

V. Die Gesteine der Ruinenstätte von Tiahuanaco im alten Peru (Bolivia).

Von Dr. W. Bergt.

(Mit Tafel II.)

A. Stübel's und M. Uhle's Werk: Die Ruinenstätte von Tiahuanaco*) erörtert auf S. 40—43 des Textes das zu den alten Bauwerken von Tiahuanaco verwendete Steinmaterial und tritt insbesondere der Frage nach dessen Herkunft näher. Da bei dem archäologischen Charakter des genannten Werkes den petrographischen Verhältnissen der Gesteine nur ein enger Raum gegönnt werden konnte, schien dem Verfasser eine besondere und eingehendere petrographische Darstellung nicht ungerechtfertigt. In Bezug auf genauere Schilderung der örtlichen Verhältnisse der Ruinenstätte, der Bauwerke, deren Geschichte und Deutung muss auf das Werk selbst verwiesen werden. Nur einige kurze Bemerkungen mögen dem eigentlichen Gegenstand als Einführung dienen.

Auf dem rauhen bolivianischen Hochland, in einer Lage, deren nähere Umgebung jeglichen landschaftlichen Reizes entbehrt, befindet sich ungefähr 20—25 km vom Südende des Titicacasees entfernt, zwischen baumlosen Grassteppen in 3897 m Höhe das von Aimará-Indianern bewohnte Dorf Tiahuanaco. Seine räthselhaften grossartigen Ruinen auf der öden, sturmdurchbrausten Hochebene, inmitten einer heruntergekommenen Bevölkerung, Ruinen, von denen man nur weiss, dass sie schon in der Blüthezeit der Inkaherrschaft verfallen, prähistorisch waren, sind weit und breit berühmt geworden und haben von jeher das Interesse der Reisenden gefesselt.

Die Umgebung Tiahuanaco's zeigt zwei solcher Ruinenstätten, zwei Ruinengruppen. Die eine, grössere liegt östlich 1 km vom Dorfe entfernt, nimmt einen Flächenraum von etwa 10 Hektaren ein und besteht aus dem Berg „El Cerro“, der mit bearbeiteten Steinblöcken bedeckt ist; aus einer grösseren Steinumzäunung von Ak-Kapana, zwei kleineren „El Palacio“ und „El Templo“; aus Mauerresten, unter dem Namen „El Baño del Inca“ bekannt; einem grösseren und einem kleineren Monoliththor; aus einer grossen ausgearbeiteten Steinplatte, die als Opferstein bezeichnet wird.

*) Die Ruinenstätte von Tiahuanaco im Hochland des alten Peru. Eine kulturgeschichtliche Studie auf Grund selbständiger Aufnahmen. Breslau 1892. Berichte in: Globus, LXIV, No. 1, S. 5—10, mit Wiedergabe einiger Abbildungen; Verhandl. d. Ges. für Erdkunde Berlin, XX, 1893, No. 4, S. 247—249; Petermann's Mitth., 1893, Heft 9, S. 131—132.

Die zweite Ruinenstätte, Pumapungu, liegt südlich vom Dorfe Tiahuanaco, ungefähr $1\frac{1}{2}$ km südwestlich von der ersten, und bedeckt etwa einen Hektar. Den merkwürdigsten Theil derselben bilden Reste von Steinbauwerken; zerstreut liegende ganze oder zerbrochene Blöcke, welche nach Form, Bearbeitung und Grösse eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit zeigen; ferner Trümmer von monolithischen Thoren, plattenförmige Steine; eine grosse Zahl kleinerer, regelmässig bearbeiteter Steine u. a. m. Unverkennbar ist namentlich hier, dass die geplanten Bauwerke nie fertig geworden sind. Allem Anschein nach wurde die Baustätte schon verlassen zu einem Zeitpunkte, als erst einige mächtige Baustücke dem Plane gemäss angeordnet waren, während andere zahlreiche Baustücke noch wirr durcheinander lagen.

Petrographisches.

Von diesen Ruinenstätten waren 26 Gesteinsproben zu untersuchen und zwar 7 von fertigen Bauwerken und bearbeiteten Blöcken, 19 von unbearbeiteten Blöcken, welche offenbar noch als Bausteine dienen sollten. Ihrer petrographischen Natur nach sind es:

- Andesite verschiedener Ausbildung,
- Dacit,
- Quarz-Propylit (oder Porphyrit?),
- Quarzporphyr,
- Thonschiefer (Halbphyllit),
- Porphyrtuff,
- Sandsteine,
- Conglomerat (sogen. Trümmerporphyr).

Da die Andesite besonders in ihrem Aeusseren sehr verschieden von einander sind, seien sie einzeln betrachtet und nach der Bedeutung, welche sie bei den Bauwerken haben, angeordnet.

Tridymitreicher Biotit-Pyroxenandesit bildet das architektonisch schönste und künstlerischste Bauwerk, das grosse Monoliththor von Ak-Kapana (3 m hoch, 3,82 breit und 0,42—0,48 dick).

Es ist ein hellgraues, feinporöses, scheinbar feinkörniges Gestein. Die porphyrische Struktur offenbart sich erst unter dem Mikroskop deutlich, weil die durchschnittlich 1 mm grossen Feldspäthe wegen ihrer hellen Farbe aus der Grundmasse makroskopisch nicht hervortreten, nur hie und da durch Aufblitzen der Spaltungsflächen sich bemerkbar machen. Als dunkle Gemengtheile erkennt man mit der Lupe Augit und Biotit. Mehr in die Augen fallen dagegen reinweisse, die Grösse von 1 mm selten überschreitende kugelige Gebilde, welche namentlich in den Hohlräumen angetroffen werden und sich unter dem Mikroskop als Tridymitaggregate herausstellen. Mikr.: In der wolkig getrübbten Grundmasse sind Augit, Biotit, Plagioklas, vereinzelt braune Hornblende porphyrisch ausgeschieden. Den makroskopisch erkennbaren Tridymitaggregaten fügt das Mikroskop noch zahlreiche kleine Nester und Anhäufungen desselben Minerals hinzu, so dass dieser Andesit als sehr tridymitreich bezeichnet werden muss.

Die Grundmasse, grau und bräunlich wolkig, an sehr dünnen Stellen des Präparates farblos durchsichtig, besteht aus winzigen Leisten und

Körnchen von Feldspath und schwarzem Erz. Ausser einzelnen Apatit-säulchen beteiligt sich weder Augit noch Glimmer an der Zusammensetzung der Grundmasse und es herrscht zwischen dieser und den porphyrischen Ausscheidungen, obgleich dieselben auch geringere Ausdehnung zeigen, ein ausgesprochener Gegensatz. Glas kann wegen der Trübung nicht festgestellt werden; seine Anwesenheit ist aber anzunehmen, zumal da es sich als Einschluss in den porphyrischen Feldspäthen findet.

Die letzteren sind klar, Zwillingsstreifung kennzeichnet sie gut als Plagioklase. Undulöse Auslöschung und Schalenbau kommen vor, sind indessen nicht häufig. Einschlüsse können gänzlich fehlen oder besonders in den grösseren Krystallen reichlich vorhanden sein. Der Pyroxen, ölgrün, wenn pleochroitisch ölgrün und röthlich oder gelbbraunlich, zeigt in den Querschnitten meist gute und scharfe Begrenzung durch $\infty P. \infty P \infty. \infty P \infty (110) (010) (100)$ und nicht selten einfache Zwillinge nach $\infty P \infty (100)$. Auch gute Endbegrenzung kam zur Beobachtung. Einschlüsse von Magnetisen, Apatit und Glas kann er recht reichlich beherbergen. Quergegliederte, mit fahlen Farben polarisirende, an Hypersthen erinnernde Säulen gehörten wegen ihrer schiefen Auslöschung ebenfalls dem monoklinen Augit an. Der Tridymit tritt nur in den bekannten dachziegelähnlichen Aggregaten auf.

Pyroxen-Andesit, olivinhaltig. Bearbeiteter Block vom „Cerro artificial“ bei Tiahuanaco.

Es ist ein schmutzig hell- bis satt mäusegraues, körnig-dichtes Gestein, an dem spärlich dunkle, kaum 1 mm grosse Mineralkörner schwer sichtbar sind. Dagegen treten zerstreute, bis 7 mm grosse, rissige Quarze deutlich hervor. Runde Löcher, die namentlich auf der bearbeiteten und roh geglätteten Fläche des Probestückes zahlreicher vorhanden sind, rühren jedenfalls von herausgebrochenen Quarzen her.

Das mikroskopische Bild überrascht durch seinen Reichthum an Magnetitanhäufungen, welche entweder unregelmässig rundlich gestaltet sind oder sich durch ihre geradlinigen Grenzen als Pseudomorphosen nach einem anderen Mineral zu erkennen geben. Das letztere ist, nach der langen Säulenform und wenigen leidlichen Querschnitten zu urtheilen, Hornblende. Reste derselben konnten erst nach längerem Suchen in der Mitte zweier solcher Pseudomorphosen entdeckt werden. Körner von lichtgrünlichem bis fast farblosem Augit, welche mit den Magnetitaggregaten vergesellschaftet sind, verdanken ihre Entstehung wohl der Umschmelzung der Hornblende, während grössere, der Magnetitumsäumung entbehrende und krystallographisch gut begrenzte Körner dieses Minerals intratellurische Ausscheidungen sind. Der schiefen Auslöschung nach ist er monoklin, zuweilen recht rissig, neben einheitlichen Individuen kommen Körneraggregate vor.

Porphyrischer Feldspath fehlt nicht ganz, wenn er auch recht selten erscheint.

Die Grundmasse ist farblos und besteht aus einem Gewirr einfach verzwillingter, zuweilen fluidal angeordneter winziger Feldspathleisten und dicht gesäeten, fast farblosen, grünlich schimmernden Augit- und schwarzen Erzkörnchen. Zwischen den Grundmassenfeldspäthen sind wohl zarte farblose Glashäute anzunehmen, wenn deren Gegenwart auch nicht festgestellt werden konnte. Recht reichlich ist ferner Rutil in gelbbraunen,

stark lichtbrechenden Säulchen und Körnern vorhanden. Quarz kam im Präparat nicht zur Beobachtung. Die lose Verbindung desselben mit der Gesteinsmasse, welche ihn so leicht herausfallen lässt, ferner der Umstand, dass zwischen ihm und der Gesteinsmasse oft ein schmutzig braunes oder grünliches Häutchen angetroffen wird, macht es wahrscheinlich, dass er dem Gestein eigentlich nicht zugehört, sondern mechanisch aufgenommen ist, eine Erscheinung, die auch anderwärts bei Andesiten beobachtet wurde. (Siehe Zirkel, Petrogr. II, 602).

Olivin trat in dem einen Präparat sehr spärlich, in einem anderen wieder reichlicher auf. Er bildet frische, farblose, nur selten auf den Sprüngen durch Eisenoxyd roth gefärbte unregelmässige Körner.

Der eben geschilderte Andesit scheint zu einem wohl charakterisirten Typus zu gehören, welcher in den südamerikanischen Anden weitere Verbreitung besitzt. Mit denselben Eigenschaften ausgerüstete Andesite: mäusegraue Farbe, dicht, ohne porphyrische Ausscheidungen, mit zerstreuten, wahrscheinlich Fremdlingsquarzen, Reichthum an Magnetitpseudomorphosen, Olivinegehalt, Rutilreichthum in der Grundmasse, sind mir bekannt aus dem Rio Paez bei Huila in Columbien, von der Ebene zwischen Ibaqué und dem Rio Gualantai, ferner aus dem Rio Coello ebenfalls in Columbien.

Quarzführender Amphibol-Andesit (Dacit?), grob porphyrisch. Lose Blöcke auf der Ruinenstätte.

Das etwas bröckelige, rauhe Gestein ist durch zahlreiche glasige, rissige, im Mittel 3—5 mm, häufig auch 7 mm messende Feldspäthe ausgezeichnet, welche sich mit ihrer weissen Farbe scharf aus der dunkelgrauen Grundmasse herausheben und das Aussehen des Gesteines beherrschen. Ihre Durchschnitte sind meist rundlich, kurzrechteckig, seltener lang- und schmalrechteckig. Sie liegen in einer zerstreut porösen dunkelgrauen Grundmasse, welche kleinere schwarze Hornblendesäulen und Biotittafeln reichlich enthält.

Die Aehnlichkeit dieses Gesteines mit einem in Südamerika häufigen Dacittypus, z. B. mit dem Dacit von Il Barca, Cerros de Sillota, Cerro Chimsachata*) veranlasste, da porphyrischer Quarz zunächst zu fehlen schien, auch mikroskopisch nicht bemerkt wurde, eine genaue Besichtigung der beiden zur Verfügung stehenden Handstücke, und wirklich wurden ganz vereinzelte röthliche porphyrische Quarze gefunden. Es liegt so die Möglichkeit vor, dass unser Gestein ein zufällig quarzarmes Stück eines typischen Dacites ist.

Die Grundmasse erweist sich unter dem Mikroskop als ein farbloses Glas, welches aber von winzigsten farblosen und grünlich schimmernden Mikrolithen (0,003 mm) so dicht erfüllt ist, dass sie grauwoelig erscheint. Darin sind spärlich kleine braune Hornblenden und Feldspäthe zweiter Generation eingebettet, letztere gern kurzrechteckig und quadratisch. Rundliche sphärolithartige Gebilde heben sich von der helleren Grundmasse durch ein etwas dunkleres Grau ab, zeigen aber keine Sphärolithstruktur, sind dickwoelig ohne Einwirkung auf polarisirtes Licht und stellen wahrscheinlich mikrofelsitische Umwandlungsprodukte der Glasbasis

*) Beschrieben von F. Rudolph: Beitrag z. Petrogr. der Anden etc. Tscherm., Min. Petr. Mitth. IX, 269—317.

dar. Gleiche Dinge beschreibt Rudolph S. 291. Porphyrisch ausgeschieden finden sich (ausser Feldspath) an erster Stelle Hornblende, gelbbraunschwarz, in langen schmalen Säulen und dickeren Krystallen ohne Opacitrand; wenig Biotit, dunkelbraun-hellgelb. Der letztere zeigt vorzügliche Stauchungen, Biegungen, die nebst örtlichen Flusserscheinungen, lang ausgezogenen, gebogenen Blasen im Gesteinsglas ihr Dasein Bewegungen im flüssigen Magma verdanken dürften.

Oelgrüner, monokliner Augit ist nur spärlich vorhanden und spielt die Rolle eines Uebergemengtheiles.

Der porphyrische Feldspath zeigt scharfe krystallographische Umrise oder infolge nachträglichen Abschmelzens runde Gestalten, wie sie sonst dem Quarz eigen sind. Auffällig ist an ihm zuweilen fleckiges oder streifenweises Polarisiren, welches gleichsam die polysynthetische Verzwilligung in unvollkommener Weise, ohne scharfe Grenzen und Nähte nachahmt. An schönen farblosen Glaseinschlüssen mit Blase ist er ausserordentlich reich. Zonenstruktur kommt häufig erst zwischen gekreuzten Nicols zur Erscheinung. Eine Bestimmung des specifischen Gewichtes mittels Thoulet'scher Lösung ergab für einen kleineren, aber nicht unbedeutlichen Theil des angewandten Feldspathes das mittlere Eigengewicht von 2,655, was einem Kalknatronfeldspath der Oligoklasreihe — für den grösseren Theil 2,682, das einem der Andesinreihe entspricht.

Quarz kam im Schliff nicht zur Beobachtung. An Erz ist das Gestein arm. Neben wenigen Magnetitkörnchen bleibt nur noch Apatit in scharfen Säulchen zu erwähnen.

Biotit-Amphibolandesit, augitführend, grob porphyrisch. Lose Blöcke auf der Ruinenstätte.

Dieser Andesit, äusserlich trachytähnlich, hellgefärbt, rauh, feinporös, sehr bröckelig, stellenweise mit bimssteinartiger Grundmasse, zeichnet sich wie der vorige durch seinen Reichthum an grossen weissen glasigen, häufig schon makroskopisch deutlich gestreiften Feldspäthen aus, welche durchschnittlich 5 und 6 mm, aber auch 10 und 12 mm messen, aus der hellgrauen Grundmasse aber weniger hervortreten, als dies bei dem Dacit der Fall ist. Der Grundmasse sind reichlich 2—3 mm grosse, ausnahmsweise 5 mm erreichende Hornblendesäulen und Glimmerblättchen eingebettet.

Unter dem Mikroskop erweist sich die Grundmasse als ein farbloses reines Glas, das stellenweise Flusserscheinungen vorzüglich zeigt, zu stark gewundenen und gebogenen Faden ausgezogen und dann dicht mit Blasen erfüllt ist. Kleinere Feldspäthe, Hornblenden und Augite zweiter Generation sind eingestreut, aber so, dass das reine Glas vorwaltet. Neben brauner Hornblende, zuweilen durch Einlagerung winziger Körnchen dunkel gefärbt, und Biotit in wohlbegrenzten Krystallen ist ein fast farbloser monokliner Augit, der gern mit Hornblende primär verwachsen auftritt, so reichlich vorhanden, dass man von einem Biotit-Pyroxen-Amphibolandesit reden könnte. Die porphyrischen Feldspäthe scheinen hier basischer zu sein als im vorigen. Bei dem specifischen Gewichte der Oligoklasreihe fielen in der Thoulet'schen Lösung nur wenige Körnchen, der weitaus grösste Theil bei dem der Andesinreihe und zwar bis zur Grenze nach dem Labradorit hin.

Biotit-Amphibol-Andesit, augitreich, kleinporphyrisch, dunkelgrau. Lose Blöcke bei den Ruinen.

Dunkelgraue, krystallreiche, kompakte Gesteine mit zahlreichen, 3 mm erreichenden weissen und dann wenig hervortretenden, an einem anderen Handstück gelblichen und dann schärfer sich heraushebenden Feldspäthen, schwarzen Hornblendesäulen, 2—3 mm, auch 6 mm, vereinzelt Biotitblättchen.

Mikr.: In einer an farblosen und grünlich schimmernden Mikrolithen (Trichiten) reichen, selbst farblosen Glasbasis liegt eine zweite Generation Feldspath, Hornblende, lichter Augit und zerstreute Erzkörnchen, die beiden ersten in krystallographisch wohl begrenzten Kryställchen, aber so, dass sich Basis und individualisirte Substanz in Bezug auf Menge das Gleichgewicht halten.

Die porphyrischen Feldspäthe erster Generation zeigen neben langrechteckiger häufig mehr quadratische Form bei sehr scharfer krystallographischer Begrenzung. Zonale Struktur ist sehr schön entwickelt, oft durch Glas- und andere Einlagerungen erkennbar, wobei sich häufig die Gestalt ändert, die äusseren Schalen andere Form haben als die inneren. Unter den mit Bläschen versehenen Glaseinschlüssen fallen chocoladebraune auf; netz- und maschenförmige Einlagerung von dunkeltem, gekörneltem Glas, central, randlich, zonenförmig angeordnet, oder den ganzen Krystall erfüllend, kann hier gut studirt werden.

Der vorwaltende dunkle Gemengtheil erster Generation ist braune, stark pleochroitische Hornblende in schlanken oder dicksäulenförmigen Krystallen, Biotit tritt ihr gegenüber etwas zurück; ölgrüner Augit spielt wie im vorigen kaum mehr die Rolle eines Nebengemengtheiles.

Biotit-Amphibolandesit, augitreich, kleinporphyrisch.

Hellgrau, trachytähnlich, ärmer an porphyrischen Ausscheidungen als die vorigen, wenig hervortretende 1,5—2 mm grosse Feldspäthe, nicht eben zahlreiche Hornblendesäulen, 1—2 mm gross, ausnahmsweise 7 mm, und Biotitblättchen.

Das eine Handstück ist feinporös, ein anderes kompakt mit etwas mehr hervortretenden weissen kleinen Feldspäthen und reicher an Hornblende. Im ersten Gestein waltet die an winzigen Mikrolithen reiche, an porphyrischen Krystallen zweiter Generation arme, farblose Glasbasis vor. Im zweiten dagegen ist die gleichbeschaffene Glasbasis reich an kleinen Feldspäthen, Hornblenden, auch Pyroxen. Im Uebrigen gleichen diese beiden Andesite den vorigen, sind erzarm, der Feldspath zeigt seltener Zonenstruktur, reinere, von Einlagerungen freiere Substanz.

Biotit-Amphybolandesit, augitreich. Lose Blöcke bei den Ruinen.

Licht schmutzig gelblich-grau, feinporös, wie zerfressen aussehend. Reich an kleineren, wenig hervortretenden gelblichen Feldspäthen, schwarzen, noch erkennbaren Hornblenden, Biotitblättchen, lichtgrünen Augitssäulchen.

Dieser Andesit unterscheidet sich von den übrigen dadurch, dass die farblose Glasbasis von wirr durcheinander liegenden, wie kurze Haare aussehenden Mikrolithen erfüllt ist. Letztere zeigen bei stärkerer Vergrösserung verschiedene Form. Sie werden mit einem grünlichen Schein durchsichtig, sind stark lichtbrechend, darum scharf und dunkel begrenzt, haben lange nadelförmige Gestalt, sind gerade oder gekrümmt; endlich können sie durch Einschnürungen gegliedert sein oder sich in einzelne

hintereinander liegende Körnchen auflösen und dann ebenfalls eine gerade oder krumme Linie bilden (Margarite).

Die Basis enthält ausserdem zerstreute Erzkörner, Hornblende, Augit, Biotit und Feldspath zweiter Generation in kleineren Körnern und Krystallen. Der glasige porphyrische Feldspath zeigt mehr eine feine, scharfe Lamellirung nach dem Albitgesetz oder nach dem Albit- und Periklingesetz zugleich. Aber auch die schon genannten Eigenschaften finden sich an ihm: durch huschende Auslöschung kenntlicher sprungloser zonaler Aufbau, vorzüglich entwickelter Schalenbau mit oder ohne zonal angeordneten Einlagerungen, zonale Umwachsung ursprünglich getrennter benachbarter Krystalle, netzförmiges Erfülltsein von braun gekörneltem Glas, das nur Theile oder den ganzen Krystall einnimmt, wobei einschlussfreie Randzonen zuweilen optisch abweichend orientirt sind als das glaserfüllte Centrum.

Die dunkelen Mineralien, braune Hornblende, stark pleochroitischer Biotit, ölgrüner monokliner Augit, etwas pleochroitisch, zuweilen reich an Einschlüssen, alle drei frisch und unzersetzt und ohne Magnetitrand, scheinen in gleicher Menge betheilig zu sein, höchstens tritt Augit etwas zurück. Das Gestein ist ebenfalls erzarm. Apatit bildet recht grosse Nadeln.

Pyroxen-Andesit, schwarz, kleinporphyrisch, glasreich. Lose Blöcke bei Tiahuanaco.

Dieser Andesit besitzt äusserlich Aehnlichkeit mit dem Pyroxen-Hornblende-Andesit vom Sajamo (Rudolph). In einer schwarzen, pechglänzenden, dicht- und feinporösen schlackigen Grundmasse liegen regelmässig verstreut zahlreiche, weisse blitzende Feldspathleisten von 1—1,5 mm, seltener 2—3 mm Länge; mit der Lupe bemerkt man hellgrüne Augitsäulen von derselben Ausdehnung.

Unter dem Mikroskop ergibt sich ein vorwaltendes chocoladenbraunes Glas mit hellen und dunkelen, wenig ausgeprägten Schlieren und zahlreichen, oft langgestreckten schlauchförmigen Blasen als Grundmasse. Sie enthält keine Feldspäthe, wohl aber Hornblenden zweiter Generation, wenn auch in geringer Menge.

Der Augit bildet meist schlanke Säulen, Körner und grössere Aggregate, zeigt schöne fast regelmässige achteckige Querschnitte [$\infty P. \infty P \infty. \infty R \infty$ (110) (100) (010) im Gleichgewicht], schiefe Auslöschung bis 44° , scharfe Spaltrisse nach ∞P , ölgrüne Farbe, wenn pleochroitisch, ölgrün und lichtröthlich, Einschlüsse von Apatit, Magneteisen, braunem Glas.

Biotit und Hornblende tauchen bei genauerer Betrachtung des Präparates häufiger auf, als man Anfangs meint; ihre in gewissen Stellungen der Glasbasis gleiche Farbe hält sie dem Auge verborgen.

Die porphyrischen Feldspäthe zeichnen sich durch massenhafte Einlagerungen aus. Neben einzelnen röthlichen Glaseinschlüssen mit Blasen und Kryställchen finden wir sie ganz durchsetzt mit dem Grundmassenglas, so dass ein Durchschnitt maschiges Aussehen besitzt; es bleibt dabei ringsherum ein schmaler Rand frei oder das Centrum kann dieser Dinge entbehren und von da nach den Grenzen des Krystalles häuft sich die braune Substanz an.

Quarz-Amphibol-Propylit (Quarz-Dioritporphyrit?). Lose Blöcke auf der Ruinenstätte.

Das Gestein hat porphyritisches Aussehen. In einer grünlich-schwarz-grauen dichten, vorwaltenden Grundmasse sind bis 10 mm grosse weisse glasige, an einem anderen Handstück getrübe weisse oder röthlich gefärbte Feldspäthe, und hier zahlreicher als im ersten ausgeschieden, Quarz in zuweilen recht schönen abgerundeten Doppelpyramiden bis 8 und 10 mm, dunkle Biotitblättchen. An einem Handstück fanden sich Bruchstücke (30 mm lang) von säulenförmigen Krystallen eines fleischrothen Feldspathes.

Mikr.: Die Grundmasse ist scheinbar holokrystallin, besteht aus meist verzwilligten Feldspathleisten (0,015 lang), einzelnen lückenausfüllenden Quarzkörnern, langen gebleichten Hornblendenadeln und reichlichen schwarzen Erzkörnern. In fortgeschrittenerem Zersetzungszustand wird sie grauwoelig verhüllt und von Chlorit, Hämatit und ferritischem Staub erfüllt. Auch die porphyrische Hornblende ist meist in Chlorit, serpentinige Substanz und Rotheisen zersetzt, während der Biotit frische Beschaffenheit aufweist.

Der porphyrische Quarz enthält schöne Glaseinschlüsse mit Blase oder gekörneltes Glas. Ihn umsäumen zuweilen schmale Kränze von Kalk, der in secundären Fetzen auch in der Grundmasse auftritt.

Der Feldspath ist sehr rein, ohne Einschlüsse, nur vom Rand herein und längs der Sprünge körnig getrübt. Die grossen Krystalle werden meist nur von wenigen Einzelindividuen zusammengesetzt. Als Nebengemengtheile sind zu erwähnen: Apatit, der in grossen Säulen vorkommt; Zirkon; Titanit in fast farblosen, schwachgelblichen spitzrhombschen Kryställchen. Von diesem Mineral kam auch ein sehr hübscher, schwalbenschwanzförmiger Zwilling, also entgegen den bisherigen Angaben, mit ein- und ausspringenden Winkeln zur Beobachtung. (Rosenbusch, Mikr. Phys., 2. Aufl., I, 500; Zirkel, Petrogr. I, 408.) Eine Verwechslung mit Epidot, welcher ähnliche Zwillinge [nach $\infty P \infty (100)$] bildet, ist hierbei wegen der für Titanit charakteristischen Eigenschaften ausgeschlossen.

Quarzporphyr, glimmerreich.

Das Gestein besitzt eine hellbläulich- bis violett-graue dichte Grundmasse, in der sehr zahlreiche, bis 10 mm grosse gelbliche oder rostgelbe trübe Orthoklase, seltener noch frische und glänzende Feldspäthe, ebenso grosse Quarze in geringerer Menge, dagegen sehr reichlich bis 4 mm grosse schwarze Biotitkrystalle eingelagert sind. Ausnahmsweise erreicht der Orthoklas noch grössere Ausdehnung. An einem der Handstücke fand sich ein 27 mm langes, 10 mm dickes Bruchstück eines modellgleichen, nach c säulenförmigen, im Querschnitt sechseckigen, von $\infty P. \infty R \infty$ begrenzten Krystalles. Ein anderes Probestück lässt auf ziemliche dünnplattige Absonderung des Gesteines schliessen.

Im Mikroskop gewahrt man eine helle, von wenigen Erzkörnchen, braunen Glimmerblättchen und -fetzen, von dunklem, feinem Staub durchspickte Grundmasse, welche bei gekreuzten Nicols holokrystallin, aus Körnchen von Quarz und unverzwilligten Feldspath besteht, also mikrogranitisch ist.

Der Staub löst sich bei stärkerer Vergrösserung in bräunlich durchscheinende Hämatitkörnchen auf. Am porphyrischen Quarz herrscht rundliche Umgrenzung vor. Seine Substanz ist ausserordentlich rein, Glaseinschlüsse wurden nicht beobachtet, Flüssigkeitseinschlüsse nur einzeln

und zerstreut, aber dann ziemlich gross und schlauchartig ausgezogen mit stehender Libelle. Auch von Rissen ist er frei. Der Feldspath löscht vorwiegend gerade aus, ist unverzwilligt, oder einfach nach dem Karlsbader Gesetz. Gestreifter Plagioklas fehlt nicht. Seine Substanz ist reiner und frischer als man nach dem makroskopischen Aussehen erwarten sollte. Die gelbe Färbung rührt von Eisenrost her, der auf Spalten eingedrungen ist.

Der Biotit, stark pleochroitisch, grünbraun-hellgelb, ist frisch oder infolge Zersetzung faserig geworden und schliesst dann Rostballen ein, um welche sich die Glimmerfasern herumwinden. Auch ziemlich grosse Rutilen beherbergt er. Apatit beobachtet man häufig in scharf begrenzten sechseckigen Querschnitten. Man kommt bei diesem Gestein kaum in Versuchung, es für jungeruptiv zu halten. Sein Aeusseres, die Eigenschaften der Gemengtheile deuten auf einen noch recht frischen älteren Porphyry.

Cambrischer oder silurischer Thonschiefer, metamorphosirt, „Halbphyllit“. Zu Bildsäulen verarbeitet. Weg nach La Paz. Härte 3—4, zäh.

Dieser Halbphyllit ist ein grauschwarzes dichtes Gestein, in dem man mit blossem Auge nur zerstreute bis etwa millimetergrosse dunkle Quarze erkennt. Der Bruch zeigt eine unebene körnig-schuppige Fläche und schwache Andeutung von Parallelstruktur. Das mikroskopische Bild bietet ein dichtes Gewirre etwa 0,015 bis 0,02 mm grosser grünlich schimmernder Fetzen eines hellen Glimmers oder Sericites, welche, im Allgemeinen parallel gestellt, eine Art Fluctuationsstruktur um die porphyrischen Quarze herum erzeugen. Nur an wenigen dünnen mit diesen Dingen besäeten Stellen blickt ein mikroskopisch mittelkörniger quarziger oder äusserst feinschlammiger, adiagnostischer Untergrund hervor. Zwischen 0,01 und 0,5 mm schwankende Fetzen eines dunklen Glimmers mit den Axenfarben rothbraun und lichtröthlichgelb sind stellenweise reichlich und truppweise, anderswo spärlich eingestreut, indem sie entweder die Richtung des hellen Glimmers einhalten, sich quer dazu stellen oder keine bestimmte Anordnung besitzen. Aehnliche Verbreitung und Vertheilung bemerkt man auch am Magneteisen. Die porphyrischen Quarze sind wohl abgerollt, deutlich klastischen Ursprungs. Sie sinken von 1 mm bis zu 0,01 mm herab; ihre meist länglich-runden Körner liegen im Allgemeinen der oben erwähnten Richtung parallel. Als Einschlüsse beherbergen sie haarförmige Rutilen und mit Flüssigkeit erfüllte Poren.

Ein zweiter zu ähnlichen Zwecken verwendeter Schiefer entbehrt der porphyrischen Quarze, ist blau-schwarz, körnig dicht, zackig brechend, am Handstück ohne Schieferung, zeigt aber im Präparat dem blossen Auge eine matte Streifung, indem hellere gelbgrüne Lagen mit dunkleren wechseln. In den ersteren herrscht der quarzige Untergrund, dessen Körner etwa 0,02 mm Durchmesser besitzen, in den letzteren der hellgrüne sericitische Glimmer in parallelen Strahlen mit Erzkörnern und kohligter Substanz. Eines der Handstücke enthält einen deutlichen, aus derselben Schiefermasse bestehenden Pflanzenstengel mit langelliptischem Querschnitt (2×4 mm), an dessen Präparat keine Holzstruktur mehr bemerkt werden konnte. Der Unterschied dieses Gesteines von dem vorigen besteht darin, dass hier die klastischen Quarze, der rothe Glimmer und die schlammartigen

Partieen gänzlich fehlen; das Gestein ist vollkrystallin, besteht aus einem recht gleichmässig körnigen Pflaster von Quarz (und Feldspath, Albit?), welches von parallelen Strähnen des sericitischen Glimmers durchzogen wird.

Beide Schiefer haben ein recht ungewöhnliches Aussehen und nehmen mit ihren Eigenschaften eine Mittelstellung zwischen Thonschiefern und Phylliten ein und scheinen den von Loretz*) „Halbphyllite“ genannten Schiefer aus dem thüringischen Untercambrium ähnlich zu sein. In der That ergab eine Vergleichung von Schliffen dieser erwähnten Gesteine, welche Herr Prof. Kalkowsky freundlichst zur Verfügung stellte, grosse Uebereinstimmung. Das zuerst beschriebene Gestein mit klastischen Quarzen glich fast vollständig (Handstücke standen nicht zur Verfügung) einem solchen Halbphyllit oberhalb Masserbrück im Schwarzathal: dieselbe Textur, dieselben klastischen Quarze, der gleiche rothe Glimmer, schlammartige Partieen. Unsere zweite Art stimmte, wenn auch nicht so gut, überein mit einem als Thonschiefer bezeichneten Gestein von Oelze ebendaher.

Porphyrtuff, lose Stücke auf der Ruinenstätte von Tiahuanaco.

Grünlich-bläulich-weisses, körnig-dichtes, stark thonig riechendes Gestein. Die unter dem Mikroskop einförmig aussehende, helle, feingekörnelte Substanz wird nur durch zahlreiche Tümpelchen von Calcitfetzen unterbrochen. Wenn man das Gestein mit Salzsäure betupft, bemerkt man mittels der Lupe Bläschenbildung. Im polarisirten Licht erscheint das dunkelblaue Gesichtsfeld dicht besäet mit winzigen, unbestimmbaren hellen Punkten, welche wahrscheinlich feinst zerriebenem Quarz und Feldspath angehören; etwas verstreute grössere „porphyrisch“ eingesprengte Splitter sind als Quarz und Feldspath erkennbar. Nester gröberkörnigen Aggregates derselben Mineralien dürften Neubildungen sein.

Rother eisenschlüssiger Sandstein, aus dem die antiken Monumente angefertigt sind.

Das Gestein ist feinkörnig, von braun-violetter Farbe, ganz fein weiss gesprenkelt, dünnplattig, besitzt flachmuscheligen Bruch, auf dem Querbruch feine undeutliche Parallelstruktur und durch dunklere Streifen blasse Farbenunterschiede. Die durchschnittliche Korngrösse mag 0,08—0,1 mm betragen; kleinere und grössere Fragmente sind häufig. Den Hauptantheil nimmt der Quarz mit klaren, mehr oder weniger abgerundeten und eckigen Körnern, darnach trüber unverzwilligter Feldspath; auch Plagioklase, welche die mehrfache Streifung noch gut zeigen, finden sich eingestreut. Als Gesteinsbruchstücke können einige wenige trübe, mit Magneteisen erfüllte Partieen gedeutet werden. Calcit in seltenen Fetzen, chloritische Nester, vereinzelt Apatite und eine einsame abgerollte Hornblende sind die noch zu erwähnenden Bestandtheile. Rothes und braunes Eisenoxyd und -hydroxyd durchdringen als feiner erdiger Staub namentlich die Feldspäthe, füllen in braunen undurchsichtigen Massen die Zwischenräume aus und umkleiden als feine Häute fast alle Körner des Sandsteines.

Gelbbrauner quarzitähnlicher Sandstein, lose Stücke bei den Ruinen.

*) H. Loretz: Beitrag zur Kenntniss der cambrisch-phyllitischen Schieferreihe in Thüringen. Jahrb. preuss. geol. Land. A., 1881, 175—257.

Dieses leberbraune, auf frischem Bruche unbestimmt hellgefleckte Gestein steht wegen seiner Härte, Dichte und Festigkeit manchen Quarziten nahe. Die genannten Eigenschaften haben ihren Grund darin, dass Quarz bedeutend vorwiegt und dass seine Körner dicht aneinander liegen, Feldspath und Bindemittel zurücktreten. Die Sandsteinnatur zeigt sich aber in der durchaus klastischen, abgerollten Natur der Elemente. Recht reichlich sind Apatit, Zirkon, Rutil vorhanden zum Unterschied vom vorigen Sandstein; auch Turmalin wurde in mehreren grünen, stark pleochroitischen Krystallbruchstücken beobachtet. Ganz dünne chloritische und sericitische Häute legen sich um die ziemlich gleichmässig 0,12 grossen Gesteins-elemente, selten nur ferritische Substanz.

Porphyrähnliches festes Conglomerat, sog. „Trümmerporphyr“, lose Stücke bei den Ruinen.

In der feinkörnigen, schwarzgrauen „Grundmasse“ dieses festen porphyrähnlichen Gesteines liegen zahlreiche fleischrothe, weisse und gelbe Körner von Feldspath und Quarz in allen Grössen zwischen 1 und 10 mm. Dieselben erweisen sich bei genauerem Zusehen, so sehr sie im Bruch das Aussehen porphyrischer Krystalle haben, als wohlabgerundete Gerölle und im Mikroskop offenbart sich sofort die klastische Natur des Gesteines. Grössere Körner von Quarz, getrübt Orthoklas, feingestreiftem Plagioklas, ausgezeichnetem Mikroperthit, rothe und grüne Gesteinsbruchstücke mit zum Theil deutlich porphyritischem Habitus werden durch kleinere Körner derselben Mineralien verkittet. Die Pseudogrundmasse ist nur in schmalen Strängen zwischen den ersteren vorhanden, bildet allerdings zuweilen grössere Nester.

Alle die grossen und kleinen Gesteinselemente werden von Häuten grüner chloritischer, weisser muskovitischer und sericitischer, selten von rother und schwarzer ferritischer Substanz umzogen, welche sich, namentlich die beiden ersten, ebenfalls in Ecken und Winkeln anhäufen können. Die Quarze sind bemerkenswerth wegen der massenhaften Einlagerung eines schwarzen Staubes, der oft bei 550facher Vergrösserung erst erkennen lässt, dass er aus Flüssigkeitseinschlüssen mit beweglicher Libelle besteht. Auch die haarähnlichen Rutil kommen häufig vor und huschende Auslöschung beobachtet man oft.

Während die Orthoklase getrübt und mit farblosem Glimmer erfüllt sind, zeigen die Plagioklase, mehr noch die Mikroperthite, frisches Aussehen.

Verwendung der Gesteine bei den Bauwerken.

(Nach H. Stübel und M. Uhle, Ruinenstätte von Tiahuanaco.)

Neben den andesitischen Gesteinen, welche besonders für Werke verwendet worden sind, denen eine höhere technische Vollendung gegeben werden sollte, hat sich den Baumeistern von Tiahuanaco in dem rothen Sandstein ein sehr brauchbares Material dargeboten. Derselbe war nicht nur weit leichter zu bearbeiten als die andesitischen Laven, sondern eignete sich auch durch die der Masse eigenthümliche Schichtung ganz vorzüglich zur Herstellung grosser Platten. Zur Anfertigung kleiner Bildsäulen wurde, wie es scheint, vorzugsweise der Halbphyllit benutzt, so zu einer Bildsäule „El Fraile“, welche etwa 1,80 m lang ist und in der Ebene östlich

vom Berge „El Cerro“ an einem durch die Ruinen führenden Wege liegt. Trotzdem ist nicht eine bestimmte Art der Gegenstände regelmässig aus einem und demselben Gestein verfertigt, vielmehr giebt sich hierin ein sehr willkürlicher Wechsel kund.

Die Pfeiler der Einzäunung von Ak-Kapana bestehen wohl sämmtlich aus Sandstein, ebenso die Mauerreste vom Berge bei Ak-Kapana und die Steine der Plattform von Pumapungu. Andererseits sind die monolithischen Thore mit Ausnahme eines Sandsteinthores aus Blöcken andesitischer Lava gemeiselt. Die architektonischen Blöcke bestehen theils aus Andesit, theils aus Sandstein.

Herkunft der Gesteine.

(Mit wörtlicher Benutzung des Textes von A. Stübel und M. Uhle.)

Die Frage nach der Herkunft der Gesteine auf der Ruinenstätte von Tiahuanaco hat schon frühere Besucher und Schilderer beschäftigt. Denselben war bekannt, dass Gesteine, wie sie auf der Ruinenstätte gefunden werden, in der unmittelbaren Umgebung nicht anstehend zu treffen sind. Sie sahen sich daher genöthigt, den Ursprungsort in grösserer Entfernung zu suchen. Cieça (La Chronica del Peru, 1554, Cap. 105) hat darauf hingewiesen, dass es hier keine Steine giebt und dass die Herbeischaffung mit grossen Schwierigkeiten verbunden gewesen sein muss. Aehnliche Angaben finden sich in den beiden „Relaciones“, welche aus dem Jahre 1586 stammen. Bemerkenswerth ist dabei die in der „Relacion de la Ciudad de la Paz“ zugefügte Notiz, dass auch die alten Leute unter den Indianern die Fundorte der Gesteine nicht anzugeben wussten, unrichtig jedoch die Angabe von Polo de Ondegardo bei Markham, Narratives 1873 (p. 171), dass das Material der Bauten erst in einer Entfernung von 100 leguas von Tiahuanaco angetroffen werde. In unserem Jahrhundert beschäftigten sich mehrere Forscher mit diesem Gegenstand. A. d'Orbigny (voyage III, 1, p. 346) und G. Squier*) kennen grosse andesitische Blöcke, welche zwischen der Ruinenstätte und dem Ufer des Titicacasees liegen und die gewissermassen den Weg und die Richtung bezeichnen würden, aus welcher die Blöcke nach der Ruinenstätte geschafft worden wären. Der Erstere zog aus ihnen den richtigen Schluss, dass die Gesteinsblöcke über den Titicacasee transportirt worden seien. Nur kannte er noch nicht den Cerro Capira als ihre Fundstätte und rieth deshalb auf die Inseln im Titicacasee. Dagegen nehmen J. v. Tschudi (Reisen in Südamerika, p. 65) und G. Squier (p. 298) das westliche Ufer des Titicacasees als Fundstelle an. J. v. Tschudi nennt schon den Cerro de „Ckapia“ als Ursprungsort. G. Squier spricht von dem Isthmus von Yunguyo, welcher an die Gegend angrenzt. Er und Forbes erwähnen auch schon die bearbeiteten Blöcke, welche in dieser Gegend liegen.

J. v. Tschudi glaubte, dass die Steinblöcke des Cerro Capira dem Ufer des Titicacasees entlang und über den Desaguadero, also auf dem Landwege befördert worden seien. Ihm waren die Blöcke unbekannt, welche zwischen Tiahuanaco und dem Ufer des Sees liegen sollen. Der

*) G. Squier: Peru. Incidents of Travel and Exploration in the Land of the Incas. New York 1887.

Landweg am Ufer des Sees über Zepita ist indess so uneben, dass er sich zum Transport grosser Lasten in keinem Falle geeignet haben würde. Middendorf (Ollanta, S. 6) und Ber (Tiahuanaco, Bull. de la Soc. de Géogr., Paris 1882, III, p. 579) wollen auch an den Ursprung der Blöcke vom Cerro Capira wegen der eben erwähnten Schwierigkeiten, welche der Landweg bieten würde, nicht glauben. Der Erstere dachte deshalb, dass die Gesteine aus den Bergen südlich von Tiahuanaco gebracht worden seien. Ber scheint die Thatsache unbekannt gewesen zu sein, dass der Cerro Capira in der Nähe des Sees liegt, so dass die Verschiffung der Blöcke verhältnissmässig leicht zu bewerkstelligen war. Er meinte, dass die Lava- und Sandsteinblöcke gemeinsam von der Titicacainsel entnommen worden seien, weil sich auf dieser beide Gesteinsarten neben einander fänden. Die letztere Behauptung entbehrt der thatsächlichen Begründung.

Herr Stübel hat nun, um diese Fragen der Lösung näher zu bringen, die engere und weitere Umgebung Tiahuanacos und die bereits früher in Betracht gekommenen Oertlichkeiten, soweit es die kurze Zeit seines Aufenthaltes erlaubte, geologisch untersucht und eine grössere Anzahl von Gesteinen mitgebracht. Seine Beobachtungen, ferner die genaueste Vergleichung dieser Gesteinsproben mit denen der Ruinenstätte führten zu folgenden Ergebnissen:

Zunächst ist zweifellos, dass die Gesteine wegen des geologischen Charakters des Thalbodens nicht an Ort und Stelle gefunden sind, sondern entfernten Gesteinslagerstätten entnommen worden sein müssen.

Der Boden des etwa 15 km breiten Thales setzt sich in der Hauptsache aus lehmigen, sandigen und geröllführenden Schichten zusammen, deren Lagerungsverhältnisse auf Anschwemmung und Absatz unter Wasser mit Sicherheit hinweisen und die Vermuthung nahe legen, dass sich ein Arm des Titicacasees, in welchem diese Absätze erfolgten, ehemals weit ins Thal hinein erstreckte.

Die Frage nach der Herkunft der Blöcke aus rothem Sandstein bereitet die geringsten Schwierigkeiten. Die wallartigen Höhenzüge, welche das Thal an seiner Nordseite begrenzen, bestehen aus diesem Sandstein, dessen Alter noch nicht endgiltig festgestellt ist, aber vermuthlich der Devonformation zugerechnet werden darf. Das Bruchstück eines Trilobiten *Orphaeus giganteus**), welches bei den Ruinen gefunden wurde, bestätigt diese Vermuthung. Das Material selbst ist an diesem Gebirgszuge nirgends auffällig aufgeschlossen.

Die Sandsteinblöcke können demnach aus verhältnissmässig geringer Entfernung herbeigeschafft worden sein. A. d'Orbigny schon hat angenommen, dass die rothen Sandsteinblöcke von den Hügeln des nördlichen Thalrandes herrühren. Etwas unklar drückt sich G. Squier, p. 298 aus: „There are great cliffs of red sandstone about five leagues to the north of the ruins, on the road to the Desaguadero.“ Die Hügel nördlich von Tiahuanaco liegen nicht am Wege nach dem Desaguadero.

Wo sich die alten Brüche dieses rothen Sandsteines befanden, ist noch nicht festgestellt worden. Ein Forschen nach demselben würde kaum vergeblich sein, da die Gegend, in welcher sie zu suchen sind, bekannt ist. Gewisse Fragen, welche die Art des Transportes der Sandsteinblöcke

*) Steinmann: Beiträge zur Geol. und Paläont. von Südamerika, 1892, I, 14.

betreffen, werden jedoch erst nach der Wiederauffindung dieser Brüche sicher entschieden werden können.

Rothe Sandsteine finden sich auch südlich vom Titicacasee; sie gehören aber hier permischen und triadischen Schichten an, welche sich bis fast durch die ganze Republik Bolivia erstrecken. Die Gesteinsvertreter sind: bunte, zum Theil Steinsalz und Gyps führende Mergel, Gypslager, rothe Sandsteine, graue und rothe Conglomerate. Charakteristisch sind die rothen Kupfer führenden Sandsteine, welche die Veranlassung zur Anlegung der bekannten Kupferminen von Corocoro gegeben haben. Einem in der Sammlung vorhandenen derartigen rothen Sandstein von Corocoro (70 km Luftlinie), welcher die kupferreichen Schichten überlagert und den Gipfel des Cerro de Corocoro bildet, gleicht der oben beschriebene rothe Sandstein von der Ruinenstätte vollständig.

Auf dieselbe Gegend verweist der oben angeführte grünlich-gelbbraune quarzitische Sandstein. Genau der gleiche ist in der Stübel'schen Sammlung vorhanden mit der Bemerkung: „Unter den Bruchstücken, die in der Gegend von Topoco (etwa 35 km ost-südöstlich Corocoro und 95 km Luftlinie südsüdöstlich Tiahuanaco) den Weg bedecken, sehr verbreitete Varietät.“

Der klastischer Quarze entbehrende Halbphyllit stimmt makro- und mikroskopisch vollständig mit mehreren Handstücken von Gesteinen überein, welche einmal aus der grossen zwischen Coni und Cotaña gelegenen, vom Illimani (östlich Tiahuanaco) herunterkommenden Quebrada (Schlucht) Urileque angetroffen worden sind und die sich vielleicht an der Zusammensetzung des Illimani betheiligen. Ferner ist genau das gleiche Gestein im Thal des Pongo, ebenfalls östlich von La Paz, anstehend gefunden worden und liegt auch von dort vor. Da indessen die Entfernung dieser Oertlichkeiten von Tiahuanaco zu gross, vor Allem aber der gebirgige Charakter der Gegend einen Transport von daher nach der Ruinenstätte als unmöglich erscheinen lässt, so kann wohl angenommen werden, dass diese Gesteine sich bis in grössere Nähe von Tiahuanaco erstrecken. Weiteres ist darüber nicht bekannt.

Für den Propylit (?) fehlt jeder Anhalt. Propylitähnliche Gesteine scheinen weit verbreitet zu sein, sie kommen am Rio de la Paz vor, zwischen Coni und Cotaña am Illimani, an der Tetilla bei Oruro südöstlich Tiahuanaco in grosser Entfernung. Sie gleichen aber dem vom der Ruinenstätte wenig. Auch hier kann an eine Lösung der Frage nach dem Ursprung nicht gedacht werden.

Der grünlich-weiße Tuff führt uns nach Norden an den Titicacasee. Bei der Finca Cuyavi bei Tiquina ist genau derselbe Tuff zwischen Kalk und Sandsteinen anstehend gefunden worden.

Bestimmter lässt sich die Frage nach der Herkunft in Bezug auf einige andere Gesteine der Ruinenstätte lösen. Der tridymitreiche Pyroxenandesit vom grossen Thor von Ak-Kabana kann mit einem schmutzig-violettgrauen Gestein vom Cerro Capira bei Yunguyo am südwestlichen Ufer des Titicacasees identificirt werden. Die abweichende Färbung dieses Andesites ist secundärer Natur, die Folge von Zersetzung, indem die Grundmasse durch ferritischen Staub eine bräunliche Farbe erhält und die etwas zahlreicheren porphyrischen Hornblendekryställchen rothbraune Erzkränze aufweisen. Im Uebrigen stimmen die beiden Gesteine vollständig überein. Der Tridymitgehalt ist bei dem vom Cerro Capira etwas geringer.

Das Gleiche lässt sich von dem olivinhaltigen Pyroxenandesit S. 37 sagen. Er stimmt genau mit einem Andesit ebenfalls vom Cerro Capira überein. Die zerstreuten rissigen Quarze, deren Fremdlingsnatur hier noch deutlicher hervortritt durch Ueberrindung derselben mit einer schmutzigrünlichen Kruste, die Magnetitpseudomorphosen, die Rutilkörnchen in der Grundmasse, der Gehalt an Olivin, der hier etwas reichlicher in besser ausgebildeten Krystallen auftritt, alle diese Merkmale finden wir an dem Capiragestein.

Dem Dacit S. 38 kann ein recht ähnliches Gestein, wieder vom Cerro Capira herrührend, an die Seite gestellt werden.

Durch die genaueste Uebereinstimmung der angeführten Gesteine von der Ruinenstätte mit denen des Vulkanberges Capira wird jeder Zweifel darüber beseitigt, dass die andesitischen Blöcke der Ruinenstätte von dem Cerro Capira entnommen worden sind.

Mit dieser Thatsache stehen andere Anzeichen im Einklang, welche auf die Herkunft der andesitischen Gesteinsblöcke aus dieser Gegend hinweisen. Wie bereits oben erwähnt, sollen zwischen der Ruinenstätte und dem Ufer des Titicacasees noch grosse andesitische Blöcke liegen. Am westlichen Ufer findet sich ferner ein „divanartig ausgehauener Block“, welcher unter dem Namen „La Piedra cansada“ bekannt ist. Nach Forbes*) sind diese „Piedras cansadas“ (Squier, „Tired stones“) grosse Steinblöcke, welche zur Einfügung in Bauten bestimmt waren, jedoch nie ihr Ziel erreichten, eine Eigenthümlichkeit verschiedener altperuanischer Ruinenstätten. In der Nähe der Festung Sacsahuaman bei Cuzco liegt gleichfalls eine „Piedra cansada“, (Garcilaso, Comm. Reales VII, Cap. 28; Squier, p. 501); wieder andere finden sich bei den Ruinen von Ollantaytambo (Squier, p. 501).

Nach demselben (Squier, 298) liegen noch viele theils halb, theils fertig ausgearbeitete Blöcke auf dem Isthmus von Yunguyo, welcher nach Norden zu dem Vulkanberge Capira benachbart ist.

Sie kennzeichnen also diese Gegend als diejenige, von welcher aus die andesitischen Blöcke nach der Ruinenstätte befördert wurden.

Der Vulkanberg Capira ist in der Luftlinie ungefähr 80 km, die Sandsteinhügel des nördlichen Thalrandes sind 5 km von Tiahuanaco entfernt**). Der Umstand, dass die für die Errichtung von Bauwerken und für die Aufstellung von Bildsäulen nöthigen Steine aus solchen Entfernungen herbeigeschafft worden sind, würde nicht besonders überraschend sein, wenn die Blöcke nicht zum Theil von solcher Grösse wären, dass es nur schwer zu verstehen ist, welche Mittel zum Transport so grosser Lasten angewendet worden sind. Ein Sandsteinblock (b) unter den Steinen der Plattform von Pumapungo (A. Stübel und M. Uhle, Taf. 24, b und Taf. 27, F. 2 a) besitzt ein Gewicht von wenigstens 99 000 kg, nach Forbes ein solches von 160 000 kg. Nach G. Squier, p. 296 liegen zwei grosse Sandsteinblöcke nördlich vom Berge. Der eine soll 26' (= 7,90 m) Länge, 17' (= 5,17 m) Breite und 3¹/₂' (= 1,06 m) Stärke haben. Sein Inhalt

*) On the Aymara Indians, p. 65.

***) Der Weg von den Sandsteinbrüchen bis nach Tiahuanaco würde nach A. d'Orbigny mindestens eine französische Meile betragen haben. G. Squier veranschlagt dagegen die Entfernung auf 5 leguas. Er überschätzt sie jedenfalls.

müsste darnach etwa 43 cbm und sein Gewicht ungefähr 112 000 kg betragen. Der andere Block soll von gleicher Grösse sein.

Ein 40' (ca. 12 m) langer Block soll nach demselben Autor nordwestlich vom Berge zu finden sein. Ferner will Acosta einen Block, welcher 38' Länge, 18' Breite, 6' Stärke besitzt, in Tiahuanaco gemessen haben. Dieser Block müsste, den spanischen Fuss zu 0,278 m Länge genommen, 10,5 m Länge, 5 m Breite und etwa 1 m Stärke und dabei ein Gewicht von rund 140 000 kg gehabt haben.

Unter den Blöcken, welche aus andesitischer Lava bestehen, scheint ein unvollendet ausgearbeiteter Block (Taf. 40, Fig. 5) einer der grössten zu sein. Sein Gewicht muss etwa 65 000 kg betragen. Im Verhältniss zu ihm besitzt das monolithische Thor von Ak-Kapana nur ein geringes Gewicht (etwa 9500 kg).

Derartige Blöcke müssen also viele Kilometer weit zu Lande transportirt worden sein, die andesitischen ausserdem über breite Buchten des Titicacasees. Für die letzteren kommen von den 70—80 km, auf welche sich die Entfernung zwischen der Gegend von Yunguyo und Tiahuanaco beläuft, für den Transport auf dem Seeweg etwa 50 km, die übrigen auf den Landweg.

Forbes (p. 65) und Inwards (The Temple of the Andes, p. 15) u. A. vermuthen, dass zur Zeit der Errichtung der alten Bauwerke der See bis in die Nähe von Tiahuanaco reichte, dass also die Niveauveränderung des Sees, für welche vom geologischen Gesichtspunkte aus alle Anzeichen vorhanden sind, in geschichtlicher Zeit stattgefunden habe. Für die endgiltige Lösung dieser Frage dürften aber dem Geologen keine genügenden Anhaltspunkte geboten sein. Ihm, der gewöhnt ist, mit grossen Zahlen zu rechnen, erscheint es bei Weitem wahrscheinlicher, dass zur Errichtungszeit der Bauwerke die Entfernung bis zum See annähernd die gleiche gewesen ist wie jetzt, als dass der See die Bauplätze damals bespült habe. Denn wenn wenige Jahrhunderte genügt hätten, um einen so bedeutenden Rückgang im Wasserstande (35 bis 40 m) des Sees zu bewirken, so würde auch der Zeitpunkt gar nicht weit zurückliegen, wo die Baustätten selbst noch unter Wasser standen, vorausgesetzt, dass der Rückgang in dem gegebenen Zeitraum ein gleichmässiger gewesen wäre. Volle Gewissheit würden jedoch nur zuverlässige geschichtliche Aufzeichnungen zu geben vermögen. Diejenigen älteren Berichte, welche eine grössere Nähe des Sees behaupten, erweisen sich bei näherer Prüfung als falsch. (Siehe darüber A. Stübel und M. Uhle, S. 10, 11).

Ein Vergleich der grössten Blöcke aus Sandstein mit den grössten aus Andesit scheint zu ergeben, dass die Sandsteinblöcke die letzteren an Grösse übertreffen. Der Grössenunterschied der Blöcke beider Materiale würde, so scheint es, dem Verhältniss entsprechen, nach welchem die Schwierigkeiten des Transportes zu Wasser wahrscheinlich noch grössere gewesen sind, als die zu Lande.

Die Kulturgeschichte verzeichnet zahlreiche Beispiele von einer Fortbewegung mächtiger Steinblöcke durch Menschenkräfte. In der Bewegung ungeheurer Steinmassen haben wohl die Aegypter das Erstaunlichste geleistet. Die Memnonssäule besitzt (nach Ebers) ein Gewicht von 1 305 992 kg. Das Gewicht eines grossen Kalksteinblockes im Steinbruch von Baalbek (21,35 m Länge, 4,33 m Breite, 4,00 m Höhe, Volumen 369,8 cbm) ist von

G. vom Rath auf 1 368 000 kg berechnet. Das Dach des Grabmals Theodorichs des Grossen in Ravenna soll etwa 470 000 kg schwer sein.

Auch Südamerika scheint wenigstens einen Stein aufzuweisen, dessen Last mit den grössten in der alten Welt bewegten Lasten verglichen werden darf. Die „Piedra cansada“ bei Cuzco, deren Transport durch einen unglücklichen Zufall nach Garcilaso in einem Augenblick drei- bis viertausend Menschen das Leben gekostet haben soll, dürfte nach G. Squier 1 000 000 kg oder mehr Gewicht besitzen. Der grösste Stein der Festung Sacsahuaman bei Cuzco soll etwa 340 000 kg Gewicht haben (G. Squier, Peru, p. 475). Mit derartigen Lasten können die grössten Blöcke der Ruinenstätte von Tiahuanaco allerdings nicht verglichen werden. Dagegen sind an diesem Orte zahlreiche Blöcke im Gewichte von 100 000, 150 000 und mehr Kilogramm vorhanden. Ueberhaupt sind hier die Mehrzahl der Blöcke Monolithe von ungewöhnlicher Grösse, so dass ihr Transport sicher mit einem aussergewöhnlichen Aufwande von Menschenkräften verbunden gewesen sein muss. Dazu kommt, dass sie zum Theil zu Wasser transportirt worden sind, woraus auf eine grosse, durch lange Uebung erworbene Erfahrung der dortigen Bevölkerung geschlossen werden muss.

Zur Bestimmung der Mittel, welcher man sich bediente, um Lasten bis zu 100 000 und 150 000 kg zu Lande zu bewegen, sind wir auf die Mittheilungen des Inca Garcilaso angewiesen. Er giebt an, dass etwa 20 000 Indianer angestellt gewesen seien, um die schon erwähnte „Piedra cansada“, welche sich bei Cuzco noch findet, mittels Tauen zu bewegen.

Es ist sicher, dass Baumstämme als Rollen benutzt, durch solche Lasten zermalmt worden wären. G. Squier berichtet von Dämmen mit schiefen Ebenen, auf welchen grosse Blöcke nach höher gelegenen Stellen geführt worden wären. (Squier, Peru, p. 380.) Aehnlicher Mittel bedienten sich die alten Aegypter (Pyramide von Abû Roâsch). Sie pflegten diese Hilfsconstructions, gleichsam das Gerüst für die Errichtung der Bauwerke, nach der Vollendung der letzteren wieder zu entfernen.

Von der Anwendung dieses Mittels, um Lasten aufwärts zu bewegen, sind auf der Ruinenstätte von Tiahuanaco noch keine Spuren gefunden worden. Jedenfalls ist der Transport der grossen andesitischen Blöcke über den See am räthselhaftesten. Da er gleichwohl stattgefunden haben muss, kann es sich nur darum handeln, die Mittel festzustellen, mit denen es möglich war.

Der Titicacasee selbst erzeugt in dem Schilfe, der sogenannten Totorä, welches an seinen Ufern wächst, ein Transportmittel von grosser Tragfähigkeit. Würde dieser dem Zwecke nicht gedient haben, dann hätte sich ein geeignetes Material in dem Balsaholze (*Ochroma piscatoria*, Palo de balsa) dargeboten, welches den Wäldern am Fusse der Ostcordillere in hinreichender Menge entnommen werden konnte. Untersuchungen, welche an einem mitgebrachten Stück solchen Holzes von Herrn Prof. Ebert in Dresden in Bezug auf seine Tragfähigkeit angestellt wurden, ergaben:

Um Steinblöcke von 65 000 kg Gewicht über den See zu befördern, hätte man höchstens 19 400 kg oder etwa 128 cbm Balsaholz bedurft. Dazu würden etwa 410 10 m lange, 20 cm dicke Stämme nöthig ge-

wesen sein. Ein einzelner Stamm würde ca. 50 kg gewogen haben. Etwa 400 Träger hätten demnach die erforderliche Zahl der Stämme aus den Wäldern der östlichen Cordillere herbeibringen können. Das daraus zusammengesetzte Floss würde bei 10 m Länge und Breite etwa 1,60 m Tiefgang besessen haben.

Noch jetzt werden die Balsas der Indianer, welche Reisende über den Titicacasee führen, aus Totoraschilf angefertigt. Man giebt ihnen die kahnförmige Gestalt, welche in anderen Gegenden die Fähren aus Holz besitzen. Nach Ber baut man noch jetzt Balsas, gross genug, um 100 Personen, also 7500 kg zu tragen. Es gehört daher nicht zu den Unmöglichkeiten, dass zu der Zeit einer in der Gegend herrschenden höheren Kultur Flösse zusammengesetzt wurden, welche die zehnfachen Lasten zu tragen vermochten.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte und Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Isis in Dresden](#)

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: [1894](#)

Autor(en)/Author(s): Bergt Walther

Artikel/Article: [V. Die Gesteine der Ruinenstätte von Tiahuanaco im alten Peru \(Bolivia\) 1035-1052](#)