

# Die Eisenerzlagerstätten des Staates Minas Gerais (Brasilien) und die brasilianische Eisenhüttenindustrie

Von K.-L. Weiner, Karlsruhe

*(Die Eisenerzlagerstätten Brasiliens, besonders die sogenannten „Itabirite“-Lagerstätten des Staates Minas Gerais, bilden einen erheblichen Teil der Eisenerzreserven der Welt; sie werden seit etwa 50 Jahren in größerem Umfang abgebaut und sind die Erzbasis der jungen brasilianischen Eisenhüttenindustrie; die Beschreibung dieser Eisenerzlagerstätten, ihre Entstehung und Nutzung bilden — nach einer kurzen historisch-volkswirtschaftlichen Einleitung — den ersten Teil der vorliegenden Veröffentlichung; im zweiten Teil werden Entwicklung, derzeitiger Stand und Zukunftsaussichten der brasilianischen Eisenhütten beschrieben.)*

*(The iron ore deposits of Brazil, in particular the so-called "Itabirite"-deposits of the State of Minas Gerais represent a considerable part of the iron ore reserves of the world; they have been in exploration to a larger extent during the last 50 years, and they are the basis of ore for the young Brazilian iron and steel industry; the description of these iron ore deposits, their generation and their utilization form the first part of the present publication, which starts with a historical-economic introduction; the second part sets forth the development, the present state and the prospects of the Brazilian iron and steel industry in the future.)*

*(Les gisements de minerais de fer du Brésil, particulièrement les gisements dits d'„Itabérite“ de l'Etat des Minas Gerais constituent une partie considérable des réserves de minerais de fer du monde; ils sont exploités sur une grande échelle et ils présentent la base de minérale de la jeune industrie sidérurgique brésilienne; description de ces gisements de minerais de fer, leurs formation et exploitation constituent — après une introduction historique — économique — la première partie de la présente étude; le développement, l'état actuel et perspectives de l'industrie siderurgique brésilienne sont décrites dans la seconde partie.)*

Brasilien durchläuft gegenwärtig unter beachtlichen Anstrengungen den Weg vom Agrarstaat und Rohstoffland zum modernen Industriestaat. Die Voraussetzungen, welche das Land zur Industrialisierung mitbringt, sind teils sehr günstig, teilweise jedoch extrem ungünstig. Der Eisenindustrie stehen zwar ausgezeichnete, leicht gewinnbare Eisenerze in fast unbegrenzter Menge zur Verfügung, doch entsprechen Qualität und Menge der brasilianischen Steinkohle keineswegs den Anforderungen einer modernen Hütten-technik. Zudem sind die Lagerstätten von Eisenerz und Kohle fast 2000 km voneinander entfernt.

Die Entwicklung der brasilianischen Montanindustrie ist eng verknüpft mit der politischen und der Wirtschaftsgeschichte des Landes. Sie führte aus primitiven Anfängen, die über ein Jahrhundert zurückliegen, in den vergangenen 20 Jahren zu beachtenswerten Leistungen.

Im Folgenden soll der Versuch einer gedrängten Darstellung der Rohstoffgrundlagen, der Historie und der Probleme dieser Montanindustrie unternommen werden, welche sich teilweise auf eine Durchsicht der Literatur, zum Teil auf eigene Beobachtungen in brasilianischen Bergbaudistrikten stützt.

Bei der Behandlung dieses Stoffes überschneiden sich geologisch-lagerstättenkundliche, berg- und hüttenmännische mit allgemein volkswirtschaftlichen Fragestellungen. Dem Autor — als Mineralogen — sei verziehen, daß er den brasilianischen Itabiritlagerstätten als Eisenerzbasis (nicht nur) der brasilianischen Montanindustrie breiteren Raum gewährt.

## 1. Brasilien als Wirtschaftsraum

Betrachtet man zunächst den brasilianischen Wirtschaftsraum als Ganzes (vgl. Abb. 1). Brasilien umfaßt 47 Prozent der Fläche Südamerikas und ist mit 8.500.000 km<sup>2</sup> größer als die Vereinigten Staaten

von Amerika. Das Staatsgebiet erstreckt sich über fast 40 Breitengrade (5° N bis 33° S) und umfaßt in verschiedenen Höhenlagen Gebiete mit gemäßigttem, subtropischem und tropischem Klima. Die 55,8 Mill. Einwohner (der Volkszählung von 1953, heute gegen 65 Mill.) verteilen sich völlig ungleichmäßig über das Staatsgebiet. Höhere Bevölkerungsdichten finden sich nur entlang der Küsten, in den Gebieten älterer kolonialer Besiedelung. An zwei Stellen reicht die höhere Bevölkerungsdichte tiefer in das Landesinnere, im

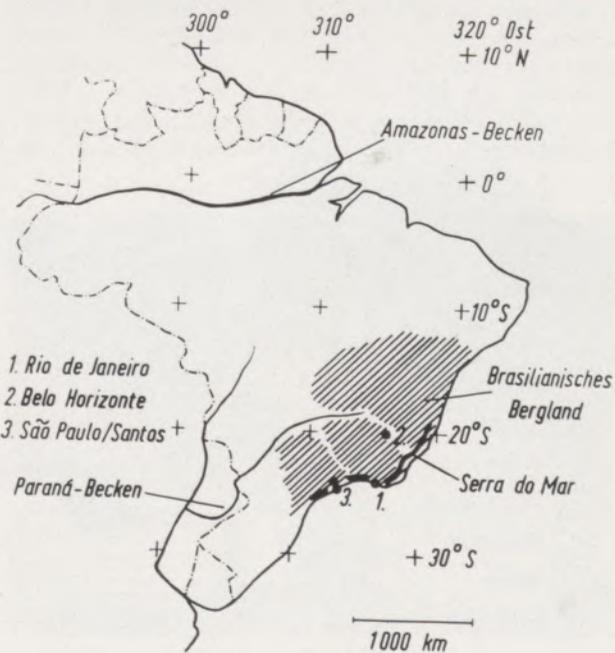


Abb. 1

Brasilien, vereinfachte geographische Übersicht

Bergbaulande Minas Gerais und in den Kaffeegebieten von Sao Paulo. Weite Teile des Landesinneren (Amazonas, Matto Grosso, Goyaz) sind heute noch praktisch menschenleer. Im Amazonasbecken verbietet das feuchtheiße Klima eine intensive Nutzung des Bodens und eine dichtere Besiedlung. Die klimatisch begünstigten Hochländer in der Mitte des Landes (Minas Gerais, Sao Paulo, Goyaz) werden nach Osten durch den Steilabfall der Serra do Mar begrenzt, welcher die Besiedelung entscheidend hemmte. So wurde zum Beispiel das Hochland von Minas Gerais nicht von Osten her, sondern von Süden (über Sao Paulo) erschlossen und besiedelt.

### Landwirtschaft

Den weitgespannten klimatischen Voraussetzungen entspricht eine sehr unterschiedliche Agrarstruktur (Abb. 2). Der Regenwald des Amazonasbeckens liefert heute Hölzer, Harze und etwas Naturgummi. Noch 1892 deckte Brasilien 61% des Weltbedarfs an Gummi, durch den Plantagengummi Indonesiens und die Kautschuksynthese sank dieser Anteil auf 0,9% im Jahre 1954. Weite Teile des Landes, vor allem die Trockengebiete im Nordosten, werden nur extensiv zur Viehzucht genutzt. Grundlage der heutigen brasilianischen Volkswirtschaft ist der Kaffeeanbau (seit etwa 1825), daneben der Anbau von Baumwolle, Kakao, Zuckerrohr, Mais und Ölfrüchten. Bis zur Weltwirtschaftskrise des Jahres 1929 wurde der Anbau von Kaffee, vor allem in Sao Paulo als Monokultur betrieben. Seither schränkte man den Anbau zugunsten von Baumwolle etwas ein. Aber noch 1943 bis 1953 brachte der Kaffee-Export gegen 65% des brasilianischen Ausfuhrerlöses. Landwirtschaftlich genutzt waren im Jahre 1955 etwa 19 Millionen Hektar, das entspricht nur 2% der gesamten Bodenfläche und 5% der landwirtschaftlich nutzbaren Fläche Brasiliens.

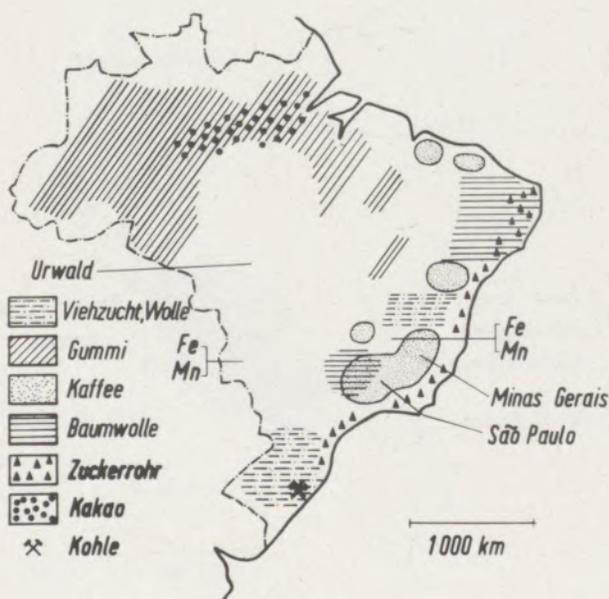


Abb. 2

Brasilien, vereinfachte wirtschaftliche Übersicht

### Bergbau

Neben dieser Vielfalt landwirtschaftlicher Produkte steht der Reichtum an Bodenschätzen. Brasilien verfügt über etwa 25% der sicheren und wahrscheinlichen Eisenerzvorräte der Welt, dazu über bedeutende Mengen an Manganerzen. Reiche Bauxitlager warten allenthalben auf ihre technische Nutzung. Erdöllagerstätten befinden sich im Amazonasbecken und im Süden Brasiliens. Hingegen sind die Steinkohlevorkommen unbedeutend und von schlechter Qualität.

Erze der Buntmetalle wurden bisher nicht in nennenswertem Umfang gefunden. Der einst bedeutende Goldbergbau besitzt heute nur noch historisches Interesse. Ähnliches gilt von der Diamantengewinnung. Doch besitzen der Bergbau auf Zirkonerze, der Abbau von Monazitsanden an den Küsten und der Scheelitbergbau Nordostbrasilien sicher einige Zukunft.

Fast sämtliche bekannten Lagerstätten liegen im Osten Brasiliens. Weite Teile des Landesinneren dagegen sind geologisch „terra incognita“. Hier ist die Auffindung weiterer bedeutender Mineralvorkommen mehr als wahrscheinlich. Der Stand der technischen Entwicklung der Bergbaubetriebe ist sehr unterschiedlich. Neben modernsten Anlagen, zum Beispiel im Eisenerzbergbau, stehen Betriebe, deren Arbeitsweise an unseren mittelalterlichen Bergbau erinnert (Abb. 3).

### Industrielle Entwicklung

Während der „kolonialen Epoche“ Brasiliens (1500 bis 1808) wurde das Land von Portugal ausschließlich als Rohstofflieferant und Markt für Fertigwaren behandelt. Das Zuckerrohr der Küstenprovinzen, Gold und Diamanten aus Minas Gerais (ab 1727) bildeten die Exportgüter. Strenge Gesetze unterbanden die Entwicklung des Handwerks und der Industrie (zum Beispiel war in der Kolonialzeit die Eisengewinnung in Minas Gerais völlig verboten). Durch den Strukturwandel in der Zuckererzeugung (Anbau von Rübenzucker in Europa, von Zuckerrohr auf Kuba und Java) kam der brasilianische Zuckerexport im 19. Jahrhundert fast völlig zum Erliegen. Der Goldbergbau und die Diamantengewinnung zerfielen, teils als Folge des über ein Jahrhundert geübten Raubbaues und der Aufhebung der Sklaverei (1888), mehr durch Entdeckung reicherer Lagerstätten in anderen Erdteilen, zum Beispiel der Golderze von Klondike im Jahre 1894 und der südafrikanischen Diamantfelder (seit 1866). Brasilien fand Ersatz im Kaffeeanbau und im Naturkautschuk des Amazonasbeckens. Aber auch in der Kaiserzeit (ab 1822) und nach Ausrufung der Republik (1889) blieb Brasilien Nahrungs- und Rohstofflieferant der Industrieländer ohne eigene gewerbliche Tradition und praktisch ohne eigene Industrie. Die Stelle der Gummiausfuhr in der brasilianischen Volkswirtschaft nahmen die Baumwolle und der Export von Eisen- und Manganerzen ein. Die Verknappung industrieller Fertigerzeugnisse im ersten Weltkrieg ließ eine umfassende Konsumgüterindustrie, hauptsächlich mit dem Zentrum Sao Paulo, entstehen. Im zweiten Weltkrieg führten dann erneute Versorgungsschwierigkeiten zum Aufbau einer chemischen und metal-

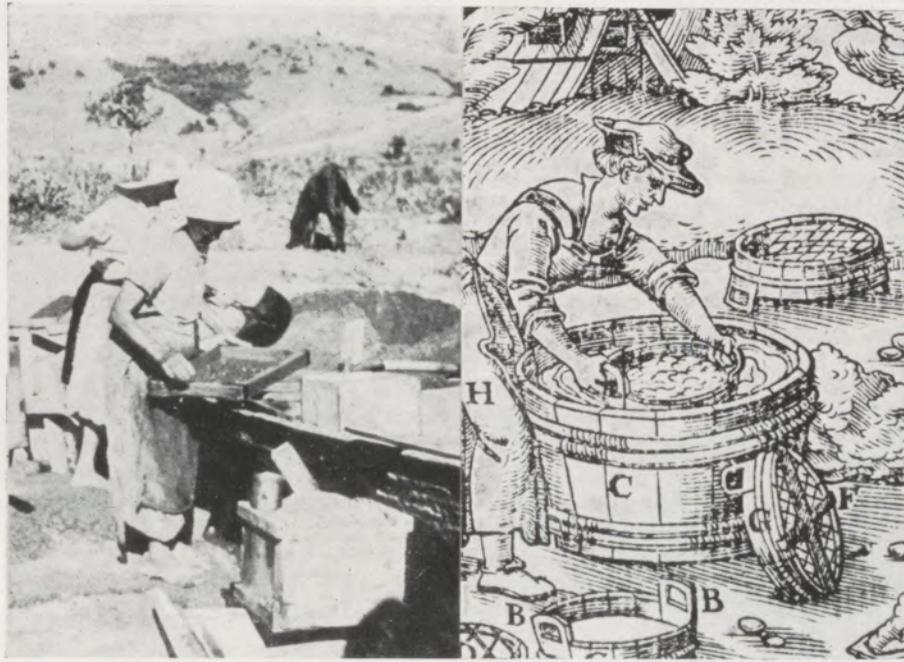


Abb. 3

Links: Aufbereitungsanlage der Zirkonmine Serrote bei Pocos de Caldas (Minas Gerais) im Jahre 1954.

Rechts zum Vergleich: Bild einer Aufbereitung aus G. Agricolas Bergbaubuch

lurgischen Grundstoffindustrie, teilweise mit staatlicher Unterstützung. Von der Entwicklung der brasilianischen Eisenhütten wird im zweiten Teil dieses Aufsatzes zu berichten sein.

Wenden wir uns nun nach diesem allgemeinen wirtschaftlichen Überblick der Geologie Brasiliens und den Eisenlagerstätten von Minas Gerais zu.

## 2. Die Eisenerzlagerstätten Historisches

Der brasilianische Bundesstaat Minas Gerais ist das einzige Land der Erde, welches seinen Namen vom Bergbau ableitet. Er bedeutet „die alten Bergwerke“. Die Einwohner des Landes werden noch heute „Mineiros“ (Bergleute) genannt. Beide Namen stammen aus der Zeit des Goldbergbaues im 18. Jahrhundert. In den zwei Jahrhunderten von 1691 bis 1895 lieferte diese Provinz über 1000 t Gold; etwa 20 Millionen Karat Diamanten, daneben Halbedelsteine in großer Menge. Um 1900 war von dem einst sagenhaften Reichtum nur die Erinnerung geblieben, einige alte Städte wie Ouro Preto und Zeugnisse einer eigenwilligen Barockarchitektur, wie die Kirche von Congonhas do Campo (Abb. 4). Bereits zu Anfang des vergangenen Jahrhunderts hatte der deutsche Bergmann und Geologe W. L. v. Eschwege (Abb. 5) — von der portugiesischen Krone zur Hebung der absinkenden Erträge des Goldbergbaues in die Kolonie berufen — auf die großen Mengen ausgezeichnete Eisenerze in Minas Gerais hingewiesen. W. L. v. Eschwege unternahm auch den ersten erfolgreichen Versuch, eine brasilianische Hüttenindustrie zu er-

richten, derer die Kolonie — durch die napoleonischen Kriege von ihrem Mutterland abgeschnitten — dringend bedurfte. Von ihm stammt die Bezeichnung „Itabirit“ (Ita = Stein, bira = glänzend) für das hervorragende Gestein der Eisenerzlagerstätten von Minas, einem überwiegend aus Hämatit (und wenig Quarz) bestehenden Erz. In den folgenden 100 Jahren fanden die Eisenerze von Minas Gerais nur geringe Beachtung, bis 1910 O. A. Derby auf dem internationalen Geologenkongress in Stockholm die Aufmerksamkeit der Fachwelt erneut auf den Umfang und die Qualität dieser Lagerstätten lenkte. Es kam zur



Abb. 4

Wallfahrtskirche in Congonhas do Campo (Minas Gerais)  
(Das Material der Skulpturen ist Speckstein)

Gründung mehrerer Bergbaugesellschaften mit starker ausländischer Kapitalbeteiligung und zu einer gründlichen Untersuchung Ostbrasilien auf weitere Fe-Lagerstätten. Dabei zeigte sich, daß — abgesehen von verstreuten kleineren Vorkommen — an drei Stellen Eisenerze in zum Teil riesigen Mengen vorhanden sind:

1. im zentralen Minas Gerais, nämlich die von W. L. v. Eschwege und O. A. Derby beschriebenen Itabirite-Lagerstätten,
2. in Matto Grosso (bei Urucum),
3. in Bahia (am Rio Sao Francisco).

Es erwies sich weiterhin, daß das Vorkommen von Urucum dem gleichen Typ angehört wie die Lagerstätten von Minas. Trotz der nachgewiesenen fünf

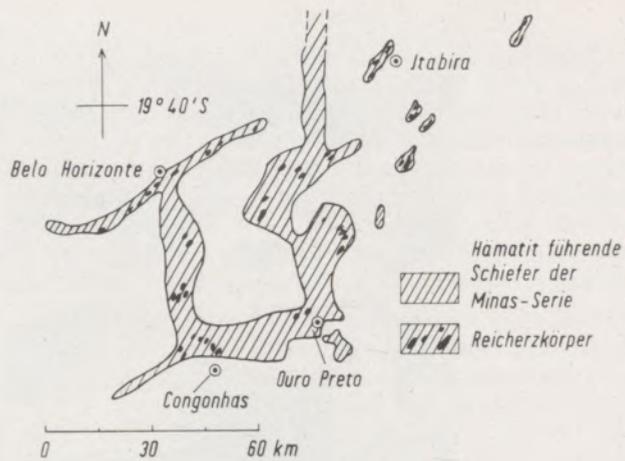


Abb. 6

Das „quadrilatero ferifero“ (eisenerzführendes Viereck) im zentralen Minas Gerais



Abb. 5

Wilhelm Ludwig v. Eschwege (1777–1855) ist in Brasilien noch heute unvergessen und gilt als „Vater der Geologie und des Bergbaues“ von Minas Gerais

Milliarden Tonnen Hämatits stellt jedoch Urucum heute erst eine potentielle Reserve dar, hauptsächlich wegen der — verglichen mit Minas Gerais — noch weit ungünstigeren Transportlage.

Auch die Gruppe der Hämatitlagerstätten im Gebiet des Rio Sao Francisco (Bahia) mit etwa 50 Millionen Tonnen stellen heute erst mögliche Erzreserven dar.

Die Erzlagerstätten des zentralen Minas Gerais umfassen ein Rechteck von etwa 11.500 Quadratkilometer Flächeninhalt, das „Quadrilatero ferifero“. Innerhalb dieses Vierecks (Abb. 6) bilden die Eisenerze die dominierende geologische Formation. Das Land besitzt Mittelgebirgscharakter. In die Hämatit-führenden Schiefer der Minas-Serie mit 30 bis 50 % Fe

sind zahlreiche Erzkörper aus kompaktem Hämatit mit 68 bis 70 % Fe eingelagert. Diese bilden weithin sichtbare Landmarken, wie etwa der Hämatit-Gipfel des Pico Itabira do Campo (Abb. 7). Die Fe-haltigen Schiefer verwittern oberflächlich zu einem dunkelroten Staub, in dem zahlreiche winzige Hämatitkristalle aufglänzen. Zur Regenzeit bilden sich Hydroxyde des Eisens, die den Verwitterungsschutt festlegen. Als Folge der allitischen Verwitterungsbedingungen enthalten diese Krusten nur noch sehr wenig Kieselsäure, dagegen häufig über 60 % Fe.

Lediglich der Kuriosität halber soll hier eine moderne Abart der Sage vom Magnetberg erwähnt werden, nämlich die bei H. Schneiderhöhn (1955) zitierte Bemerkung, daß „diese ungeheuren Eisenlager auf die Flugzeuge eine so starke magnetische (!) Anziehungskraft ausüben (sollen), daß diese gezwungen sind, über dem Staat Minas Gerais große Höhen aufzusuchen“.



Abb. 7

Pico Itabira do Campo, inmitten des „Campo“ von Minas Gerais, einem — durch Abbrennen der ursprünglichen Urwälder entstandenen — offenen Weideland mit Galeriewäldern längs der Bachläufe



Abb. 8

Eisenglimmerschiefer (Anschliff,  $V = 20x$ )  
 dunkelgrau: Quarzlagen  
 hellgrau: Hämatitlagen

### Erztypen

Schon ein grober Überblick zeigt uns im Quadrilatero ferifero vier verschiedene Erztypen (vergleiche Tab. 1):

1. Ein überwiegend aus Quarz und Eisenglanz ( $Fe_2O_3$ ) bestehendes Gestein mit Eisengehalten bis etwa 50 %. Da Quarzkörner und Hämatitplättchen im allgemeinen sehr klein sind ( $\leq 0,1$  mm), wird der Charakter des Gesteins am deutlichsten bei schwacher Vergrößerung (Abb. 8). Eine Wechselagerung quarzreicher zu quarzärmeren Lagen schwankt von einem Zehntel Millimeter bis zu mehreren Zentimetern, ist aber immer vorhanden.

Tabelle 1  
 Eisengehalte wichtiger Erzminerale

Magnetit	$Fe_3O_4$	maximal	72 % Fe
Hämatit (Eisenglanz)	$Fe_2O_3$	„	70 % Fe
Limonit (Brauneisen)	$Fe_2O_3 \cdot H_2O$	„	63 % Fe
Siderit (Eisenspat)	$Fe CO_3$	„	48 % Fe

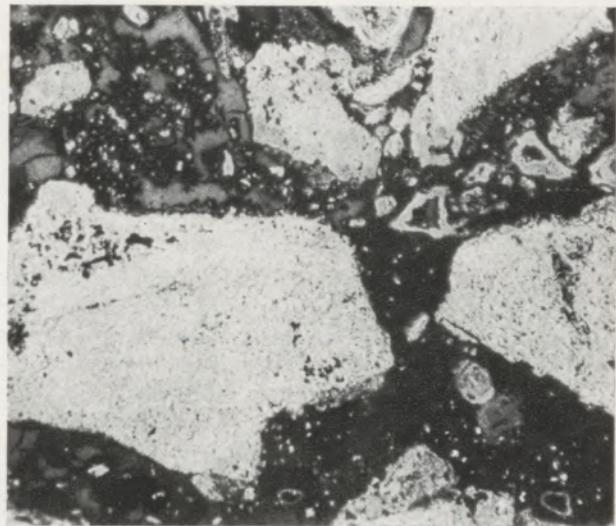


Abb. 9

Verwitterungsdecke über Eisenglimmerschiefer (Anschliff,  $V = 15x$ ) Itabiritbruchstücke, eingebettet in eine Grundmasse von Eisenhydroxyden

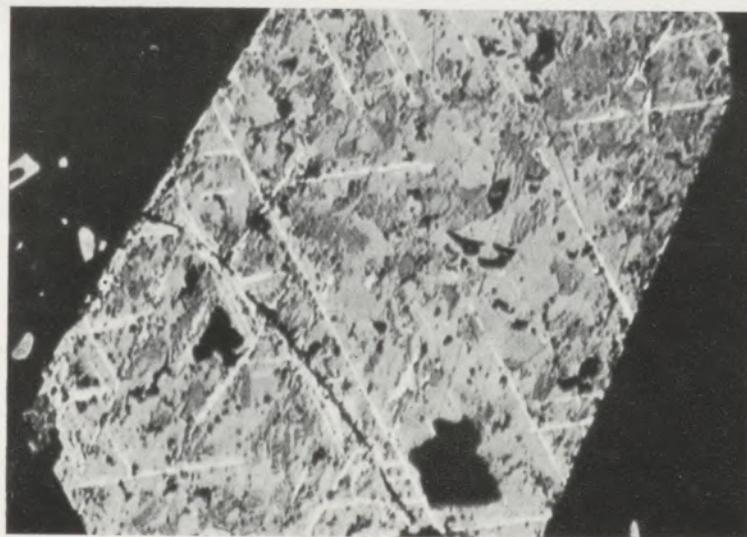


Abb. 10

Martitisierung eines Magnetitkornes im Eisenglimmerschiefer entlang oktaedrischen Spaltrissen des Magnetits. (Anschliff,  $V = 400x$ Ölimm)

Tabelle 2

Zusammensetzung und Nomenklatur der Eisenerze des Quadrilatero ferifero

	Mineralogische Zusammensetzung		Fe-Gehalt	SiO <sub>2</sub> -Gehalt	Physikalische Beschaffenheit	Wissenschaftliche Bezeichnung <sup>1)</sup>	Technische Bezeichnung <sup>2)</sup>
	Hauptgemengteile	Nebengemengteile					
1	Hämatit	Quarz (Magnetit)	≥66 %	≤3 %	fest z. T. plattig	reiner Itabirit	hard massive Ore (Derberz)
2	Hämatit Quarz (wechsellagernd)	—	≤60 %	≥10 %	fest z. T. plattig	Quarz-Itabirit	Laminated Ore (Bändererz) [Verzahnung von 1 bis 3]
		Tonminerale, Talk	≤60 %	≥10 %	fest	Ton-Itabirit	
3	Hämatit	Quarz	≥60 %	≤10 %	locker (Erzsand)	Reine Jacutinga	Soft powdery Ore (Weicherz)
4	Hämatit	Quarz, Rutil, Talk, Chlorit, Gold	≤60 %	≥10 %	locker (Erzsand)	Quarz-Jacutinga (Chapinha)	—
5	Hämatit Fe-Hydroxyde	Quarz	50—60 %	5—15 %	fest	Canga	Canga

<sup>1)</sup> nach v. Eschwege (1822), v. Freiberg (1934)

<sup>2)</sup> nach Harder, Leith, v. Chamberlin (1911—1915)

- Der beschriebene Verwitterungsschutt, der häufig eine feste Kruste über den weicheren Schiefen bildet (Abb. 9). Neben den Resten der liegenden Schichten finden sich Oxyde und Hydroxyde des Eisens. Eine eingehende mikroskopische und röntgenographische Untersuchung dieser Verwitterungsprodukte steht bis heute noch aus. Die Verwitterungsdecken finden sich zum Teil in situ, teilweise sind sie in den Tälern zusammengeschwemmt und bilden dort Geröldecken.
- Reiner harter Hämatit in Linsen im Eisenglimmerschiefer. Auch in diesem Erztyp sind Einzelkristalle von Eisenglanz klein, wenn auch in der Größe etwas schwankend. Örtlich finden sich Magnetitkörner, die deutlich Martitisierung (= Umwandlung von Magnetit in Hämatit, Abb. 10) zeigen, gelegentlich größere Magnetitnester, ebenfalls martitisiert. Talk und Tonminerale in sehr geringen Mengen sind die einzig sichtbare Gangart dieser

Erze. Dementsprechend sind die Fe-Gehalte hoch, sie erreichen 69 %.

Mit dem harten Hämatit verbunden und örtlich in diesen eingelagert, finden sich Lagen eines weichen Hämatits mit deutl. gelockertem Kornverband.

- Ein Verwitterungsprodukt des erstgenannten Erztyps, bei dem das aus Quarz und Hämatit bestehende Gefüge gelockert ist und das leicht durch Windsichtung oder Flotation in seine Komponenten getrennt werden kann.

Bewußt wurden hier bei der Beschreibung der einzelnen Erztypen die brasilianischen Bezeichnungen vermieden. Die unterschiedliche Benennung der einzelnen Erztypen durch verschiedene Autoren — wobei mit dem gleichen Begriff unterschiedliche Typen bezeichnet werden — hat viel Verwirrung angerichtet. Heute bestehen nebeneinander eine wissenschaftliche und eine technische Bezeichnungsweise, die in der Tab. 2

Tabelle 3

Eisenerzvorräte von Minas Gerais nach: Survey of World Iron Ore Resources (1955)

Erztypen	Zusammensetzung					Vorräte			
	Fe	SiO <sub>2</sub>	P	S	Mn	sicher	wahrscheinlich	möglich	potentiell
Hämatit	66	0,14	0,02	0,01	0,04	1,250	—	—	—
Itabirit	50	6,00	0,14	0,01	0,10	500	7,500	7,000	—
Jacutinga	30	20,00	—	—	—	—	—	—	35,000
Canga									
	in %					in Millionen Tonnen			

**Tabelle 4**  
Erdgeschichtliche Einordnung der Lagerstätten von Minas Gerais<sup>1)2)</sup>

Formation	Örtliche Benennung	Gesteine	Magmatismus		Lagerstätten	
					magmatisch	sedimentär
Kreide?	Überaba-Serie	Sandsteine	basische Tuffe Nephelinsyenite (Poços de Caldas)		Pt-Lagerstätten von Westminas Zr-Erze	—
Trias	Gondwana-Serie	Sandsteine Tone	Trapp-Basalte des Paraná-Beckens (Westminas)		—	—
Devon? Silur?	Bambuhy-Serie	Quarzite Tonschiefer Kalke	—		—	—
Kambrium?	Itacolomy-Serie	Quarzite Schiefer	Granitintrusion und Pegmatite	Basische Eruptiva (und Tuffe)	Golderzgänge	Primäre Diamant- lagerstätten
Algonkium?	Lavras-Serie					
Algonkium?	Minas-Serie	(4) Ob. Schiefer (3) Itabirite (2) Unt. Schiefer (1) Quarzite				
Algonkium?	Minas-Serie	(4) Ob. Schiefer (3) Itabirite (2) Unt. Schiefer (1) Quarzite				
Archaikum?	Kristallines Grundgebirge	Gneise Glimmerschiefer krist. Kalk	—		—	—

— Diskordanz      vvvvvvvv Faltung  
nach <sup>1)</sup> v. Freiberg (1934) und  
<sup>2)</sup> D. Guimaraes (1951)

parallelisiert sind. Die wissenschaftliche Einteilung geht auf W. L. v. Eschwege und B. v. Freyberg zurück, die technische Einteilung entspricht den praktisch-lagerstättenkundlichen Erfordernissen und findet sich erstmalig bei E. C. Harder (1911). Die reine Jacutinga ist das Lockerprodukt des reinen Itabirits; die Quarz-jacutinga stellt das Lockerungsprodukt des Quarzita-birits dar. Die Canga schließlich entsteht durch Hydratisierung und oberflächliche Verkittung aus Bestandteilen beider Grundtypen.

#### Eisenerzvorräte

Es leuchtet ein, daß die Schätzung der Erzvorräte in einem so großen — geologisch erst unvollkommen untersuchten — Gebiet mit zahlreichen bauwürdigen Lagerstätten schwierig sein muß. Daher weichen die bisher vorgenommenen Vorratsberechnungen der Eisenerze von Minas Gerais zum Teil weit voneinander ab. Der „Survey of World Iron Ore Resources“ der UN vom Jahre 1955, eine sehr sorgfältige und kritische Untersuchung (Tabelle 3) gibt für Minas Gerais 1,25 Milliarden Tonnen sicherer Vorräte an Reicherzen von  $\geq 66\%$  Fe und  $< 0,2\%$  SiO<sub>2</sub> an, denen 15 Milliarden Tonnen Erze mit etwa 50% Fe und 6% SiO<sub>2</sub> und schließlich 35 Milliarden Tonnen mit einem Fe-Gehalt von 30% und Kieselsäuregehalten von 20% gegenüberstehen.

Bei der Beurteilung dieser Zahlen ist zu berücksichtigen, daß hier Hart- und Weicherze (nach der wissenschaftlichen Bezeichnungsweise „Itabirite“ und „Jacutinga“) nebeneinander genannt werden, daß also

die Menge der — nach dem gegenwärtigen Stand der Hüttentechnik — ohne Vorbehandlung verwertbaren Eisenerze wesentlich niedriger ist. Doch sind die Vorräte, die in einzelnen Reicherzkörpern anstehen, immer noch sehr erheblich. So enthält, um nur einige Beispiele zu nennen, die im Abbau befindliche Lagerstätte Caué-Peak bei Itabira allein 80 Millionen Tonnen Erz mit 65% Fe und 70 Millionen Tonnen zwischen 50 und 64% Fe, davon etwa die Hälfte Harterze. Die Lagerstätte Pico de Itabirito, die noch nicht abgebaut wird, enthält nach ersten Schätzungen etwa 75 Millionen Tonnen, die Lagerstätte Casa de Pedra etwa 120 Millionen Tonnen Reicherz.

Die Vorräte an Canga sind ebenfalls bedeutend, im ganzen Quadrilatero ferifero gibt es sicher einige hundert Millionen Tonnen dieses leicht gewinnbaren natürlichen Konzentrats, welches zudem noch stückig anfällt.

### 3. Die Geologie der Minas-Serie und die Entstehung der brasilianischen Eisenerze

#### Geologischer Überblick

Das westliche Minas Gerais mit seinen Eisenerz-lagerstätten ist ein geologisch sehr altes Gebiet. Ein Blick auf die — stark vereinfachte — geologische Übersichtskarte (Abb. 11) Südamerikas zeigt im Westen den tertiären Faltengebirgszug der südamerikanischen Kordillere, im Nord-Osten zwei, durch die Senke des Amazonasbeckens getrennte, kristalline Kerne: Guayana und Brasilia. Die kristallinen Ge-

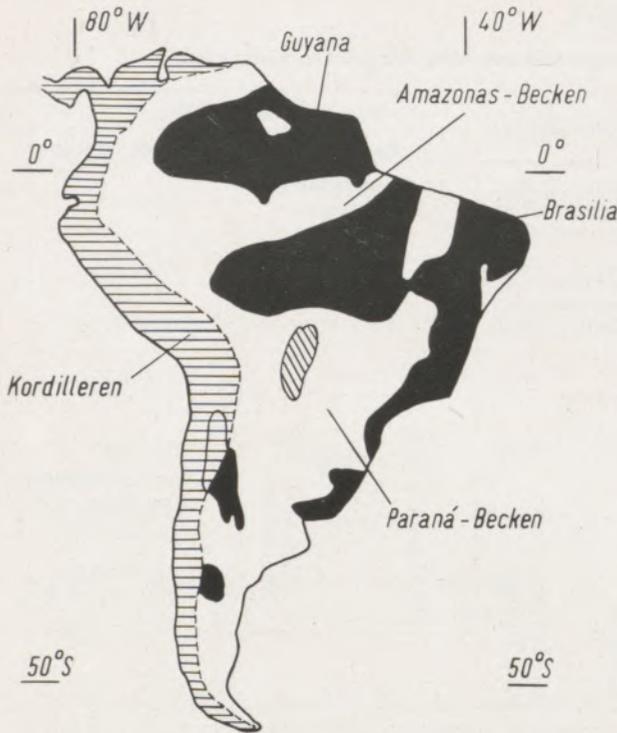


Abb. 11

Geologische Strukturelemente Südamerikas (nach H. Gerth, 1942) vereinfacht

steine Brasiliens reichen an der Ostküste weit nach Süden und bilden die Küstengebirge der Staaten Espiritu Santo, Rio de Janeiro und Sao Paulo mit ihren charakteristischen zuckerhutförmigen Gneis-

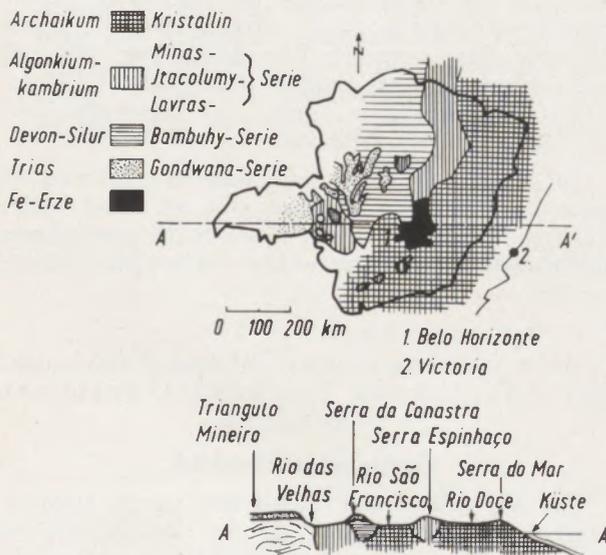


Abb. 12

Geologische Übersichtsskizze des Staates Minas Gerais mit hypothetischem W-O-Profil (nach B. v. Freyberg, 1934 und D. Guimaraes, 1951)

bergen. Im Landesinnern wird das kristallin durch — nach Westen zunehmend jüngere — Sedimente überdeckt, beginnend mit der (möglicherweise) algonkischen „Minas-Serie“ im Osten bis zu den trassischen Sedimenten der „Gondwana-Serie“ im Westen von Minas-Gerais (Abb. 12). Sämtliche Fe-Lagerstätten liegen am östlichen Rand der Sedimentdecke über dem Kristallin innerhalb der Minas-Serie. Die Stellung dieser Formation (der Begriff „Minas-Serie“ stammt von O. A. Derby) in der teilweise noch hypothetischen Stratigraphie von Minas Gerais soll Tabelle 4 veranschaulichen.

Da das anstehende Gestein fast überall von einer 30 bis 50 m dicken Verwitterungsschicht — teils Rotlehm, teils Canga — bedeckt ist, sind Aufschlüsse von frischem unzersetztem Material leider relativ selten. Bis heute fehlen daher exakte Beobachtungen über Ausdehnung und Gliederung der Minas-Serie. Seit einer Reihe von Jahren wird unter Führung amerikanischer Geologen (J. Dorr, P. W. Guild) an der topographischen und geologischen Kartierung des Erzgebietes gearbeitet, doch blieben die wesentlichen Ergebnisse dieser Arbeiten bis heute unveröffentlicht. Die Gesteine der Minas-Serie sind sämtlich hoch metamorph.

Vier verschiedene Zonen können unterschieden werden:

1. die Quarzite im Liegenden,
2. eine untere Schieferzone,
3. der Itabirithorizont,
4. eine obere Schieferzone.

Die Quarzite an der Basis der Serie (1.) enthalten neben körnigem Quarz wechselnde Mengen von Muscovit und Sericit. Häufig ist eine schieferige Struktur (Quarz-Muscovitschiefer).

Die Gesteine der unteren Schieferzone (2.) sind an den Ausbissen meist völlig zersetzt. Die petrographische Einstufung ist daher schwierig. Es wurden Phyllite, Glimmerschiefer, Sericit- und Graphitschiefer teils beobachtet, teils vermutet.

Von lagerstättenkundlichem Interesse ist nur der Itabirithorizont (3.). Er besteht aus den bereits erwähnten Erztypen, wobei der Anteil des Quarzhämatit-Schiefers überwiegt. Eingelagert sind Linsen hämatitischer Harterze, Linsen dolomitischer Kalke, einzelne Goldquarzgänge und schließlich die sogenannten Jacutinga-Linien, goldreiche Partien der lockeren Eisenerze, also der Jacutinga. Örtlich finden sich Körper von Manganerzen. Diese Mn-Erzkörper bestehen aus Psilomelan und Pyrolusit. Sie sind über das ganze Gebiet der Minas-Serie verstreut und bilden zum Teil Großlagerstätten. Je nach dem Grad der Metamorphose werden mehrere Typen von Mn-Lagerstätten unterschieden. Einige Vorkommen lassen ihre sedimentäre Entstehung innerhalb der Minas-Serie noch erkennen (so die Lagerstätte Burnier), andere (wie Morro da Mina) sind durch Kontaktmetamorphose aus Mangankarbonaten hervorgegangen. Lagerstätten dieses Typs enthalten neben Psilomelan und Pyrolusit Rhodonit, Spessartin und Tephroit. Einige der Mn-Lagerstätten der Minas-Serie gehören zu den ganz großen Mn-Erzvorkommen der Welt mit

vielen Millionen Tonnen Reserven (z. B. Morro da Mina mit 7 Millionen Tonnen Reicherz über 40% Mangan).

Das Schichtpaket wird abgeschlossen durch die Gesteine der oberen Schieferzone (4.), die ähnlich zusammengesetzt sind wie die unteren Schiefer (2.). Kleinere Itabiritlinsen sind im oberen Schiefer nicht selten. Der obere Schiefer enthält also Eisen, während der untere Schiefer praktisch eisenfrei ist.

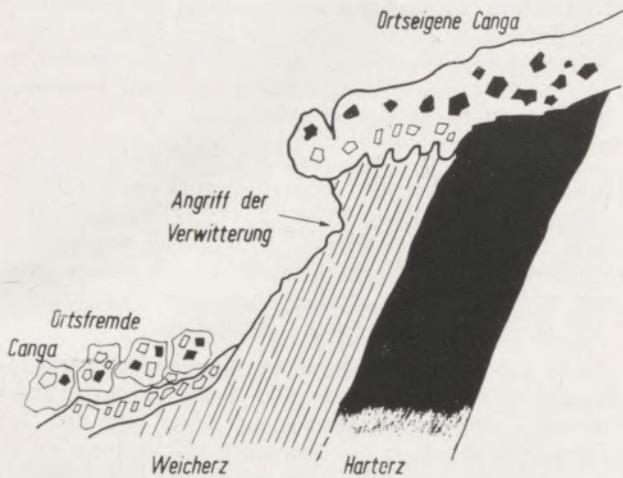


Abb. 13

Verwitterungsdecke („Canga“) und deren natürliche Abtragung im Itabiritgebiet (schematisch)

Da das Gebiet, in dem die Minas-Serie offen zutage tritt, sicher seit dem Tertiär nicht wieder bedeckt war — nur an wenigen Stellen finden sich in Mulden tertiäre Sedimente — haben sich große Mengen von Verwitterungsrückständen, teils Rotlehm, teils Canga (also verkitteter Erzschluff), gebildet. Die Canga wirkt wie ein Panzer, welcher das darunterliegende Gestein vor weiterer Verwitterung schützt. Die Abtragung der mit Canga bedeckten Gebiete kann nur von der Seite her erfolgen, wie Abb. 13 schematisch zeigt.

Zusammenfassende Angaben über die Mächtigkeit einzelner Zonen der Minas-Serie können bis heute kaum gemacht werden, da sämtliche Horizonte ihre Mächtigkeit rasch wechseln. Die beiden unteren Zo-

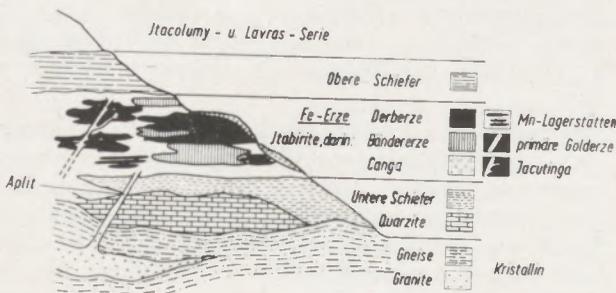


Abb. 14

Schematischer Schnitt durch die Gesteine und Minerallagerstätten der Minas-Serie

nen (Quarzit und Schiefer) erreichen dabei 100 bis 1000 m, während die obere Schieferzone örtlich eine noch größere Schichtdicke aufweist. Im Gebiet der Goldgrube Morro Velho, welche die Minas-Serie teilweise durchteuft, wird deren Gesamtmächtigkeit mit 3000 m angegeben. Auch die Mächtigkeit des Itabirit-horizonts (3.) wechselt stark. Von P. W. Guild werden 300 m als Mittelwert für diesen eigentlichen Erzträger genannt. Daneben steht ein lebhafter Facieswechsel zwischen den verschiedenen besprochenen Erztypen, Tonschiefern und Quarziten.

Das ganze Schichtpaket war nach der Ablagerung der Metamorphose mehreren Faltungen und einer tertiären Bruchtektonik unterworfen. Örtlich sind Intrusionen granitischer Magmen zu beobachten, auch basische Eruptiva treten auf. Ein erster schematischer Schnitt durch die Minas-Serie wurde von E. A. Scheibe (1931) veröffentlicht. Unter Berücksichtigung neuerer Arbeiten ergibt sich (vereinfacht) das in Abb. 14 dargestellte Bild. In den seltensten Fällen sind — wie hier schematisch dargestellt — die Gesteine der Minas-Serie horizontal gelagert, weit häufiger erscheinen sie steil aufgerichtet. Die itabiritischen Eisenerze bilden — infolge ihrer gegenüber den Schiefen und Quarziten langsameren Verwitterung und infolge der großen Mengen hoch eisenhaltigen Verwitterungsschluffs — Bergrücken, aus denen die Harterze wiederum als Klippen herausragen (Abb. 15).

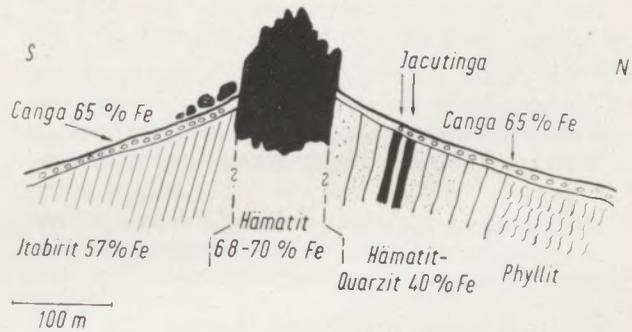


Abb. 15

Hämatitlagerstätte Jangada (nach H. Putzer, (1954)

### Genese der Lagerstätten

Die Frage, wie es zu dieser riesigen Anreicherung von Eisenoxiden innerhalb der Erdkruste kam, die Frage also nach der Genesis der Itabiritvorkommen und ähnlicher Lagerstätten, ist schon früh gestellt — und recht verschieden beantwortet worden. Heute sind sich alle Beobachter darüber einig, daß die Minas-Serie einen, ursprünglich im Meer abgelagerten Sedimentstoß darstellt. Unklar ist dagegen die Herkunft des Eisens, die Form der Ablagerung und die Zusammensetzung der Erze vor der Metamorphose.

Präcambrische hoch eisenhaltige Sedimente und damit verbundene Eisenlagerstätten sind auf der Erde weit verbreitet. Sie finden sich zum Beispiel in Norwegen (Sydvaranger), in Krivoj Rog (Ukraine), bei Anshan in der Mandchurei, in Bihar und Orissa im Nordosten Indiens, in der Swaziland-Formation Südafrikas, in Liberia und am Cerro Bolivar in Venezuela,

schließlich in Minas Gerais. Einige dieser Lagerstätten besitzen heute bereits weltwirtschaftliche Bedeutung, wie Cerro Bolivar und Krivoj Rog, andere sind technisch noch nicht erschlossen.

Alle diese Eisenerzlagertstätten weisen eine Reihe gemeinsamer Züge auf:

1. die Erze sind geschichtet und feinlagig, wobei fast erzfreie Quarzlagen mit fast quarzfreien Erzlagen wechseln.
2. Hämatit ist das vorherrschende Erzmineral; die Eisenglanzkryställchen sind tafelförmig und nach der Basis eingeregelt.
3. Eine intensive Regionalmetamorphose unter starker Bedeckung jüngerer Sedimente ist bei derartigen Lagerstätten weit verbreitet, häufig verbunden mit einer starken tektonischen Überprägung.
4. Fast immer finden sich Reicherzkörper aus reinem Hämatit, die — teilweise diskordant — in ärmere  $\text{SiO}_2$ -haltige Erze eingelagert sind.
5. Lagerstätten dieses Typs sind fast immer Großlagerstätten mit über 100 Millionen, stellenweise über eine Milliarde Tonnen Fe-Inhalt.

In den Eisenerzlagertstätten der Minas-Serie erkennen wir alle diese Eigenschaften wieder. Sie stellen zweifellos das größte Vorkommen dieses Typs dar und haben für alle anderen den Namen gegeben: „Itabiritalagerstätten“.

Zwei Theorien bestehen heute über die Herkunft des Eisens innerhalb der Minas-Serie und über die Ablagerung der eisenhaltigen Sedimente:

1. Die periodische Zufuhr von gelöstem Si und Fe in rhythmisch wechselnden Mengen und die chemische Ausfällung dieser Stoffe in einem flachen Meeresbecken.
2. Die submarin-exhalative Ausscheidung größerer Eisenmengen und deren chemische Fällung als Karbonat, Hydroxyd oder Hydrosilikat.

Zu 1.: Die erste Theorie wird heute von P. W. Guild (1953) vertreten. Sie entwickelte sich auf Grund vorausgehender Deutungsversuche von E. C. Harder und R. T. Chamberlin (1915), — nach denen Bakterien bei der Ausfällung des Eisens mitwirken sollten — und B. v. Freybergs (1934), der gleichzeitige chemische Ausscheidung von Brauneisenoolithen und Ablagerung von klastischem Quarz annahm. Der Hämatit sollte sich nach E. C. Harders und B. v. Freybergs Vorstellungen während der Metamorphose gebildet haben. Die Reicherzkörper sind abgelagert in Sedimentationsräumen, die von der Sedimentation der klastischen Sedimente, also des Quarzes, nicht erreicht wurden. Die häufig sichtbare Flaserung der Quarz-Itabiritschichten deutet B. v. Freyberg als Seegangrippeln in einem sehr flachen und küstennahen Sedimentationsraum.

P. W. Guild modifizierte diese Vorstellungen auf Grund von Beobachtungen, die er beim Kartieren im Raum Congonhas do Campo, im Süden des Erzgebietes machen konnte:

Die unteren beiden Zonen der Minas-Serie, also die eisenfreien Schiefer und die Quarzite, bilden

danach klastische Sedimente, entstanden durch Abtragung von Gebirgen und abgelagert am Rande eines langsam absinkenden Geosynklinaltroges. Nach Abtragung der Gebirge zu einer Peneplain habe die weitere Abtragung nur noch durch chemisch im Flußwasser gelöstes Fe, Si, Ca und Mg erfolgen können. Erforderlich sei dazu ein  $P_H$ -Wert von etwa 7,8. Würde dieser beim Eintritt des Flußwassers im Meer unterschritten, komme es zur Ausscheidung von Fe und Si — wobei das Eisen rascher ausfällt als die Kieselsäure. Ca und Mg werden durch die Ausfällung von Fe und Si nicht berührt. Sie fallen beim örtlichen Ansteigen des  $P_H$ -wertes über 7,8 aus, wobei es zur Bildung der beobachteten Kalk- und Dolomitlinsen kommen könnte.

Wenn man annimmt, daß die Schichtung des Itabirits eine rhythmische Fällung — etwa durch Schwankungen in der Wasserführung von Flüssen (Regen- und Trockenzeit) — darstellt, wenn man weiterhin je cm etwa 10 Schichten zugrundelegt, so waren etwa 300.000 Jahre erforderlich, um die beobachteten 300 m des Itabirithorizonts abzulagern.

Die gebildeten Fällungen von Eisenhydroxyden, Silikaten und Karbonaten wurden durch klastische Sedimente — als Folge einer neuerlichen Senkung des Geosynklinalraumes — überdeckt und gerieten so in den Bereich regionaler Metamorphose. Es bildeten sich die heute vorliegenden Eisenglimmerschiefer. Örtlich, besonders im Bereich von Störungen, kam es — vielleicht unter epi- bis mesothermalen Bedingungen — zur Verdrängung von Quarz und Karbonaten durch Hämatit, also zur Ausbildung der heutigen Derberzkörper. Der in diesen Reicherzpartien als Gangart vorkommende Talk wird als Relikt ehemaliger Dolomite angesehen. Gelegentlich auftretende Martitisierung soll ebenfalls während dieser Periode an — bei der Regionalmetamorphose gebildetem — Magnetit stattfinden.

Zu 2.: Die zweite Theorie wurde hauptsächlich von dem phantasievollen, 1960 verstorbenen brasilianischen Geologen Djalma Guimaraes vertreten, schließt sich aber eng an die Vorstellungen von E. A. Scheibe (1931) an. Submarine Exhalationen sollen danach die Erzbringer gewesen sein, ein Vorgang, der uns von den Roteisenerzen des Lahn-Dill-Gebietes vertraut ist. Die lokal vorhandenen — hochgradig metamorphen — basischen Eruptivgesteine der Minas-Serie werden mit diesen Exhalationen in Verbindung gebracht.  $\text{FeCl}_3$  und  $\text{SiCl}_4$  sollen durch Reaktion mit dem Meerwasser Hämatit und Kieselsäure gebildet haben. Örtlich — unter reduzierenden Bedingungen — könnte es zur Bildung von Magnetit gekommen sein.

Brasilianische Itabirite sind nach Untersuchungen von Tyler (1948) frei von Schwermineralen, die vorhanden sein müßten, wenn klastische Sedimente bei ihrer Entstehung mitgewirkt hätten. Die chemische Ausfällung der Kieselsäure aus der Lösung ist deshalb recht wahrscheinlich. Die Frage jedoch, ob die Kieselsäure und das Eisen dem Lösungsinhalt von Flüssen entstammen oder ob sie von submarinen Exhalationen herrühren, bleibt vorläufig ungelöst. Die von P. W. Guild entwickelte Theorie besitzt den

Vorteil, zwanglos die Wechsellagerung Quarz-Hämatit zu erklären, wozu die Exhalationstheorie außerstande ist.

Zu berücksichtigen ist hier, daß exakte geologische und petrographische Arbeit in Minas Gerais erst seit knapp zwei Jahrzehnten betrieben wird und daß neue Ergebnisse der Feld- und Laboruntersuchung jederzeit zu neuen Vorstellungen über die Genese dieser interessanten Erzformation führen können.

#### 4. Der Eisenerzbergbau

Eisenerze für den lokalen Verbrauch kleiner Rennfeuer und Hochöfen wurden in Minas Gerais etwa ab 1770 geschürft. Zu einem Eisenerzbergbau größeren Stils kam es jedoch erst nach dem ersten Weltkrieg infolge des beginnenden Erzexports und der zunächst zögernden, nach dem zweiten Weltkrieg jedoch stürmisch einsetzenden Entwicklung der brasilianischen Hüttenindustrie. Manganerze dagegen waren schon früher — ab 1894 — exportiert worden. Die Entwicklung des brasilianischen Eisenerzbergbaues erfolgte zunächst unter Beteiligung englischen, später auch nordamerikanischen Kapitals.

Gegenwärtig bestehen in Minas-Gerais die folgenden Eisenerzbergbau betreibenden Gesellschaften:

1. die „Companhia Vale do Rio Doce“, eine brasilianisch-nordamerikanische Gründung — Nachfolgerin der englischen Itabira Iron Ore Company — welche Lagerstätten in der Umgebung von Itabira abbaut. In ihrem Besitz befindet sich der größte brasilianische Tagebau auf Eisenerze am Caué-Peak.
2. die „Companhia Siderurgica Nacional“, im Besitz des brasilianischen Staates, baut auf der Lagerstätte Casa de Pedra Eisenerze für den Bedarf ihrer Hütte in Volta Redonda und verfügt über eine große Zahl weiterer Vorkommen mit etwa 125 Millionen Tonnen Reicherzen.
3. die „Mannesmann Mineracao“, Bergwerksgesellschaft der Companhia Siderurgica Mannesmann in Belo Horizonte.
4. die „Companhia Siderurgica Belgo-Mineira“, eine brasilianisch-belgische Berg- und Hüttenwerksgesellschaft.

Neben diesen größeren existiert noch eine Anzahl kleinerer Gesellschaften, die Eisenerze für den Bedarf ihrer eigenen Hüttenwerke abbauen.

Das Landesinnere von Minas Gerais ist durch zwei Bahnlinien erschlossen (Abb. 16). Von Osten erschließt — dem Lauf des Rio Doce folgend — die Victoria-Minas-Bahn das Erzgebiet um Itabira, welches sie mit dem Hafen von Victoria verbindet; vom Süden — von Rio de Janeiro aus — erreicht die Central do Brasil-Eisenbahn das Erzgebiet bei Congonhas do Campo und führt von dort nach der Landeshauptstadt Belo Horizonte. Für den Export von Eisenerzen kommt praktisch nur die Victoria-Minas-Bahn in Frage. Sie ist Eigentum der Companhia Vale do Rio Doce, welche auf diese Weise den ganzen Export von Eisenerzen aus Minas Gerais kontrolliert. Die Bahnlinie ist eingleisig und hat eine Spurweite von einem Meter. Sie wurde für den Erztransport

gebaut und besitzt ein für diesen Zweck günstiges Profil. Die Entfernung Itabira—Victoria beträgt 580 Kilometer. Im Jahre 1953 wurden über diese Bahnstrecke 1,5 Millionen Tonnen Erz exportiert. 1959 erreichte — durch Modernisierung der Bahn und der Verladeeinrichtungen in Victoria — der Export bereits 3,2 Millionen Tonnen. Die ebenfalls eingleisige Central do Brasil-Eisenbahn hat die russische Breitspur



Abb. 16

Erztransportwege im Staate Minas Gerais

von 1,60 m. Ihr Profil ist wesentlich ungünstiger als das der Victoria-Minas-Bahn. Sie muß auf dem Weg zur Küste nicht weniger als drei Höhenzüge überwinden. Über diese „Central do Brasil“ läuft der ganze Mangan-Erzexport aus dem Gebiet von Lafaiete (Minas Gerais) — zwischen 100.000 und 200.000 Jahrestonnen — und die Erzversorgung des staatlichen Hüttenwerks Volta Redonda bei Rio de Janeiro (725.000 Tonnen im Jahre 1953, zur Zeit über eine Million Tonnen). Die Central do Brasil-Eisenbahn ist damit bereits heute überlastet und fällt für den Transport weiterer Eisenerze zur Küste aus. Für die Victoria-Minas-Bahn stellen die erwähnten 3,2 Millionen Jahrestonnen Eisenerz ebenfalls die gegenwärtige obere Grenze an Transportleistung dar, doch bestehen Pläne, den Export nach Ausbau von Bahn und Hafen Victoria auf 6 Millionen Jahrestonnen zu steigern.

Die Ausfuhr von Eisenerzen aus Minas Gerais entwickelt sich seit 1932 stetig und erreichte 1952 erstmalig 1,5 Millionen Tonnen (Abb. 17). Die Bundesrepublik Deutschland trat 1948 und 1952 erstmalig als Abnehmer größerer Mengen auf. Die Hauptmenge des exportierten Erzes wird von den USA, Kanada und England aufgenommen. Derzeit dürfte der Gesamtexport bei etwa 3,5 Millionen Jahrestonnen liegen. Brasilien hofft jedoch durch Ausbau der Bahnlinien und Häfen bis 1970, 8 bis 10 Millionen Tonnen Eisenerze jährlich ausführen zu können.

Während die Companhia Siderurgica Nacional, Mannesmann, die Belgo-Mineira und verschiedene kleinere Gesellschaften Erze nur für den Eigenbedarf abbauen, exportiert die Companhia Vale do Rio Doce Eisenerze in großem Umfang, wozu sie durch ihr

Transportmonopol befähigt wird. Praktisch das gesamte Exporterz kommt aus den Tagbauen dieser Gesellschaft am Caué-Peak. Der vollmechanisierte Abbaubetrieb dieser Lagerstätte ist vorbildlich und diene hier als Beispiel für die größeren Hämatitlagerstätten in Minas Gerais.

Der Erzberg, welcher eine Höhe von 1330 m aufweist (Abb. 18), wird im Strossenbau abgebaut. Das aus reinem Hämatit bestehende Hauptlager befindet sich am Gipfel des Berges und ist etwa 150 m mächtig. Die Abbauterrassen haben eine Höhe von 15 m,

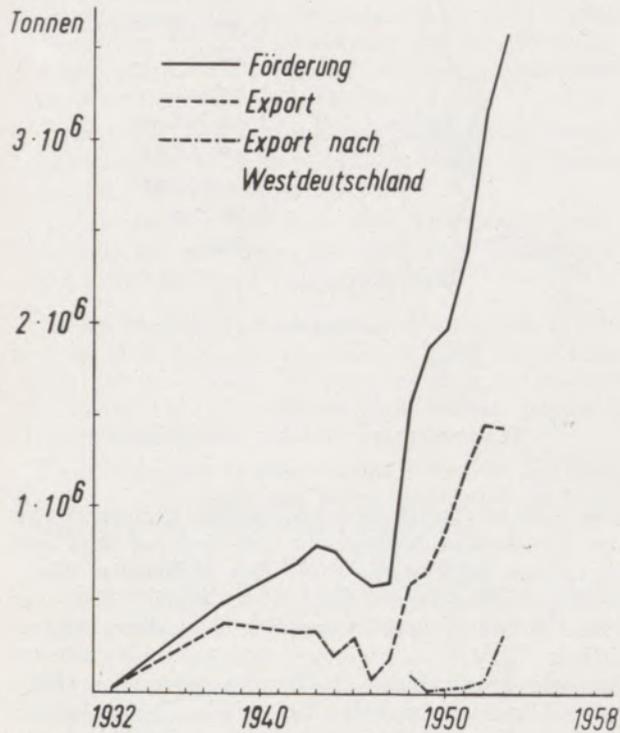


Abb. 17

Brasilien, Förderung und Export von Eisenerzen  
(nach: Stahlwirtschaftliche Länderberichte, H. 3, Brasilien, 1955)



Abb. 18

Der Pico Caué über der Stadt Itabira

gebohrt wird mit Seilschlagbohrmaschinen (230 mm Bohrlochdurchmesser). Nach Abschließen der Wand — jeweils 10 bis 12 Bohrungen in 5 bis 8 m Abstand — werden die losgebrochenen etwa 25.000 Tonnen Erz mit Löffelbaggern auf Diesellastwagen (bis 30 Tonnen Tragfähigkeit) verladen und über eine 4 km lange Straße bergab zur Aufbereitung gebracht. Die Abbau-

**Tabelle 5**  
Minas Gerais  
Analysen typischer Eisenerze

	Fe	Mn	SiO <sub>2</sub>	P	S	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	H <sub>2</sub> O
Itabirito	68,4	—	0,9	0,009	0,11	—	0,1	0,1	—
Casa de Pedra	69	—	0,2	0,2	—	—	—	—	—
Caué-Peak (Stückerz)	67,6	—	—	0,035	—	—	—	—	—
Caué-Peak (Feinerz Halde II)	66,9	—	1,35	0,04	—	—	—	—	2,76
Canga <sup>1)</sup>	60,0	0,7	2,0	0,2		nicht bestimmt			5,0

<sup>1)</sup> Mittelwert zahlreicher Analysen

leistung je Mann und Tag beträgt dabei gegen 50 to Roherz. Die Aufbereitungsanlage (Trockenaufbereitung) hat einmal die Aufgabe, ein Ausfuhrerz in zwei Kornklassen von 15 bis 80 mm und von von 80 bis 200 mm zu erhalten, andererseits die großen Mengen Lockererz („Jacutinga“) wieder auszuschneiden, die zwangsläufig beim mechanischen Abbau mit hereingewonnen werden. Der Anteil der Lockererze erreicht 40 % der Gesamtförderung. Das Feinerz kann nicht genutzt werden und wird vorläufig auf Halde gelegt, im Jahr über eine Million Tonnen. Der gesamte Transport innerhalb der Aufbereitungsanlage und zur Verladestation erfolgt mit Bandförderanlagen, um erneuten Anfall von Feinerz durch häufiges Stürzen klein zu halten. Der hohe Anfall primärer Feinerze und der teilweise starke Abrieb der Stückerze beim Transport stellt für den gesamten Erzbergbau von Minas Gerais ein ernsthaftes Problem dar. Untersuchungen am Caué-Peak und im Tagebau Casa de Pedra — der Erzbasis der Cia. Siderurgica Nacional — zeigten, daß der Anteil der Derberze mit größerer Tiefe zugunsten der Feinerze sinkt, daß der Gehalt an Derberz also kleiner ist, als man früher annahm.

#### 5. Eigenschaften und technische Nutzung brasilianischer Itabirite

Die Eisenerze der Minas-Serie zeichnen sich vor allem durch ihre große Reinheit aus. Neben hohen Eisengehalten fallen die niedrigen Gehalte an Phosphor, Schwefel,  $TiO_2$  und Tonerde auf, während der  $SiO_2$ -Gehalt etwas höher sein kann. Im allgemeinen enthalten die Feinerze mehr Kieselsäure als die Derb-

erze. Die Canga besitzt etwas größere Mengen an Verunreinigungen. Einige Analysen typischer Eisenerze sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Ihrer Zusammensetzung nach sind die Minaserze geeignet:

1. Zur Herstellung von Thomasroheisen im Hochofen (Erze mit höheren Phosphorgehalten  $> 0,04 \%$ ).
2. Zur Herstellung von Stahleisen im Hochofen (Erze mit geringen Phosphorgehalten  $< 0,04 \%$ ).
3. Zum direkten Einsatz in den SM-Ofen beim Erzfrischen und beim Roheisen-Erz-Verfahren.

Von den früher erwähnten Erztypen eignen sich die — aus mehr oder weniger kompaktem Hämatit bestehenden — Derberze vorzüglich zum Einsatz in Kokshochöfen. Die poröse (Porenvolumen etwa 25%) und an Hydroxyden reiche Canga ist viel leichter reduzierbar als der kompakte Hämatit, besitzt aber eine wesentlich niedrigere Druckfestigkeit. Canga bildet — auf Grund dieser Eigenschaften — von alters her den Erzrohstoff der kleinen brasilianischen Inlandshütten, die mit Holzkohle arbeiten. Auch der reine Itabirit wird örtlich in Holzkohlehochöfen verhüttet. Sein Porenvolumen ist zwar geringer, doch vergrößert sich die spezifische Oberfläche dieses Erzes — durch Abplatzen einzelner Schichten — während der Reduktion ständig. Jacutingaerz — also die Lockerfacies des Itabirits — wird heute versuchsweise auf mehreren Hütten in Minas Gerais mit Holzkohle gesintert. Der Sinter dient als Einsatz für Holzkohlehochöfen. Versuche zur Direktreduktion brasilianischer Itabiriterze, insbesondere der Lockererze, haben bisher an keiner Stelle im Großversuch stattgefunden.

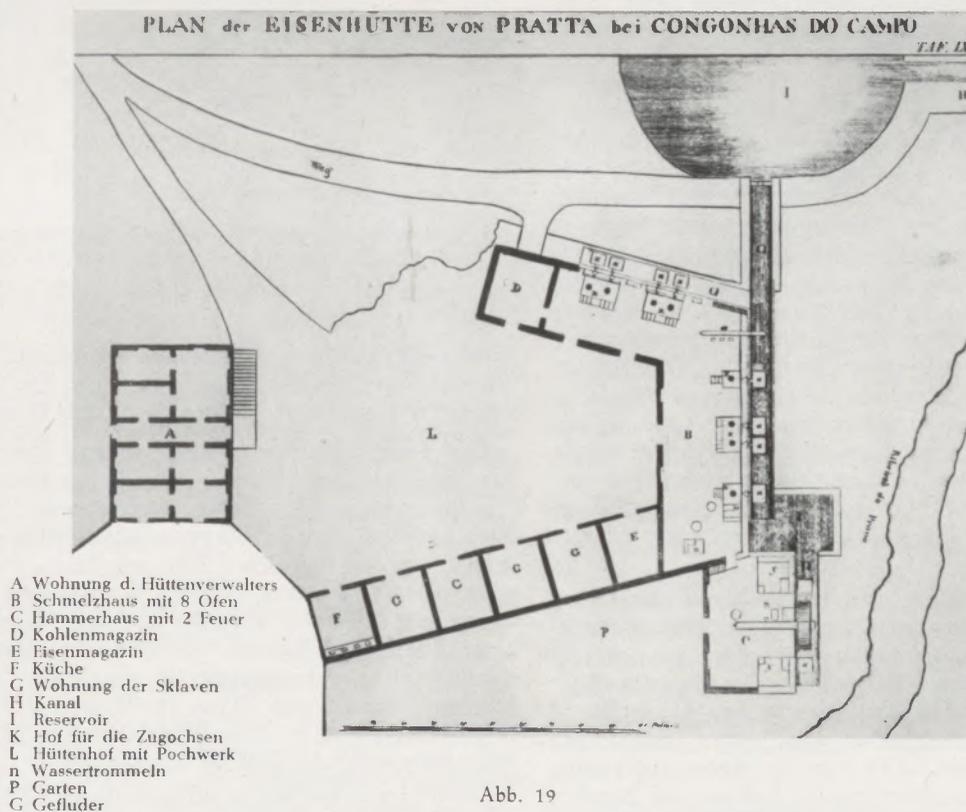


Abb. 19

Plan der Hütte Congonhas do Campo (nach W. L. v. Eschwege 1833)

Es ist bekannt, daß bei der Reduktion stückiger Eisenerze die Diffusion des Reduktionsgases ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ) in das Erzstück und diejenige der, bei der Reduktion freiwerdenden Abgase ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) aus dem Erz, die geschwindigkeitsbestimmenden Schritte bilden. Durch die Erhöhung des Porenvolumens und damit der inneren Oberfläche oder durch Vergrößerung der äußeren Oberfläche des Erzes — zum Beispiel bei sinkender Korngröße — nimmt die Reduktionsgeschwindigkeit unter sonst gleichen Versuchsbedingungen rasch zu. Die reinen Jacutingaerze bestehen aus winzigen Kristallen von Eisenglanz, die — tafelig ausgebildet — einen Durchmesser von etwa einem Zehntel Millimeter und eine Dicke von etwa einem Hundertstel Millimeter besitzen, deren spezifische Oberfläche also sehr groß ist. Ein derartiges Erz bildet ein günstiges Ausgangsmaterial für eine Reihe von Direktreduktionsverfahren unter Umgehung des Hochofens.

Bei diesen Prozessen werden die Feinerze entweder mit festem Reduktionskohlenstoff gemischt und z. B. in Drehrohröfen behandelt, oder sie werden, in der Gasphase suspendiert mit gasförmigen Reduktionsmitteln ( $\text{CO}$ , Methan,  $\text{H}_2$ ) zu festem Eisenschwamm reduziert. Alle diese Verfahren befinden sich zur Zeit in rascher Entwicklung, bei der mit Sicherheit die Jacutingaerze als Rohstoff eine Rolle spielen werden.

## 6. Die brasilianische Eisenhüttenindustrie

### Historisches

Die Geschichte des Eisens in Brasilien beginnt mit dem Jahre 1590, in dem eine kleine Eisenhütte in der Nähe von Sao Paulo erstmalig erwähnt wird. Die Hütte scheint aber nur wenige Jahre betrieben worden zu sein. 1707 stellte im Süden Brasiliens, dem heutigen Staate Rio Grande do Sul, der deutsche Jesuitenpater S e p p Gußeisen her. Als W. L. v. Eschwege, dem wir ausführliche Angaben über die frühe Geschichte des Eisens in Brasilien verdanken, 1810 das Land bereiste, wurde an zahlreichen Stellen Eisen für den örtlichen Bedarf in Rennfeuern erschmolzen, größere Hütten bestanden jedoch nirgends. Bereits im Jahre 1812 errichtete W. L. v. Eschwege in Prata bei Congonhas do Campo (Minas Gerais) ein Hüttenwerk, bestehend aus 4 Schmelzöfen, 2 Schmiedefeuern, einem Hammer- und einem Pochwerk (Abb. 19), in dem bereits am 12. Dezember 1812 das erste Schmiedeeisen erzeugt wurde. 1815 nahm unter der technischen Leitung des Schmelzmeisters Schönewolf in Morro do Pilar (Minas Gerais) eine weitere Eisenhütte den Betrieb auf, im Jahre 1818 folgte in Sao Joao de Ypanema (Sao Paulo) eine durch v. Varnhagen erbaute größere Hütte mit zwei Hochofen.

Um 1820 besaß Brasilien im Hochland von Minas Gerais und in Sao Paulo eine kleine, aber entwicklungsfähige Hüttenindustrie, die jedoch in den folgenden Jahrzehnten infolge Fehlens sachverständiger Leitung wieder verfiel. Es blieb eine Anzahl von Rennfeuern, die den Eisenbedarf abgelegener Gebiete befriedigten. Erst um 1880 kam es wieder zur Errichtung kleiner Hochofenwerke in Itabira und Burnier. Die — infolge des Gummi- und Kaffee-Exports —

stark aktive Handelsbilanz gestattete Brasilien eine Stahleinfuhr in großem Umfang. So kam es bis 1914 nicht zur Gründung weiterer Hütten. Der erste Weltkrieg trennte dann Brasilien von seinen überseeischen Lieferanten. Die Folgen waren fatal: 1918 erhielt das Land noch ganze 10 % seiner Stahlimporte von 1913. Nach Ende des Krieges wurden weitere kleine Hüttenwerke erbaut:

- 1923 ein Elektrohochofenwerk in Ribeirao Preto (Sao Paulo), das 1929 bereits seinen Betrieb wieder einstellte,
- 1927 je ein Hochofenwerk der Belgo-Mineira in Sabara und Joao Monlevade (Minas Gerais).

Zu Beginn des zweiten Weltkrieges bestanden außerdem Pläne zum Aufbau eines größeren Hüttenwerkes in der Nähe der Zentren des Verbrauchs, also zwischen Rio de Janeiro und Sao Paulo. 1939 erzeugte Brasilien 200.000 Tonnen Roheisen, aber nur 114.000 Tonnen Walzstahl. Diese Produktion wurde mit einer großen Zahl kleiner und kleinster Einheiten erzielt. Holzkohlehochofen von weniger als 100 Tonnen Tagesproduktion und SM-Öfen unter 50 Tonnen

Tabelle 6

Vergleich zwischen Stahlerzeugung und Stahlimport Brasiliens

Jahr	Eigenerzeugung (Tonnen)	Import (Tonnen)
1930	30.000	220.000
1935	47.000	293.000
1940	100.000	305.000
1945	166.000	310.000
1950	623.000	290.000
1955	1.029.000	347.000
1960	1.800.000*)	300.000*)

\*) Brasilianische Schätzungen

Nach einem Vortrag von G. M. Pires de Mello (Direktor der Cia. Siderurgica Nacional, Rio de Janeiro 1958)

Schmelzinhalte bildeten dabei den Normalfall. Eingeführt wurden dagegen im gleichen Jahre über 300.000 Tonnen Walzstahl, die Hälfte davon aus Deutschland.

Der zweite Weltkrieg beschleunigte Planung und Bau des gemischten Hüttenwerkes Volta Redonda bei Rio de Janeiro. Die Anlage, welche 1946 ihren Betrieb aufnahm, wurde mit technischer Hilfe der USA erbaut und verfügt über Hüttenkokerei, Hochofenwerk, SM-Werk sowie mehrere Walzstraßen. Sie erzeugte 1954 bereits 420.000 Tonnen Walzstahl bei einer Roheisenproduktion von 538.000 Tonnen. Der zweite Weltkrieg begünstigte aber auch die Gründung kleiner Hütten, von denen noch einige bestehen. Größtenteils sind es reine Schmelzbetriebe ohne Roheisenerzeugung, die Schrott verarbeiten.

Nachkriegsgründungen schließlich sind die Companhia Siderurgica Mannesmann in Belo Horizonte

Tabelle 7

Bevölkerungszunahme und Stahlbedarf Brasiliens

Jahr	Bevölkerung (Millionen Einwohner)	Stahlverbrauch je Person (kg)	Stahlbedarf (Tonnen)
1935	37,1	13,7	408.000
1940	41,1	11,8	486.000
1945	46,2	12,3	571.000
1950	52	19,5	1.015.000
1955	58,5	28,2	1.650.000
1960	64*)	39,0*)	2.500.000*)
1980	90*)	58,0*)	5.200.000*)
2000	124*)	77,0*)	9.600.000*)

\*) Schätzungen brasilianischer Statistiker

Zum Vergleich:

Stahlverbrauch je Person (kg) im Jahre 1957:

USA	570
Bundesrepublik Deutschland	486
Argentinien	75
Chile	75
Mexiko	50

Zitat: vgl. Tab. 6

und die Acesita in Itabira, beides kleinere gemischte Hüttenwerke. Während die Acesita mit einem Holzkohlenhochofen und einem Bessemerwerk arbeitet, verfügt Mannesmann über Elektroniederschachtöfen zur Roheisenerzeugung, ein Bessemerwerk und Elektrolichtbogenöfen zur Stahlherstellung.

Im Jahre 1953 besaß Brasilien eine Roheisenerzeugung von 880.000 Tonnen, eine Rohstahlerzeugung von 1.016.000 Tonnen und eine Walzstahlproduktion von 841.000 Tonnen.

Eingeführt wurden im gleichen Jahre noch 260.000 Tonnen an Halbzeug, das sich nur noch etwa 45 % der Importe von 1913, trotz des inzwischen stark angestiegenen Verbrauchs. Die Entwicklung der brasilianischen Eisen- und Stahlindustrie seit 1930 veranschaulichen die Tabellen 6 und 7. Zu berücksichtigen ist bei der Beurteilung dieser Angaben, daß Brasilien sich heute erst am Beginn der Industrialisierung befindet. Für 1954 nennt eine brasilianische Quelle einen Stahlverbrauch je Kopf der Bevölkerung von 31,9 kg gegenüber zum Beispiel 624 kg in den USA und 322 kg in England. Die brasilianische Hüttenindustrie besitzt also sehr günstige Entwicklungsaussichten, auch wenn sich das Tempo der letzten zehn Jahre nicht beibehalten läßt.

### Kohleversorgung brasilianischer Hütten

#### Steinkohle

Brasilien verfügt zwar über eine ausgezeichnete Basis an Eisen- und Manganerzen, jedoch nur über völlig unzureichende Kohlevorkommen. Steinkohle schlechter Qualität wird im Süden Brasiliens, in den Staaten Santa Catarina, Rio Grande do Sul und Paraná

gefunden. Die Lagerstätten sind über 1000 km vom Erzgebiet entfernt; die Kohle muß über See transportiert werden. Es sollen nur 1,5 bis 2 Milliarden Tonnen an Vorräten vorhanden sein; die Kohle weist den hohen Aschengehalt von im Mittel 30 % und Schwefelgehalte über 10 % auf. Nach der Aufbereitung (Kohlenwäsche) bleibt — als günstigste Fraktion — eine Kohle mit 16 bis 20 % Asche, 2 bis 4 % Schwefel und einem Heizwert von 6300 kg cal übrig. Diese Kohle ist nur in Mischung mit 60 % ausländischer Koks-kohle verkokbar, zudem in Rio de Janeiro doppelt so teuer wie amerikanische Importkohle.

Trotzdem hat man sich zur Mitbenutzung brasilianischer Kohle im Hüttenwerk Volta Redonda entschlossen, einmal, um die immer noch stark passive Handelsbilanz zu entlasten, zum anderen, um den zur Industrialisierung des Landes erforderlichen Kohlenbergbau zu fördern, drittens, um in den Krisenzeiten unabhängig zu sein. 1953 konnte Brasilien bereits 73 % seines Kohlenbedarfes aus eigenen Gruben decken; die Förderung betrug in diesem Jahre zwei Millionen Tonnen und stieg seither nur unwesentlich an. Die Schwierigkeiten in der Steinkohlenversorgung sind der Grund, daß bisher nur zwei Hüttenwerke, Volta Redonda bei Rio de Janeiro und Mannesmann in Belo Horizonte, Steinkohlenkoks verwenden, die übrigen Werke im Landesinnern benutzen überwiegend Holzkohle.

#### Holzkohle

Als Ausgangsmaterial für die Holzkohle dienen in Minas Gerais

1. Ursprünglicher Urwald,
2. nach dem Einschlag nachgewachsener Urwald und
3. Pflanzungen von Eukalyptusbäumen.

Zur Erzeugung einer Tonne Roheisen benötigt man etwa 4 m<sup>3</sup> Holzkohle. Für die Erzeugung von 100 Tagentonnen Roheisen in einem Holzkohlenhochofen (35.000 Tonnen/Jahr) — die größte Anlage dieser Art in Monlevade besitzt eine Tagesproduktion von 200 Tonnen — sind demnach 140.000 m<sup>3</sup> Holzkohle im Jahr erforderlich. Da beim Verkohlen eine Schwindung von etwa 50 % eintritt, müssen dazu rund 300.000 Festmeter Holz geschlagen und verkohlt werden. Da Naturwälder etwa 200 m<sup>3</sup> Kohlholz je Hektar liefern, müssen also 7 km<sup>2</sup> Wald abgeholzt werden, um die gewünschte Holzkohlenmenge zu erzielen. Bei Eukalyptuspflanzungen liegen die Verhältnisse etwas günstiger, hier sind nur etwa 5 km<sup>2</sup> Wald erforderlich.

Natürlicher Wald benötigt im Berglande von Minas Gerais etwa 20 Jahre, um nachzuwachsen; Eukalyptuspflanzungen sind in 7 bis 10 Jahren schlagreif. Trotz dieser — auf den ersten Blick — ungünstigen Verhältnisse und trotz relativ hoher Kosten für die Holzkohlengewinnung wird sich der Hochofenbetrieb mit Holzkohle im Berglande von Minas Gerais sicher noch einige Zeit halten. Dafür gibt es mehrere Gründe:

1. die ausgezeichnete Qualität des aus reinstem Hämatit mit Holzkohle erzeugten Roheisens,

2. die Schwierigkeiten bei der Koksbeschaffung und
3. die vorläufig noch geringen Ansprüche brasilianischer Waldarbeiter (vielleicht ist die Bedürfnislosigkeit der Landesbevölkerung Brasiliens größtes Kapital).

Von den 1953 erzeugten 880.000 Tonnen Roheisen wurden weit über die Hälfte aus Holzkohlehochöfen gewonnen, wobei die mittlere Größe der Ofeneinheiten bei etwas unter 100 Tagestonnen liegt. Seither hat sich dieses Verhältnis infolge der Inbetriebnahme neuer Anlagen zugunsten des Koksroheisens verschoben.

### Kohlesparende Reduktionsverfahren

Die schwierige Versorgung mit Koks Kohle und der — trotz mancher Vorteile — teure Holzkohlebetrieb zwingen die brasilianische Hüttenindustrie, nach neuen kohlesparenden Reduktionsverfahren Ausschau zu halten. Bereits 1923 wurde — wie berichtet — ein erster Versuch mit einem Elektrohochofen unternommen, der jedoch scheiterte, weil in Ribeirao Preto (Sao Paulo) weder ausreichende Erzreserven noch billige elektrische Energie zur Verfügung standen. 1955 errichtete Mannesmann in Belo Horizonte eine Anlage mit zwei Elektroniederschachtofen (zusammen 240 Tagestonnen), an einigen Orten bestehen weitere kleine Anlagen zur Erzreduktion in Elektrohochöfen.

Einer weiteren Verbreitung des Elektroniederschachtofen-Verfahrens in Brasilien steht — trotz dessen hervorragender Eignung für die dortigen Eisenerze — der Mangel an elektrischer Energie entgegen. Brasilien verfügt über bedeutende Wasserkräfte, von denen 15 Millionen Kilowatt — genügendes Kapital vorausgesetzt — sofort zu nutzen wären. Speziell im Staate Minas Gerais bietet das Flußsystem des Rio Sao Francisco mit zahlreichen Gefällstufen günstige Voraussetzungen zur Anlage von Laufkraftwerken. Tatsächlich genutzt wurden 1953 jedoch nur 1,7 Millionen Kilowatt. Dieser Zustand wird sich auch in den nächsten Jahrzehnten nur langsam ändern.

Reduktionsverfahren, die auf gasförmigen Brennstoffen, gewonnen durch Vergasung minderwertiger Kohle oder auf festem Kohlenstoff geringer mechanischer Festigkeit aufbauen, haben aus diesem Grunde gute Aussichten. Besonders wichtig ist in diesem Zusammenhang die Frage der Entschwefelung des gewonnenen Roheisens, sofern brasilianische Kohle als Reduktionsmittel verwendet werden soll.

### Ausbau brasilianischer Hütten

Ein Fünfjahresplan zum Ausbau der brasilianischen Stahlindustrie sieht für den Zeitraum 1959 bis 1963 eine Erweiterung des staatlichen Hüttenwerks Volta Redonda sowie einiger weiterer bereits bestehender Betriebe und den Aufbau neuer Anlagen vor. Volta Redonda soll — diesen Plänen nach noch vor 1965 — eine Rohstoffkapazität von 1,25 Millionen Jah-

restonnen, die Belgo-Mineira eine solche von 500.000 Jahrestonnen erreichen. Beim Aufbau vorhandener Anlagen macht man sich moderne technische Erfahrungen weitgehend zunutze. So wurden zum Beispiel der Hütte Monlevade der Belgo-Mineira in den letzten Jahren zwei Sauerstoff-Blasstahlwerke errichtet.

Im Tal de Rio Doce wird — unweit von den Eisenerzvorkommen des „quadrilatero ferifero“ — ein gemischtes Hüttenwerk der USIMINAS erbaut, das bis 1953 eine Produktion von 500.000 Jahrestonnen Rohstahl aufweisen soll. Kohleversorgung und Abtransport des Stahls stützen sich auf die Victoria-Minas-Bahn. Das erforderliche Kapital wird teils durch den Bundesstaat Minas Gerais und Minenser Banken, teils durch japanische Finanzkreise aufgebracht. Das Projekt steht in Zusammenhang mit der geplanten Kolonisierung des Rio-Doce-Tales durch Japaner.

Für die nächsten Jahrzehnte bestehen weiterhin Pläne, in Piacaguera, unweit Santos (Staat Sao Paulo), ein Hüttenwerk der COSIPA (erste Baustufe 350.000 Jahrestonnen Rohstahl) zu errichten, ebenfalls mit staatlicher Kapitalbeteiligung.

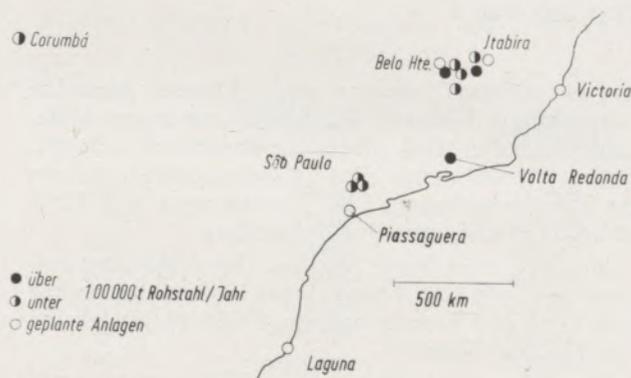


Abb. 20

Geographische Verteilung brasilianischer Hüttenwerke

Weitere Pläne betreffen die Errichtung von Hütten in der Nähe des Erzhafens Victoria im Staate Espirito Santo und bei der Stadt Laguna (Staat Santa Catharina). Die Werke in Victoria und Laguna könnten die gleichen Schiffseinheiten für den Erz- und Kohletransport benutzen, um Leerfrachten zu vermeiden (Abb. 20).

### Ausblick

Die Entwicklung der brasilianischen Industrie wird sich auch in den kommenden Jahren nicht verlangsamten. Hierfür sprechen sowohl das rasche Wachstum der Bevölkerung (Brasilianische Statistiker rechnen mit deren Verdoppelung bis zum Jahre 2000) und das — freilich langsame — Ansteigen des Lebensstandards der Landbevölkerung. Sämtliche brasilianische Regierungen seit Getulio Vargas streben nach der Autarkie des Landes hinsichtlich wichtiger Rohstoffe (Kohle, Eisen, Erdöl). Man wird daher

auch weiterhin versuchen, die eigene Stahlproduktion zu heben und die Stahleinfuhr zu drosseln. Da brasilianisches Kapital außerordentlich knapp ist und sich in der verarbeitenden Industrie zum Teil ausgezeichnete Gewinnchancen bieten, ist es der Regierung bis heute nicht gelungen, den privaten brasilianischen Kapitalmarkt nennenswert für Investitionen in der Montanindustrie zu interessieren. Somit dürfte die bisher geübte Investitionspolitik, nämlich die Gründung von Gesellschaften mit finanzieller Beteiligung der Bundesstaaten und unter Heranziehung ausländischen Kapitals vorläufig beibehalten werden.

Die Zukunftsaussichten der brasilianischen Stahlindustrie sind also günstig, wenn auch eine Anzahl von Engpässen die bisher stürmische Entwicklung

wieder verlangsamen kann. Solche Engpässe sind die großen Entfernungen und der zum Teil ungenügende Ausbau der Verkehrsverbindungen, der Mangel an Facharbeitern und die ständigen Schwierigkeiten bei der Kapitalbeschaffung in einem Lande, das seine industrielle Entwicklung auf Kosten einer ständigen Geldentwertung betreibt (Index der Lebenshaltungskosten 1950: 100, 1958: Brasilien 382 (1), Bundesrepublik Deutschland (zum Vergleich): 119).

Weitere Impulse wirtschaftlicher Entwicklung, auch für die Montanindustrie, könnten von der Besiedelung der weiten menschenleeren Gebiete des Landesinnern ausgehen, für die unlängst — durch Verlegung der Bundesregierung von Rio de Janeiro nach Brasilia — der Weg gewiesen wurde.

### Zusammenfassung

Im Stadium beginnender Industrialisierung, das Brasilien gegenwärtig durchläuft, fällt der jungen Montanindustrie des Landes eine wesentliche Aufgabe zu.

Brasilien verfügt an mehreren Orten, vor allem im Staate Minas Gerais über ausgezeichnete Eisenerze in riesigen Mengen, die „Itabirit“-Lagerstätten. Geologische Situation, mutmaßliche Entstehung (nach den beiden Hypothesen der chemischen Ausfällung

des Eisens aus Verwitterungslösungen und der submarin exhaltiven Ausscheidung), Vorräte und technische Nutzung dieser Lagerstätten werden behandelt.

Einem Überblick über Brasiliens Kohleproblem (Verhüttung mit Holzkohle, Vorkommen einer Steinkohle geringer Qualität) folgt die Beschreibung von Entwicklung, derzeitigem Stand und Zukunftsaussichten der brasilianischen Eisenhütten.

### Summary

In the stage of beginning industrialization, which Brazil passes at the present moment, the young metallurgical industry plays a very important part.

Brazil disposes in several localities — first of all in the State of Minas Gerais — of excellent iron ores in large quantities, the „Itabirite“ deposits. Geologic situation, hypothesis of their formation (according to the two hypothesis of a chemical pre-

cipitation of the iron from solutions of desintegration products and of a submarine exhaltativ segregation), reserves and their technical utilization are treated.

Survey of Brazil's coal problem (iron making with charcoal, desposits of black coal of inferior quality) followed by a description of the development, the present state and the prospects of the Brazilian iron and steel industry in the future.

### Résumé

L'industrie minière du pays joue un rôle important dans la phase de l'industrialisme qui a commencé actuellement au Brésil.

Dans plusieurs gîtes, particulièrement dans l'Etat fédératif de Minas Gerais, le Brésil dispose des minerais de fer excellents dans des quantités immenses — les gisements d'„Itabérite“. L'auteur traite la situation géologique, l'origine probable (suivant les deux hypothèses de la précipitation chimique du fer

des solutions de décomposition et de la séparation submarine — exhaltative), les réserves et l'exploitation technique de ces gisements.

Un aperçu sur le problème de charbon au Brésil (traitement métallurgique avec charbon de bois, présence de la houille d'une qualité inférieure) est suivi d'une description du développement, de l'état actuel et des perspectives de l'industrie sidérurgique brésilienne.

### Literaturverzeichnis

(Die mit (L) gekennzeichneten Arbeiten enthalten ausführliche Literaturübersichten)

**Volkswirtschaft Brasiliens, Entwicklung der brasilianischen Hüttenindustrie**

W. L. v. Eschwege: Pluto Brasiliensis, Berlin 1833.  
Stahlwirtschaftliche Länderberichte, Heft 3, Brasilien, Kiel 1955 (L).

E. A. Boas: Die eisenschaffende Industrie Brasiliens, Grundlage, Entstehung und bisherige Entwicklung, Berlin 1957 (L).

H. Winkhaus: Aus der Eisen- und Stahlindustrie Brasiliens. Stahl und Eisen 79, 1959, 1691—1695.  
Annuário estatístico do Brasil, Rio de Janeiro (jährlich)

**Geologie Brasiliens**

- W. L. v. Eschwege: Geognostisches Gemälde von Brasilien, 1822.  
 H. Gerth: Geologie Südamerikas, Berlin 1942.  
 Djalma Guimaraes: Arqui — Brasil e sua Evolucao Geologica, Rio de Janeiro 1942.

**Nutzbare Lagerstätten Brasiliens**

- H. Schneiderhöhn: Erzlagertstätten (Kurzvorlesungen), Stuttgart 1955.  
 H. Putzer: Mineralmacht Brasilien, Sao Paulo 1956 (L).

**Eisenerze in Minas Gerais**

- W. L. v. Eschwege: Geognostisches Gemälde (s. o.).  
 A. O. Derby: The iron ores of Brazil (The iron ore resources of the world). International Geological Congress XI. Session, S. 813—822, Stockholm 1910.  
 E. C. Harder: Hematite ores of Brazil and a comparison with hematite ores of Lake Superior. Economic Geology 6, 1911, 670—686.  
 E. C. Harder u. R. T. Chamberlin: The geology of central Minas Gerais, Brazil, Journal of Geology 23, 1915, 341—378, 385—424.  
 B. v. Freyberg: Beobachtungen an der Minas-Serie, Neues Jahrbuch f. Min. 57, 1927, 428—465.  
 B. v. Freyberg: Die Bodenschätze von Minas Gerais, Brasilien. Stuttgart 1934.

- E. A. Scheibe: Über die Entstehung brasilianischer Itabirite. Zeitschrift, dt. geol. Ges. 84, 1931, 36—47.  
 S. A. Tyler: Itabirite of Minas Gerais, Brazil. Journ. Sed. Petrology 18, 1948, 86—87.  
 L. J. de Moraes, J. v. N. Dorr II et al: The iron ore deposits of Brazil. Symposium sur les gisements de fer du monde, Algier 1952 (L).  
 P. W. Guild: Iron deposits of the Congonhas District, Minas Gerais, Brazil, Economic Geology 48, 1953, 639—676 (L).  
 H. Putzer: Das eiserne Land (Reise durch das zentrale Minas Gerais). Natur und Volk, Bericht der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft 84, 1954, 213—222.  
 J. v. N. Dorr II: O Problema dos Minerios de Ferro visto por um Geolog. Engenharia, Mineracao e Metalurgia 24, 1956, 365—372.  
 Ch. F. Park jr.: The origin of hard Hematite in Itabirite, Economic Geology 54, 1959, 573—587 (L).

**Eisenerzbergbau.**

- C. Effenberger: Der Eisenerzbergbau von Itabira im Staate Minas Gerais, Brasilien. Glückauf 89, 1953, 1180—1185.  
 H. Putzer: Mineralmacht Brasilien (s. o.). Rio Doce to double production... Mining World, May 1960, 36—37.

**Eisenerzvorräte.**

- G. Einecke: Die Eisenerzvorräte der Welt. Düsseldorf 1950. Survey of world iron ore resources: occurrence, appraisal and use. New York (UN) 1955.