen mit  $30-50^\circ$  nach SW ein und die südwestlichen Schenkel sind überschoben. Dabei sind oft die mittleren Antiklinalteile in sich gesondert sehr stark verfaultet und überfaltet. Auch transversale Trennungs- und Ruchelzonen sind häufig, so daß im Horst selbst eine sehr komplizierte Kleintektonik herrscht. Die Grenzzonen der Antiklinalgesteine sind durchweg tektonischer Natur und stellen z. T. sehr breite Breckzien- und Ruchelzonen dar, Mylonite oder „brèches“. Je weiter nach Norden und Nordwesten, desto lebhafter wird die Durchbewegung des Komplexes. Hier treten dann auch ganze Überschiebungsschollen auf. Einige von den großen Minen, z. B. Kambowe, sind schwimmende Deckschollen älterer in sich stark gestörter und verfaulteter Schistes dolomitique-cherteux-Gesteine mit Kupfererzen auf jüngeren Kundelungu-Gesteinen, mit Zwischenmassen von Breckzien und Myloniten. Die Entzifferung dieser komplizierten Verhältnisse ist das große Verdienst der Katanga-geologen, insbesondere von Schuiling und Timmerhans, unter der Direktion des Chefgeologen Dr. Emile Richet, durch Arbeiten der allerletzten Jahre.

#### 4. Erzlagerstätten

##### 1. Allgemeine Übersicht.

Die geologische Position der Erzausstriche ist im Kongo dieselbe wie in Nord-Rhodesia. Nur die sehr viel höhere Lage der heutigen Denudationsfläche in Katanga gibt z. T. hier ein

scheinbar anderes Bild, insofern, als die primären Erzschichten hier an den Sattelaufbrüchen, in Nord-Rhodesia aber an den Muldenrändern ausstreichen. Sie treten in Katanga durchweg an den Nordost-Schenkeln der Faltenzüge auf.

Dagegen hat die lebhaftere Tektonik und die Verruschelung längs der Sattलगrenzen im Verein mit dem stärkeren Karbonatgehalt der Nebengesteine Verschiebungen und Anreicherungen in der Oxydationszone hervorgerufen, die in dieser Art und in einem solchen Ausmaß in Nord-Rhodesia unbekannt sind.

##### 2. Die primären sulfidischen Erze.

Sulfidische Erze spielen in ganz Katanga heute noch kaum eine wirtschaftliche Rolle. Mit Ausnahme von Kipushi werden sie nirgends abgebaut. Daß sie da sind, und in welcher Beschaffenheit, das weiß man schon lange, nicht nur aus den überaus zahlreichen Bohrungen der Haute Minière. Auch anstehend kann man sie außer in Kipushi an einigen Orten sehen, z. B. in Luishia, wo in der Carrière C die oberen kristallinen Dolomite kleine Körnchen von Kupferkies und Kobaltkies eingesprengt enthalten. Bohrkerne aus tieferen, rein sulfidischen Teilen der Série des Mines sind von manchen in Nord-Rhodesia überhaupt nicht zu unterscheiden. Allerdings sind auch sie stets karbonatisch; rein quarzitischer und schiefriger Lagen in der Erzserie kommen auch im primären Bereich seltener vor.

Über den durchschnittlichen Metallgehalt sowie die anderen näheren Einzelheiten der Bohrungen ist nichts bekannt geworden. Auf den Profilen von Ruashi und Luishia, die wir bei den Exkursionen erhielten, waren eine Anzahl Bohrungen mit den Metallgehalten verzeichnet. In ihnen war der Kupfergehalt der 20—40 m mächtigen Haupthorizonte im sulfidischen Bereich recht gut, 4—5 Prozent im Mittel. Bemerkenswert ist ein nie fehlender Kobaltgehalt von oft mehr als 1 Prozent Co, der aber auch örtlich 3—4 Prozent erreichen kann. Er ist an Kobaltkies gebunden. Nach den Bohrkernen, die ich sehen konnte, ist das primäre Kupfererz hier fast nur Kupferkies. Die Verteilung ist ganz ähnlich wie in den entsprechenden Gesteinen von Nord-Rhodesia.

Über die abweichenden Verhältnisse von Kipushi vergleiche unten.

Jedenfalls liegen die primären sulfidischen Erze genau wie in Nord-Rhodesia, so auch in Katanga horizontbeständig in einzelnen Schichten der Série des Mines. Am meisten scheinen die Roches silicieuses feuilletés, die Roches silicieuses cellulaires und der Calcaire dolomitique silicieux vererzt zu sein. Doch enthalten auch die oberen Bänke der Dolomies inférieures und die unteren Bänke Schistes dolomitiques supérieures Erze eingesprengt. Über die stärkere Beteiligung erzführender Mylonite und Brekzien vgl. unten.

### 3. Zementationszone.

Über die Rolle der deszendenden Zementationssulfide ist mir nichts bekannt geworden. Die Bohrkern müßten zu diesem Zweck mikroskopisch genauer untersucht werden. Doch glaube ich auf Grund des karbonatischen Charakters der Nebengesteine und der in ihnen fein eingesprengten primären Sulfide voraussagen zu können, daß im wenig gestörten Feld Zementationssulfide gar keine oder nur eine ganz unerhebliche Rolle spielen werden. Über die abweichenden Verhältnisse in Kipushi vgl. unten.

### 4. Die oxydischen Kupfererze.

Seit Entdeckung der Kupferlagerstätten Katangas bis heute werden ausschließlich die Erze der Oxydationszone abgebaut. Sie sind es, die durch ihre ungewöhnlich hohen Gehalte, durch ihre Riesenmengen und durch ihre außerordentliche Mächtigkeit und infolge des sehr bequemen und billigen Tagebauabbaues Katanga mit Recht den Ruf der größten und wertvollsten Kupferlagerstätte verschafft haben.

Verschiedene geologische und petrographische Umstände wirken zusammen, um hier Oxydationszonen von ungewöhnlich hohen Gehalten zu schaffen: die uralte Landoberfläche Zentralafrikas und die hohen Zahlen der mittleren Jahrestemperatur und der mittleren Regenhöhe bewirken seit langen Zeiten eine völlige Auflösung der über der Grundwasserzone anstehenden Sulfide. Auch noch weit unterhalb des mittleren Grundwasserstandes reichen die oxydischen Erze, wegen der starken jahreszeitlichen Schwankungen und der damit verbundenen energischen Sauerstoffdiffusion. In demselben Sinn wirkt das tektonisch gestörte, aufgerichtete und zerklüftete Nebengestein. Der erhebliche Karbonatgehalt aller Erzgesteine endlich verhindert die Wegfuhr der gelösten Schwermetalle und bewirkt, daß sofort eine Ausfällung stattfindet. Kleine Wanderungen finden statt und so findet man heute oxydische Erze auch in geeigneten Gesteinen, die primär nicht vererzt sind oder in besonders klüftigen Ruschelzonen, weil hier eine besonders starke und bevorzugte Fixierung des Kupfers eintreten konnte.

Ein sehr häufiger Typus der Oxydationserze ist die Ausfüllung von ausgelaugten Spalten, Hohlformen und Höhlungen mit Malachit. Auf Schichtfugen und Klüften sind häufig millimeter- bis zentimeterbreite Malachitadern. Die Hohlformen an Stelle der ausgelaugten Dolomitschichten zwischen

den stehengebliebenen Hornsteinbänken der Roches silicieuses feuilletés enthalten Überzüge, Knollen und Bänder von Malachit. Ebenso sind in den Roches silicieuses cellulaires die konzentrisch-schaligen Dolomitbänder zwischen den Hornsteinmassen der kugeligen Konkretionen ausgelaugt und die Hohlräume mit Malachit gefüllt. Endlich sind öfters ganz große Höhlen durch Auslaugung entstanden, vor allem in den Calcaires dolomitiques. Wir sahen im Tagebau Luishia eine solche Höhle, die gerade vom Dampfbagger abends vorher angefahren war und von der Grubendirektion in dankenswerter Weise zur Besichtigung aufgehoben wurde. Sie war bis 2,50 m hoch, 2 m breit und 5 m lang und Wände, Decken und Boden waren völlig überzogen von 20—50 cm reinen Malachitkrusten. Der Malachit war ganz dicht, wundervoll konzentrisch-schalig gebändert, nach außen in traubig-nierigen Formen, dezimeterlange und armdicke Stalaktiten hingen von der Decke herunter, außen und innen so schön wie der schönste Ural-Malachit. Wir durften mitnehmen so viel wir wollten und man bedauerte nur, daß Rucksackvolumen und unsere Tragfähigkeit nur beschränkt waren.

Malachit ist das Hauptkupfererz. Daneben sind silikatische Kupferminerale recht häufig und in größeren Mengen vorhanden: lebhaft blaugrüner, glaskopfglänzender Chrysokoll, die „entglasten“ Kupfersilikate Plancheit und Shattuckit (die wohl identisch sind), ferner häufig auch Diopas. Alle finden sich wieder in Knollen, Adern, Klüften und Schichtfugenausfüllungen. Auch eigenartig grell gefärbte Kupferphosphate kommen gar nicht selten vor.

Weiterhin ist ein schwarzes bis kaffeebraunes, pulveriges, mulmiges Mineralaggregat weit verbreitet, das in größeren Massen und Knollen in Hohlformen und Klüften sich findet oder ganz zersetzte Dolomitaschen durchtränkt. Es enthält 20—40 Prozent Cu, ganz wechselnde, z. T. ebenso hohe Gehalte an Co und einige Prozent Mn und Fe. Es ist ein hochdisperses Gemenge von  $Cu_2O$ ,  $CuO$ ,  $CoO$ ,  $Co_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  und  $MnO_2$ , also ein Gemenge der „Mineralien“ Kupferschwärze, Asbolan, Brauneisen und Heterogenit. Große Massen Nester und Klumpen dieses „minerai noir“ finden sich auch oft direkt unter dem roten Verwitterungsboden und Flugsand als Schlottenausfüllung zwischen stehengebliebenen Dolomitpfeilern, ganz in der Art, wie unsere terrestrischen Manganverwitterungslagerstätten im Rheinischen Schiefergebirge sich vorfinden (Abb. 115). Diese mulmigen Kupfer-Kobalterze reichen in Spalten und Klüften des Dolomits weit herunter. Öfters finden sich in ihnen schwarzbraune, pechglänzende, glaskopffartige Konkretionen, die aus fast reinem  $Co_2O_3$  = Heterogenit bestehen. Auch schön violetter Kobaltspat wird beobachtet, daneben natürlich noch eine ganze Menge seltenerer, z. T. außerordentlich schön kristallisierter Mineralien, die zusammen mit den herrlichen Malachitklumpen und den anderen genannten Mineralien diese Lagerstätten zu berühmten Mineralfundstellen gemacht haben.

Der Durchschnittsgehalt der Erze, die heute auf den einzelnen Lagerstätten als Ganzes abgebaut werden, beträgt 10—12 Prozent, ja sogar manchmal bis 15 Prozent Cu. Dazu kommen noch mehrere Prozent Co, die lokal schwanken. An einigen Stellen kann man kobaltreiche Erze gesondert abbauen.

### 5. Die Einzelminen.

Das Gebiet, das die zur Zeit im Abbau begriffenen Kupferlagerstätten Katangas umfaßt, ist in SO-NW-Richtung etwa 150 km lang und 30—50 km breit. Nach den neuesten Karten der Union Minière ist die ganze kupferführende Zone 300 km lang und durchschnittlich 60 km breit. Auch innerhalb des heute bearbeiteten kleineren Gebietes sind es nur einige der größten oberflächlichen, erkennbaren Anreicherungen, auf denen eben allein Abbau stattfindet. Es sind dies im wesentlichen folgende Minen:

Kipushi oder Mine Prince Léopold, Etoile du Congo, Ruashi, Luiswishi, Lukuni, Luishia, Likasi, Tantara, Kamatanda, Kambowe.

Kipushi ist die reichste Kupfermine Katangas. Sie liegt nur wenige hundert Meter von der rhodesischen Grenze entfernt auf einer streichenden Überschiebung und Brekzienzone mit transversalen Ruschelzonen. Hier im äußersten Süden des Katanga-Kupferbezirkes ist die Série des Mines schon mehr den tiefsten Gesteinen der Bwana M'Kubwa-Formation ähnlich, insofern, als neben dolomitischen Gesteinen auch noch quarzitische und schiefrige Dolomite und reine Quarzite stark vertreten sind. Es konnte sich dann hier auch eine reiche Zementationszone ausbilden, die in den heute abgebauten Teilen aus hochhaltigem Kupferglanzerz von 20—25 Prozent Cu besteht. Die Mine wird als einzige in Katanga im Tiefbau abgebaut. In größerer Tiefe kommen, wie aus Bohrungen bekannt ist, neben überwiegendem Kupferkies auch etwas Pyrit, Blende, Fahlerz, Buntkupfer, Bleiglanz und aszendenter Kupferglanz vor<sup>1)</sup>. Kipushi wurde uns nicht gezeigt. Ebenso sahen wir einige kleinere, z. T. noch in der Aufschließung begriffene Minen nicht. Besichtigt wurden: Etoile du Congo, Ruashi, Luishia, Likasi, Kambowe West und Kambowe Central.

Etoile du Congo, die berühmte reiche Grube der ersten Zeit, steht z. Zt. still. Es liegen noch enorme Halden da und auch anstehend vorhanden sind noch große Mengen eines mit grellgefärbten Kupfererzen durchtrümmerten Dolomits. Er enthält etwa 6 Prozent Cu, aber vorwiegend als Silikat, also in einer Form, die durch die bisherigen Gewinnungsprozesse in Katanga nicht erfaßt werden konnte.

Auch Likasi, der große Kupferberg über Panda, ist aus demselben Grunde stillgelegt. Hier ist auch noch das ganze Gestein durch und durch mit Kupfersilikaten imprägniert und die Brekzien enthalten viele sekundäre Quarzgänge und Quarztrümmer. Der Berg ist allenthalben von großen Tagebauen ausgehöhlt und Riesenhalden liegen auch hier überall noch umher. (Abb. 118.)

<sup>1)</sup> J. Thoreau: Le gisement Prince Léopold (Kipushi, Katanga). Etude des Minéralisations en profondeur Mém. de l'Inst. Géol. Univ. Louvain, 1928. 4. 265—284.

Die wichtigsten Gruben sind heute Ruashi, Luishia und die bei Kambowe.

Ruashi liegt nahe bei Etoile du Congo, nur wenige Kilometer nördlich Elisabethville. Das Vorkommen war äußerlich durch nichts kennbar und wurde erst 1923 entdeckt. Karte und Profil zeigt Abb. 112. Hier sind die mittleren Glieder der Série des Mines recht gut vererzt, mit etwa 10 Prozent Cu. Sie führen in der Hauptsache Malachit und die mulmige Kupfer-Kobalt-Schwärze, die stellenweise 25 Prozent Co hat und als Kobalterz gesondert gefördert wird. Ein ganz moderner Tagebau mit allen mechanisierten Abbau- und Transportvorrichtungen ist hier vorhanden, wie die Abb. 116 und 117 zeigen.

Luishia liegt an der Bahnstrecke Elisabethville—Panda, 80 km nördlich Elisabethville und 40 km südlich Panda. Es sind dort eine Anzahl großer Tagebaue, die eine recht komplizierte Tektonik des Sattelaufbruchs, ähnlich wie in Ruashi, enthüllen. Im großen Tagebau enthalten die ganz zersetzten mittleren Glieder der Série des Mines meist Malachit, z. T. in außerordentlich großen reinen Massen (vgl. die Schilderung der hier besichtigten Malachithöhle auf p. 107). Das Hauptwerk enthält 12 Prozent Cu. In einem anderen Tagebau in der Nähe stehen die oberen kupferkies- und kobaltkieshaltigen Dolomite in großen zerkarsteten Auflösungs Pfeilen an und enthalten zwischen sich sandig-mulmige Verwitterungsrückstände mit Kupferkobaltschwärze, die als Ganzes etwa 10 Prozent Co enthält (Abb. 115).

Kambowe West und Kambowe Zentral liegen etwa 25 km nordwestlich von Panda. Es handelt sich hier um mehrere Schuppen von Série des Mines-Gesteinen, getrennt durch Mylonite, die wurzellos auf jüngeren Kundelungu-Gesteinen liegen (Abb. 113 und 114). Hier sieht man besonders schön, daß innerhalb der Oxydationszone in kleinerem Umfang Metallwanderungen eingetreten sind. Denn unterhalb einer kleinen Schuppe von Erzgesteinen sind die liegenden jüngeren Kundelungu-Gesteine so stark mit Malachit vererzt, daß sie abgebaut werden können, während die Kundelunguserie sonst ganz erzfrei ist. Bei der Oxydation und der allmählichen Denudation der kleinen Schuppe rutschte der Erzinhalt eben immer tiefer.

Kambowe West enthält neben Malachit viel Kupfersilikat, auch die mulmige Kupferkobaltschwärze.

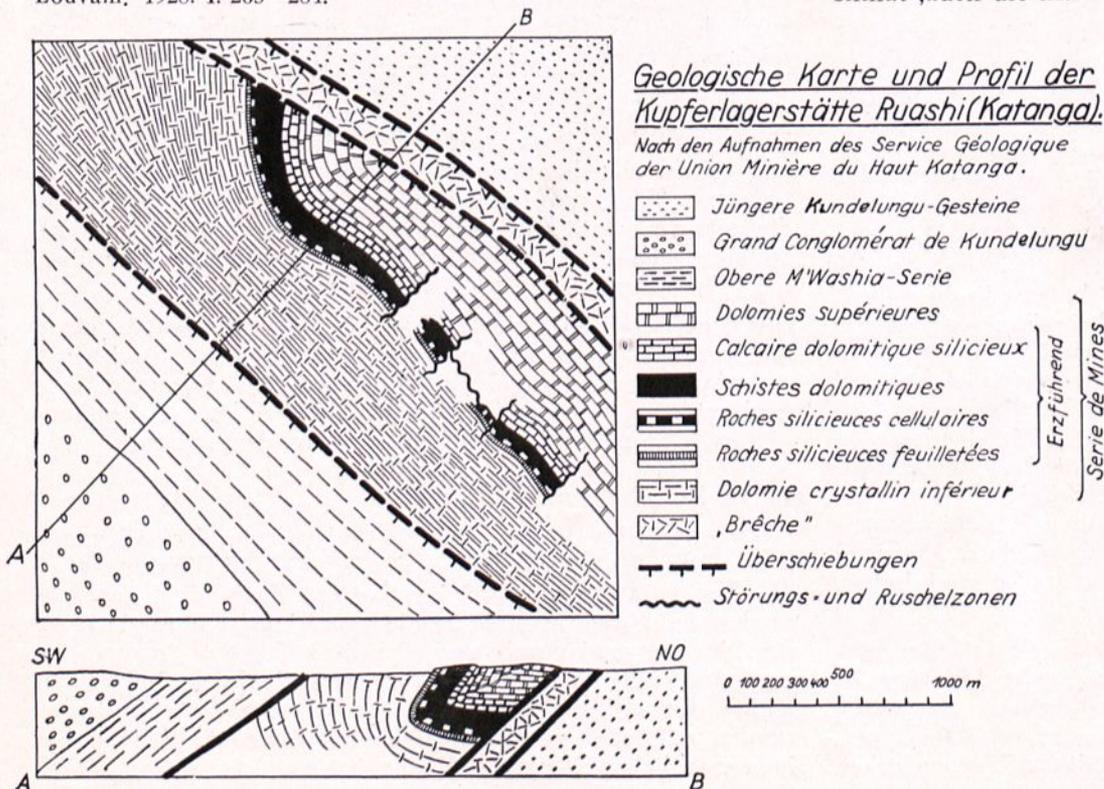
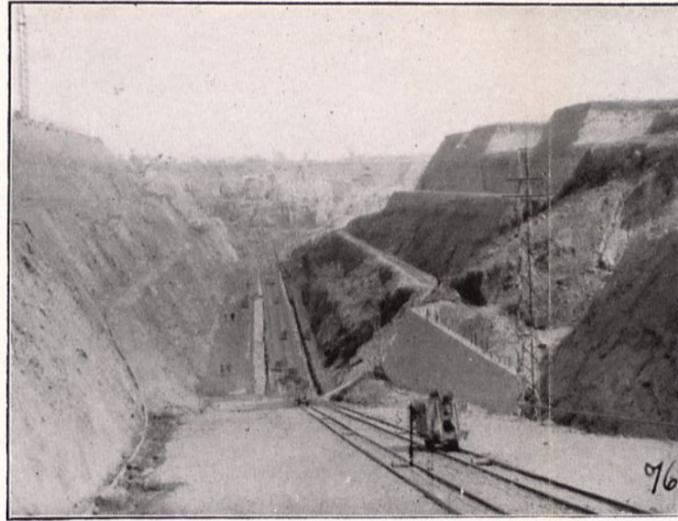


Abb. 112.

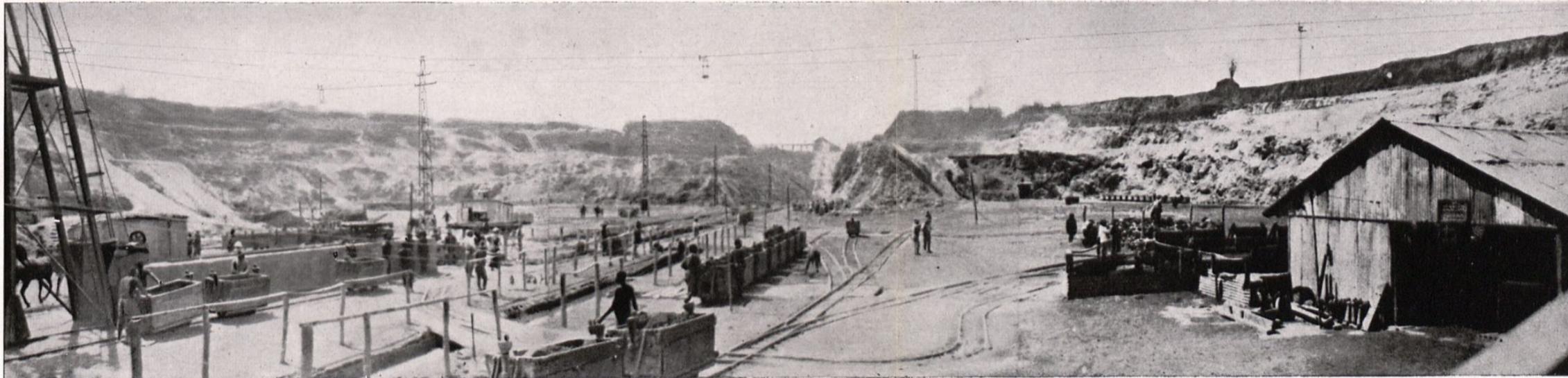




**Abb. 115.** Luishia, Carier C. Oberer kristalliner Dolomit durch Verwitterung in Pfeiler aufgelöst, zwischen denen mulmige Kupfer-Kobalterze lagen, die abgebaut wurden.  
(Aufnahme Schneiderhöhn.)



**Abb. 116.** Tagebau Ruashi von oben. (Aufnahme Schneiderhöhn.)



**Abb. 117.** Tagebau Ruashi.

(Aufnahme Schneiderhöhn.)

Eingeborenenwerft

Schwefelsäurefabrik

Zentral-  
Aubereitung

Kupfer-  
Elektrolyse

Bürogebäude

Elektr. Ofen  
für Kobalt-Gewinnung

Wohngebäude Bahnhof



**Abb. 118.** Blick auf Panda vom Gipfel des Likasi. Im Vordergrund die alten Tagebaue von Likasi.

(Aufnahme Schneiderhöhn.)





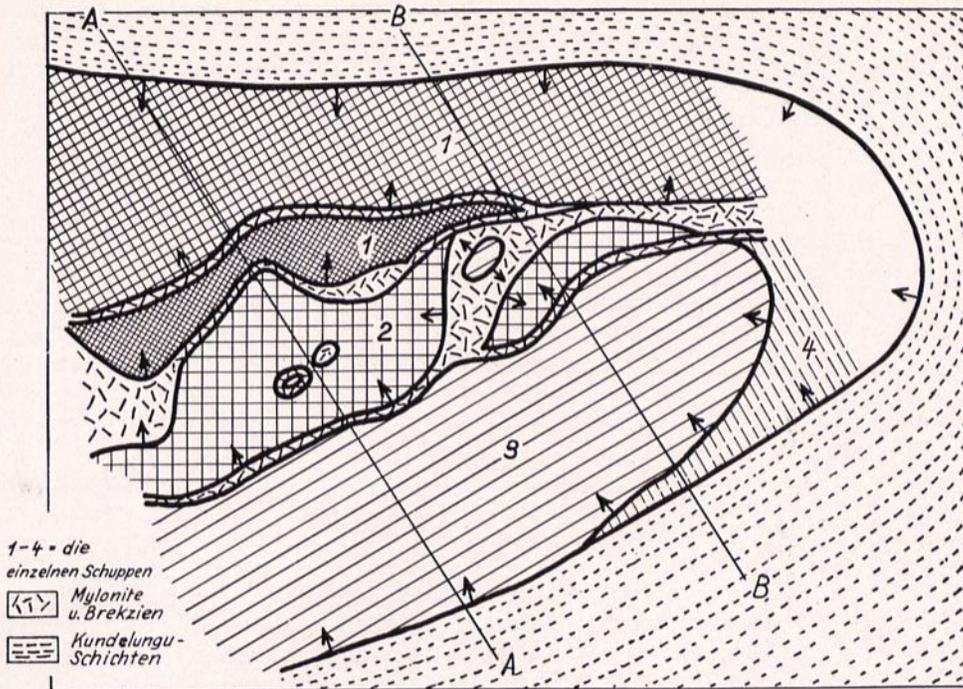


Abb. 113.

Karte der Überschiebungs-Schuppen in Kambowe-Zentral.

nach J.H.Schulling u. A.Timmerhans 1929. 0 100 200 m

Kambowe Zentral, ein großer Tagebau mit mehreren Terrassen übereinander, führt fast ausschließlich Malachit. Hier sieht man sehr schön, wie in den Roches silicieuses cellulaires die zylindrischen und ellipsoidischen Dolomitschalen zwischen den mit ihnen konzentrischen Hornsteinschalen ausgelöst sind und die Hohlräume ganz voll Malachit sind. Die Malachitkrusten und -überzüge haben hier besonders schöne geflossene „Gelformen“. Auch Kambowe Zentral ist sehr reich, etwa 10 Prozent Cu.

**5. Die Entstehung der Erzlagerstätten**

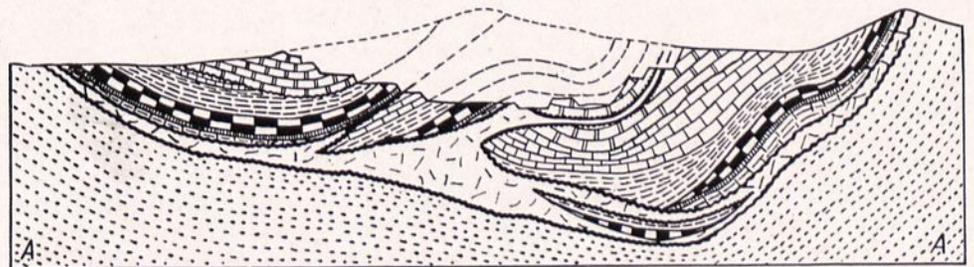
Die Ähnlichkeit der Katangalagerstätten mit denen von Nord-Rhodesia ist unverkennbar. Sie wurde auch eigentlich

nie bestritten, von vielen Forschern sogar sehr energisch betont. Die völlige Gleichsetzung auch in genetischer Beziehung ist bisher aus 2 Gründen noch nicht vorgenommen worden: einmal war man sich über die Parallelisierung der Schichtglieder nicht ganz im klaren und zum zweiten waren bis vor kurzem nur die oxydischen Erze näher bekannt, deren Metallgehalt augenscheinlich gewissen Wanderungen unterlegen war, so daß man diese sekundären Erze nicht mit den primären sulfidischen Erzen in Nord-Rhodesia vergleichen konnte.

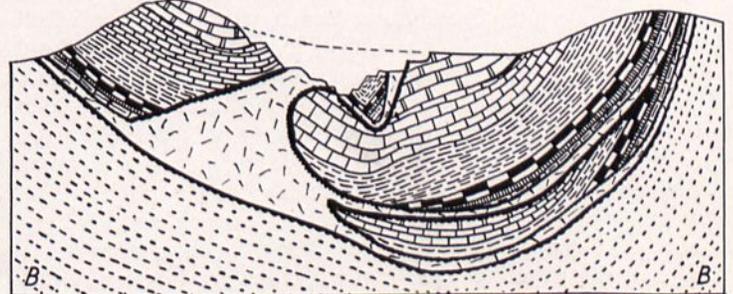
Die Parallelisierung dürfte nach dem oben Gesagten heute ziemlich feststehen und es dürfte so gut wie sicher sein, daß in beiden Gebieten derselbe stratigraphische Horizont

NW

SO



- <img alt="Symbol for Kundelungu: a box with horizontal dashed lines." data-bbox="380 728 410 740"/> Kundelungu
- <img alt="Symbol for Dolomies supérieurs: a box with horizontal solid lines." data-bbox="380 745 410 757"/> Dolomies supérieurs
- <img alt="Symbol for Calcaire dolomitique silicieux: a box with horizontal dashed lines and small circles." data-bbox="380 762 410 774"/> Calcaire dolomitique silicieux
- <img alt="Symbol for Schistes dolomitiques: a box with horizontal solid lines and small circles." data-bbox="380 779 410 791"/> Schistes dolomitiques
- <img alt="Symbol for Roches silicieuses cellulaires: a box with a grid pattern." data-bbox="380 796 410 808"/> Roches silicieuses cellulaires
- <img alt="Symbol for Roches silicieuses feuilletées: a box with vertical solid lines." data-bbox="380 813 410 825"/> Roches silicieuses feuilletées
- <img alt="Symbol for Dolomies inférieurs: a box with horizontal solid lines and small circles." data-bbox="380 830 410 842"/> Dolomies inférieurs
- <img alt="Symbol for Mylonite u. Brekzien: a box with diagonal lines and a central circle." data-bbox="380 847 410 859"/> Mylonite u. Brekzien



Zwei Profile der Mine Kambowe-Zentral.

nach J.H.Schulling u. A.Timmerhans 1929. 0 50 100 m

Abb. 114.

zont der Erzträger ist, wenn auch laterale Faziesunterschiede in den Gesteinen vorhanden sind.

Auch zu dem zweiten Bedenken kann man heute, wenigstens andeutungsweise, Stellung nehmen. Das, was über die primären sulfidischen Erze in den Bohrungen bekannt geworden ist, zeigt eine weitgehende Analogie zu den entsprechenden Verhältnissen in Nord-Rhodesia. Nur sind hier in Katanga entsprechend der sehr viel stärkeren Rolle der Tektonik auch in dieser Beziehung gewisse Abänderungen an Form und Inhalt der primären Lagerstätten zu erwarten und tatsächlich vorhanden.

Es scheinen mir genügend Gründe dafür vorhanden zu sein, den Kupferlagerstätten von Katanga dieselbe genetische Stellung zuzuteilen, wie sie sich mir für die von Nord-Rhodesia zwingend ergab: ich möchte auch sie als ursprünglich syngenetisch in der Sedimentationsabfolge der Série des Mines gebildete sedimentäre Lagerstätten auffassen.

Erzträgergesteine sind hier faziell etwas anderer Art. In Nord-Rhodesia waren es klassierte terrestrische Transportgesteine mit nur geringer Beteiligung an syngenetisch zwischen den klastischen Bestandteilen ausgefallenen Dolomit. Hier in der Mitte des Beckens, wo die Wässer der Schichtfluten sich zu großen Binnenseen sammelten, schieden sich in diesen viel mehr Karbonate chemisch aus und zugleich mit ihnen auch der Metallgehalt. Es herrschte also zweifellos eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Kupferschiefer. Doch darf man wohl die Analogie nicht zu groß erwarten. Denn mariner Natur sind die Katangaschichten nirgends. Ferner haben wir vorerst keine Anzeichen dafür, daß in jenen uralten, algonkischen Zeiten schon Bakterien des Schwefelkreislaufes als Lebewesen existierten, die ja für die Kupfererzausscheidung im Kupferschiefer entscheidend waren. „Kohlige Substanzen“ oder Graphit konnte ich wenigstens bei meinen Proben bis jetzt weder in Nord-Rhodesia noch in Katanga entdecken, trotzdem es in der Literatur oft behauptet wird.

Die besonderen Kennzeichen der nordrhodesischen Lagerstätten, die für diese Entstehung sprachen, kehren nun auch alle hier wieder. Insbesondere möchte ich auf dieselbe Metallvergesellschaftung Kupfer-Kobalt und auf das Fehlen anderer Metalle hinweisen.

In wesentlich stärkerem Maße als in Nord-Rhodesia formte die in Katanga viel intensiver wirkende Tektonik Mineralbestand und Lagerstättenformen um. Der Grad der regionalen Metamorphose ist in beiden Gebieten etwa derselbe. Aber lokal wurden die Gesteine zu den mächtigen Myloniten und „brèches“ umgeformt. Dabei blieben die primären Erze nicht unberührt. Somit finden wir heute in Katanga sulfidische Erze in tieferen Zonen in Myloniten eingesprengt, oder als Trümerwerk und als Gangzonen die Mylonite und die weniger gestörten Nebengesteine durchdringend, mit höher temperierten Mineralparagenesen, ganz, als ob es sich um magmatisch-hydrothermale Gang- oder Verdrängungslagerstätten handelte. Die ausgezeichnete Bearbeitung der sulfidischen Bohrkerne von Kipushi durch J. Thoreau wurde schon erwähnt. Die Beobachtungen sind völlig richtig, die unmittelbaren Schlüsse über Entstehungstemperaturen der Erze ebenfalls, nur möchte ich das alles als metamorphe Umformung, Umkristallisation und Ummineralisation der primären sedimentären Erze auffassen anlässlich der orogenetischen Durchbewegung unter stärkerem Belastungsdruck und demnach höherer Temperatur. Viele Einzelbeobachtungen von Thoreau, die er als etwas ungewöhnlich im Sinne seiner Annahme normaler hydrothermalen Erzbildung hinstellt, sind ganz vorzügliche Anzeichen metamorpher Umbildung. Diese metamorphen Umbildungen in Katanga sind also nur eine

wesentlich stärkere Vergrößerung von Auswirkungen derselben Faktoren, die in Nord-Rhodesia die kleinen und vereinzelt transversalen Sekretionstrümpchen hervorgebracht haben.

Damit komme ich zu demselben Schluß, den schon 1913 der deutsche Bergingenieur C. Guillemain<sup>1)</sup> als Ergebnis seiner längeren Studien im Kongo mit den Worten ausgesprochen hatte: „Die Katangalagerstätten sind syngenetische, schichtige, durch dynamo-metamorphe Umwandlung beeinflusste Lagerstätten sedimentären Ursprungs“. Die Herkunft der Metalle leitet Guillemain ebenfalls von den überaus zahlreichen kleineren eruptiven Lagerstätten im Grundgebirge her, von denen er auch in Katanga an den Rändern des Beckens zahllose hat feststellen können.

In einem sehr anregenden Aufsatz hat J. Thoreau<sup>2)</sup> die Frage der regionalen Verteilung der Metalle in Katanga behandelt. Er glaubt, daß eine gewisse zonare Verteilung der Metalle zu beobachten sei, daß insbesondere eine granitfernere Kupferzone und eine granitnahe Zinnzone (im Norden von Katanga) vorhanden sind. Es ist dies zweifellos richtig, aber die genetischen Schlüsse, die Thoreau daraus zieht, sind meines Erachtens nur bedingt richtig. Für die ursprünglichen Lagerstätten, die alten Kupfererzgänge im Grundgebirge und die mit ihnen ± isogenetischen Zinnerzgänge stimme ich Thoreau durchaus zu. Aber wenn — wie ich annehme — der heutige Metallinhalt in den sedimentären Schichten umgelagert ist und sedimentär wieder ausgefällt, dann ist eine heute noch erkennbare zonare Verteilung entweder nur ein Abbild der ehemaligen, oder aber es ist mehr oder weniger ein Zufall bzw. von nicht einander gleichwertigen Faktoren abhängig.

Endlich muß in diesem Zusammenhang noch auf die sehr große Ähnlichkeit der Katangalagerstätten mit denen der Gegend von Niari und Djoué im Französisch-Äquatorial-Afrika hingewiesen werden<sup>3)</sup>. Ebenso wie erstere am Südrand des stratigraphischen Kongobeckens liegen, so liegen letztere an seinem Nordrand. Die stratigraphische Stellung der Nebengesteine ist fast genau dieselbe, das geologische Vorkommen ist auch schichtig innerhalb von dolomitischen Gestein. Es ist nicht ausgeschlossen, daß auch diese Vererzung nicht nur in dieselbe genetische Gruppe gehört, sondern auch derselben sedimentären Metallprovinz und Metallepoche wie Katanga und Nord-Rhodesia angehört.

## 6. Gewinnung und Verarbeitung der Kupfer- und Kobalterze

In diesem Kapitel kann ich mich kurz fassen, da Gewinnung, Aufbereitung, hüttenmännische Verarbeitung und Laugung der Kupfer- und Kobalterze und die Gewinnung der Metalle vor kurzem in ausgezeichneter Weise und sehr ausführlich von F. Kroll in „Metall und Erz“<sup>4)</sup> dargestellt worden ist, somit für deutsche Leser ohne weiteres zugänglich ist. Bei den Führungen durch die Anlagen in Panda und den Vorträgen über Gewinnung und Verarbeitung der Erze konnte ich den heutigen Stand und die gegenwärtigen Pläne mit der Darstellung von Kroll vergleichen und deren Richtigkeit feststellen. Es sei deshalb für alle Interessenten auf diesen ausführlichen Aufsatz hingewiesen.

<sup>1)</sup> C. Guillemain: Zur Kenntnis der Lagerstätten in der Provinz Katanga der belgischen Kongo-Kolonie. Ztschr. prakt. Geol. 1913. 21. 320—337. Ebenda 1914. 22. 30—32.

<sup>2)</sup> J. Thoreau: La distribution zonaire des minerais et la métallurgie du Katanga. Bull. Techn. Union des Ing. de Louvain. 1925. 24 p.

<sup>3)</sup> V. Babet: Etude géologique de la zone du chemin de fer Congo-Océan et de la région minière du Niari et du Djoué. Rech. géol. Afrique equat. franc. 1929. 153 p.

<sup>4)</sup> F. Kroll: Kupferland Katanga. Metall u. Erz, 1928. 49—53, 150—158, 176—179.

## 7. Die Uran- und Radiumlagerstätte Chinkolobwe

26 km westl. von Panda ist die reichste Uran- und Radiumlagerstätte der Erde, die heute fast den gesamten Weltmarkt mit Radium versorgt, Chinkolobwe. Sie wurde 1915 gefunden. Zu unserem größten Leidwesen wurde die Erlaubnis zum Besuch dieser rätselhaften Lagerstätte nicht gegeben. Auch über das Vorkommen und die Lagerung wurde keine Auskunft gegeben. Nur herrliche Mineralstufen wurden uns gezeigt. Eine Anzahl schöner Stücke erhielt ich von den Geologen in Panda. Es sind aber alles nur Einzelminerale, ohne Gangarten und ohne Nebengestein. Nach einer Zusammenstellung von Dr. Emile Richey gebe ich im folgenden eine Übersicht über die hauptsächlichsten, hier auftretenden Mineralien:

Uranpechblende,  
Kasolit (Bleisilikouranat) Kristalle, braungelb,  
Dewindtit (Bleiuranphosphat) derb, ganz hell fahlgelb,  
Stasit (Bleiuranphosphat) Kristalle, hellgelbgrün,  
Soddit (Uransilikat) Kristalle, gelb,  
Becquerelit ( $H_2O$ -halt. Uranoxyd) Kristalle, kanariengelb,  
Schoepit ( $H_2O$ -halt. Uranoxyd) Kristalle, kanariengelb,  
Chinkolobwit ( $H_2O$ -halt. Uransilikat) Kristalle, grellgelb,  
Curit (Bleiuranat) Kristalle, leuchtend dunkelorange,  
Gummit (Bleiuranat), derb, rotorange,  
Parsonsit (Bleiuranphosphat), schokoladenbraun,  
Sklodowskit ?, orange,  
Torbernit (Kupferuranphosphat), Kristalle, grellgelbgrün.

Uranpecherz bildet den Kern der Stücke, die von den derben, grellgefärbten Umsetzungsmineralien umgeben sind, in deren Rissen und Trümchen die kristallisierten Typen auftreten.

Die genetische Natur dieser Lagerstätte ist nicht bekannt. Sie tritt im Gestein der Série des Mines auf. Eruptivgesteine fehlen auch hier völlig. Von anderen Metallen sollen nur Kupfer und Kobalt beibrechen.

Man kennt ja nun in den ariden Konzentrationslagerstätten der Red Beds des westlichen Nordamerika Uran- und Radiumlagerstätten. Dort sind diese Metalle an das glimmerähnliche Mineral Carnotit gebunden. Es wäre an eine Möglichkeit zu denken, daß auch hier Uran den sedimentären

Lagerstätten angehörte und bei der Metamorphose zu Pechblende ummineralisiert wurde. Doch schweben solche Vermutungen völlig in der Luft, solange über die geologische Natur und die sonstige Mineralführung der Lagerstätte gar nichts bekannt ist.

## 8. Wirtschaftliches

Die bergwirtschaftliche Bedeutung von Katanga ist schon allein durch die Tatsache gekennzeichnet, daß Katanga heute der größte Kupferproduzent der Erde ist. Die Kupferproduktion ist seit 1920 rapid gestiegen, wie folgende Tafel zeigt:

|       |                  |
|-------|------------------|
| 1920: | 18 962 t Kupfer, |
| 1921: | 30 464 t „       |
| 1922: | 43 362 t „       |
| 1923: | 57 886 t „       |
| 1924: | 85 570 t „       |
| 1925: | 90 104 t „       |
| 1926: | 80 639 t „       |
| 1927: | 89 155 t „       |
| 1928: | 112 456 t „      |
| 1929: | 144 000 t „      |

1928 wurden 1 911 000 t Erze gefördert. Am 31. Dezember 1928 wurden von der Union Minière die Vorräte mit 78 Millionen Tonnen Erz, mit einem Kupferinhalt von mehr als 5 Millionen Tonnen angegeben. Es handelt sich dabei aber nur um die durch Bohrungen und Grubenaufschlüsse erschlossenen „sichtbaren“ Mengen. Die darüber hinaus vorhandenen „wahrscheinlichen“ Mengen sind gar nicht abzuschätzen.

Über die Entwicklungsgeschichte Katangas und die weltwirtschaftlichen Zusammenhänge sind in letzter Zeit in deutscher Sprache außer dem schon erwähnten Aufsatz von F. Kroll noch zwei weitere Zusammenstellungen von Eickenberg und Markus erschienen<sup>1)</sup>, auf die hier verwiesen werden kann.

<sup>1)</sup> J. K. Eickenberg: Die wirtschaftliche Bedeutung der Erze und Mineralvorkommen im Bel. Kongo. Gießener Geogr. Diss. 1927. A. Markus: Die großen Eisen- und Metall-Konzerne. Leipzig 1929. Union Minière du Haut Katanga p. 120—130.









