

BEITRAG

ZUR

GEOLOGIE VON CEARÁ (BRASILIEN)

VON

DR. FRIEDRICH KATZER,

BOSNISCH-HERCEGOVINISCHER LANDESGEOLOGE.

Mit 20 Textfiguren und einer geologischen Kartenskizze.

BESONDERS ABGEDRUCKT AUS DEM LXXVIII. BANDE DER DENKSCHRIFTEN DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN KLASSE DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.



WIEN 1905.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN KOMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

Inhalt.

	Seite
Vorbemerkungen	1
Geologische Beschreibung	2
Archaeicum	2
Gneise	2
Kalksteine	16
Eisenerzlager	18
Granit	18
Syenit	24
Tertiär	32
Quartär	33
Tektonik	35

BEITRAG

ZUR

GEOLOGIE VON CEARÁ (BRASILIEN)

VON

DR. FRIEDRICH KATZER,

BOSNISCH-HERCEGOVINISCHER LANDESGEologe.

(Mit 20 Textfiguren und 1 geologischen Kartenskizze.)

VORGELEGT IN DER SITZUNG AM 8. JUNI 1905.

Vorbemerkungen.

Der nordbrasilische Küstenstaat Ceará, welcher sich ungefähr¹ zwischen 37° 10' und 41° 18' westlicher Länge von Greenwich sowie 2° 46' und 7° 32' südlicher Breite ausdehnt, ist in geologischer Beziehung noch sehr wenig erforscht. Einen mir durch die Liberalität des Museums und der Regierung von Pará, in deren Diensten ich damals stand, im Jahre 1897 ermöglichten mehrwöchentlichen Aufenthalt in diesem durch sein gesundes trockenes Klima ausgezeichneten Lande benützte ich zu geologischen Exkursionen in das südlich, beziehungsweise südwestlich von der Hauptstadt gelegene, von der Eisenbahn Fortaleza—Quixadá—Senador Pompeu durchzogene Gebiet.

Diese Bahnstrecke wurde zu jener Zeit regelmäßig nur bis Quixeramobim, d. h. auf 234·3 km Entfernung von Fortaleza befahren, u. zw. verkehrte je ein Zug täglich bis Quixadá (187 km) und von dort dann dreimal wöchentlich einer nach Quixeramobim. Die weitere, beiläufig 50 km lange Teilstrecke bis zur Ansiedlung Senador Pompeu befand sich im Bau, war aber schon auf etwa 20 km fertiggestellt, die indessen dem Verkehr noch nicht übergeben worden waren. Immerhin förderte auch diese Strecke die geologische Beobachtung wesentlich durch die frischen Aufschlüsse, welche sie an vielen Punkten geschaffen hatte.

¹ Ungefähr deshalb, weil die Grenzen wie bei den meisten Einzelstaaten der brasilischen Föderativrepublik noch nicht endgültig festgelegt sind. Außer an der atlantischen Küste, wo die östliche Grenze gegen Rio Grande do Norte auf eine kurze Strecke vom Rio Mossoró und die westliche gegen Piauhv vom Fließchen S. João da Praia gebildet wird, verläuft die Grenze durchwegs über mehr weniger unbekanntes Gebirge und Plateaus — die problematische Cordilheira circular der Cearensen Geographen — wo sie niemals genauer fixiert wurde. Die Flächeninhaltsangabe von Ceará mit 160.000 km² (d. h. annähernd soviel wie Böhmen, Mähren, Schlesien und Galizien zusammen) ist demzufolge natürlich nur eine beiläufige, ebenso wie die Schätzung der Einwohnerzahl auf 900.000 Seelen.

Trotzdem die Eisenbahn die Durchstreifung des sich auf 250 *km* von der atlantischen Küste ins Innere erstreckenden Landstriches sehr erleichterte, ja überhaupt ermöglichte, konnte doch eine eingehende und insbesondere gleichmäßige Untersuchung des Gebietes nicht ausgeführt werden. Abgesehen davon, daß es an der hiezu erforderlichen Zeit gebrach, trägt die Hauptschuld daran der Mangel an einer für geologische Einzeichnungen halbwegs geeigneten topographischen Karte von Ceará. Mit Mühe gelang es, größere Schulkarten brasilischen Ursprunges aufzutreiben, die sich aber als kaum zur oberflächlichen Orientierung geeignet erwiesen, so daß ich mich von vornherein darauf beschränken mußte, lediglich eine Übersicht der geologischen Zusammensetzung des bereisten Gebietes zu erlangen, ohne mich in detaillierte topographisch-geologische Untersuchungen einlassen zu können.

Von den Ortschaften entlang der Hauptbahn hielt ich mich längere Zeit in Pacatuba, Baturité, Quixadá und Quixeramobim auf, deren Umgebungen etwas genauer durchforscht werden konnten; ferner nahm ich längeren Aufenthalt in Maranguapé, welche Stadt mit der 20·8 *km* von Fortaleza entfernten Station Maracanahú durch eine 7·3 *km* lange Zweigbahn verbunden ist. Bezüglich des zwischen diesen genannten Hauptorten gelegenen Terrains mußte ich mich auf eine geringere Anzahl von Exkursionen beschränken, die ich gewöhnlich mit einem Begleiter von den einzelnen Bahnstationen aus bald in östlicher bald in westlicher Richtung unternahm. Die solcherweise gesammelten Beobachtungen wurden in die nach Tunlichkeit revidierte Karte von J. G. Dias Sobreira¹ eingetragen, woraus das dieser Abhandlung beigegebene Kärtchen entstand, welches zwar den geologischen Aufbau des dargestellten Gebietes im allgemeinen richtig veranschaulicht, aber in Bezug auf Umfang und gegenseitige Lage der einzelnen Ausscheidungen sich von der Mangelhaftigkeit der topographischen Unterlage allerdings nicht loslösen konnte. Das ziemlich beträchtliche aufgesammelte Belegmaterial beförderte ich bei meiner Rückkehr an den Amazonas mit nach Pará, wo ich es in der geologischen Sammlung des Museums hinterlegte.

Geologische Beschreibung.

Der allergrößte Teil des bereisten mittleren Abschnittes von Ceará gehört dem Archaeicum an; nur entlang der atlantischen Küste wird eine verhältnismäßig schmale Zone von Quartär- und teilweise vielleicht auch von Tertiärbildungen eingenommen.

Archaeicum.

Die größte Verbreitung im Bereiche des untersuchten Gebietes besitzen **Gneise**. Sie sind in mannigfaltigen Abarten das herrschende Gestein in der Serra Baturité samt den ihr angegliederten Bergzügen und beteiligen sich vorzugsweise auch am Aufbau der weiteren Umgebung von Quixeramobim. Überall herrschen biotitreiche Zweiglimmergneise bei weitem vor; reine Biotitgneise und Muscovitgneise sind seltener und alle sonstigen Abarten spielen nur eine untergeordnete Rolle. Soweit die vorgenommenen Begehungen diesbezüglich ein Urteil gestatten, besitzen diese Abarten auch keine stratigraphische Selbständigkeit, sondern erscheinen nur als lokale Ausbildungen oder nicht niveaubeständige Einschaltungen im herrschenden Glimmergneis.

¹ Diese im Original falsch orientierte Karte (Apontamentos para a Carta topographica do Ceará, 1892) im (unzutreffenden) Maßstab 1 : 1,200.000, verdient das Lob nicht, mit welchem sie mir angepriesen worden war. Ihr größter, um nicht zu sagen: einziger, Wert beruht in der Menge von Orts-, Berg- und Flußnamen, welche sie enthält, wodurch dem Reisenden doch eine beiläufige Orientierung ermöglicht wird.

Was den Ursprung der Gneise von Ceará anbelangt, so ist ein Teil derselben, und zwar anscheinend der beträchtlichere, ohne Zweifel eruptiver Entstehung, also Orthogneise im Sinne Rosenbusch's, ein Teil aber ebenso sicher von ursprünglich sedimentärer Bildung: Paragneise. Zu den ersteren gehört z. B. ein Großteil der Gneise der Serra Baturité, dann jene der Umgebung von Aracoyaba, Cangaty und Junco, zu den Paragneisen jene Erstreckungen derselben, welche Kalklager einschließen, wie zwischen Acarapé (Redempçãõ) und Canafistula, sowie in der Umgebung von Quixeramobim. Im allgemeinen dürften die Paragneise älter sein als die Orthogneise, allein, um dies sicherzustellen, gebietet es noch an ausreichenden Beobachtungen, so wie es dormalen auch noch nicht möglich ist, die Ortho- und Paragneise kartographisch voneinander zu trennen.

Einige genauere, sich vorwaltend auf den makroskopischen Befund stützende Angaben (da Dünnschliffe nicht in allen Fällen untersucht wurden) mögen die Beschaffenheit der wichtigsten Gneisarten näher erläutern.

Die Orthogneise der Umgebung von Aracoyaba sind hauptsächlich Zweiglimmergneise. Sie besitzen eine ziemlich grobflaserige Struktur, indem unregelmäßige, einige Millimeter starke Flasern, bestehend aus einem Gemenge von hanf- bis erbsengroßen Quarz- und Feldspatkörnern mit wenig Biotit, von dünneren feinkörnigen Lagen mit vorherrschendem Biotit und untergeordnetem Muscovit umschmiegelt werden. Die Feldspate sind vorwiegend weißer oder grauweißer Plagioklas (Oligoklas?), minder häufig Orthoklas von weißer oder rötlicher Farbe. An Menge übertreffen sie zumeist den Quarz, dessen einzelne Körner einen bläulichen Stich zu besitzen pflegen, zum Unterschied von den wasserklaren oder weißlichen Quarzaggregaten. Der in den grobkörnigen Quarz-Feldspatflasern einzeln eingestreute braune bis schwarze Biotit ist zum großen Teil in sechsseitigen Täfelchen (automorph), in den glimmerreichen feinkörnigen Zwischenlagen aber anscheinend nur in unregelmäßig begrenzten Lappen und Schuppen entwickelt ebenso wie der an Menge stark zurückstehende silberweiße Muscovit. Partienweise werden die wellig verdrückten Flasern gleichmäßig bis zu 1 cm stark und mehr ebenflächig, so daß dunkle glimmerreiche Lagen mit hellen quarz- und feldspatreichen abwechseln und sich Band- oder Lagengneise entwickelt. Er bildet im Flasergneis nur mäßig mächtige Einlagerungen, die der Verwitterung besser widerstehen als namentlich die dünnflaserigen Abarten, aus deren stark zersetzten Lehnen die Lagengneiseinschaltungen zuweilen reliefartig hervortreten, wie westlich von Aracoyaba an den Flußgehängen beobachtet werden kann.

Unbeschadet dessen, daß in der engeren Umgebung von Aracoyaba das vorherrschende Verflächen nach Nordwesten (19—21^h) gerichtet ist, erscheint die Lagerung vielfach stark gestört und stellenweise findet eine mit zahlreichen Verwerfungen gepaarte wilde Stauchung der Schichten statt, wofür die schönen Aufschlüsse in der unmittelbaren Nähe der in einem Einschnitt im Gneisgelände situirten Eisenbahnstation von Aracoyaba vorzügliche Belege liefern.

Die Skizze, Abb. 1, versucht eine Vorstellung von diesen bizarren Knickungen und Brüchen des Gneises zu geben, wie sie unmittelbar südlich vom Bahnhof beobachtet werden können.

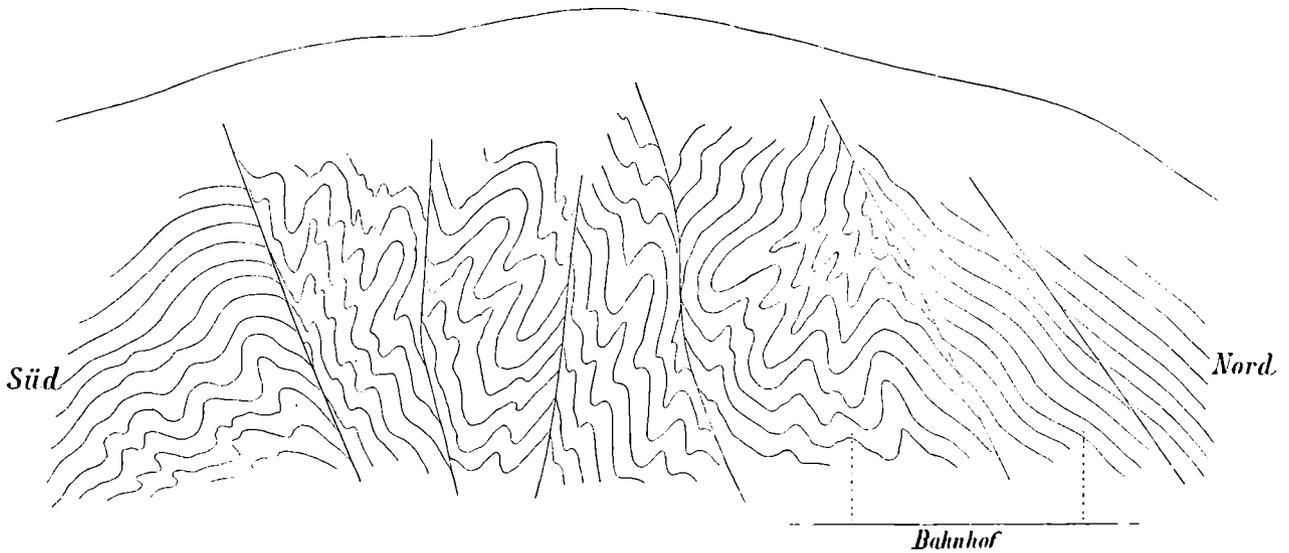
Sowohl die glimmerarmen Lagen der Bandgneise als die stärkeren Gneisschichten überhaupt besitzen sehr oft ein richtungslos körniges, granitisches Gefüge und belassen keinen Zweifel darüber, daß diese Gneise nur flaserig gewordene Eruptivmassen sind.

Bemerkenswert ist eine durch den Stauchungsvorgang verursachte völlige Verzerrung und innerliche Zermalmung einzelner glimmerreicher, von quarzigen granitischen Lagen eingeschlossener Schichten, wodurch innerhalb der gestauchten Gneispartien äußerst bizarr gestaltete, mit zerriebener mürber glimmeriger Masse ausgefüllte Pressungsnester entstehen, wie eines die Abb. 2 darstellt. In den stark gestauchten Zonen kommen faserige Fibrolithstriemen und in von Druckflächen durchsetzten Partien auch tiefblaue Cordieritkörner vor.

Mancherorts ist der Zweiglimmergneis von Aracoyaba erstaunlich frisch, am häufigsten aber erscheint er bis in beträchtliche Tiefen zersetzt. Oft wird die Verwitterung von Hämatit- und Psilomelan-ausscheidungen begleitet. Im ersteren Falle häuft sich der Hämatit in Blättchen und Schuppen zwar

vorzugsweise auf den Schichtflächen an, durchdringt aber mehr weniger reichlich das ganze zersetzte Gestein und bewirkt dessen Rotfärbung. Die Psilomelanausscheidungen hingegen sind hauptsächlich in

Abb. 1.

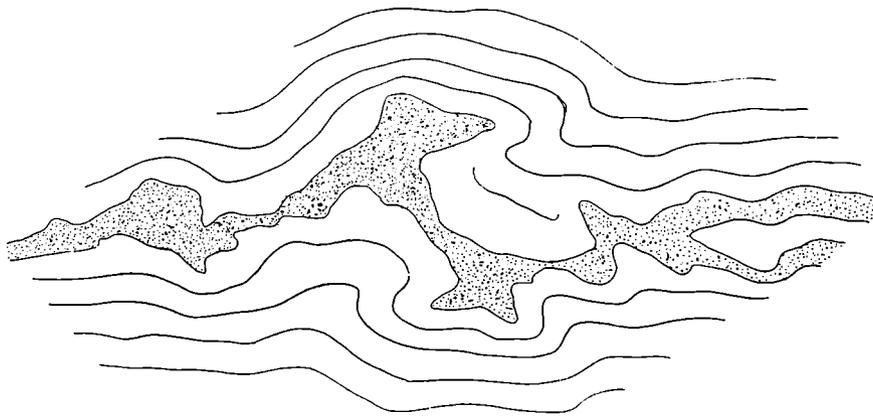


Stauchungen und Knickungen der Gneisschichten beim Bahnhof von Aracoyaba.
Länge des Profiles ungefähr 100 m.

den feldspatreichen Gneispartien verbreitet und auf Klüfte beschränkt, welche stellenweise das Gestein so reichlich durchschwärmen, daß es dadurch eine schwärzliche Färbung erhält.

Vielfach ganz übereinstimmend verhalten sich die Gneise des Gebirges von Baturité.

Abb. 2.



Ein Pressungsnetz im gestauchten Gneis von Aracoyaba. 1 : 12 nat. Gr.

Diese sich von Nordost nach Südwest erstreckende Serra ist das ausgedehnteste einheitliche Gebirge von Ceará, welches bei einer ungefähren Länge von 120 km eine wechselnde Breite von 25 bis 50 km besitzt. Im Norden wird das Gebirge durch die Senke von Bahú von der Serra Aratanha (780 m) und der

hohen Serra Maranguapé (900 *m*) getrennt, im Südwesten verläuft es durch niedrige Hügelzüge in das Plateau von Quixeramobim. Die Serra besteht aus einem Schwarm von breiten gerundeten Rücken, die gewissermaßen auf einem gemeinsamen Sockel aufgesetzt sind, und besitzt durchaus Mittelgebirgscharakter.

Ihr höchster Gipfel erreicht 852 *m* Seehöhe. Sie ist gut bewässert und strichweise sehr fruchtbar. Ihr Klima ist mild, im Gegensatz zum glühend heißen Sertão sogar kühl zu nennen (in den Nächten sinkt das Thermometer zuweilen unter 15° C!). Sie Serra ist stark besiedelt und trägt ausgedehnte Plantagen, insbesondere von Kaffee.

Ein nordwestlicher Ausläufer der Serra Baturité führt den Namen Serra do Boticario, im Süden schließt sich die Serra Cangaty an, im Südwesten die niederen Serras de Sta. Catharina und da Mariana. Diese letztere Hügelgruppe wird durch eine tiefe Depression von der westlich davon gelegenen, zirka 600 *m* hohen, wenig ausgedehnten, aber wasserreichen und fruchtbaren, durch ein gemäßigttes Klima ausgezeichneten, daher auch dichter bewohnten Serra do Machado geschieden.

Im nördlichen und mittleren Teile der Serra Baturité (der südliche wurde nicht besucht) sind Gneise die bei weitem vorherrschende Felsart. Es sind, wie erwähnt, vorzugsweise Orthogneise, die zumeist als biotitreiche Zweiglimmergneise entwickelt sind, aber im einzelnen einen beträchtlichen Wechsel der Zusammensetzung aufweisen, womit gewöhnlich auch Strukturänderungen verbunden sind. Am meisten verbreitet sind wie bei Aracoyaba Flasergneise mit Übergängen in Bandgneise, bei welchen nicht selten biotitreiche und muscovitreiche Bänder durch körnige feldspatreiche Lagen voneinander geschieden werden. So z. B. nahm ich nordwestlich von Baturité jenseits des Baches am Wege nach Guaramiranga an einem solchen Gneis von auffallend gleichmäßiger Korngröße (2—3 *mm* im Durchmesser) die folgende Struktur ab:

1 *cm* starke dunkle, sehr biotitreiche, unregelmäßig wellige Lage, Quarz und Feldspat nur vereinzelt augenartig enthaltend;

5 *cm* starke rötliche, orthoklasreiche, fast glimmerfreie Lage mit völlig untergeordnetem weißem Plagioklas und Quarz;

0·5 *cm* starke dunkle, schuppige Biotitlage;

4 *cm* starke weiße Lage mit annähernd gleich viel Plagioklas und Orthoklas, wenig Quarz und einzeln eingestreuten Biotittäfelchen;

0·5 *cm* starke quarz- und muscovitreiche grobschuppige Lage mit wenig Feldspat und fast biotitfrei;

6 *cm* starke weiße quarz- und feldspatreiche Lage mit anscheinend mehr Plagioklas als Orthoklas, wenig Biotit und nur vereinzelt Muscovitfetzen.

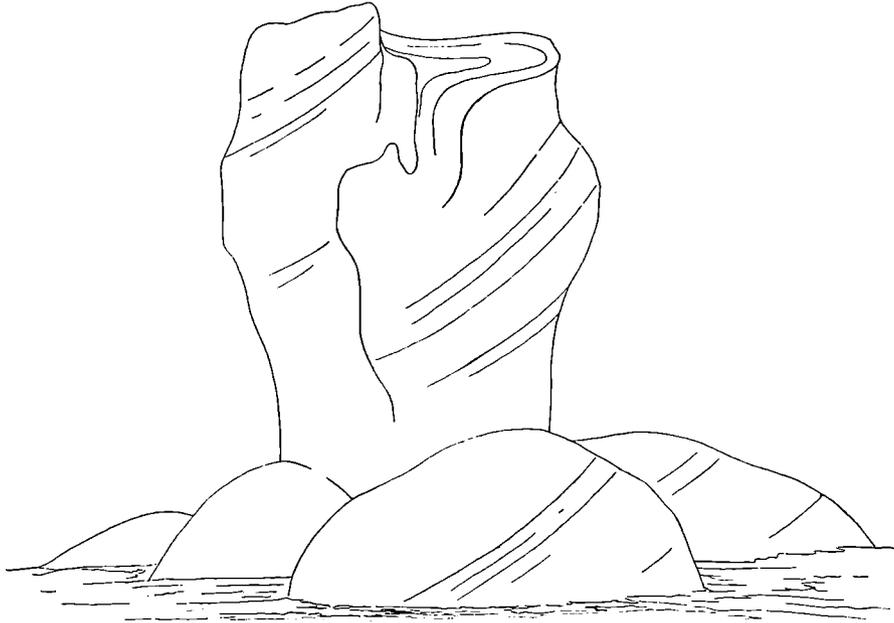
Diese Reihenfolge der Lagen wiederholte sich mit ungefähr gleicher Mächtigkeit und Zusammensetzung gegen zwanzigmal, wobei die sechs angeführten Bänder jeweils eine Schicht bildeten. Das Einfallen der ganzen Schichtenreihe war unter 49° nach 22^h 2° (magn.) gerichtet. Das Hangende war verdeckt, gegen das Liegende wurden die Schichten stärker, die Bänderung unregelmäßig, die Korngröße ungleich, dann die Struktur wie geknetet und schließlich das Aussehen des Gesteines unter starkem Zurücktreten des Biotit massig-granitisch.

Eine ähnliche Einschließung wohlgeschichteter Lagengneise in geknetet-flaserige bis massige Partien läßt sich auch an zahlreichen anderen Punkten des Gebirges von Baturité beobachten, insbesondere zwischen Baturité und Mulungú, sowie am Aufstieg gegen Pacoty, wo überall die massigen Partien entweder nur eine geringe Entwicklung erlangen oder doch eine gewisse Flaserung beibehalten, so daß sie nicht wohl als Granite ausgeschieden werden können. Anders verhält es sich diesbezüglich z. B. im Gebiete südlich von Baturité, namentlich um Castro und Cangaty, wo zwar auch Gneise herrschen, die jedoch von mächtigen Granitstöcken durchbrochen sind, oder in der Gegend von Bahú (südlich von Ceará), wo dem Granit aufgelagerte Gneisschollen von zahlreichen Granitapophysen durchsetzt werden.

Bemerkenswert ist die besonders südlich und östlich von Baturité wiederholt zu beobachtende Tatsache, daß muscovitreiche Zonen des Zweiglimmergneises ein massigeres Gepräge besitzen als die

biotitreichen und daß sie sich auch gegen Verwitterungseinflüsse verschieden verhalten. Die muscovitreichen Gneise sind widerstandsfähiger und nehmen gern kuppige Abwitterungsformen an; die viel mehr verbreiteten biotitreichen Gneise sind oft auf 10 und mehr Meter tief zersetzt und zeigen manchmal merkwürdig gestaltete Verwitterungsformen, namentlich wenn sie quarzreiche Schlieren enthalten oder von Quarzgängen durchschwärmt werden. Ein auffallendes Beispiel dieser Art krönt wie ein Opferstein einen Gneishügel bei Baturité gleich südlich vor der Stadt. Über einem sockelartigen Unterbau [aus muscovitreichem Zweiglimmergneis mit rundhöckerähnlicher kuppiger Oberfläche erhebt sich ein zylinderförmiger, wie zusammengerollt aussehender Aufsatz aus biotitreichem Zweiglimmergneis (vgl. Abb. 3). Da die sowohl im Sockel als im Aufsatz angedeutete Schichtung gleichmäßig unter ungefähr 38° nach 22^h gerichtet

Abb. 3.



Erosionssäule im Gneis bei Baturité.

ist, was mit der rundum herrschenden Schichtenlagerung übereinstimmt, so ergibt sich daraus, daß die so merkwürdig kontrastierenden Gebilde aus einem ursprünglich zusammenhängenden Gneiskomplex lediglich durch ungleiche Erosion herausmodelliert wurden.

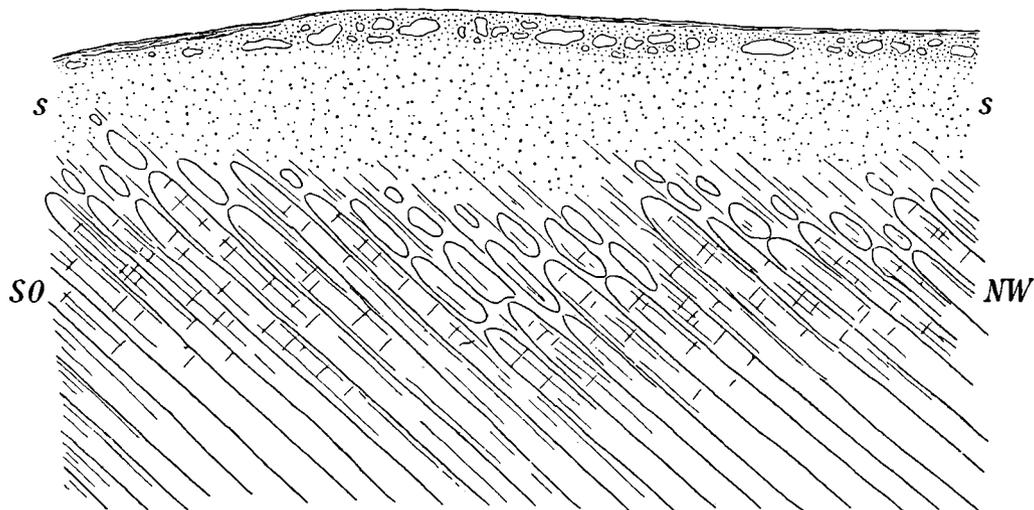
Die muscovitreichen Zweiglimmergneise der Gegend von Baturité besitzen zuweilen eine ziemlich grobe Lagenstruktur, indem 10—15 *cm* mächtige, zuckerkörnige Quarzlagen mit nur einige Millimeter starken Feldspat- und Glimmerlagen abwechseln. Die ersteren, aus weißem und rosa Quarz mit nur wenig eingestreutem Muscovit bestehenden feinkörnigen Lagen sind in der Regel aus mehreren, durch zusammenhängende Muscovitmembranen getrennten Bändern zusammengesetzt. In den meist etwas gröber körnigen Feldspatlagen herrscht rötlicher Orthoklas über weißen Plagioklas vor und Biotit pflegt ihnen in ungefähr gleicher Menge wie Muscovit eingestreut zu sein. An diese Feldspatlagen schließen sich gewöhnlich dünne schuppige Biotitbänder an. Derartige Gneisausbildungen finden sich z. B. in der Nähe der Bahnstation Baturité sowie im tiefen Taleinschnitt südlich von der Stadt, wo in den zuckerkörnigen, in diesem Falle gewöhnlich auch etwas Orthoklas führenden Quarzlagen akzessorisch Turmalin vorkommt. Es ist schwarzer Schörl in einzeln eingestreuten, haardünnen, höchstens 2—3 *mm* langen Nadelchen oder in mehr körnigen hanf- bis erbsengroßen Anhäufungen, um welche sich gern der Feldspat gruppiert.

Infolge ihrer größeren Widerstandsfähigkeit wittern die Quarzlagen aus dem Zweiglimmergneis heraus und Blöcke davon finden sich daher im Bachgerölle oder in Niederungen oft in großer Menge

zusammengeschwemmt. Dasselbe gilt von Blöcken aus Quarznestern und Quarzgängen, welche im Gneisgebirge von Baturité ungemein reichlich auftreten. Sie besitzen in vielen Fällen ein mit den Gneisschichten übereinstimmendes, nordost-südwestliches Streichen, jedoch widersinniges Einfallen. So z. B. verflächt der biotitreiche Zweiglimmergneis am Nordende der Stadt Baturité unter $40-50^\circ$ nach $22-23^h$, ein darin in der Nähe der alten Brücke aufsetzender, nahezu 1 m mächtiger Quarzgang aber unter 72° nach $9^h 10^\circ$ (magn.). Dieser Gang überquert den zur Brücke führenden Weg und ragt über denselben nicht unbeträchtlich empor, eine Erscheinung, die, durch andere minder mächtige Quarzgänge bewirkt, sich übrigens selbst in einigen Gassen von Baturité wenig vorteilhaft bemerkbar macht. Am Wege von Baturité nach Guarimiranga überschreitet man zahllose derartige Gänge, von welchen manche durch ihr limonitisches Geader und ihren Habitus an Goldquarze erinnern. Verschwemmte Quarzblöcke sind im Bachtal und in der Ebene östlich bei Baturité sehr verbreitet und ein Teil der Stadt ist damit gepflastert.

Die Verwitterung der Gneise ist im Gebirge von Baturité oft mit einer Rotfärbung verbunden, die durch sekundäre Hämatitausscheidungen bewirkt wird, ganz ähnlich, wie es oben von Aracoyaba erwähnt wurde. Die Zersetzung greift manchmal auf 20 und mehr Meter tief in das Gestein ein und es ist erstaunlich, wie vollkommen in vielen Fällen trotz der Auflösung des Gneises in ein lockeres sandiges Agglomerat die ursprüngliche Schichtung erhalten bleibt, so daß über die Herkunft des Zersetzungsproduktes nicht der geringste Zweifel bestehen kann. Dies gilt übrigens auch in jenen Fällen, wo der zerrüttete, durch Hämatit rot gefärbte Gneis gegen Tag zu in hochhämatitischen, glimmerarmen, quarzreichen Sand übergeht, welcher, an sich betrachtet, allerdings kaum an Gneis erinnert, aber dessen Herkunft durch den Umstand bewiesen wird, daß das tiefere Zersetzungsprodukt, dessen Gneisursprung offensichtlich ist, und die obere Sandmasse in keiner Weise gegeneinander abgegrenzt werden können. Von den zahlreichen im Gneisgebiete von Acarapé bis Quixadá diesbezüglich beobachteten Belegen sei lediglich ein vorzüglicher Aufschluß in dem tiefen Bahneinschnitt nördlich von Riachão angeführt, der in Abb. 4 veranschaulicht ist.

Abb. 4.



Gneisverwitterung bei Riachão.

S—S ungeschichtete sandige Zersetzungsmasse mit Quarzblöcken in der obersten Lage.

Der im tiefsten Teile des Aufschlusses anstehende, unter 42° nach 22^h einfallende, wohlgeschichtete, sehr muscovitarmer Zweiglimmergneis ist auch nicht mehr frisch, sondern der Feldspat darin ist zum Teil kaolinisch zersetzt und der Biotit gebleicht. Gegen Tag zu löst sich der Gneis mehr und mehr auf, behält aber in einer $5-8\text{ m}$ starken Lage vorerst noch seine Schichtung vollkommen bei. Die mit Hämatitausscheidungen verbundene Rotfärbung macht sich hier schon recht bemerkbar. In der darüber folgenden,

im Mittel 8—10 m starken Zone wird die Rotfärbung intensiver und die Andeutung von Schichtung verschwindet in dem sandigen Zersetzungsprodukt schließlich vollkommen. Dieses wird stellenweise von einer dünnen humösen oder von einer an Quarzblöcken reichen sandigen Schicht bedeckt, was wohl von lokalen Zusammenschwemmungen abhängt. Wo das Zersetzungsprodukt selbst offen am Tage liegt, pflegt es bis zu einer Tiefe von ungefähr einem halben Meter ganz vorherrschend aus Quarzsand zu bestehen und daher hell gefärbt zu sein, so als ob die ohnehin spärlichen tonigen und die hämatitischen Bestandteile daraus herausgeblasen worden wären. Diese Erklärung dürfte aber nicht zutreffen, weil die darunter liegende Sandlage nicht selten durch ein tonig-hämatitisches Bindemittel mehr weniger sandsteinartig verfestigt ist, was unzweifelhaft durch Infiltration von oben herab erfolgt ist, so daß es wahrscheinlicher wird, daß die während der gewaltigen Winterregen tief in den Boden eindringenden Wassermengen die tonig-hämatitischen Zersetzungsprodukte aus der mehr aufgelockerten obersten Lage herausgewaschen, in die Tiefe befördert und dort als verfestigendes Zement abgelagert haben. Hienach ist die Verwischung der ursprünglichen Schichtung des Zersetzungsproduktes nicht nur durch Umlagerung, sondern auch ohne Ortsveränderung einfach durch Infiltration möglich.

In einem so offen liegenden Falle, wie in dem besprochenen Profil bei Riachão, ist der Zusammenhang sowohl des losen sandigen, als des sandsteinartig verfestigten Zersetzungsproduktes mit dem Gneis völlig klar. Wo aber nur die gegen Tag in losen Sand übergehende, rote Sandsteinschicht aufgeschlossen ist, dort könnte man glauben, es mit einem jungen tertiären oder quartären Sediment zu tun zu haben, und ich gestehe, daß ich in einigen Fällen bezüglichlichen Zweifel nicht losgeworden bin, zumal ich später zu beschreibende ähnliche Gesteine von Maracanahú ihrer Lagerung nach zum Tertiär stellen muß.

Nach dem Wortgebrauch, wie er z. B. von v. Hochstetter bezüglich der tief zersetzten Gneise von Rio de Janeiro¹ angewendet wurde, würden die besprochenen Gneiszersetzungsprodukte von Ceará als Laterit bezeichnet werden können.

In diesem Falle ist das einzige Unterscheidungsmerkmal zwischen dem Laterit der Tropen und etwa einem verwitterten Gneis, faulen Granit u. dgl. der gemäßigten Klimate ausschließlich der Hämatitreichthum des ersteren und man müßte den Begriff des Laterites so definieren: »Jedes von hämatitischen Ausscheidungen rot gefärbte Gesteinszersetzungsprodukt heißt Laterit, gleichgültig, ob schon der ursprüngliche Zersetzungs Vorgang mit Eisenoxyausscheidungen verbunden war oder ob diese erst nachträglich in dem eventuell umgelagerten Zersetzungsprodukt sekundär erfolgten.«²

Wenn diese Definition des Laterites zugestanden wird, dann wäre ich im Unrecht gewesen, als ich einmal bemerkte, daß es im unteren Amazonasgebiete echten Laterit nicht gebe.³ Ich dachte dabei nämlich nur an hocheisenschüssige Verwitterungsprodukte, welche nach M. Bauer's bezüglichlichen Darlegungen⁴ wesentlich Tonerdehydrat enthalten und dem Beauzit analog sind. Vielleicht wäre es in der Tat geboten, den Buchanan'schen Namen Laterit auf Zersetzungsprodukte dieser Art zu beschränken.

Im Süden erstreckt sich das große Gneisgebiet von Baturité bis nahe an Quixadá. Bis gegen Cangaty, beziehungsweise bis zur tiefen, im Sommer völlig wasserleeren Rinne des Rio Choró sind Granitdurchbrüche darin häufig, weiterhin, bis jenseits Junco fast gar nicht mehr anzutreffen. Der Gesteinscharakter ist der gleiche wie im Gebirge von Baturité: zweiglimmerige Flasergneise und biotitreiche Lagengneise sind die herrschenden Gesteine. Die Lagerung ist weniger gestört als namentlich im Bereiche von Aracoyaba und ist im allgemeinen flach wellenförmig, jedoch mit oft nach Südosten überschobenen Flügeln, so daß nordwestliches Einfallen das bei weitem vorwaltende ist. In der Gegend von Castro machen sich größere Schichtenstörungen bemerkbar, womit auch die in diesem Gebiet sehr reichlich auftretenden

¹ Geolog. Ergebnisse der Novara-Exped. II. Bd., 1866, p. 16. Vgl. auch A. Schenck: Über den Laterit und seine Entstehung, Zeitschrift der Deutsch. geolog. Gesellschaft, 42. Bd., 1890, p. 610.

² Über die Ursache der Rotfärbung von Schichtgesteinen in den Tropen vgl. N. Jahrb. f. Min. etc., 1899, II. Bd., p. 177.

³ Geologie des unteren Amazonasgebietes, Leipzig 1903, p. 84, 102.

⁴ Sitzber. d. Ges. zur Beförd. d. Naturwiss. Marburg, 1897. — N. Jahrb. f. Min. etc., 1898, II. Bd., p. 163, besonders 192 ff.

Quarzgänge im Zusammenhang zu stehen scheinen. Da gerade in dieser Gegend bis über Junco hinaus die Zersetzung des Gneises vielfach sehr vorgeschritten ist, macht sich der widerstandfähige Quarzfels um so mehr bemerkbar. Einige von den flachen, sich über den ausgeebneten Sertão erhebenden Hügeln verdanken ihre Ausformung nur dem Umstande, daß in ihnen der Gneis von zahlreichen Quarzgängen durchsetzt wird. Ihre Gipfel pflegen mit aus diesen Gängen entstammendem Quarzblockwerk bedeckt zu sein und weithin über den Sertão sind kopfs- bis metergroße Blöcke von gemeinem Quarz, Milchquarz, Rosenquarz, Bergkristall, in großer Menge verstreut. Anhäufungen von kleineren Geschieben dieser Art finden sich oft in dem hämatitischen Zersetzungsprodukt des Gneises eingeschlossen.

Die schönsten Beispiele hierfür bietet die Umgebung von Castro und die Gegend zwischen Cangaty und Junco, welche als Typus des bebuchten Sertão, d. h. der mit Sträuchern und Krüppelbäumen schütter bestockten Hochebene, gelten kann, die auch in der grenzenlosen Sommerdürre etwas weniger trostlos aussieht als der nur mit niederem Pflanzenwuchs bedeckte Gras-Sertão, welcher in der Trockenzeit zur reinen Wüste wird.

Einige Kilometer vor Quixadá wird der Gneis von Junco vom Syenit begrenzt, auf welchem Quixadá liegt; aber gleich südlich von der Stadt ist wieder Gneis entwickelt, welcher sich namentlich nach Osten und Süden ausbreitet, im Südwesten mehrmals von Granit durchbrochen wird, aber in der Umgebung von Quixeramobim allgemein herrschend ist.

Südlich bei Quixadá sind einige Aufschlüsse in der Rinne des Rio Sitiá vorhanden. Es ist dort dünnflaseriger Biotitgneis anstehend, welcher gelegentlich in Bandgneis übergeht, indem sich 2–4 mm starke, helle Quarz-Feldspatlagen von 1–3 mm starken, biotitreichen, dunklen Lagen absondern. Quarz und Feldspat sind im Gestein ungefähr gleich reichlich vorhanden; der Feldspat ist hauptsächlich weißer Orthoklas, untergeordnet wasserklarer Plagioklas mit Zwillingstreifung. Aber so frisch findet sich der zumeist feinkörnige Gneis, dessen Schichten unter steilen Winkeln nach Nordwesten (22^h) einfallen, nur ausnahmsweise an den tiefsten Stellen des Flußbettes; sonst ist er gewöhnlich ohne Verwischung seiner Schichtung mehr weniger tief zersetzt und rot gefärbt.

Weiter südlich ist Zweiglimmergneis entwickelt, welcher auch die Serra Branca, einen isolierten domförmigen Berg von etwa 250 m relativer Höhe, teilweise aufzubauen scheint. Es ist ebenfalls ein Flaser- oder Lagengneis, in welchem biotitreiche, dunkle Lagen mit hellen feldspat- und quarzreichen abwechseln. Diese letzteren sind meist ziemlich grobkörnig (0·5–2 mm Korndurchmesser) und bestehen einmal vorzugsweise aus wasserklarem oder weingelbem Quarz, ein andermal hauptsächlich aus rötlichem Orthoklas und weißem Plagioklas. Muscovit ist in kleinen Blättchen unregelmäßig durch das ganze Gestein verstreut. Im Bachbette am Fuße der Serra Branca finden sich auch knotig-flaserige, biotitreiche Gneisabarten mit akzessorischem Granat in hanfkorngroßen blutroten Körnern. Diese Gneise fallen unter 45 bis 60° nach Südosten bis Süden ein (10^h–11^h 8°), also bei ungefähr gleichem nordöstlichem Streichen in entgegengesetzter Richtung wie jene bei Quixadá. Lokale Störungen sind häufig und Quarzgänge sind ungemein verbreitet. Aus ihnen stammen die zahlreichen Blöcke von zuweilen drusigem gemeinem Quarz und Milchquarz, welche unter den Geschiebemassen der im Sommer wasserlosen Bachrinnen und in der Ebene entlang des Rio Sitiá prädominieren.

Südlich vom merkwürdigen Bergkranz, welcher die Ebene von Quixadá einschließt und von welchem weiterhin noch die Rede sein wird, breitet sich schwach bestockter flachwelliger, in der sommerlichen Trockenzeit streckenweise einer Sandwüste gleichender Sertão aus, den die Eisenbahn in schnurgerader Richtung durchzieht. Wo immer hier Aufschlüsse bestehen, findet sich bis etwas jenseits des kleinen Ortes Floriano Peixoto nur Gneis anstehend. Es ist zum allergrößten Teil muscovitreicher Zweiglimmergneis von partienweise ziemlich massigem Gefüge (Orthogneis), im großen aber doch deutlich geschichtet. Er ist meist grobflaserig, indem unregelmäßig linsenförmige körnige Quarz- und Feldspatnester von blättrigen Muscovitschlieren umhüllt werden. Der Muscovit ist der reichlichste oder doch der für das Auge auffallendste Gemengteil des Gneises, dessen helle Farbe er zusammen mit dem meist etwas kaolinisierten rötlichen Orthoklas bedingt. Quarz ist zwar in größeren bläulichen Körnern, aber relativ untergeordnet

vorhanden. Biotit durchsetzt in schwarzen, sehr frisch aussehenden sechseckigen Kristalltäfelchen von selten über 1 *mm* Durchmesser das ganze Gestein und sammelt sich hie und da in dünnen Lagen etwas mehr an.

Von Floriano Peixoto ab bis gegen Quixeramobim, namentlich in der Umgebung des armseligen Dorfes Uruqué herrscht vorzugsweise Granit. Erst bei Quixeramobim, einer größeren Stadt mit gegen 5000 Einwohnern, die als Mittelpunkt von Ceará gilt, beginnt wieder ein ausgedehntes Gneisgebiet, welches sich durch lebhaften Gesteinswechsel und gute Aufschlüsse besonders interessant gestaltet.

Die Stadt Quixeramobim liegt zum Teil auf wohlgeschichtetem Zweiglimmergneis mit oft schöner Lagen- oder Bandstruktur, zum Teil, u. zw. in der nördlichen Partie, auf flaserigem Muscovitgneis mit vorherrschendem, zuweilen rötlichem Orthoklas in meist kaum hanfkorngroßen Körnern und viel Muscovit in zarten silberweißen Schlüppchen, die sich auch auf den Flaserungs- und Schichtflächen nur selten zu zusammenhängenden Membranen vereinigen, sondern das Gestein mehr vereinzelt durchsetzen. Quarz ist in der normalen Gneismasse völlig untergeordnet, bildet aber häufig teils wasserklare, teils milchweiße größere Linsen von 2—10 *cm* Durchmesser und 3—15 *mm* Höhe, die unregelmäßig schlierenartig im Gestein verteilt sind, so daß die dazwischen befindlichen Gneispartien sehr quarzarm bleiben. Diese Partien verwittern besonders leicht zu glimmerigem sandigem Ton, wobei sich nicht selten eisenschwarze Psilomelanflecken und Adern ausscheiden. Das Verflachen des Gneises ist im Stadtbereiche von Quixeramobim gleichmäßig unter ziemlich steilen Winkeln nach Südosten (9—11^h) gerichtet, woran auch lokale Störungen nichts ändern. Der Zweiglimmergneis wird mitten in der Stadt von einem 7 *m* mächtigen Quarzgang durchsetzt, welcher eine auffallende, quer über den Platz und einige Gassen nach 10^h 8° verlaufende Bodenerhebung bildet. An einer Stelle ist dieser Quarzgang so gut entblößt, daß man deutlich sein unter 75° nach Südwesten gerichtetes Einfallen abnehmen kann.

An der nördlichen Peripherie von Quixeramobim herrscht, wie erwähnt, Muscovitgneis. In der Nähe des Bahnhofes nimmt er teilweise recht massiges Gepräge an. Er ist dann dadurch ausgezeichnet, daß der Muscovit große Schuppen (bis 8 *mm* Durchmesser), oft mit Andeutung von Kristallumrissen bildet, die sich gern um aus körnigem Orthoklas mit wenig Quarz bestehende Linsen gruppieren. Meist führt dieser Muscovitgneis akzessorisch Biotit in kleinen schwarzen Täfelchen eingestreut und durch allmähliche Zunahme desselben geht er in Zweiglimmergneis über, welcher weiter nördlich und nordöstlich, in der Richtung gegen Uruqué, ziemlich verbreitet ist und lagenweise wieder in fast reinen Biotitgneis übergeht. Der Zusammenhang aller dieser Gneisarten ist ein derart inniger, daß es unmöglich ist, sie voneinander scheiden zu wollen. Das in Quixeramobim bestehende südöstliche Einfallen der Gneisschichten hält in nördlicher Richtung nicht gar zu lange an. Es wird steiler bis kopfständig und schlägt in die Gegenstunde (21—22^h) um; aber auch dieses hält nicht an, sondern es folgt wieder südöstliches Einfallen, welcher Wechsel sich bei durchwegs sehr steiler Schichtenstellung in einer Zone von etwa 4 *km* Breite dreimal wiederholt. Diese ganze Störungszone wird von zahlreichen mit den Gneisschichten anscheinend parallelen Quarzgängen durchsetzt, wie es das Profil Abb. 5 veranschaulicht.

Im Süden, Westen und Osten wird Quixeramobim von Berggruppen umgeben, welche eher die allgemein gebräuchliche Bezeichnung Serra (Gebirge) verdienen als die glockenförmigen Einzelberge in den ausgesprochenen Sertãogebieten, wovon weiter unten noch die Rede sein wird. Die wichtigsten dieser Serras von Quixeramobim sind: westlich bzw. nordwestlich von der Stadt: Serra Preguiça; südwestlich: Serra Buqueirão; östlich Serra Caninda, und weiter entfernt im Süden: Serra Branca. Alle diese bescheidenen Gebirge von beiläufig 300—400 *m* relativer, d. h. ungefähr 600 *m* absoluter Höhe, da das Plateau von Quixeramobim kaum mehr als 200—250 *m* Seehöhe besitzen dürfte, bestehen hauptsächlich aus Gneis.

Die Serra Preguiça ist zum großen Teil bewaldet oder von Gebüsch und Gestrüpp bewachsen, von dessen grüner Hülle sich einzelne kahle Gneiswände um so bemerklicher abheben (vergl. Abb. 6). Herrschend ist sowohl in der Plateaustrecke von Quixeramobim bis zur Serra, als in dieser selbst Zweiglimmergneis von wechselnder Zusammensetzung und Struktur. Am meisten verbreitet sind dünnflaserige,

muscovitreiche Abarten, in welche zonenweise einerseits grobfaserige, mangelhaft geschichtete und zugleich gewöhnlich auch stark gestörte feldspatreiche, andererseits biotitreiche Abarten eingeschaltet sind.

Abb. 5.

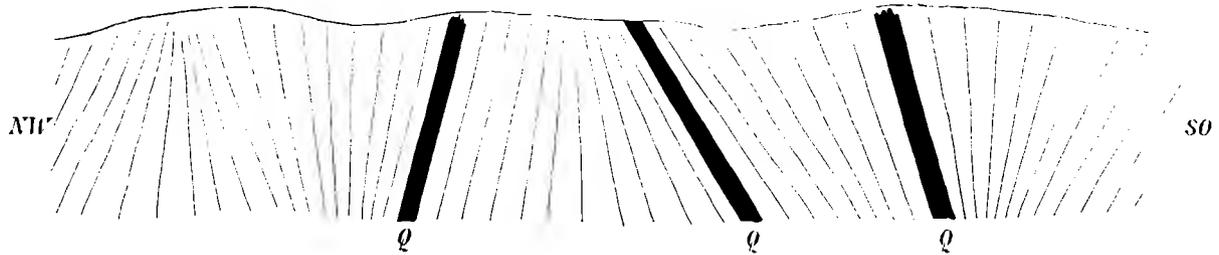
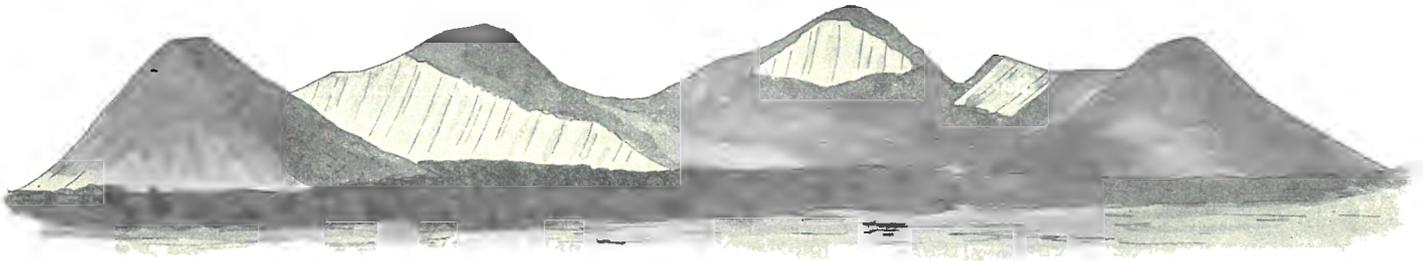
Quarzgänge *Q* im Gneis bei Quixeramobim.

Abb. 6.



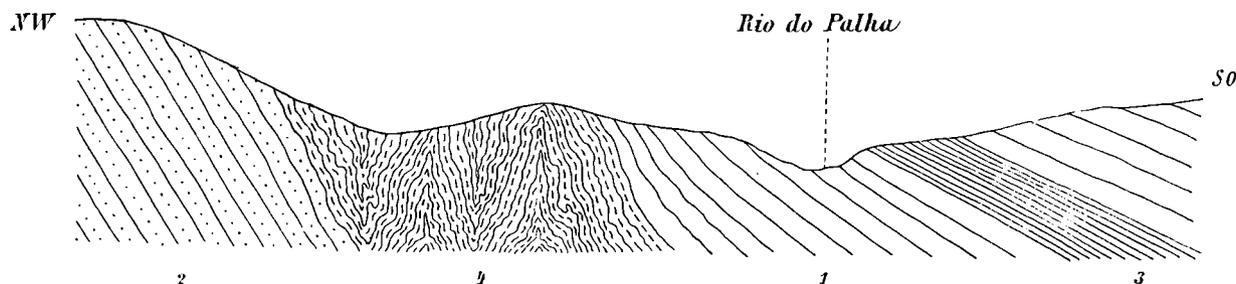
Die Serra Preguiça, gesehen vom Quixeramobimer Friedhof.

Im dünnfaserigen, zuweilen gebänderten und uneben spaltbaren Gneis ist der Feldspat — hauptsächlich weißer und rötlicher Orthoklas, stark zurücktretend Plagioklas — der vorherrschende Bestandteil. Er bildet mit untergeordnetem Quarz einige Millimeter starke, grob zuckerkörnige Lagen, die fast glimmerfrei sind und von schwächeren, sehr muscovitreichen Lagen durchschossen werden. In diesen sind die Muscovitschuppen oft zu zusammenhängenden Membranen vereinigt, häufig aber auch nur um große Feldspataugen gruppiert, in welchem Falle sie zuweilen scharfkantige sechsseitige Kristalltafeln bis zu 1 *cm* Durchmesser bilden. Der Biotit in kleinen lebhaft glänzenden schwarzen Blättchen beträgt der Menge nach nur einen Bruchteil jener des Muscovites, ist aber im ganzen Gestein mehr gleichmäßig verstreut. Gemeiner rotbrauner Granat ist ein nie fehlender akzessorischer Bestandteil, dessen gewöhnlich hanfkorngroße Körner vereinzelt Ikositetraederform (202) zeigen. Sie sind oft vom Rand aus in eine grünliche faserige, seltener in eine braune limonitische Masse zersetzt. Die Feldspataugen, um welche sich der großblättrige Muscovit mit Vorliebe anordnet, bestehen einmal aus körnigen Nestern, an welchen Quarz reichlicher als in der sonstigen Gneismasse beteiligt ist, ein andermal aus sanidinartig aussehenden, 10—15 *mm* großen einzelnen Orthoklaskristallen, welche auf den Spaltflächen des Gneises porphyrtartig hervortreten. Die Schichten streichen sehr konstant nach Nordosten und fallen zumeist nach Südosten ein.

Der grobschichtige feldspatreiche Zweiglimmergneis ist hauptsächlich im nördlichen Abschnitt und am Ostfüße der Serra Preguiça verbreitet. Auch er fügt sich zwar dem allgemein herrschenden südöstlichen Verflächen ein, jedoch ist gerade er häufiger als die anderen Gneisabarten von wilden Aufstauungen der Schichten betroffen, wobei es auffallend ist, daß diese Störungszonen besonders muscovitreich zu sein pflegen. Das Profil, Abb. 7, von Quixeramobim westwärts über den Rio do Palha geführt,

welcher, vom Norden von den Ausläufern der Serra Baturité kommend, sich unweit der Stadt mit dem Rio Quixeramobim¹ verbindet, veranschaulicht den Verband einer solchen Störungszone mit dem ruhiger gelagerten Gneisgebirge. Der gestauchte muscovitreiche Gneis mit rotem Feldspat und wenig Quarz besitzt

Abb. 7.



Profil am Ostfuße der Serra Preguiça.

1. Normaler Zweiglimmergneis. 2. Granatführender Zweiglimmergneis. 3. Dünnschichtiger Biotitgneis.
4. Muscovitreicher granitischer Gneis.

im Handstück granitisches Gepräge. Dieselbe Beschaffenheit besitzt ein feldspatreicher Zweiglimmergneis, dessen Schichtenköpfe unweit westlich von Quixeramobim in der Nähe des Friedhofes mit ziemlich steiler Schichtenstellung meterhoch über die von roten Zersetzungsprodukten des Gneises bedeckte Ebene pfahlartig emporragen.

Biotitreiche, einerseits sehr feinkörnige, dunkle, dünnstieferige, andererseits grobbankige, durch große Feldspatäugen porphyrische Abarten bilden im Zweiglimmergneis regelmäßig eingeschichtete, jedoch untergeordnete, selten mehr als 10 m mächtige Einlagerungen. (vgl. Abb. 7).

In der Umgebung der Serra Buqueirão und in dieser selbst ist die Mannigfaltigkeit der Gneisabarten eine noch größere und ihr Wechsel ein rascherer.

Die Serra besteht, abgesehen von unbedeutenden Nebenhügeln, aus zwei Hauptbergen, von welchen der südlichere, kuppenartig geformte, fast ganz mit Gebüsch bedeckt ist und nur wenig Aufschlüsse bietet, während im nördlichen, welcher ein in nordwestlicher Richtung langgestreckter Rücken ist, aus der Busch- und Waldecke steile Gneiswände aufragen, die hie und da auch zerrissene Felszinnen tragen (vgl. Abb. 8).

Die am meisten verbreitete, wiewohl auch nur in unterbrochenen Erstreckungen entwickelte Gneisabart ist an den Ausbissen hämatitisierter, zweiglimmeriger Bändergneis, wie er auch sonst in der Umgebung von Quixeramobim häufig ist. Er findet sich hauptsächlich am Fuße und im nördlichen Abschnitt des Hauptrückens der Serra, welche im übrigen vorzugsweise aus gepreßtem, stengeligem, sehr quarzreichem Muscovitgneis besteht, dessen Schichtung öfters durch eine transversale Zerklüftung vollständig verwischt wird. Quarz mit wenig Feldspat setzen die grauweiße oder rötliche zuckerkörnige Hauptmasse des Gesteines zusammen, in welcher kleine silberweiße Muscovitblättchen regellos eingestreut sind. Außerdem bilden drei- bis viermal größere, einige Millimeter lange, zumeist leistenförmig gestreckte Muscovitlappen mehr weniger zusammenhängende schuppige Lagen, die zur Längsachse der Gneisstengel

¹ Der Rio Quixeramobim, welcher im Sommer wie fast alle anderen Flüsse von Ceará häufig gänzlich austrocknet, ist ein namhafter nördlicher Zufluß des Rio Banabuihú, welcher seinerseits wieder der bedeutendste (linksseitige) Zufluß des größten Flusses von Ceará, des Jaguaribe, ist. Der Rio Quixeramobim sammelt seine Gewässer ungefähr 100 km nordwestlich von der Stadt in dem anscheinend stark gegliederten Hochplateau, auf welchem auch die Quellflüsse des nach Norden zum Ozean strömenden Rio Acaraú und des westwärts zum Parnahyba abfließenden Rio Poty entspringen.

parallel angeordnet sind, so daß die stengelige Struktur und die parallelfaserige Muscovitanreicherung offenbar auf dieselbe Ursache zurückzuführen ist. Bemerkenswert ist, daß dabei eine Streckung der Quarz- und Feldspatkörner nach der Längsrichtung der Stengel entweder nicht vorhanden oder doch nicht auffällig ist.

Abb. 8.



Die Serra Buqueirão bei Quixeramobim von Osten.

Ähnlich, wie dies von der Serra Preguiça erwähnt wurde, kommen auch im Gebiete der Serra Buqueirão hauptsächlich im Zweiglimmergneis wenig mächtige (selten mehr als 10 m) Einschaltungen von dunklen, körnigen bis fast schwarzen dichten Biotitgneisen vor, welche petrographisch sehr interessante Abarten umfassen, die zumeist granatführend sind.

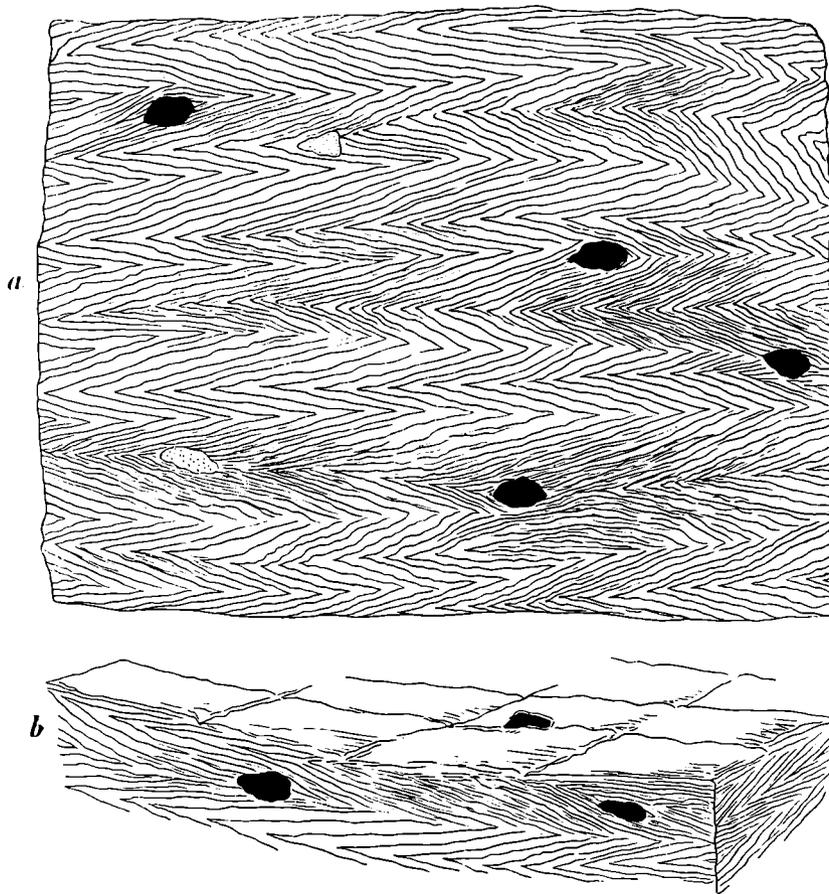
Eines der verbreitetsten Gesteine dieser Art ist ein grob zucker- bis mittelkörniger, frisch grauer, verwittert rötlicher Gneis, welcher ungefähr zu gleichen Teilen aus wasserklarem Quarz, ebensolchem oder weißem Feldspat und schwarzem Biotit besteht. Der Feldspat ist zum größten Teil Plagioklas mit deutlicher Zwillingsstreifung, der auch im zersetzten Gestein oft noch wasserklar bleibt. Muscovit scheint gänzlich zu fehlen. Aus dem gleichmäßig körnigen Gemenge dieser Hauptbestandteile treten, namentlich reichlich in Schichtenfalten, 1—3 cm lange und bis 0.5 cm dicke, striemenartige oder linsenförmige, grobkörnige Quarzaggregate hervor, die sich zuweilen so eng aneinander drängen, daß sie fast zusammenhängende Lagen bilden. Der stets vorhandene Granat von blaß rotvioletter Farbe ist anscheinend durchwegs Almandin. Er ist dem Gneis in Rhombendodekaederkristallen von Hirse- bis Erbsengröße, ausnahmsweise und vereinzelt noch größeren, mehr weniger reichlich eingestreut.

Lagenweise wird dieser Biotitgneis so sehr reich an Granat, daß dieser zum die Farbe des Gesteines bedingenden Bestandteil wird. Der Almandin, zumeist in Kristallen von Rhombendodekaeder- oder Ikositetraederform und von Hanfkorn- bis Erbsengröße, pflegt dann in der gleichmäßig feinkörnigen, gewöhnlich quarzarmen Gneismasse einsprengligartig derart reichlich eingebettet zu sein, daß sich seine einzelnen Körner fast berühren und das Gestein graurote Farbe annimmt. Zonenweise treten in diesem Granatgneis flaserige Partien auf, worin die größeren Granatkörner in der Flaserungsrichtung in die Länge gestrecktsind, und da, in eben diesen Partien Quarz in verzerzten Linsen und Nestern reichlich aufzutreten pflegt, dürften beide Erscheinungen auf derselben dynamischen Ursache beruhen.

Gewisse, offensichtlich heftigen Pressungen ausgesetzt gewesene Zonen des Granatgneises gehören zu den merkwürdigsten Gesteinen nicht nur der Serra Buqueirão, sondern überhaupt des ganzen durch-

forschten Gebietes von Ceará. In einem recht guten Aufschluß südwestlich von Quixeramobim, in dem kleinen Hügel, welcher sich dem nördlicheren Rücken der Serra östlich vorlagert, sieht man deutlich, daß dieser gepreßte Gneis zwei je höchstens 8—12 cm mächtige, mehrfach verdrückte Lagen im Zweiglimmergneis bildet, dessen Schichtenstellung zwar steil — das Einfallen ist an einer Stelle nach $10^h 4^\circ$ unter 63° , an einer anderen unter 75° nach 11^h (magn.) gerichtet — aber sonst nicht weiter gestört ist. Die starke Pressung äußert sich in einer inneren Stauchung, welche durch einen großen Druck senkrecht auf die Schicht verursacht worden sein muß. Auf jedem Querbruch sieht man zickzackartig durch die ganze Schicht hindurchgehende, scharfe Fältchen von 1—2 cm Schenkellänge mit zur Schichtung parallelen Achsenebenen. Die Fältchen sind durch die Anordnung der Gesteinsbestandteile, insbesondere des Glimmers außerordentlich deutlich ausgeprägt. Auf den Schicht- und Spaltflächen erscheinen die Faltschenkel

Abb. 9 a, b.



Innere Faltung am Granatgneis der Serra Buqueirão.

a) Stück einer Schicht des Gneises am Querbruch. b) Partie der Schichtfläche eines Handstückes.

Schwarz: = größere Granatkörner (Almandin). Punktiert: = Quarz.

schuppenartig übereinander geschoben (vgl. Abb. 9), wodurch diese Flächen wie mit beiläufig 1 cm^2 großen, etwas gewundenen Glimmerplatten schieferdachähnlich belegt erscheinen.

Dieser gefaltete Gneis ist ein granatführender Zweiglimmergneis mit vorherrschendem Muscovit, welcher gewöhnlich größere silberweiße Blätter bildet, während der Biotit in kleinen Lappen und sechseckigen Täfelchen entwickelt ist, die auffallenderweise in diesem Gesteine viel häufiger gebleicht und

talkartig zersetzt sind als in den Biotitgneisen. Beide Glimmer schmiegen sich an feinkörnige, dünne Lagen oder linsenförmige Schmitzen von Feldspat und Quarz an oder umhüllen einzelne unregelmäßig geformte, gepresste Quarzkörner, die nur ausnahmsweise Bohnengröße erreichen, sowie ebenso große, aber noch spärlichere Almandinkörner.

In der dritten Hauptserra der Gegend von Quixeramobim, der minder gegliederten, in der östlichen Partie einen schärferen Gipfel zeigenden, sonst nur flache Formen aufweisenden und zum großen Teil mit Buschwerk bedeckten Serra Caninda, sind, soviel sich bei einem flüchtigen Besuche feststellen ließ, ebenfalls Zweiglimmergneise am meisten verbreitet. In Pressungszonen gehen sie in quarzreiche Muscovitgneise über, die vielfach eine eigentümlich grobflaserige Struktur besitzen und partienweise reich an gewundenen Quarzschmitzen sind. Diese Gesteine sind durchwegs sehr feldspatarm und der gleichfalls spärliche Muscovit ist fast immer nur in kleinen Schüppchen vorhanden, die auf den Schichtflächen etwas mehr angehäuft zu sein pflegen. Am Westfuße der Serra wurde ein feinkörniger, fast nur aus Quarz mit wenig Muscovit bestehender Block gefunden, der schwarzen Turmalin in langen dünnen Nadeln enthielt. Anstehend wurde ein ähnliches Gestein nicht beobachtet.

Teilweise turmalinführend sind jedoch grobkörnige Pegmatite, welche die Gneise der Berglandschaft von Quixeramobim gelegentlich durchsetzen. Sie treten meist in der Form von wenig mächtigen, fast seiger stehenden Gängen hauptsächlich innerhalb der Störungszonen auf.

Während die Gneise der besprochenen Serras und der Erstreckung nördlich von Quixeramobim zum guten Teil Orthogneise sind, herrschen im Südosten und im Süden gleich bei der Stadt, ferner in der Serra Branca und in dem südlicheren Gelände bis zum Banabuihú-Flusse Paragneise vor. Sowohl in der Richtung gegen die kleine Ansiedlung Prudente de Moraes als in der Serra Branca sind darin Kalksteinlager eingeschaltet und zonenweise tragen die Gneise selbst das unverkennbare Gepräge metamorpher Sedimentgesteine.

So z. B. ist ungefähr 3 *km* jenseits Quixeramobim durch einen Bacheinschnitt und in der Lehne östlich darüber durch einen Steinbruch ein wohlgebanktes, quarzreiches Gestein von gneisartiger Makrostruktur aufgeschlossen, welches in Dünnschliffen ganz ausgezeichneten Pflasterbau zeigt, wie man ihn bei kontaktmetamorphen Sedimentgesteinen anzutreffen gewohnt ist. Ein Eruptivgestein ist in unmittelbarer Nähe jedoch nicht anstehend, erst einige hundert Schritt weiter südlich wird glimmerreicher Flasergneis von Pegmatitgängen durchschwärmt.

Das besagte gneisartige Schichtgestein besteht vorwiegend aus Quarz, dessen platte, $\frac{1}{2}$ —2 *cm*² große, 2—6 *mm* dicke Körner sich pflasterartig aneinander reihen. Sie schließen kleine Orthoklas-körnchen und hie und da auch Biotitlappen ein. Sonst zwängen sich die Glimmerblättchen, die etwa zu zwei Dritteln Biotit, zu einem Drittel Muscovit sind, vorzugsweise zwischen die Quarzkörner ein und schmiegen sich an deren große parallele Flächen an, ohne aber jemals zusammenhängende Membranen zu bilden. Immerhin wird dadurch und durch den Umstand, daß sich zwischen je 3—5 Quarzlagen ein fast nur aus rötlichem, feinkörnigem Orthoklas und zarten Muscovitblättchen bestehendes, einige Millimeter starkes Band einschleibt, die gneisartige Struktur des Gesteines bedingt. Durch allmähliche Übergänge ist dasselbe mit einem Biotitlagengneis verbunden, dessen überwiegende feinkörnige, biotitreiche, dunkelgraue Lagen ungefähr gleich viel Quarz und wasserklaren oder weißen Plagioklas führen, während die dazwischen eingeschalteten mittel- bis grobkörnigen, biotitarmen, lichten Lagen vorwiegend aus rotem Orthoklas bestehen.

Auch auf der Nordseite der Serra Branca treten in einem gepreßt-flaserigen, muscovit- und quarzreichen Zweiglimmergneis Einschaltungen eines gneisartigen Gesteines mit durch bis nußgroße Quarzkörner bewirkter, eigentümlicher Augenstruktur auf, die möglicherweise umgewandelte Konglomeratbänke sind. Leider war es unmöglich, eine genauere Untersuchung solcher und ähnlicher Vorkommen vorzunehmen und namentlich ihren Schichtverband näher zu studieren.

Die Lagerung ist im ganzen Gebiete im Süden von Quixeramobim im großen Ganzen übereinstimmend mit jener der nördlicheren Gneiserstreckungen. Wie dort ist das Streichen der Schichten

generell südwest- nordöstlich; das Fallen ist vorwiegend südöstlich (die zahlreichen Ablesungen bewegen sich zwischen $8^h 10^\circ$ und $10^h 5^\circ$ magn.), ausnahmsweise auch nordwestlich ($20-22^h$), dies letztere jedoch fast nur in Störungszonen bei sehr steiler Schichtenstellung ($70-90^\circ$). Solche Stauchungszonen sind es, in welchen am häufigsten Pegmatitgänge aufsetzen, was darauf schließen läßt, daß die Paragneise strichweise von Eruptivgesteinen durchsetzt werden.

Erwähnenswert ist schließlich das nicht seltene Vorkommen von blendend weißen Lagen in dem steil aufgefalteten Gneis, von welchen einige z. B. durch die Bahneinschnitte vor Prudente de Moraes bloßgelegt und für Talklager angesehen wurden. Die nähere Besichtigung der Vorkommen ergab, daß sie nicht das geringste mit Talk zu tun haben, sondern feinkörnige Gemenge der normalen Gneisbestandteile sind, von welchen jedoch Quarz und Biotit völlig zurücktreten, mehr weniger stark kaolinisierter Feldspat und Muscovit aber sehr vorherrschen und sich zu einem feinschuppigen, flüchtig betrachtet: talkähnlichen Gemenge vereinigen.

Von Wichtigkeit sind die dem Gneisgebirge eingeschalteten, zum Teil sehr namhaften **Kalksteinlager**, die wahrscheinlich in dem von mir bereisten Gebiete zahlreicher sind als in unserem Kärtchen angegeben ist. Leider war es bei der Lückenhaftigkeit der Begehungen unmöglich, diesbezüglich Vollständigkeit zu erlangen. Trotzdem konnte festgestellt werden, daß die Kalksteine mindestens zwei Horizonten angehören und daß sie kein durchgreifendes Gebirgsglied, sondern nur lentikuläre Einschaltungen von sehr verschiedener streichender Ausdehnung und Mächtigkeit bilden.

Das größte derartige Lager tritt in der Serra Cantagallo östlich von Acarapé (Redempção) auf und setzt bei nordost-südwestlichen Streichen zwischen Itapahy und Canafistula über die Eisenbahn, welche sich hier in weitausgreifenden Serpentinaen zur Höhenstaffel des Plateaus von Aracoyaba, bzw. der Vorstufe der Serra Baturité hinaufwindet. Das mächtige Kalklager ist beiderseits der Bahn in bedeutenden Steinbrüchen aufgeschlossen und unweit östlich vom Geleise steht ein großer Kalkofen. Von diesem prächtigen Aufschluß soll sich das Lager nach Südwesten noch weithin ausdehnen, wovon ich mich in dem schwer zugänglichen, verwachsenen Terrain im Westen von Itapahy aber nicht zu überzeugen vermochte. Vielmehr schien mir, daß das Lager schon $600-800\text{ m}$ westlich von der Eisenbahn auskeilt. Dagegen tritt ungefähr 3 km weiter südlich, näher bei Canafistula, ein zweites kleineres Kalklager auf.

Der Kalkstein dieser Lager ist zum großen Teil ein richtungslos struierter, grob zuckerkörniger, schneeweißer Marmor, teilweise aber auch durch kohlige Substanz und Eisenoxyde entweder in ganzen Lagen bläulichgrau und rötlich gefärbt oder nur gefleckt, welche Färbung jedoch immer eine sehr helle ist. Unter den weißen Marmoren gibt es halbdurchscheinende Abarten, die in ihrer blendenden Reinheit und in ihrem gleichmäßigen Korn mit den schönsten Statuenmarmoren von Carrara wetteifern können. Leider waren (zur Zeit meines Besuches der Brüche) eben aus diesen Lagen große Monolithe nicht zu erzielen; kleinere Blöcke von ungefähr $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}\text{ m}^3$ Inhalt werden nach Fortaleza (Ceará) verfrachtet, wo sie als Material für gewöhnliche Steinmetzarbeiten dienen oder von wo sie in beschränktem Umfang in die großen Hafenstädte von Brasilien verfrachtet werden.

Eine andere bemerkenswerte Abart des weißen Marmors, die jedoch nur geringe Verbreitung besitzt, ist von porphyrischem Aussehen, insofern als in der feinzuckerkörnigen Hauptmasse mehr weniger reichlich erbsen- bis haselnußgroße Kalzitkörner eingebettet liegen. Da namentlich die größeren davon eine gelbliche Farbe und öfters Perlmutterglanz besitzen, heben sie sich sehr deutlich von der schneeweißen Grundmasse ab und erteilen dem Gestein ein eigenartiges Gepräge. Es würde sich ohne Zweifel vorzüglich als Zierstein eignen, wird aber auch nur zu kunstlosen Steinmetzarbeiten verwendet.

Der minder reine und farbige Kalkstein wird teilweise auf Pflastersteine verarbeitet oder zur Weißkalkerzeugung benützt.

Alle diese Kalksteine sind etwas dolomitisch, der schneeweiße Marmor und der von grauen, kohligen Lagen und Adern durchzogene am wenigsten, der porphyrische Marmor am meisten.

Dieser letztere zerfällt durch Verwitterung in einen scharfen Sand, welcher aber weniger dolomitisch ist als das unzersetzte Gestein, wie die beiden folgenden Analysen beweisen.

	Frischer Marmor	Sandiges Zersetzungsprodukt
CaO	45·71 %	44·75 %
MgO	7·62	6·44
CO ₂	44·30	42·35
Al ₂ O ₃ und Fe ₂ O ₃ .	0·59	1·10
Wasser	0·36	1·18
Unlöslich	0·80	2·36
	99·38 %	98·18 %

Hieraus berechnet sich der Anteil von kohlensaurer Magnesia im frischen, porphyrischen Marmor mit rund 16 %, im sandigen Verwitterungsresiduum aber mit nur 13·52 %. Es bestätigt sich somit auch hier die von mir schon öfters beobachtete Erscheinung, daß größere Kalzitkörner mit Kristallflächen der Verwitterung besser widerstehen als winzige Dolomitmönnchen, und daß infolgedessen bei der Zersetzung von kristallinisch-körnigen Kalksteinen der Magnesiagehalt relativ rascher abnimmt als der Kalkgehalt.

Das Kalklager der Serra Cantagallo ist im Zweiglimmergneis eingeschaltet, der vorwiegend nach Südwesten einfällt, jedoch nur im Hangend sich gleichmäßig an den Kalk anzuschmiegen scheint, während er im unmittelbaren Liegend des Lagers granitisches Gepräge besitzt und keine deutliche Schichtung erkennen läßt. Die Mächtigkeit des Lagers dürfte in der Nähe der Eisenbahn 200 *m* kaum erreichen; weiter östlich in der Serra ist sie aber viel beträchtlicher.

Ähnlich beschaffene Kalklager, wiewohl von geringer Ausdehnung und Bedeutung, sind im Gneis der Serra Taitinga, einem niedrigen Hügelzug östlich von Guayuba, ferner bei Canafistula, dann bei Coité und angeblich auch bei Pacoty in der Serra Baturité, bei Floresto am Fuße der Serra do Cedro nordwestlich von Quixadá und in der Serra Branca bei Quixeramobim entwickelt. Sie gehören alle ungefähr demselben Horizont an. Nicht sicher, wiewohl wahrscheinlich, gilt dies auch von den Kalklagern (die ich nicht gesehen habe) auf der Westseite der Serra Maranguapé bei Tucunduba und bei Tabapua in der Niederung von Soure westlich von Ceará, wo nach einer Mitteilung von Dr. Thomas Pompeu de Souza Brazil in dem unter der Quartärdecke zum Meer ausstreichenden Grundgebirge (Gneis?) weißer und grauer körniger Kalkstein eingeschaltet sein soll, welcher dort vor Fertigstellung der Baturité-Eisenbahn in seichten Gruben gewonnen worden sei.

Einem entschieden jüngeren Horizont, ziemlich beträchtlich im Hangenden des Lagers von weißem, marmorartigen Kalk in der Serra Branca, gehört ein Zug kleiner Kalklager im Süden von Quixeramobim an.

Diese Kalke sind schon äußerlich von den älteren verschieden, feinkörnig bis dicht, reich an kohligen Beimengungen, daher von dunkelgrauer bis blauschwarzer Farbe, einesteils dünnschichtig, andernteils grobbankig, und im letzteren Falle oft als Knollenkalk entwickelt, dessen einzelne Knollen oder Nieren bis 20 *cm* im Durchmesser erreichen. In der feinkörnigen, zuweilen parallel mit der Schichtung zart gebänderten Masse des Kalksteines sind lagenweise 2—4 *mm* große Kalzitkörner eingestreut, um welche im Dünnschliff die kohlige Substanz besonders reichlich angehäuft erscheint. Diese porphyrisch aussehenden Lagen enthalten oft auch Quarz- und Feldspatkörnchen, hauptsächlich aber Chlorit und Muscovit eingesprengt, welcher letztere auf Schicht- und Druckflächen nicht selten zu schuppigen Aggregaten angehäuft ist, ohne daß sich aber eigentlicher Cipollin ausbildet.

Die ganze Beschaffenheit dieser Kalke zeigt, daß sie in mehr weniger hohem Grade metamorph sind, und es ist gar nicht ausgeschlossen, daß sie paläozoischen Alters sein könnten. Natürlich würde dies dann auch von den Gneisen gelten, welchen sie völlig konkordant eingeschichtet sind und mit welchen sie wechsellagern. Diese Gneise sind zumeist sehr dünnschichtige, rot verwitternde Zwei-

glimmergneise, welche generell nach Südwesten verflächen, aber in der Nähe der Kalkeinlagerungen öfters gestört sind.

Diese bilden zwischen Quixeramobim und der kleinen Niederlassung Antonio Olyntho einige schmale Züge, die konform mit dem von mehreren Pegmatitgängen durchbrochenen Gneis zumeist steil nach 9—10ⁿ, teilweise aber auch sehr steil (70—80°) nach 12ⁿ einfallen und möglicherweise nur durch Störungen voneinander gerissene Teile eines und desselben derartigen Lagerzuges sind. In einem Eisenbahneinschnitt zwischen Quixeramobim und Prudente de Moraes sind drei, durch 15—20 *m* mächtige Gneiszwischenlagen voneinander getrennte Kalkbänke von 3, 1¹/₂ und 2 *m* Mächtigkeit gut aufgeschlossen. Das mächtigste Liegendlager ist knollig entwickelt, die beiden anderen sind ebenflächig, dunkel- und lichtgrau gebändert und von einigen fingerdicken, muscovitreichen Gneisschmitzen durchschossen. Gegen Nordosten ist das streichende Anhalten der Kalkbänke nur eine kurze Strecke weit zu verfolgen, gegen Südwesten scheint es hingegen beträchtlich zu sein.

Ein ähnlicher, jedoch nur aus zwei ungefähr 10 *m* mächtigen Lagerlinsen bestehender Kalkzug ist beiläufig 2 *km* weiter in der Richtung gegen Prudente de Moraes entwickelt. In seinem unmittelbaren Liegend setzt ein Pegmatitgang auf und die Schichtenstellung der benachbarten Gneise ist fast kopfständig. Bei der Fazenda Bel Monte wird der Kalkstein in einem Steinbruch gewonnen und daraus Weißkalk erzeugt.

Zwischen Prudente de Moraes und Antonio Olyntho treten unter analogen Verhältnissen noch einige weitere geringmächtige Kalkeinschaltungen auf, die jedoch nicht näher untersucht werden konnten.

Im Gneis der Serra Cangaty soll ein **Eisenerzlager** eingeschaltet sein, welches ich leider zu besichtigen nicht in die Lage kam, weshalb ich davon auch nur nebenbei Erwähnung tun kann. Es soll Magnetit teils in sehr reinen, ziemlich grobkörnigen, teils in von tauben Bändern (Gneis?) durchwachsenen feinkörnigen Partien führen, aber keine zum Abbau anregende Mächtigkeit besitzen.¹

Eine sehr große Verbreitung — nebst dem Gneis die größte — besitzt in dem bereisten Teile von Ceará **Granit**. Im Norden des Gebietes, westlich und südlich von der Staatshauptstadt Fortaleza, bildet er einen ausgedehnten Gebirgszug und auch in dem südlicheren Landesabschnitt tritt er in zahlreichen isolierten Massen auf, ganz abgesehen von jenen Partien des Gneisgebirges, welche, obwohl granitischen Ursprunges, von den echten Gneisen nicht getrennt werden konnten. Übrigens sei sogleich betont, daß auch von den massigen Granitstöcken im Bereiche des Gneisgebirges nur die wichtigsten auf unserem Kärtchen ausgeschieden werden konnten, während fast alle geringeren Durchbrüche und insbesondere die zahlreichen Pegmatitgänge des kleinen Kartenmaßstabes wegen unberücksichtigt bleiben mußten. Es sind somit Granite in dem bereisten Gebiete von Ceará noch bedeutend mehr verbreitet als in unserem Kärtchen ersichtlich gemacht zu werden vermochte.

Das große nördliche Granitgebirge wird von der Serra Maranguapé beherrscht, welche mit 900 *m* Seehöhe als das höchste Gebirge von ganz Ceará gilt.² Es ist in der Tat ein imposanter Bergzug, welcher mit der sich im Südosten anschließenden Serra Aratanha gleich einem durch mehrere Scharten gegliederten Bergwall aus der Strandebene unvermittelt aufragend, von den sich Ceará nähernden Schiffen schon von weiter Ferne gesehen wird.

¹ Dias Sobreira's topographische Karte von Ceará verzeichnet zwar in der Serra Cangaty ein Eisenerzvorkommen; da jedoch mehrere andere derartige Angaben der Karte, wie ich mich zu meinem Bedauern überzeugen mußte, offenbar nur auf Hörensagen beruhen und vielfach gar keine tatsächliche Unterlage haben, legte ich auch auf diese Einzeichnung kein Gewicht und ging daher der Sache nicht weiter nach. Übrigens halte ich die Existenz eines namhaften Eisenerzlagers in der Serra Cangaty für durchaus bestätigungsbedürftig.

² Ältere Karten geben die Höhe sogar mit 3100 Fuß, also mit ungefähr 1000 *m* an, während die Serra Baturité nur 852 *m* und das westliche Grenzgebirge, Serra da Ibiapaba, 700—800 *m* hoch sind.

Die einzelnen Abschnitte des Gebirges haben besondere Namen.

Die hohe eigentliche Serra Maranguapé, welche sich westlich von der Stadt gleichen Namens erhebt, bildet den Hauptstock des Gebirges, um welchen sich im Norden, Westen und Süden niedrigere Berge gruppieren. In nördlicher Richtung schließt sich zunächst die Serra do João an und noch weiter nördlich ein bis fast an die Küste heranreichender (380 *m* hoher) Hügelzug, die Serra Cauhypé oder Camará welcher die Tiefebene von Soure mit den Strandseen: Lago Capuan und Lago da Barra Nova von jener an der Mündung des Cauhypébaches, der sich ebenfalls zu einem Strandsee, dem Lago Iguassú, erweitert, trennt. Diese sowohl als alle anderen Strandseen der Cearensen Küste führen brackisches Wasser. Gegen Westen schließt sich an die Serra Maranguapé die niedrige (200—300 *m* hohe) Serra Sta. Lucia an, welche von der oben erwähnten, sich geologisch an die Serra Baturité angliedernden Serra do Boticario durch die breite Furche des Rio de Sta. Lucia (eines rechtsseitigen Nebenflusses des seine Wässer in der Serra do Machado sammelnden Rio São Conçalo) geschieden wird. Im Südosten vermitteln einige isolierte Granitkuppen einen gewissen Zusammenhang mit der 780 *m*, nach anderer Messung 805 *m* hohen Serra Aratanha, die aber im übrigen eine selbständige orographische Einheit bildet.

Alle diese Serras sind teils mit Busch und Wald, teils mit Pflanzungen bedeckt und gehören zu den fruchtbarsten Gebieten von Ceará. Die Serras Maranguapé und Aratanha sind quellenreich und eine Anzahl kräftiger Bäche durchfurcht ihre Gehänge, wobei manche Kaskaden und Wasserfälle bilden, von welchen zwei, genannt Pirapára und Sumida, südwestlich von der Stadt Maranguapé, eine gewisse landschaftliche Berühmtheit erlangt haben und oft besucht werden. Das Klima ist besonders in den höheren Teilen des Gebirges sehr gemäßigt und gesund. Große Fruchtgärten¹ und ausgedehnte Kaffee- und Zuckerrohrplantagen sowie Baumwollpflanzungen ziehen sich in den beiden Hauptserras bis hoch hinauf.

In dem ganzen Gebirgszug ist Granit das herrschende Gestein. Es ist zumeist ein ziemlich grobkörniger, oft porphyrtiger Biotitgranit (Granitit) mit vorherrschenden Feldspaten, u. zw. vorzugsweise Oligoklas mit gewöhnlich schon für das bloße Auge deutlicher Zwillingsstreifung. Der überwiegend rauchgraue Quarz ist xenomorph; einzeln und anscheinend nur zonenweise eingestreute automorphe Quarzkörner pflegen wasserklar zu sein. Der dunkel tombakbraune oder schwarze Biotit (teilweise vielleicht Lepidomelan?) ist zum Teil in hexagonalen Täfelchen, meist aber in unregelmäßigen Blättchen vorhanden und hie und da striemenartig angehäuft.

Diese Granitabart ist insbesondere in der Serra Maranguapé weit verbreitet und wird in einigen Steinbrüchen in der Nähe der Stadt zur Erzeugung von Werk- und Pflastersteinen gewonnen. Auch in der Serra Aratanha nimmt dieser porphyrtige Biotitgranit westlich von dem prachtvoll am Fuße der Gebirgslehne gelegenen, von Plantagen und Palmenhainen umgebenen Städtchen Pacatuba große Flächen ein. Hier wie dort geht er durch Aufnahme von Muscovit in Zweiglimmergranit über, welcher gewöhnlich feinkörniger und nicht porphyrtig zu sein pflegt. Weit verbreitet sind mittelkörnige Zweiglimmergranite, die sehr reich an weißem Feldspat, vorherrschend Plagioklas, und daher von heller, verwittert oft grellweißer Farbe sind. Reine Muscovitgranite fand ich ebensowenig wie Hornblendegranite. Sehr häufig dagegen sind im Granitgebirge Pegmatite, vorzugsweise in Stockform, seltener in Gängen, die, wo sie auftreten, wenig mächtig, aber ungemein zahlreich zu sein pflegen.

Massige Gesteinsbeschaffenheit, oft gepaart mit einer groben Bankung, ist zwar im ganzen Granitgebirge bei weitem vorherrschend, aber flaserige, selbst schieferige Struktur wird doch auch nicht gerade selten angetroffen. Sehr ausgesprochen ist sie in der Serra do João, dann auf der Westseite des Hauptkammes der Serra Maranguapé und in der Senke zwischen dieser Serra und der Serra Aratanha. Soweit die gerade hier recht mangelhaften Aufschlüsse erkennen lassen, handelt es sich um mehrere wenig mächtige nordost-südwestlich streichende Druckzonen, die sich der allgemeinen Tektonik des ganzen Gebietes

¹ In der Markthalle zu Maranguapé sind zu Zeiten die gewaltigen Vorräte von großen grünen Orangen und herrlichen Ananasfrüchten, die wie auf unseren Märkten die Krautköpfe aufgehäuft liegen, wohl geeignet, Erstaunen zu erwecken.

einfügen und, wenn die oben besprochenen Orthogneise hätten besonders ausgeschieden werden können, eigentlich hätten mit diesen vereinigt werden müssen.

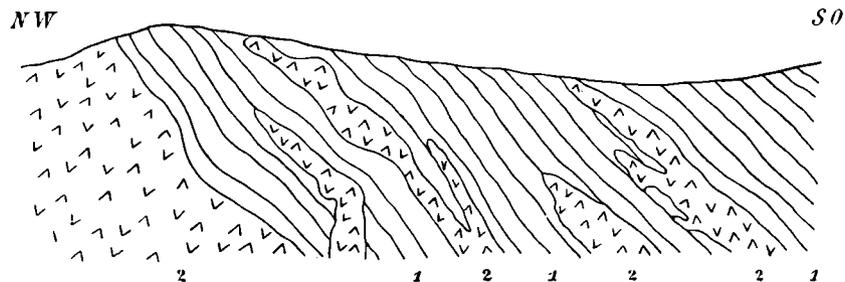
In allen Einzelserras des Granitgebirges ist der Ostabfall steiler als die Westabdachung, wo es auch an so jähem Abstürzen und prallen Felsformen mangelt, wie dergleichen die oft bizarren Konturen des Ostabfalles der Serras bedingen. Der Grund liegt anscheinend in der ungleichartigen Verwitterung, welche auf der dem Ozean zugewendeten und von der Seebrise bestrichenen Seite des Gebirges intensiver, aber auch unregelmäßiger zu sein scheint, als auf den vom Meere abgewendeten Berggehängen, wo die Gesteinszersetzung mehr gleichmäßig ausebnend wirkt, während auf der Ostseite die widerstandsfähigen Gesteinspartien aus den, einer tiefen Zersetzung verfallenden, klippenartig herausmodelliert werden. Auf die gleiche Weise ist auch die Entstehung der zuweilen hausgroßen Blöcke zu erklären, welche, von den Bergzinnen abgestürzt, den Fuß der Serras begleiten und stellenweise, wie z. B. südwestlich von Maranguapé oder westlich von Guayuba, massenhaft auftreten. Handelt es sich bei diesem Granitblockwerk um Gehängeschutt und in der entfernteren ausgeebneten Niederung teilweise gewiß um verschwemmten Schotter, so dürften die einzelnen verstreuten Blöcke dort, wo Granit die sichere Unterlage der Ebene bildet, wie entlang der Serra Aratanha um und südlich von Pacatuba bis ziemlich beträchtlich ostwärts von der Eisenbahn, mindestens zum Teil doch auch eluvialen Ursprunges, d. h. aus dem unterlagernden Granit herausgewitterte, widerstandsfähige Kerne sein.

Zwischen Monguba und Pacatuba, ungefähr 30 km von Ceará entfernt, erhebt sich der Granit entlang der Eisenbahn zum erstenmal in flachen Hügeln über die Ebene und hält von da ab mit wenigen, durch die oben erwähnten Gneiszüge bewirkten Unterbrechungen bis jenseits Acarapé (Redempçãõ) an. Bei Guayuba bildet er einige höhere, teils kahle, teils schwach bestockte Kuppen, bei Acarapé ansehnliche Berggruppen von im ganzen mit europäischen Granitgebirgen übereinstimmenden Formen, nur daß häufiger Steilabstürze vorkommen, die sich aber nicht bestimmten tektonischen Linien einfügen, sondern, wie auch die vertikale Furchung erkennen läßt, hauptsächlich auf Erosionswirkungen zurückzuführen sind.

In dieser ganzen Erstreckung wird der Granit von hunderten von wenig mächtigen Pegmatit- und Quarzgängen durchschwärmt, die vorzugsweise nordost-südwestlich streichen und sehr steil bald nach Westen, bald nach Osten einfallen.

Zwischen Bahú und Acarapé ist in den Eisenbahneinschnitten der Kontakt zwischen Granit und Gneis wiederholt prächtig aufgeschlossen. Beiläufig in der halben Strecke zwischen Bahú und Agua verde zeigt eine solche Entblößung sehr deutlich, wie der Granit den Gneis durchbrochen hat und in mehreren Gängen und Apophysen in ihn eingedrungen ist (Abb. 10). In diesem ungefähr 20 m langen Aufschluß

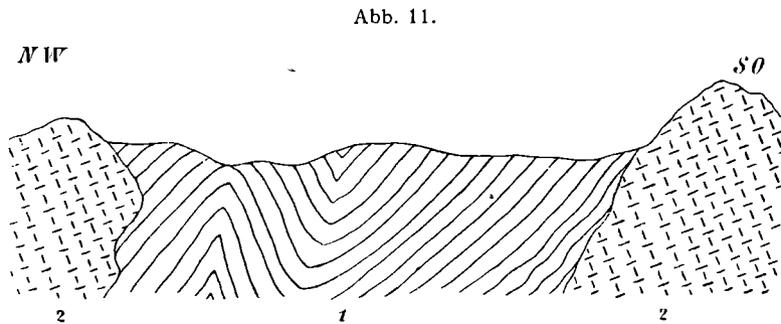
Abb. 10.



Granitapophysen und Gänge (2) im Gneis (1) bei Bahú.

verflächt der Gneis nach Südosten, bald darauf aber nach Nordwesten, welcher Wechsel des Einfallens sich weiterhin noch einigemal wiederholt. Dasselbe ist der Fall in mehreren Aufschlüssen zwischen Agua verde und Acarapé, wo die einzelnen Gneisschollen zwischen den umfangreicheren Granitstöcken oft stark

zusammengestaucht sind, wie besonders schön in den zahlreichen Einschnitten der Eisenbahn zwischen dem 62. und 65. Kilometer zu sehen ist (vgl. Abb. 11). Der Gneis ist zumeist biotitreich und in den noch ziemlich frischen Aufschlüssen dunkelgrau, wodurch er sich von dem feldspatreichen, weißen oder rötlichen Granit äußerst deutlich abhebt, so daß die Gneiseinschlüsse im Granit schon von der Ferne verfolgt werden können. Jenseits Acarapé gewinnt der Gneis mehr und mehr an Terrain und es tritt dann dem auf untergeordnete Stöcke und Gänge beschränkten Granit gegenüber das umgekehrte Verhältnis ein, wie oben schon bemerkt wurde. Nur bei Castro, namentlich im Süden des armseligen Ortes, ist Granit wieder mehr verbreitet und bildet einige ansehnlichere Hügel.



Gneiseinfaltung (1) zwischen Granitstöcken (2) zwischen Agua verde und Acarapé.

Ähnlich verhält es sich im Gebiete zwischen Quixadá und Quixeramobim, wo der Granit zwar ebenfalls nur inselweise im Gneis auftritt, jedoch sind diese Inseln zum Teil recht ausgedehnt und bilden ganze kleine Gebirge, wie z. B. die Serra dos Macacos bei Floriano Peixoto. Diese Serra ist nur auf der Nordseite schütter bestockt, erscheint aber zur Trockenzeit als fast nackter Felsen. Auch der ganze Sertão ringsum ist während der Sommerdürre von trostlos wüstenartigem Aussehen. Die Flüsse sind vollkommen ausgetrocknet, die Ebene versandet, die Granithügel kahl, die Grasflächen ausgebrannt und verdorrt, das schütterere Gebüsch bis auf wenige Ausnahmen blattlos, fast das ganze Pflanzenleben erloschen, nur die verstreut auftretenden Kakteen, hie und da von der Größe kleiner, dickstämmiger und plumpverzweigter Bäume, bleiben in Saft und Blüte.

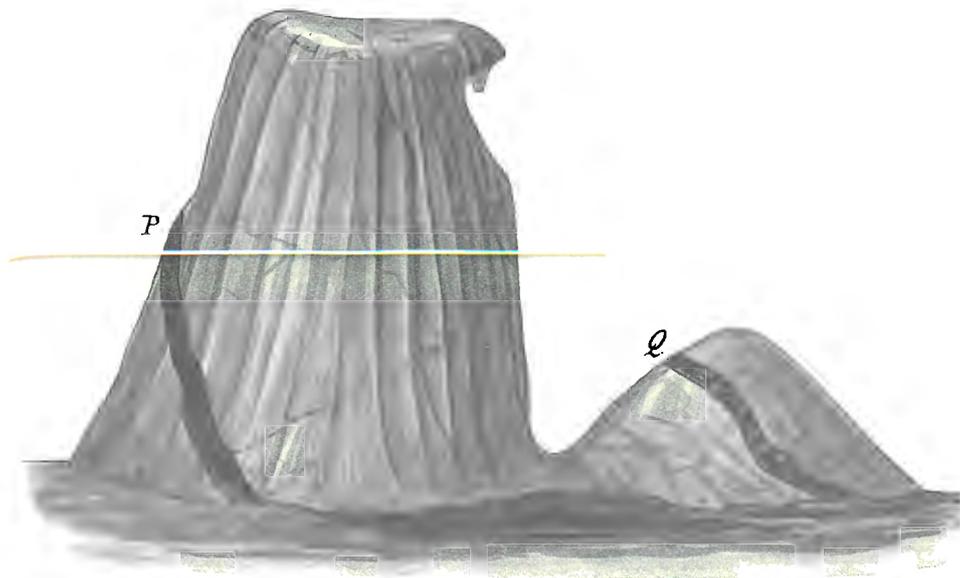
Im Gebiete von Floriano Peixoto ist mittelkörniger Biotitgranit das herrschende Gestein. Feldspat, u. zw. annähernd gleich viel rötlicher oder gelber Orthoklas wie weißer oder grauer durchscheinender, unter der Lupe deutliche Zwillingsstreifung zeigender Plagioklas, ist der vorwiegende, die Farbe des Gesteines bestimmende Bestandteil. Quarz ist ebenfalls reichlich vorhanden, jedoch stets nur in kleineren Körnern als der Feldspat. Der schwarze Glimmer ist in Schüppchen und bis 1 mm großen sechseitigen Täfelchen im normalen Gestein gleichmäßig verteilt. Dadurch, daß in diesem mittelkörnigen Gemenge 1—4 cm lange, dicktafelige Karlsbader Orthoklaszwillinge schütter eingestreut liegen, wird der Biotitgranit porphyrtartig; durch eine unregelmäßige Ausbildung von einerseits sehr feldspat-, besonders plagioklasreichen und andererseits sehr biotitreichen Schlieren wird er gneisartig, aber weder die eine noch die andere Abart erlangt anhaltendere Verbreitung. Bemerkenswert ist, daß namentlich in den quarzreichen Partien des normalen Granites winzige, honiggelbe Körnchen vorkommen, die ich (makroskopisch) als Titanit deutete, die teilweise aber vielleicht Xenotim und Monazit sein könnten.¹

Reichlicher fanden sich derartige gelbe Körnchen in einem pegmatitischen Ganggestein, welches in einem merkwürdig geformten Granitkegel unweit südwestlich vom Bahnhof von Floriano Peixoto aufsetzt (Abb. 12). Der Gang ist nicht ganz 1 m mächtig und fällt unter beiläufig 50° nach Nordwesten ein. Die

¹ Orville A. Derby (On the occurrence of Xenotime as an accessory element in rocks, Amer. Journ. of Science, XLI, 1891, p. 308) erwähnt das Vorkommen von Xenotim in kristallinen Gesteinen aus Südeceará.

Hauptfüllung ist sehr grobkörnig, bestehend aus hell- bis dunkelfleischrotem Orthoklas und bläulichem Quarz in mehr als faustgroßen Individuen, untergeordnetem Muscovit in schuppigen Aggregaten, etwas Biotit in einzelnen großen Blättern und Fetzen, sowie wenig grauem Plagioklas. In dieser Hauptmasse des Pegmatits, welche nur äußerst selten schriftgranitische Verwachsung von Quarz und Feldspat zeigt, treten mittelkörnige bis fein zuckerkörnige Butzen und Schlieren auf, die wesentlich aus denselben Bestandteilen wie die Hauptmasse, jedoch in anderem Mengenverhältnis bestehen, da zumeist der Quarz, manchmal auch der Plagioklas, bedeutend überwiegt und Orthoklas in beiden Fällen fast völlig verdrängt wird. Dafür stellt sich als ständiger Übergemengteil hellroter Granat in einzelnen Kristallkörnern von Mohn- bis Kleinerbsengröße ein (einfache Formen sind darunter bei weitem seltener als die Kombination $2O_2 \cdot \infty O$), und in kleinen Nestern tritt Magnetit auf, welcher die feinkörnigen Pegmatitschlieren auch in mehreren bis auf 2 cm anschwellenden Adern durchzieht. Er ist auffallend stark magnetisch feinkörnig, hie und da schuppig, in kleinen Drusenräumen auch in hirsekorngroßen Kriställchen, meist von Oktaederform, entwickelt. Die vom Magnetit durchzogenen Partien des Pegmatits sind es, worin am reichlichsten die honiggelben fraglichen Monazitkörnchen vorkommen, die meist so winzig sind, daß sie mit unbewaffnetem Auge nur eben noch wahrgenommen werden können.

Abb. 12.



Granit-Erosionskegel mit Regenfurchen bei Floriano Peixoto.

P = Pegmatitgang. Q = Quarzgang.

Die seltsame, abgestumpft kegelförmige Gestalt des besagten Granitfelsens von Floriano Peixoto ist ein Erosionsgebilde, wie ähnliche im regenarmen Innern von Ceará häufig angetroffen werden, worauf, ebenso wie auf die bemerkenswerte vertikale Furchung des Felsens, weiter unten noch zurückzukommen sein wird.

Auch südlich und südwestlich von Floriano Peixoto bis nahe an Quixeramobim ist Granit in Stöcken und Gängen weit verbreitet und herrscht vielfach über den Gneis um so mehr vor, als ein großer Teil der gneisartigen Gesteine dieses Gebietes ebenfalls nichts anderes ist als flaseriger Granit.

In der Umgebung des elenden Dorfes Uruqué bildet der Granit Kuppen, von welchen einige von der Eisenbahn durchschnitten werden, wodurch frische Aufschlüsse geschaffen wurden. Überall ist das Gestein sehr gleichmäßig mittel- bis feinkörnig, nur ausnahmsweise porphyrtig, wegen des vorwiegenden bläulichen Feldspates und mehr weniger reichlichen Biotites von grauer bis blaugrauer Farbe. Der Feldspat ist zum größten Teil Plagioklas mit sehr deutlicher Zwillingsstreifung. Der Quarz bildet ungefähr ein Drittel der Gesteinsmasse. Titanit in hirsekorngroßen Kriställchen von rötlichbrauner Farbe ist ein

fast nie fehlender Übergemengteil. Da das schöne, zähe Gestein wenig zerklüftet und in großen Monolithen gewinnbar ist, würde es sich vorzüglich zu monumentalen Bauzwecken eignen, für welche Verwendung es allerdings in Ceará wohl auf noch ziemlich lange hinaus an einer Möglichkeit fehlen dürfte.

Bei Quixeramobim reicht der Granit von Norden und Osten her bis ganz nahe an die Stadt. Er ist hier überall, bald mehr, bald weniger, flaserig entwickelt und würde die Bezeichnung als Gneisgranit rechtfertigen. Zum Teil ist es Zweiglimmergranit, worin jedoch der Muscovit stets eine untergeordnete Rolle spielt, zumeist führt er anscheinend nur dunklen Glimmer. Beiläufig 1 km nördlich von der Stadt war zu Bahnbauzwecken ein Steinbruch eröffnet auf einem druckflaserigen, porphyrischen Biotitgranit, dessen noch eigens gedacht sei, weil das schon in geringer Tiefe oder selbst an der Tagesoberfläche erstaunlich frische Gestein eine genauere Untersuchung ermöglichte.

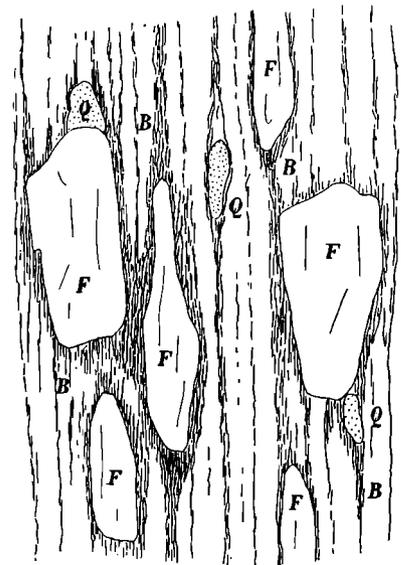
Die Hauptmasse dieses flaserigen Granites wird von meist unter 1 cm starken, gleichmäßig feinkörnigen Quarz-Feldspatlagen gebildet, die durch Biotitanreicherungen voneinander geschieden werden. Der Feldspat, zum großen Teil weißer, durchscheinender Plagioklas, bildet ungefähr zwei Drittel der Masse, ein Drittel entfällt auf den wasserklaren Quarz und auf den nur in einzelnen winzigen Blättchen eingestreuten Biotit, welcher in den die Feldspat-Quarzlagen sondernden Anhäufungen gewöhnlich in größeren Lappen und sechsseitigen Täfelchen von zirka 2 mm Durchmesser entwickelt ist, die sich aber nie zu völlig zusammenhängenden Membranen verbinden. Muscovit fehlt vollständig. In dieser, durch die Parallelstellung und schichtige Anhäufung der Biotitblättchen flaserig bis dünn-schichtig erscheinenden Hauptmasse nun sind in die Länge gezerzte, 2—4 cm große Augen von fleischrotem Orthoklas porphyrisch ausgeschieden, die, zuweilen zerpreßt und in Linsen gestreckt und ringsum von Biotitanreicherungen umschmiegelt, sich gewissermaßen zwischen die feinkörnigen Lagen einpressen, wie es die Skizze, Abb. 13, andeutet. An dem porphyrischen Habitus beteiligen sich gelegentlich auch einzelne größere Quarzkörner. Makroskopisch auffällige akzessorische Minerale wurden nicht wahrgenommen.

Es mag aufgefallen sein, daß auch bei den anderen beschriebenen Graniten von Ceará nur sehr wenige derartige mineralische Nebengemengteile angeführt wurden. Der Grund liegt wohl kaum im wirklichen Fehlen derselben, sondern vielmehr in dem Umstand, daß nur wenige für die Wahrnehmung solcher Vorkommen geeignete Aufschlüsse bestehen und auch von diesen wieder nur einige genauer besichtigt werden konnten.

Bezüglich der Zersetzung der Granite besteht völlige Analogie mit dem oben beim Gneis besprochenen Verhalten. Nur macht sich noch ausgeprägter als bei diesem die Erscheinung geltend, daß in Kuppen und steilwandigen Bergformen das Gestein auffallend frisch und fest, in nächster Nähe am Fuße der Berge aber häufig tief zersetzt zu sein pflegt, wobei die petrographische Beschaffenheit durchaus identisch sein kann. Der Grund liegt ohne Zweifel in den meteorologischen Verhältnissen des Landes, die in gleicher Weise wohl überall in den Tropen mit ausgesprochener Regen- und Trockenzeit wirken. Die durchschnittliche Regenmenge der drei Regenmonate März, April und Mai beträgt in Ceará beiläufig zwei Drittel bis drei Viertel der ganzjährigen Regenmenge, d. h. während der kurzen Regenzeit fällt ungefähr drei- bis viermal mehr Regen als während des ganzen übrigen Jahres. Am Sertão von Mittelceará wird dieses Durchschnittsverhältnis noch überboten, indem vom August bis zum Jänner nahezu völlige Regenlosigkeit herrscht und fast die ganze beträchtliche Jahresregenmenge (130—150 cm) in der kurzen Regenzeit fällt.

Von der Gewalt und Ausgiebigkeit solcher Tropenregen kann sich der Mitteleuropäer schwer eine Vorstellung machen. Es gießt in der buchstäblichen Bedeutung des Wortes. Die niedersausenden

Abb. 13.



Flaserstruktur am porphyrischen Granit bei Quixeramobim.

F = Orthoklas. Q = Quarz. B = Biotit.

Wassermengen spülen die Bergkuppen blank, und wo sie sich in Strähnen sammeln und in Kaskaden und Fällen gehängeabwärts springen, verrichten sie jene gewaltige Erosionsarbeit, die sich in den merkwürdigen Felsformen, in der vertikalen Ausfurchung (Schrattung) der Steilgehänge und allen sonstigen Erosionsgebilden offenbart. In der Ebene sammeln sich die Wässer und überschwemmen sie weithin. Sie lagern dabei die von den Bergen abgeschwemmten Sedimente ab und durchtränken das anstehende Gebirge bis in bedeutende Tiefen. Der Durchtränkung folgt starke Verdunstung, abermalige Durchtränkung, wieder rapide Verdunstung u. s. w., wodurch alle Lassen und Spältchen auseinandergetrieben werden und das Gestein eine Auflockerung erfährt, ohne daß es seine ursprüngliche Struktur einbüßt und außer der Durchdringung mit Eisenhydroxyd bemerkenswerte Änderungen der mineralischen Zusammensetzung erleidet. So entstehen dort, wo eine länger andauernde Wasserdurchtränkung stattfinden kann, also vorzugsweise in der Niederung, jene sandig mürben, eisenschüssigen Zersetzungsprodukte, von welchen schon oben vom Gneis bemerkt wurde, daß sie mit Unrecht als Laterit bezeichnet werden, falls man unter Laterit ein toniges Verwitterungsprodukt versteht. Beim Granit von Ceará handelt es sich ebenso wie beim Gneis wesentlich um mit Eisenoxyd durchtränkten und dadurch rot gefärbten, aufgelockerten faulen Granit oder um tonarmen, eluvialen Granitgrus.

Alles was in den letzten Zeilen vom Granit dargelegt wurde, gilt ganz ebenso oder in noch höherem Maße vom **Syenit**, welcher in dem bereisten Abschnitt von Ceará in der Gegend von Quixadá große Verbreitung besitzt und zu den interessantesten Gesteinen des Landes gehört.

Die Ebene, auf welcher Quixadá liegt, besteht ebenso aus diesem, hier zumeist von Alluvien bedeckten Syenit wie die isolierten, unvermittelt aus der Ebene aufragenden, glockenförmigen Kuppen, welche rund um die Stadt einen merkwürdigen Bergkranz bilden. Der Anblick dieser Bergkuppen ist so eigenartig, daß man es immerhin begreiflich finden kann, daß sie für Einzelvulkane gehalten werden konnten. In Wirklichkeit sind es Erosionsrelikte, gewissermaßen stehen gebliebene Marksäulen zur Veranschaulichung der Größe der geleisteten Abtragungsarbeit — aufgesparte Aufragungen des dazwischen ausgeebneten und teilweise mit Alluvien vertragenen Syenituntergrundes.

Die Form dieser etwa 100—200 *m* hohen Einzelberge ist ungemein charakteristisch, bei allen ziemlich übereinstimmend glocken- oder schoberartig, mit sehr steilen, manchmal abterrasierten Gehängen. Sehr bemerkenswert ist eine fast immer vorhandene, jedoch nur einseitig (im Wind- und Regenschatten?) entwickelte, niedrige flache Vorstufe, welche wie ein Strom aussieht, der sich vom Berge nach einer Seite hin ergossen hat. Die Gipfel sind selten regelmäßig gewölbt, sondern meist mehrfach eingeschartet, oft zerwühlt und in bizarr gestaltete Felsformen aufgelöst.

Abb. 14.



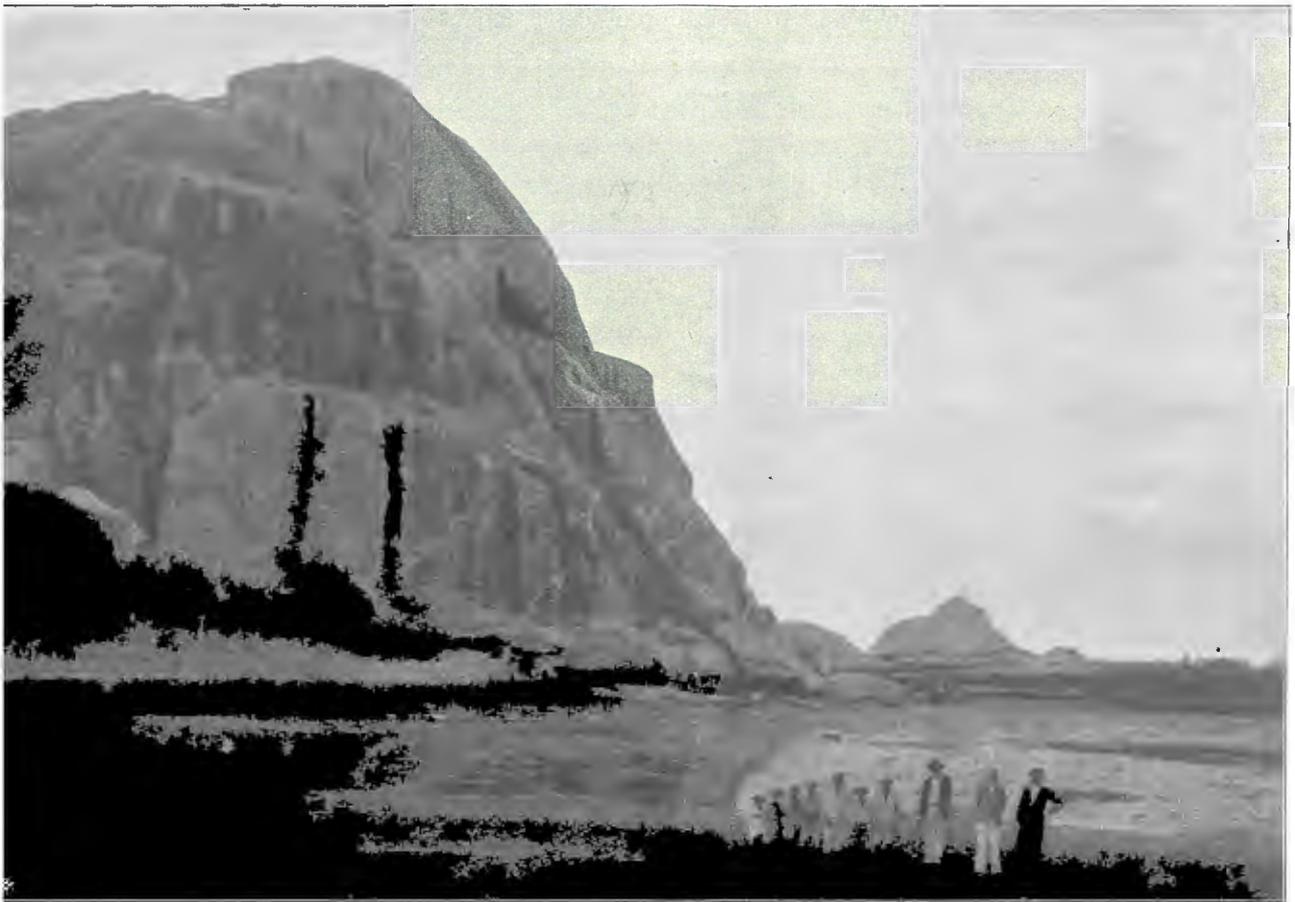
Umrißskizze eines Teiles des Syenitgebirges Serra do Cedro.

Dieses letztere gilt noch mehr als von den isolierten Kuppen von den sich zu Gebirgszügen zusammenschließenden Syenitbergen, die sich gewissermaßen auf einem gemeinsamen breiten Sockel erheben und sehr häufig von scharfen Felszinnen gekrönt werden, wie man dergleichen in gemäßigten Klimaten bei Massengesteinen kaum jemals antrifft. Die Skizze (Abb. 14) eines Teiles der Serra do Cedro westlich von Quixadá dürfte dies einigermaßen veranschaulichen.

An den Steilhängen und Wänden der Berge ist schon von der Ferne eine vertikale Furchung wahrzunehmen, die sich bei schräger Beleuchtung ausnimmt, als wenn auf die Berglehnen mit dunkler Farbe breite parallele Streifen gemalt worden wären. Das Bild eines Nachbarberges der Serra Preta (Abb. 15) hebt diese Erscheinung deutlich hervor.¹

Es sind Regenfurchen, identisch mit jenen, die M. Bauer von der Seyschelleninsel Mahé abgebildet und beschrieben hat² und die auch von anderwärts aus den Tropen bekannt sind und speziell aus Brasilien schon von J. C. Branner³ erwähnt wurden. Die von diesen Forschern mitgeteilten Beispiele beziehen sich auf Granit und Gneis, der oben erwähnte Fall von Floriano Peixoto ebenfalls auf Granit, in der Serra Branca und in den Serras bei Quixeramobim trifft man sie auf steilen Gneislehnen, jedoch nirgends so schön wie an den Syenitbergen von Quixadá.

Abb. 15.



Regenfurchen und Höhlenbildungen im Syenit des südlichen Nachbarberges der Serra Preta bei Quixadá. Photogr. Dr. J. Huber.

Die Regenfurchen beginnen gewöhnlich am Gipfel des Berges entweder unmittelbar mit wenigen Zentimeter breiten Rinnen oder diese Rinnen stellen gewissermaßen den Abfluß kleiner Becken vor, aus welchen sie über den Rand der ebenen Gipfelfläche an der Steilwand herabziehen. Je weiter herab, desto mehr erweitern und vertiefen sie sich, wobei sich oft zwei oder mehrere in eine einzige breite Rinne vereinigen. Aus diesen entstehen dann schließlich die bis 2 m breiten und 0·5—1 m tiefen Hauptfurchen

¹ Vergl. diesbezüglich auch die Abbildungen zu meiner Abhandlung: Der landschaftliche Charakter von Ceará (Brasilien) Iobus, 1982, 82. Bd., Nr. 1.

² N. Jahrb. f. Min. etc., 1898, II, p. 192, Taf. XI.

³ Decomposition of Rocks in Brazil. Bull. Geol. Soc. of Amer. VII, 1896, p. 255, Pl. 10—14.

Katzer.

eren Wände nicht selten wieder von durch schmale Rücken voneinander geschiedenen parallelen Sekundärrinnen gerieft werden. Derartige Regenfurchen bilden sich nur auf sehr steilen Lehnen bis zu ungefähr 75° Neigung, können jedoch schmale Absätze zwischen solchen Wänden übersetzen, ohne bemerkenswerte Veränderungen zu erleiden. Sobald indessen das Gehänge anhaltend flacher wird, verändert sich der Charakter der Furchen, wobei zwei Fälle eintreten können. Schließt sich nämlich an die Steilwand unvermittelt ein Sockel mit nur schwach geneigter Oberfläche an, dann enden die Furchen gewöhnlich in tiefen Kesseln oder Wannen, die manchmal durch flache, vom Überflußwasser ausgehöhlte Rinnen miteinander verbunden sind. Senkt sich die Steilwand aber allmählich gegen die Ebene, dann verlängern sich die Furchen auf dieser minder steilen Böschung in tiefe Karren mit dazwischen aufliegenden, scharfen Schratten. Neben diesen Erosionsformen des rinnenden Wassers entstehen natürlich auch solche, die von aufprallenden, in Kaskaden herabstürzenden Wasserstrahlen ausgehöhlt werden: Schüsseln, Becken, Kessel und Wannen, selbst größere Höhlen, die übrigens auch ihre Ansatzstellen in den Bankungsfugen des Syenites haben und durch ausrinnendes Sickerwasser ausgeräumt werden können.

Abb. 16.



Karren und Dolinen im Syenit der Einzelberge von Quixadá. Photogr. Dr. J. Huber.

So entstehen im zähen, festen Syenit Karrenfelder, Dolinen, Wannen und Höhlen ganz analoger Art wie die betreffenden Hohlformen des Kalkkarstes, für welche immer nur die chemische Zersetzung und Löslichkeit der Kalksteine verantwortlich gemacht zu werden pflegt, wogegen bei den Massengesteinen der Tropen diese Erscheinungen so gut wie ausschließlich durch mechanische Ausräumung während der vehementen Regengüsse bewirkt werden.

Die kräftige Abspülung durch den Regen ist auch die Ursache einerseits des Mangels einer Zersetzungsrinde auf den nackten Felslehnen, deren Gestein durchwegs ein sehr frisches Aussehen, wiewohl nicht selten eine geglättete Oberfläche besitzt, anderseits der Ansammlung von Erdreich und Gesteinsbrocken in den Erosionstaschen und Wannern, welche während der Regenstürze durch die wirbelnde Bewegung dieser Einschwemmungen in Strudellöcher und Felsenkessel umgewandelt werden. In diesen siedeln sich häufig Riedgräser, Staudengewächse und Kakteen wie in großen Blumentöpfen an — ein allerdings nur spärlicher Pflanzenschmuck der sonst völlig kahlen Syenitberge. Alle diese Erscheinungen werden durch die Abbildungen 15, 16, 17 illustriert.

Abb. 17.



Regenfurchen, Karren und von Pflanzen besiedelte Strudellöcher im porphyrischen Syenit der Serra Preta bei Quixadá.
Photogr. Dr. J. Huber.

Der Syenitzug von Quixadá besitzt bei der Stadt selbst nur eine verhältnismäßig geringe Breite von ungefähr 8 km, wovon aber der bei weitem größte Teil auf das Gelände nördlich von der Stadt fällt, weil etwa 1 km südlich von ihr schon Gneis ansteht. Nach Osten und Westen entfaltet sich das Syenitgebirge beträchtlich, wiewohl anscheinend mehrfach von Gneis unterbrochen. Dies gilt namentlich von dem östlichen Plateau, welches, zum großen Teile mit Weideland und Gebüsch bedeckt, in der Strecke, die ich verquerte, zwar eine Menge von Gneis- und Syenitfindlingen, aber keine anstehenden Felspartien darbietet. Die Serra Azul habe ich selbst nicht besucht, es wurde mir jedoch von vielen Seiten versichert, daß sie aus demselben Gesteine bestehe wie die Serra do Cedro, also ebenfalls aus Syenit.

Dieses letztgenannte, westlich von Quixadá gelegene Gebirge ist stark gegliedert und bietet mit seinen scharfen Graten und sonderbaren Felsgebilden einen imposanten Anblick, trotzdem die höchsten

Spitzen sich kaum mehr als 350 *m* über die Ebene erheben dürften (die Seehöhe dürfte ungefähr 500 *m* sein). Auch die weiter westlich liegende höhere Serra do Estevão besteht hauptsächlich aus Syenit; minder zuverlässig ist dies bei der Serra de Sta. Maria, von welcher es mir auch angegeben wurde. Soviel ist indessen sicher, daß in dem ganzen Gebirgszug der Syenit in selbständigen Stöcken und Massiven von bedeutender Ausdehnung auftritt und daß er in diesem Teile von Ceará auf einem Flächenmaß von mehr als 1000 *km*² vorherrschend entwickelt ist.

In diesem Verbreitungsgebiete, soweit ich es kennen lernte, sind grobkörnige, porphyrische Ausbildungen des Syenites bei weitem vorherrschend; feinkörnige bis fast dichte Abarten finden sich nur untergeordnet. Sie sind es, welche am häufigsten gneisartige Struktur annehmen und dabei zugleich biotitreich werden, während die in den körnigen Syeniten stets vorhandene Hornblende völlig zurücktritt. Es scheint hienach, daß die Biotitanreicherung auf Kosten der Hornblende und die gleichzeitig stattfindende Druckschieferung in einem ursächlichen Zusammenhang stehen. Verhältnismäßig sehr häufig sind im Syenit pegmatitische, mehr weniger quarzreiche Gänge.

Auf einige Belege dieser Beobachtungen sei gestattet näher einzugehen.

Der in den Einzelbergen um Quixadá, zumal in der Serra Preta am meisten verbreitete porphyrische Syenit enthält in der mittel- bis feinkörnigen Grundmasse große Einsprenglinge von weißem oder blaßrötlichem Orthoklas. Es sind scharf ausgeprägte, einfache, tafelförmige Kristalle oder Karlsbader Zwillinge von häufig bis 6 *cm* Länge und 2 *cm* Dicke. Die Grundmasse besteht ungefähr zu gleichen Teilen aus Feldspaten und Hornblende. Unter den ersteren herrscht wasserklarer Plagioklas (Oligoklas) anscheinend über den weißen oder hellgrauen Orthoklas vor. Die schwarze oder schwarzgrüne Hornblende ist nicht selten in langen Prismen entwickelt, häufiger aber kurzprismatisch, an den Enden zerfasert. Zur Hornblende gesellt sich gern etwas Biotit, jedoch in stark wechselnder Menge und Form. Sechsseitige Kristalltäfelchen pflegen schwarz, unregelmäßige Schüppchen und Fetzen braun zu sein. Quarz fehlt vollständig oder ist doch außerordentlich selten und makroskopisch nicht wahrnehmbar. Stets vorhanden ist dagegen honiggelber bis brauner Titanit, dessen scharf entwickelte glas- oder diamantglänzende Kristalle bis 8 *mm* Länge erreichen und partienweise im Gestein auffallend reichlich eingestreut sind.

Dieser hornblendereiche, porphyrische Syenit mit Orthoklaseinsprenglingen kann als der normale, sowohl im engeren Gebiete von Quixadá als in den entfernteren Syenitbergen bezeichnet werden. Weit weniger verbreitet sind makroskopisch gleich beschaffene Abarten, jedoch mit sehr großen, bis 8 *cm* langen, weißen Oligoklaseinsprenglingen, die grobe Zwillingstreifung zeigen, und mit sehr plagioklasreicher Grundmasse, wie sie z. B. in den beiden Kuppen gleich südlich bei Quixadá und im mittleren Teile der Serra do Cedro entwickelt sind. Dieser sehr plagioklasreiche Syenit führt neben schwarzer Hornblende auch ziemlich viel Biotit und enthält gewöhnlich etwas Quarz. Er ist in der östlichen der beiden erwähnten Kuppen in einem Steinbruch aufgeschlossen und kann dort in sehr großen Monolithen gewonnen werden. Er ist, wie alle diese Porphyrsyenite, ein für monumentale Bauzwecke höchst wirkungsvolles, dekoratives Gestein, welches aber bisher nur wenig Verwendung gefunden hat.

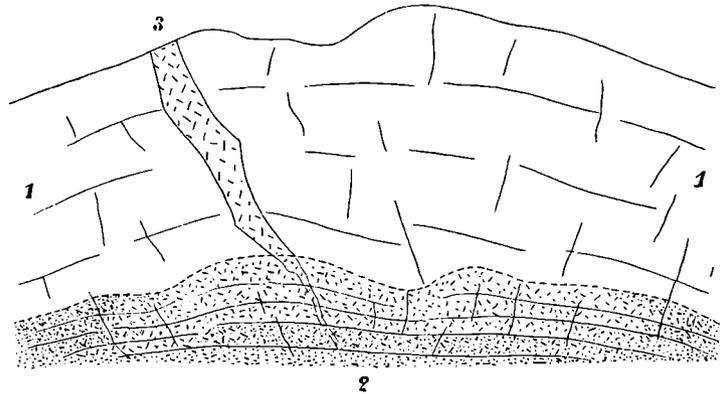
Gewissermaßen einen Übergang zwischen diesen beiden Haupttypen des porphyrischen Syenites stellt jene Ausbildung vor, in welcher unter den großen Einsprenglingen zwar Orthoklas vorherrscht, jedoch sehr häufig als Umwachsung von erbsen- bis haselnußgroßen Plagioklaskristallen, wie dergleichen auch als selbständige Einsprenglinge in dem Gestein vorkommen. In der feinkörnigen Grundmasse ist Plagioklas ebenfalls reichlich beteiligt, u. zw. gewöhnlich in wasserklaren Körnern. Die schwarze Hornblende bildet in dieser Abart häufiger als sonst federkiel dicke Säulen von rhombischem Querschnitt mit zerzausten Enden. Biotit ist ganz untergeordnet, große Titanitkristalle häufig.

Einer besonderen Abart des porphyrischen Syenites, welche auf der Nordseite des westlichen Teiles der Serra do Cedro größere räumliche Verbreitung besitzt, sei noch gedacht. Die Grundmasse ist feinkörniger und die Einsprenglinge sind kleiner als bei den anderen Porphyrsyeniten dieses Gebietes. Die Grundmasse besteht fast ausschließlich aus Plagioklas mit sehr deutlich ausgeprägter Zwillingstreifung und aus schwarzem oder schwarzbraunem Biotit. Orthoklas ist darin völlig untergeordnet, ebenso Horn-

blende, die entweder in kurzen Säulchen auftritt und häufig in Epidot umgewandelt ist oder kleine faserige Butzen bildet. Quarz fehlt nie ganz. In dieser Grundmasse liegen, einzeln eingestreut, in ungefähr gleicher Menge 1—2 *cm* große, sehr frisch aussehende, farblose oder weiße Plagioklaskristalle und 1—5 *cm* große, gewöhnlich rötliche Orthoklaskristalle, u. zw. fast ausnahmslos Karlsbader Zwillinge. Titanit in honigbraunen, lebhaft glänzenden, 1—3 *mm* großen Kristallen ist häufig. Durch das starke Zurücktreten der Hornblende und den stets, wenn auch nur in geringer Menge, vorhandenen Quarz neigt das Gestein zum Granit hin, was um so auffälliger ist, als die sonst in der Serra do Cedro verbreiteten Hornblendesyenite so gut wie völlig quarzfrei sind.

In allen diesen porphyrischen Syeniten, deren Farbe, entsprechend jener der vorherrschenden Feldspate, eine lichte ist, kommen scharf begrenzte, biotit- und hornblendereiche, dunkelgraue bis schwärzliche Partien von bald geringen, bald sehr großen Dimensionen vor. Es sind teils basische Ausbildungen des Syenitmagmas, teils bloß konkretionäre Ansammlungen der basischen Ausscheidungen des Magmas. Das

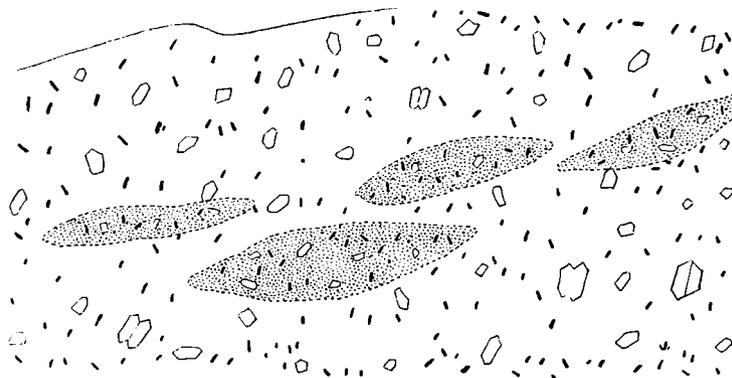
Abb. 18.



Basische Ausbildung (2) als Tiefenfacies des feldspatreichen porphyrischen Syenites (1). Dieser durchsetzt von einem aplitischen Gang (3).

erstere gilt von jenen ausgedehnten Partien, die den Kern oder die Unterlage des feldspatreichen Syenites bilden, welcher ihnen gegenüber dann eine Oberflächen- oder Randfacies vorzustellen scheint (vgl. Abb. 18), wobei nur die scharfe gegenseitige Abgrenzung der beiden Ausbildungen auffallend ist. Das letztere ist bei den kleinen, inmitten des feldspatreichen, porphyrischen Syenites auftretenden basischen Partien der

Abb. 19.



Linsenförmige basische Konkretionen im porphyrischen Syenit.

Fall, die höchst selten kugelige, sondern in der Regel lentikuläre Formen besitzen, wie es die Skizze, Abb. 19, andeutet. Sehr bemerkenswert ist, daß sich diese basischen Magmalinsen häufig in einer Richtung aneinander reihen, als ob sie Teile eines vielfach zerrissenen, rosenkranzartigen Ganges wären.

Prächtige diesbezügliche Aufschlüsse bietet der isolierte Glockenberg an der nordwestlichen Peripherie der Stadt Quixadá, wo sich Hunderte solcher, einige Dezimeter bis mehr als 1 m große Linsen in mehrere parallele, ziemlich ostwestlich streichende Züge anordnen.

Auch diese dunklen basischen Syenitpartien sind porphyrisch ausgebildet und unterscheiden sich vom feldspatreichen Porphyrsyenit überhaupt nur einerseits durch das relative Mengenverhältnis der Bestandteile, da nicht die Feldspate, sondern Hornblende und Biotit besonders in der Grundmasse vorherrschen, und andererseits durch die mindere Anzahl und die geringen Dimensionen der Einsprenglinge, von welchen auch die Feldspate nur selten bis 1 cm Größe erreichen.

Eine andere beachtenswerte Erscheinung, die sich nur bei den basischeren Ausbildungen des Syenites geltend macht, ist die parallele Anordnung des Biotites und der Hornblende entlang von das Gestein durchziehenden Klüften, besonders wenn dieselben mit Gleitharnischen oder Torsionsspiegeln versehen sind, also unter großem Druck gestanden waren. In diesen Fällen kann kein Zweifel bestehen, daß die zuweilen bis zur Schieferung gesteigerte Parallelstruktur eine sekundäre Erscheinung rein mechanischen Ursprunges ist. Die Ausbildung des Gesteines bleibt dabei stets porphyrisch, indem aus der sehr feinkörnigen bis dichten, hornblende- und biotitreichen Grundmasse größere Einsprenglinge von schwarzer und schwarzgrüner Hornblende und von weißem Feldspat hervortreten. Die ersteren bilden höchstens 1 cm lange Säulchen, welche in 1—5 cm breiten Zonen entlang den Klüften, mit ihren Längsachsen parallel zur Klüftfläche angeordnet sind. In diesen Zonen pflegen Feldspateinsprenglinge zu fehlen, dagegen in der Regel reichlich Pyrit in goldgelben oder bunt angelaufenen Körnchen ausgeschieden zu sein. Die außerhalb der parallel struierten Zone sich einstellenden Feldspateinsprenglinge pflegen voll farbiger Einschlüsse zu sein, worunter Hornblendenädelchen und Biotitscheibchen schon mit der Lupe leicht zu unterscheiden sind.

Außer diesen an Klüften haftenden Zonen mit Parallelstruktur kommen im Syenit öfters gewissermaßen eingeknetete gneisartige Partien von zuweilen ziemlich beträchtlicher Ausdehnung und Mächtigkeit, hie und da auch von auffallend ebenschieferiger Beschaffenheit vor. Die letztere ist dadurch bewirkt, daß alle Hornblende durch Biotit vertreten ist, welcher, in ebenen Lagen angeordnet, das Gestein dünnstieferig macht. Diese gneisartige Ausbildung setzt am benachbarten grobkörnigen, porphyrischen Syenit ungewein scharf ab, ist mit ihm aber doch so fest verbunden, daß beim Versuch, beide von einander zu trennen, in der Regel eine Schicht des grobporphyrischen Gesteines auf dem gneisartigen wie darauf aufgeleimt haften bleibt.

In den mächtiger entwickelten und räumlich ausgedehnteren Partien des gneisartigen Syenites lassen sich, abgesehen von untergeordneten Übergängen, wesentlich zwei Ausbildungen unterscheiden.

In der einen, welche z. B. den Vorstrom des Glockenberges nordöstlich von Quixadá bildet, wechseln feinkörnige, feldspatreiche, einige Millimeter dicke Lagen mit sehr biotitreichen, dünnen Bändern ab, wodurch die Gneisstruktur des je nach der Farbe des Feldspates rötlichgrauen oder blaugrauen, bei sehr feinkörniger Textur schwärzlichen Gesteines bewirkt wird. In den feldspatreichen Lagen ist Biotit in sechsseitigen Kriställchen und Blättchen regellos eingestreut und das ganze Gestein ist ziemlich reich an durchschnittlich 3—4 mm großen Feldspateinsprenglingen und honiggelben Titanitkristallen. Quarz kommt nur hie und da akzessorisch vor und Hornblende scheint vollkommen zu fehlen.

Im Gegensatz hiezu ist die zweite Hauptart des gneisartigen Syenites hornblendereich. Sie ist ebenfalls porphyrisch entwickelt und besitzt eine sehr feinkörnige, zuweilen fast dichte Grundmasse, deren schieferige Struktur zwar auch nur wesentlich durch den Biotit bewirkt wird, welcher, mit wenig Hornblende gemengt, dunkelfarbige Lagen bildet, die mit feldspatreichen lichten Lagen alternieren. Die Hauptmenge der schwarzen und dunkelgrünen Hornblende tritt entweder einsprenglingsartig in bis 3 cm langen, federkiel-dicken Säulchen auf oder sie bildet unregelmäßige, nadelige Kristallgruppen und faserige Butzen. Feldspatkristalleinsprenglinge sind in dieser Syenitart selten, häufiger kommen in Anschwellungen der feldspatigen Bänder der Grundmasse rundliche oder linsenförmig gestreckte Augen von gewöhnlich rosenrotem Orthoklas vor. Sonst aber überwiegt im Gestein entschieden Plagioklas.

Titanit ist darin in mohnkorn- bis 3 *mm* großen Einzelkristallen ungemein reichlich vorhanden und Quarz fehlt nie ganz. Diese in großen Platten gewinnbare Syenitbildung ist nördlich von Quixadá und auf der Nordseite der Serra do Cedro im Grenzgebiete des Syenitmassivs gegen das Gneisgebirge stark verbreitet und tritt gelegentlich im massigen Porphyrsyenit auch in Form geringerer Schlieren auf.

Inmitten der ausgedehnten Partien dieser hornblendereichen Syenitbildung kommen hie und da Nester von selten über, meist unter 1 *m* Durchmesser vor, die fast nur aus grobkörnigem Feldspat bestehen und von Linsen und wurmartig gewundenen Schlieren von Quarz durchsetzt werden. Der Feldspat pflegt ungefähr zur Hälfte weißer oder gelblicher Orthoklas und zur anderen Hälfte lichtgrauer und wasserklarer Plagioklas zu sein. Gewöhnlich ist dem Gemenge in vereinzelt, 1—2 *cm* langen, verhältnismäßig dicken (0·5 *cm*) Säulchen grüne Hornblende eingestreut. Diese Feldspatnester heben sich um so mehr von der Hauptmasse des Gesteins ab, als an ihrer Peripherie grüne und schwarze Hornblende besonders reichlich angehäuft zu sein pflegt, wodurch sie dunkel umrandet erscheinen.

In ihrer mineralischen Zusammensetzung stellen sie gewissermaßen einen Übergang in die Pegmatite vor, welche im ganzen Syenitgebirge von Quixadá verbreitet sind. Sie bilden am häufigsten Gänge, jedoch auch unregelmäßige Stücke oder stromartige Massen, welche vorzugsweise die tiefsten Lagen der Sockel der Einzelberge und die äußersten Ausläufer des Syenitmassivs einnehmen. Da diese Pegmatite stets Quarz führen, sind es nicht eigentlich Syenitpegmatite, sondern man erhält den Eindruck, daß es sich um Austrahlungen oder Randbildungen von in der Tiefe des Syenitmassivs verborgenen Granitherden handelt.

Die mineralische Zusammensetzung der Pegmatite ist zwar überall ziemlich die gleiche, aber ihre Textur ist ungemein veränderlich. Orthoklas herrscht stets vor und bildet stellenweise große, fast reine Partien, die jedoch immer körnig und aus zahlreichen Individuen zusammengesetzt sind. Die einzelnen Kristalle sind öfters zu griffeligen Säulenformen in die Länge gestreckt und derart parallel miteinander verwachsen, daß sie sich staffelartig aneinanderfügen. Biotit ist hie und da reichlich vorhanden und in bis 1 *cm* großen Täfelchen entwickelt, sonst macht er sich wenig geltend und unterscheidet sich in Form und Aussehen kaum vom Glimmer des normalen Syenits. Quarz erscheint manchmal in bis kopfgroßen Nestern, gewöhnlich aber tritt er weniger hervor, außer in den sehr feldspatreichen, grobkörnigen Gesteinspartien, worin er recht häufig nuß- bis faustgroße Linsen bildet. In striemigen Zonen der Pegmatite pflegen feldspatreiche, fast quarzfreie, mit quarzreichen und gewöhnlich auch mehr Biotit führenden Striemen abzuwechseln. Hornblende fehlt meistens vollständig und, da, wie gesagt, auch der Biotit nicht in Menge vorhanden ist, so sind die Pegmatite sehr hellfarbige Gesteine, welche sich im dunkleren porphyrischen Syenit schon von der Ferne bemerkbar machen.

Es gilt dies auch von den geringmächtigen (5—20 *cm*) Gängen, welche den Syenit häufig in parallelen Systemen in großer Anzahl durchziehen (vgl. Abb. 15, 17). Sie bestehen manchmal fast nur aus körnigem Orthoklas mit bloß sporadischen sonstigen Mineralbeimengungen. Bemerkenswert ist die in der Regel flache (mit 10—20° vorzugsweise nach Südwest gerichteter Neigung) bis schwebende Stellung dieser Pegmatitgänge, wodurch stellenweise der Anstoß zur Entstehung von Abwitterungsterrassen gegeben wurde, deren Ebenen den Gangflächen und deren Höhen den Abständen der einzelnen Gänge von einander entsprechen.

Schließlich ist noch zu bemerken, daß auch aplitische Gänge im Syenitgebirge von Quixadá, wiewohl verhältnismäßig selten, vorkommen, welche zum Unterschied von den Pegmatiten gewöhnlich eine steile Stellung und ansehnliche Mächtigkeiten von kaum je unter 0·5 *m*, oft jedoch über 3 *m* besitzen (vgl. Abb. 18). Ein solcher mächtiger Gang setzt z. B. im verkarten Syenit gleich bei den letzten nordwestlichen Häusern von Quixadá auf. Das weiße oder bläulichweiße Gestein ist fein zuckerkörnig, ungefähr zu gleichen Teilen aus Quarz und Orthoklas bestehend. Hie und da ist etwas Biotit in zarten Blättchen beigemengt, wodurch das Gestein das Aussehen eines Biotitgranulites erhält. Schlierenweise ist darin Pyrit in winzigen Kriställchen eingestreut und auch Titanit kommt in kleinen, honiggelben Körnchen vor.

Tertiär.

Im ganzen bereisten Gebiete von Ceará wurden auf dem Archäicum aufgelagerte, jüngere Formationen nirgends angetroffen, außer in der Küstenebene am Fuße der Serras Aratanha, Maranguapé und ihrer Ausläufer. Hier sind es offenbar jugendliche Gebilde, die wesentlich aus einer Wechselfolge von Tonen, Letten und Sandsteinen mit lokalen Übergängen in Konglomerate bestehen und in ziemlich gleicher Beschaffenheit südostwärts zum Unterlauf des Jaguaribe-Flusses fortziehen. Da Fossilien darin nirgends gefunden wurden, und die mangelhaften Aufschlüsse auch keinen anderweitigen Anhalt für die Altersbestimmung darboten, bleibt die Formationszugehörigkeit zwar einigermaßen unsicher; in Anbetracht des jugendlichen Gepräges und der Tatsache, daß sie die quartären Bildungen der atlantischen Strandregion unterteufen, ist es aber immerhin wahrscheinlich, daß die fraglichen Ablagerungen jungtertiären Alters sind.

Bei Maranguapé, Tabatinga, Monguba und Pacatuba grenzen diese tertiären Bildungen unmittelbar an Granit, jedoch ist leider die Auflagerung nirgends deutlich entblößt gefunden worden. Bei Tabatinga und in den Talrinnen der Fließchen Ginipaba und Cocó scheint es indessen, daß das Liegendste der Ablagerung magere bunte und fette graubraune Tone bilden, die flach nach Nordosten einfallen und im Hangenden von sandigen Tonen und mürben Sandsteinen mit Konglomerateinschaltungen durchschossen, bzw. überlagert werden. Diese beiden Glieder sind aber wenig verbreitet gegenüber den hangendsten, teils fetten, grauen Letten, welche den größten Teil der Tiefebene auf der Inlandseite des Dünenwalles einnehmen und anscheinend häufig das ganze Tertiär vertreten. Ihrer Undurchlässigkeit wegen ermöglichen sie zur Regenzeit in Terrainaustiefungen Wasseransammlungen, die auch während der Trockenzeit als kleine Seen, Tümpel und Sümpfe noch lange bestehen bleiben und deren Umgebung sich durch üppige Vegetation auszeichnet. Auch der Untergrund der zahlreichen perennierenden Seen der Strandebene ist zum großen Teil solcher Letten.

Das ganze fragliche Tertiär ist eine Binnenlandbildung, von welcher es keineswegs ausgeschlossen ist, daß sie stellenweise kohlenführend sein kann. In der Tat wurde mir behauptet, daß bei Maracanahú und bei Monguba Kohle (Lignit?) vorkäme, allein trotz vielen Herumfragens vermochte mir niemand genauer eine Stelle zu bezeichnen, wo ein Ausbiß zu sehen wäre. Vielleicht boten den Anlaß zu diesen Angaben auch nur verkohlte Stammstücke, wie sie vereinzelt z. B. in Ziegelgruben bei Porangaba gefunden werden.

Die Sandsteinstufe des Tertiärs ist südlich und südwestlich von Mondubim ziemlich verbreitet und teilweise recht gut aufgeschlossen. Sie besteht zumeist aus mürbem, an tonigem Zement mehr weniger reichem, mittelkörnigem Sandstein von rostbrauner bis roter Farbe, der vielfach von grauen, lettigen Zwischenschichten durchschossen wird. Einzelne Bänke des Sandsteines sind quarzreich und zäh und lokal geht er in Konglomerate über, die gewöhnlich sehr grobkörnig sind und ein reichliches eisen-schüssiges Bindemittel besitzen, jedoch einmal ganz vorherrschend Quarzgeschiebe, ein andermal wieder mehr Granitgerölle führen. Wo die Sandsteine und Konglomerate zu Tage kommen, sind sie zuweilen bis in beträchtliche Tiefen in Sand und Gerölle aufgelöst, welche den Eindruck einer Zusammenschwemmung (Alluvium) machen, und auch die roten Sandsteine, wenn sie aus der Ebene auftauchen, ohne daß ihr Verband mit anderen Schichten ersichtlich ist, gleichen völlig den sandsteinartigen Bedeckungen des Gneisgebirges, von welchen schon oben (p. 8) bemerkt wurde, daß sie nicht immer verlässlich als Zersetzungsprodukte des Gneises erkannt werden können, sondern möglicherweise dem Tertiär zuzuzählen sein könnten.

Umgekehrt ist es von den sandsteinartigen und konglomeratigen Gebilden am Fuße der Serra Aratanha zwischen Maracanahú und Monguba, obwohl sie mit den nördlicheren Tertiärablagerungen im Zusammenhang stehen, nicht sicher, ob sie noch dazu gehören oder aber eluviale, durch wiederholte

Durchtränkung mit hämatitischen Ausscheidungen angereicherte oder auf sekundärer Ablagerungsstätte befindliche, umgelagerte Zersetzungsprodukte des Granites sind. Manchmal bietet die Schichtung einen Anhalt zur Entscheidung, da bei durchgreifender Schichtung tertiäres, bei verworrener Kreuzschichtung quartäres Alter des sonst gleich aussehenden Sandsteines angenommen werden darf. Aber diese Fälle sind selten. In der Regel können nur ausgedehntere offene Profile, die leider nicht vorhanden zu sein pflegen, oder zufällige gute Aufschlüsse die Zweifel beheben.

Die Mächtigkeit des Tertiärs in der Küstenebene von Ceará scheint nirgends beträchtlich zu sein, und je näher zum Meer, um so geringer wird sie. Beweis dessen das stellenweise Ausstreichen des archaischen Grundgebirges in den Ozean und das Auftauchen einzelner Schichtglieder desselben in ganz geringer Tiefe unter der lettigen Bedeckung, wie z. B. in den Kalksteingruben bei Soure (vgl. p. 17).

Quartär.

Die quartären Bildungen in dem bereisten Teile von Ceará bestehen, soweit es nicht eluviale Zersetzungsprodukte sind, hauptsächlich aus Sand, Schotter und Lehm. Ihre Hauptverbreitung besitzen sie im Küstengebiet und in den Flußebenen. Für eine Auseinanderhaltung von Diluvium und Alluvium bot sich nicht der geringste Anhalt, vielleicht nur deshalb, weil den Ablagerungen keine besondere Aufmerksamkeit zugewendet werden konnte.

Lehme sind überall untergeordnet und in ihrer Beschaffenheit sehr wechselnd, meist hoch eisen-schüssig, sandig und etwas glimmerig. Sie sind nur dort, wo sie von sandigen oder schotterigen Lagen durchschossen werden, als echte Alluvien erkennbar, sonst aber von tonigen, eluvialen Zersetzungsprodukten des Gneises und Granites einerseits und von umgelagerten tertiären Letten anderseits nicht zu trennen.

Auch Schotter sind in den Quartärablagerungen verhältnismäßig wenig verbreitet. Ihre Elemente sind immer mehr abgerollt als in dem rezenten Blockwerk und Gesteinsschutt, dessen Bestandteile oft völlig scharfe Bruchkanten besitzen. Auffallend ist die unregelmäßige, absätzigige Verbreitung des Schotters in den lehmigen oder sandigen Ablagerungen, in welchen sie eingeschlossen sind. Er bildet darin niemals durchgehende Bänke oder horizontal ausgedehnte Linsen, sondern nur in verschiedenen Höhenlagen nebeneinander aufsetzende, räumlich beschränkte wie voneinander gerissene Nester. Auf Stauchungen und Verschiebungen innerhalb der Quartärbildungen kann diese Erscheinung nicht zurückzuführen sein, sondern ich möchte glauben, daß sie durch ungleichmäßiges Setzen der vom Regen durchtränkten, lockeren Ablagerungen bewirkt ist.

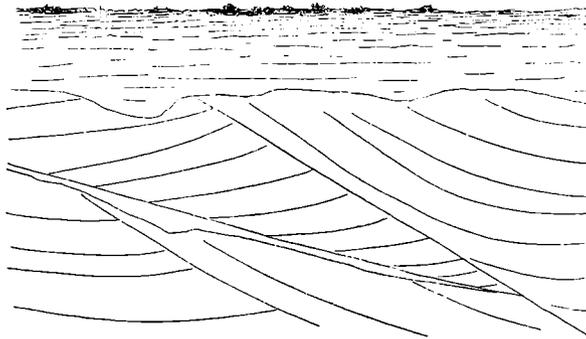
Noch merkwürdiger sind die Schotterkegel, welche vom sandigen Lehm oder vom Sand derart umhüllt und bedeckt zu sein pflegen, als wenn sie längst früher aufgehäuft gewesen wären, ehe die Sandmassen zur Ablagerung gelangten. Sie besitzen gewöhnlich eine regelmäßige Gestalt mit sanften Böschungen, seltener sind sie nach einer Seite hin geneigt. Die Gerölle, aus welchen sie bestehen, entstammen dem Grundgebirge und sind stets mehr weniger reichlich durchsetzt mit Quarzblöcken. Der größte derartige Schotterkegel, den ich bei Monguba sah, war ungefähr 3 *m* hoch und besaß einen größten Durchmesser von beiläufig 5 *m*. Die Auflagerungsfläche war jedoch nicht entblößt, und ich erinnere mich auch nicht, anderwärts, z. B. zwischen Junco und Cangaty, wo solche Kegel häufig sind, ihre Unterlage gesehen zu haben. Es bleibt daher jedenfalls die Möglichkeit offen, daß die Kegel nicht, wie die Schotternester, schwebend sind, sondern daß sie nur kegelförmige Aufragungen von tiefer gelegenen und daher nicht entblößten, zusammenhängenden Schotterlagern vorstellen.

Die einzeln verstreuten großen und kleinen Blöcke, vorzugsweise von Quarz und Granit, welche man auf allen Terrainausebnungen antrifft und welcher oben schon gedacht wurde, verdanken ihren Ursprung vorzugsweise Auswitterungen und sind nur lokal durch die Oberflächenwässer der Regenzeit zusammengeschwemmt.

Die größte Verbreitung unter den Quartärbildungen besitzen Sande. Entlang dem Meeresgestade bilden sie bis 60 *m* hohe terrassierte Dünenwälle und im Innern des Landes nehmen sie die Flußniederungen ein und bedecken strichweise auch die Hochebene (den Sertão). Zum großen Teil sind sie hier ebenso wie im Littoral zusammengeweht, und selbst in den Flußniederungen, wo ihre Aufschüttung vom strömenden Wasser bewirkt ist, werden sie während der monatelangen Trockenzeit durch den Wind teilweise umgelagert.

Die Dünenwälle des Meeresgestades zeigen in der Regel eine hohe ältere Hauptdüne, die nach der Landseite ungemein sanft abdacht, auf ziemlich ausgedehnten Flächen mit Gräsern und Gebüsch bewachsen ist und in der Nähe der Hafenstädte Häuser und Gärten trägt, ja stückweise selbst in größerem Umfange bebaut wird. Auf der Meerseite ist ihr gewöhnlich ein niedrigerer jüngerer Dünenzug vorgelagert oder terrassenähnlich an sie angelehnt, welcher durch immerwährende Anwehungen ständig wächst und meerwärts vorschreitet. An ihn schließt sich dann die einige 100 *m* breite, an den Flußmündungen besonders ausgedehnte Strandebene an, welche weit in den Ozean hinein fortsetzt und die großen Sandbänke bildet, welche die Landung in Ceará so sehr erschweren. Bei einer Küstenlänge von ungefähr 700 *km* besitzt Ceará keinen einzigen guten Hafen, und in Fortaleza z. B. können selbst kleine Boote nicht bis zum festen Land gelangen, sondern Personen und Frachten müssen an das Ufer getragen werden.¹

Abb. 20.



Kreuzschichtung in den älteren Sandablagerungen des Rio Quixeramobim.

An geeigneten Punkten der Strandebene, namentlich bei Aracaty, sind große Salzgärten angelegt, worin durch natürliche Verdunstung bedeutende Mengen Kochsalz erzeugt werden.

Auch die Sandablagerungen des Binnenlandes spielen eine ziemlich bedeutende Rolle. Am Sertão ist der Sand das Ergebnis einer Aufbreitung der Zersetzungsprodukte des Grundgebirges durch den Wind, welcher daraus die tonigen Bestandteile herausbläst und den schwerer transportablen Sand zurückläßt. Dieser wandert zwar auch, besitzt aber selbst bei starkem Wind nur eine beschränkte Bewegungsfähigkeit, die durch die Konfiguration des Geländes sehr beeinflußt wird. Auf der Hochebene breitet sich der Sand vor dem Wind flach aus, in Terrainaustiefungen häuft er sich an und verkleidet dadurch die ursprünglichen Erosionsformen. In den Flußniederungen wirken Anwehung und Verschwemmung zusammen, um Sandablagerungen von oft sehr beträchtlicher Mächtigkeit zu bilden. Ihre charakteristische Eigenheit beruht darin, daß sie, namentlich in den tieferen Lagen, von lettigen Einschaltungen durchschossen zu werden pflegen und häufig eine sehr ausgeprägte Kreuzschichtung besitzen. Diese fand ich am schönsten bei den 3—5 *m* mächtigen Sandablagerungen des Rio Quixeramobim (Abb. 20),

¹ Es wirkt auf die Reisenden, denen dies unerwartet kommt, teils aufregend, teils erheiternd, daß die am Strande stehenden, meist recht tropenmäßig mangelhaft bekleideten Lastträger (gewöhnlich Mulatten), kaum daß die Landungsboote vom weit draußen liegenden Dampfer abstoßen, mit den Insassen eine Art Gestikulationsverbindung einzuleiten beginnen und, wenn die Boote näher kommen, schleunig heranwaten, um jene Person, mit welcher sie sich durch Zuwinken zu verständigen versucht hatten, ohne viel Umstände mit kräftigen Armen zu erfassen und an das Ufer zu tragen. Ebenso wird die Landung der Gepäckstücke bewerkstelligt.

wo man den Eindruck empfängt, als ob die Sandmassen mit Kreuzschichtung eine ältere (diluviale?) Ablagerung wären, über deren ungleichförmig aberodierte Oberfläche sich später die oberste (alluviale oder rezente) Sandlage ausbreitete. Diese letztere, gewöhnlich in mehr weniger humosen Sandboden übergehende Schicht pflegt vorzugsweise aus gleichartig feinkörnigem Quarzsand gebildet zu sein, während in den kreuzgeschichteten tieferen Sanden grobkörnige, hauptsächlich aus Gneis- und Granitbrocken bestehende und feinkörnige, quarzreiche Schichten miteinander abwechseln. Die mineralische Zusammensetzung auch dieses feinen Sandes läßt aber keinen Zweifel über seine Abstammung von kristallinen Gesteinen, da er nicht nur deren Hauptbestandteile: Quarz, Orthoklas, Plagioklas, Glimmer, sondern auch die untergeordneten, zumal Titanit, enthält. Der Glimmer ist jedoch niemals in bemerkenswerter Reichlichkeit vorhanden.

Am Rio Choró sind die Sandablagerungen stellenweise gegen 10 *m* mächtig und ihrer gleichmäßig feinkörnigen Beschaffenheit wegen wohl wesentlich zusammengeweht. Am Rio Sitiá beträgt ihre Mächtigkeit dagegen oft kaum 2 *m* und die Beschaffenheit ist sehr wechselnd, indem Partien von feinem Quarzflugsand in kurzen Distanzen mit Anhäufungen groben Sandes mit viel Gneis- und Syenitbrocken abwechseln und auch Lagen von Grus und Geröll dazwischen auftreten. In diesen pflegen verschiedene Quarzabarten ungefähr die Hälfte auszumachen, die andere Hälfte entfällt auf Gneis, Syenit, Granit und aus Pegmatiten stammende Feldspatstücke.

Da während des Sommers die Flüsse in Ceará austrocknen, bleiben die Sandablagerungen nicht nur der Flußebenen, sondern auch der Flußrinnen oft monatelang der Umlagerung durch den Wind ausgesetzt. Ebenso wie am Sertão wird auch hier der sonnendurchglühte trockene Sand von jedem Windstoß aufgewirbelt und weithin verfrachtet, durch welche Sandwehen das besonders gegen Ende der Trockenzeit wüstenähnliche Aussehen weiter Landstriche von Ceará hauptsächlich bewirkt wird.

Tektonik.

Zur Erörterung der tektonischen Verhältnisse bietet der bereiste und auf den vorstehenden Seiten beschriebene Abschnitt von Ceará wenig Anlaß.

Der bezeichnendste Zug seiner Tektonik ist das außerordentlich konstante nordöstliche Streichen aller Schichtgesteine. Wie bedeutend die Störungen, von welchen das Gebiet betroffen wurde, im einzelnen auch sein mögen, das generelle Schichtenstreichen bleibt immer dasselbe: senkrecht zur Küstenlinie. Diese wichtige Tatsache bestätigt die schon von Eduard Suess¹ ausgesprochene Vermutung, daß der nördliche Umriß Südamerikas an der atlantischen Küste das Schichtenstreichen quert. Es ist der Bruchrand des einstmaligen nordbrasilischen Festlandes, welches als Teil des hypothetischen großen atlantisch-äthiopischen Kontinentes über die heutige Amazonasmündung hinweg mit dem archaischen nordamazonischen und guayanischen Grundgebirge in Verbindung stand und dessen Zusammenbruch mutmaßlich erst in der jüngeren Tertiärzeit erfolgte. Den diesbezüglichen, von mir an anderer Stelle veröffentlichten Darlegungen² ist unter spezieller Bezugnahme auf den in Rede stehenden Teil von Ceará nichts Wesentliches beizufügen, da sich alle oben besprochenen Einzelbeobachtungen lediglich als neue Beispiele und Bestätigungen der früheren Grundauffassung darstellen.

Von großer Wichtigkeit für die Erkenntnis der geologischen Entwicklungsgeschichte und der Tektonik dieses Teiles von Südamerika wird die seinerzeitige genauere Erforschung der paläozoischen Ablagerungen im nordwestlichen Ceará, in Piauhy und in Maranhão, sowie ihres Verhältnisses zum

¹ Antlitz der Erde, II, 1888, p. 161. — Vergl. auch Katzer, Beitrag zur Kenntnis des älteren Paläozoikums im Amazonasgebiete. Sitzber. d. kgl. böhm. Ges. d. Wissensch., 1896, XXIX, p. 5.

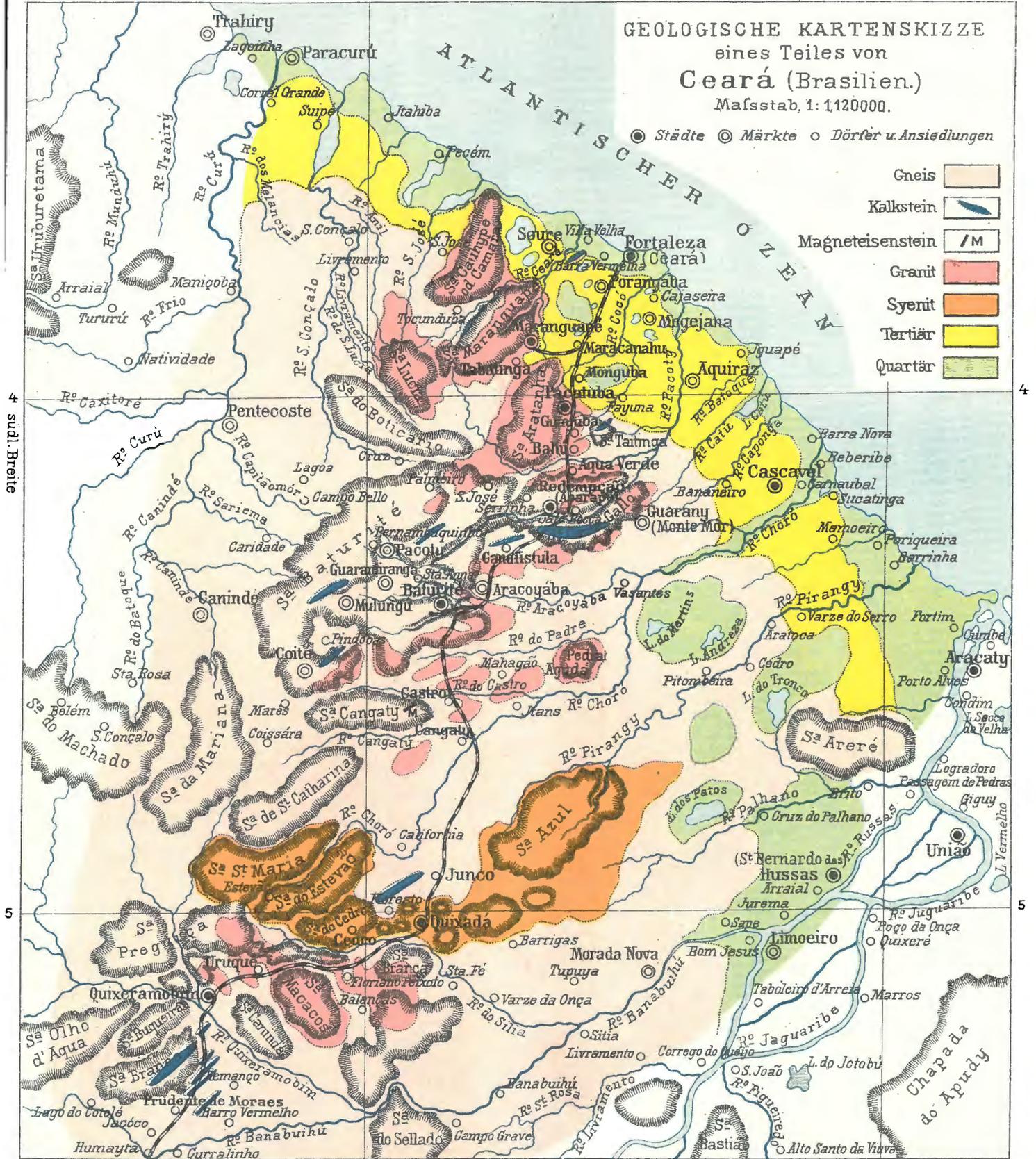
² Geologie des unteren Amazonasgebietes. Leipzig 1903, p. 240.

archaischen Grundgebirge und ihrer Beziehungen zum Paläozoikum des Amazonasgebietes sein, weil sich erst daraus ein sicherer Schluß ergeben wird, ob das Archaeicum etwa auch hier wie im Südosten von Pará schon teilweise vorgefaltet war, ehe das Paläozoikum darauf zur Ablagerung gelangte, oder ob es erst mit diesem zusammen einheitliche Störungen erfuhr und welcher Art diese waren. Die so gut wie vollständige Unkenntnis der paläozoischen Ablagerungen in den drei genannten Küstenstaaten Nordostbrasilien ist eine von den bedauerlichsten Lücken des heutigen Wissens von der Geologie Südamerikas.

Auf die Orographie des behandelten Teiles von Ceará äußert das gleichmäßig anhaltende Schichtenstreichen einen sehr geringen Einfluß, da nur die Hauptrichtung der Serra de Baturité dadurch vorgezeichnet zu sein scheint, aber auch diese ausgedehnte Serra kein einfaches Kammgebirge ist. Die meisten anderen Gebirge verdanken ihre Entstehung ganz oder teilweise verwitterungsbeständigen Eruptivmassen und sind in ihrer Verteilung sowohl als in ihrer Gestaltung von den Lagerungsverhältnissen der benachbarten Schichtgesteine völlig unabhängig. Allenfalls ist die Berg- und Gebirgsausbildung in Ceará vielmehr durch die wechselnden Erosionsbetätigungen als durch tektonische Ursachen bedingt.



GEOLOGISCHE KARTENSKIZZE
eines Teiles von
Ceará (Brasilien.)
Mafsstab, 1: 1120000.



39 westl. Länge v. Greenwich

Lith. Anst. Th. Benneworth, Wien.