©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Analysen von Silikatgesteinen

(Arbeiten aus dem Chemischen Laboratorium der Geologischen Bundesanstalt)

Von **Oskar Hackl** und **Karl Fabich**

Inhalt

Seite

A. Einleitung (K. Fabich) 227

B. Allgemeines über Methoden und Probleme der Analyse von Silikatgesteinen (O. Hackl) 228

C. Analysen von Silikatgesteinen (K. Fabich) 240

D. Analysenregister 259

A. Einleitung

K. Fabich

Früher war es Gepflogenheit, die „Arbeiten im Chemischen Laboratorium" alle drei Jahre gesammelt zu veröffentlichen. Das letzte Mal geschah dies über einen Zeitraum von sechs Jahren und schloß mit dem Jahre 1918 ab. Nunmehr ist in der langen Zeit natürlich eine sehr große Anzahl von Analysen zusammengekommen und um einzelnen Interessenten rascher die vorliegenden Analysenergebnisse zugänglich zu machen, wird nun derart verfahren, daß nicht alle Gruppen auf einmal, sondern nacheinander veröffentlicht werden.

Der Umfang der durchgeführten Analysen wurde im Laufe der Zeit immer mehr erweitert, was vor allem auf die grundlegenden Arbeiten über Gesteinsanalyse von Herrn Hofrat Dr. Ing. Oskar Hackl zurückzuführen ist. Einen wesentlichen Anteil daran hat auch die in den Kriegsjahren möglich gewesene Anschaffung des Zeißschen Stufenphotometers, wodurch verschiedene Bestimmungen, hauptsächlich der Nebenbestandteile, wesentlich rascher und genauer durchgeführt werden können.

Aus Platzersparnis mußte meist eine Anzahl Analysen zusammengefaßt werden und da dies so geschah, daß die betreffenden Gesteine aus benachbarten Gegenden stammen, so kommt es häufig vor, daß nicht alle Analysen gleich umfangreich sind, was meist darauf zurückzuführen ist, daß diese aus ganz verschiedenen Jahren stammen. Solche aus irgendeinem Grunde nicht bestimmte Nebenbestandteile sind durch einen Strich (—) in der Kolonne bezeichnet. Eine weitere Anzahl älterer Analysen wurde schon seinerzeit teils von K. v. John, teils von Geologen veröffentlicht.

Die Namen der analysierten Gesteine und Fundortangaben stammen von den jeweiligen Geologen.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

B. Allgemeines über Methoden und Probleme der Analyse von Silikatgesteinen

Oskar Hackl

Anordnung, Reihenfolge der Bestandteile

Hinsichtlich der Anordnung, bzw. Reihenfolge der Bestandteile wurden verschiedene Vorschläge gemacht und in Analysen sowie Sammlungen solcher durchgeführt, wobei man sich nur bezüglich der Hauptbestandteile im wesentlichen einig ist. Aber schon bei der Abgrenzung der Nebenbestandteile gibt es verschiedene Ansichten und noch mehr betreffs ihrer Anordnung. Man kann die chemisch verwandten Bestandteile nacheinander anführen (z. B. SiO_2, TiO_2, ZrO_2; CaO, SrO, BaO), oder nur die den Petrographen besonders interessierenden Hauptbestandteile zuerst angeben und dann alle Nebenbestandteile, wieder verschieden geordnet. Argumente dafür und dagegen gibt es in jedem Fall, weshalb auch noch keine Einigung darüber erreicht ist. Es gibt auch Mittelwege verschiedener Art und solche wurden hier gewählt.

Darstellung in Oxyden

Die Wiedergabe der Resultate erfolgte auf diesem Spezialgebiet bisher ausschließlich in der gebräuchlichen Form der Oxyde, bzw. Säureanhydride, obwohl sie von manchen Anorganikern schon lange als veraltet und überholt bezeichnet wurde. Wilhelm Oswald hat bereits vor ungefähr einem halben Jahrhundert die Darstellungsform als Elemente gefordert (z. B. Al, Ca, K, Si, O usw.). Wegen der dabei entstehenden Nachteile hat er doch auch Ausnahmen für Säureradikale, wie SO_4 oder CO_3, zugestanden, welche Form sich auf fast sämtlichen Gebieten der Analyse durchsetzte. Aus denselben Gründen kann man aber auch weiter Si, P usw. mit dem zugehörigen Sauerstoff zusammenfassen. Manche gingen sogar so weit, daß sie die Angabe von Ionen verlangten, was ganz abwegig ist, weil in den Gesteinen die Bestandteile gar nicht als ionisierte Lösung vorliegen [1]).

Allerdings waren auch die bisher gewöhnlich vorgebrachten Gründe für die Beibehaltung der alten Oxydform nicht stichhaltig: daß es stets so üblich war; der leichtere Vergleich mit früheren Analysen u. ä. Das ist deshalb nicht haltbar, weil man auch auf anderen Gebieten, wo man ähnliche Gründe für die Beibehaltung der gewohnten alten Form vorbringen konnte [2]) und wo die Umstellung teilweise schwieriger war, wie z. B. in der Mineralwasseranalyse, die Mühe nicht gescheut, sondern die Änderungen durchgeführt hat. Da konnten jedoch wichtige Gründe gegen die frühere Darstellung, ganz besonders der großenteils willkürlichen „Salztabellen", angeführt werden. Bei den Silikatgesteinen liegt die Sache anders, weil hier wenigstens mancher Hauptbestandteil tatsächlich mit vollster Sicherheit als Oxyd, bzw. Säureanhydrid vorhanden ist. Da auch fast alle anderen Bestandteile (ausgenommen Cl, F) dualistisch als Oxyd-

---

[1]) O. Hackl, Über die Anwendung der Ionentheorie in der analytischen Chemie, Jahrb. d. Geol. R. A. 1912, 613.

[2]) Z. B. haben sich die Mediziner ebenso gegen die Abschaffung der ihnen leichter verständlichen Salztabellen gewehrt, wie sich Petrographen gegen eine Änderung der bisherigen Darstellung sträuben würden.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

verbindungen mit SiO_2 usw. aufgefaßt werden können, so kann man hier bei dieser einheitlichen Darstellung bleiben, weil kein zwingender Grund dagegen spricht. Der einzige kleine Nachteil ist der Abzug von Sauerstoff für die Halogene.

Spur

Die beliebte Angabe „Spur" als Resultat wurde bei den späteren Analysen möglichst vermieden, weil es ein sehr dehnbarer Begriff ist und ein zu bequemer Ausweg sein kann, um eine zeitraubende, schwierige oder sehr umständliche Bestimmung zu umgehen, oder ein zweifelhaftes Ergebnis doch unverbindlich als Resultat anzuführen.

„Nicht nachweisbar" wird üblicherweise in Analysen gleichfalls häufig gebraucht, in Fällen, wo es nicht am Platz ist, weil nur ein bestimmtes Verfahren kein positives Ergebnis hatte; denn genau genommen wäre dieser Ausdruck eigentlich nur anwendbar, wenn der betreffende Bestandteil mit sämtlichen bekannten empfindlichsten Methoden und maximaler Einwaage nicht feststellbar ist; ähnliches gilt für „nicht bestimmbar".

Noch mehr zu meiden ist die Angabe „nicht vorhanden", wenn ein Bestandteil mit einem bestimmten Verfahren nicht aufgefunden werden konnte. Dieser Ausdruck geht nämlich viel zu weit und wäre richtiger durch „nicht nachgewiesen" zu ersetzen, was wohl zu unterscheiden ist, von „nicht aufgesucht" oder „nicht bestimmt".

Deshalb bin ich bei späteren Analysen dazu übergegangen, bei negativem Resultat anzugeben „unter ...%"; was freilich bei jeder Anwendung voraussetzt, daß man durch eigene Untersuchungen die untere Grenze festgestellt hat, bis zu welcher die angewendete Analysenmethode reicht.

Qualität

Die Qualität dieser Gesteinsanalysen hat mit der Zeit zugenommen, weil vor über 40 Jahren zuerst die wichtigsten älteren, bei uns schon früher gebräuchlich gewesenen, und die neueren Analysengänge von mir erprobt werden mußten. So wurde z. B. sehr bald die Fällung des Titans durch Kochen und die des Mangans durch Schwefelammon verlassen. Später wurde allmählich der Analysenumfang durch Bestimmung weiterer Nebenbestandteile immer mehr vergrößert [1]) und bei der Analyse eines Gesteins von Hoheneich die Zahl von 35 Bestandteilen erreicht. Für fast sämtliche Haupt- und Nebenbestandteile sowie Spuren wurde auf Grund vieler eigener Untersuchungen der verwendeten Methoden eine feste Erfahrungsbasis geschaffen [2]).

Zur Bestimmung des Gesamt-Mangans in der Haupteinwaage, ohne Verteilung auf verschiedene Niederschläge, wurde das erste Verfahren ausgearbeitet. Auch für die direkte Bestimmung des Eisenoxyds wurde die erste Methode geschaffen. Der Prüfung gewogener Niederschläge auf

---

[1]) Die zunehmende Erkenntnis ihrer weiten Verbreitung in Gesteinen, Böden, Wässern usw- und ihrer Bedeutung für die Lebewesen rechtfertigt dieses Bestreben.

[2]) Siehe den Überblick in den Glastechnischen Berichten, **19**, 345 (1941); Jahrb. d. Geol. B. A., **94**, 59 (Festband 1951); ferner die bezüglichen Einzelveröffentlichungen von O. Hackl, sowie die Jahresberichte des Chemischen Laboratoriums seit 1909. Für diese Arbeiten wurde O. Hackl zum Mitglied der Leop.-Carol. Akademie gewählt.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Verunreinigungen wurde allmählich immer mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Neue Feinkorrekturen konnten für manche Hauptbestandteile ausgebildet werden, und die Grenze der Bestimmbarkeit einiger Nebenbestandteile und Spuren wurde um ein bis zwei Dezimalen weiter hinausgerückt [1]). Im Jahre 1941, als wir uns ausschließlich mit Gesteinsanalyse beschäftigten und auch wichtige Apparaturen anschaffen konnten, erreichte diese Tätigkeit ihren Höhepunkt. Sie mußte wegen dringlicherer Erzanalysen plötzlich vollständig eingestellt werden und konnte dann auch wegen der Bombenschäden und späterer mit der Räumung des Laboratoriums verbundener Reparaturarbeiten zehn Jahre lang nicht wieder aufgenommen werden.

Methoden

Es kann hier auf knappem Raume nicht versucht werden, die angewendeten Analysenmethoden näher darzustellen. In dieser Hinsicht muß auf die in vorausgegangenen Anmerkungen angegebene Literatur hingewiesen werden und auf das Verzeichnis weiterer bezüglicher Veröffentlichungen von O. Hackl am Schluß. Nur die wesentlichsten Grundzüge der gewählten Verfahren, besonders für die Hauptbestandteile, können anschließend beschrieben werden.

Bei den Vorarbeiten für diese Wahl wurde unter Berücksichtigung der Erfahrungen mit den bis zirka 1910 in unserem Laboratorium gebräuchlichen Verfahren die gesamte Spezialliteratur über Silikatanalyse unter praktischer Erprobung der wichtigsten Methoden kritisch studiert, wobei viele Fehler gefunden wurden. Ein Werk strotzt sogar von schwersten Fehlern, und gerade dieses Buch wurde in einer mineralogischen Zeitschrift besonders lobend besprochen. Die Wahl fiel schließlich auf die durch viele Untersuchungen gestützten Methoden von W. F. Hillebrand, und mein Bestreben ging dahin, diese Verfahren weiter auszubilden und zu ergänzen, stets mit besonderer Rücksicht auf Steigerung der Genauigkeit. Das erfordert allerdings meistens größeren Zeitaufwand, aber in einigen Fällen ist es trotzdem gelungen, durch eine passende neue Kombinierung mancher Bestimmungen oder Kolorimetrie eine beträchtliche Abkürzung zu erreichen.

Die alte Aufschließung und Trennung der Ammoniak-Fällung (Al, Fe, Ti usw.) mit Ätznatron, welche Jannasch und auch Dittrich bevorzugten, hat den bestechenden Vorteil einer direkten Aluminiumbestimmung. Die betreffenden Einwendungen Hillebrands sind nicht schwerwiegend (weil die Gesteine normalerweise stets eisenhaltig sind), aber bei der praktischen Ausführung der Ätznatron-Schmelzung ergeben sich auch manche technische Schwierigkeiten, die nicht leicht zu beseitigen sind, beim Pyrosulfat-Aufschluß hingegen wegfallen, weshalb dieser gewählt wurde.

Was die von verschiedenen Analytikern in der neueren Literatur vorgeschlagenen anderen Analysengänge für Silikate betrifft, so erscheint ihre Anwendung bei Silikatgesteinen noch nicht gesichert. Es ist nämlich bei derart komplizierten Analysen wichtiger, einen jahrzehntelang bewährten und schon viel durchforschten Analysengang beizubehalten und weiter auszubauen, der keinen großen Fehler einschließt, als für die Haupt-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

bestandteile immer wieder neue Methoden vorzuschlagen, deren praktische Anwendbarkeit nicht gesichert ist, weil dabei die Einflüsse der vielen Nebenbestandteile der Gesteine großenteils noch nicht bekannt sind. Auch wenn man nicht ultrakonservativ ist und Verbesserungen freudigst begrüßt, muß man bei verantwortlichen Analysen mit voreiliger Anwendung neuer, noch nicht gründlicher erprobter Verfahren besonders vorsichtig sein, weil dabei bekanntlich nur zu oft unliebsamste Überraschungen berichtet wurden.

Es wurden mir ferner verschiedene nicht veröffentlichte Methoden bekannt, nach welchen andere, auch ausländische Laboratorien arbeiten. Da ich darüber vergleichende Gutachten abzugeben und in strittigen Fällen Schiedsanalysen auszuführen hatte, so konnte dabei ein objektiv kritisches Urteil entstehen. Leider muß erklärt werden, daß manche dieser Analysengänge, auch amtlicher Laboratorien, sogar „unter aller Kritik" sind und die damit erhaltenen Analysen natürlich gleichfalls.

Eine Paradoxie ist es, daß das Aluminium, ein so gewöhnliches Element, das überdies den zweiten Hauptbestandteil bildet, gewöhnlich noch immer aus der Differenz ermittelt wird. Verschiedene neuere Möglichkeiten für eine direkte Bestimmung, außer dem älteren Verfahren von Jannasch und Dittrich, bestehen zwar schon (z. B. die Methode von E. W. Koenig oder das Verfahren mit Salzsäure und Äther), aber sie wären für den vorliegenden Zweck vor der Anwendung wohl noch gründlich zu erproben.

Die weitere Entwicklung der Gesteinsanalyse wird wahrscheinlich auch die quantitative Bestimmung des Quarzes anstreben, wofür gleichfalls schon einige Grundlagen vorhanden sind.

Vermutlich wird auch manche neuere allgemeine Methodik, zum Beispiel Chromatographie, vorteilhaft in der Gesteinsanalyse Anwendung finden können.

Die speziellen Methoden

Gewöhnlich wurde das lufttrockene Pulver zur Analyse verwendet.

Zur Bestimmung der Hauptbestandteile, mit Ausnahme der Alkalien, wurde mit Soda aufgeschlossen. Die Abscheidung der Kieselsäure erfolgte durch Abdampfen mit Salzsäure und nochmaliges Abdampfen des Filtrates. Gewogen wurde nach Erhitzen auf dem Gebläse. Abrauchen durch Flußsäure und Schwefelsäure hinterließ den Rückstand, welcher nach Subtraktion von der Roh-Kieselsäure die reine Kieselsäure ergab.

Aluminium, Eisen, Titan, samt P_2O_5 usw. wurden aus dem Filtrat durch Ammoniak (in besonderen Fällen frisch destilliert) gefällt, nach Filtration und Auflösen nochmals gefällt. Durch Konzentrieren der Filtrate unter Zusatz von wenig Ammoniak erfolgte die Gewinnung der letzten Reste von Aluminium und Eisen. Gewöhnlich wird dann nach dem Pyrosulfat-Aufschluß das Eisen titriert und Titan kolorimetrisch bestimmt.

Bei diesem viel angewendeten Verfahren verteilt sich das vorhandene Mangan auf den Ammoniak-Niederschlag und die folgenden Fällungen des Kalziums und Magnesiums. Für genauere Bestimmungen sind deshalb die Mangan-Anteile in diesen beiden Niederschlägen nach der Wägung zu bestimmen zwecks Korrektur des CaO und MgO, ohne dadurch den richtigen Wert für das Gesamt-Mangan zu erhalten. Es wurde deshalb

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

später das gesamte Mangan nach einem schon von Dittrich empfohlenen Verfahren mit dem Ammoniak-Niederschlag durch Wasserstoffsuperoxyd ausgefällt, auf gleiche Art umgefällt und der Niederschlag gewogen. Seine weitere Aufarbeitung erfolgte ungefähr ab 1926 nach einer auf Grund langjähriger Voruntersuchungen von mir ausgearbeiteten Methode, durch welche nacheinander das Gesamt-Mangan, Titan und Gesamt-Eisen in dieser Reihenfolge bestimmt werden können [1]). Für besonders genaue Bestimmung oder sehr kleine Spuren Mangan ist Bromwasser dem Wasserstoffsuperoxyd vorzuziehen.

Kalzium wurde durch Ammoniumoxalat aus ammoniakalischer Lösung unter Umfällung abgeschieden, Magnesium durch Natriumammoniumphosphat, gleichfalls unter Umfällung.

Die Alkalien wurden vor vier Jahrzehnten bei uns noch fast ausschließlich mit dem Flußsäure-Verfahren bestimmt. Nach mehreren Versuchen zog ich aber die Methode von L. Smith vor, obwohl auch diese trotz vieler Untersuchungen noch umstrittene Fragen aufweist. Ein Nachteil ist es, daß — auch mit den empfohlenen Reinigungsverfahren — kein Kalziumkarbonat erhältlich ist, das ganz frei von Alkalien ist, wodurch Blindversuche und Korrekturen erforderlich sind [2]). Die Ausbildung einer wirksamen Reinigungsmethode wäre sehr zu wünschen.

Die Trennung der Alkalien erfolgte gewöhnlich mit Platinchlorid. Eine Zeitlang wurde auch die Perchlorat-Methode angewendet, jedoch wieder verlassen; u. a. auch deshalb, weil dabei der Erfolg der Trennung weniger leicht zu beobachten und zu kontrollieren ist. [3])

Die Eisenoxydul-Bestimmung erfolgte auf verschiedene Arten, u. a. nach dem Verfahren von Dittrich im Kohlensäurestrom, später fast ausschließlich nach der Modifikation von Washington.

Über die Bestimmung von Nebenbestandteilen, wie Mangan, Chrom, Baryum, Strontium, Zirkon, Vanadium, Nickel, Lithium, Fluor, Chlor usw. wurden von mir sehr umfangreiche Untersuchungen vorgenommen. Die Analysenmethoden, welche sich daraus ergaben, sind z. T. schon veröffentlicht und kann darauf hingewiesen werden. Bei unseren neueren Analysen wurden Baryum, Zirkon, Chrom, Schwefel, Vanadin, Phosphor, eventuell auch Chlor, aus einer einzigen großen Einwaage durch Aufschluß mit Soda und Extraktion mit Wasser, im Rückstand, bzw. in aliquoten Teilen des Filtrates, passend kombiniert bestimmt, wodurch eine beträchtliche Zeitersparnis erreicht werden konnte.

Die Bestimmung des Gesamt-Wassers erfolgte anfangs durch Absorption in Chlorkalzium, später nach Penfield. Die Feuchtigkeitsbestimmung (Wasser bis 105, bzw. 110° C) geschah durch Trocknen im Wägegläschen.

---

[1]) O. Hackl, Das Mangan-Problem in der Silikatgesteinsanalyse, Jahrb. d. Geol. B. A., **86**, 65 (1936); Die Lösung des Mangan-Problems in der Silikatgesteins-Analyse, Z. analyt. Ch., **105**, 81, 182, 320 (1936); Beiträge zur Manganbestimmung in Silikatgesteinen, Z. analyt. Ch., **110**, 401; **112**, 174.

[2]) Auch manche berühmte Fabriksmarken, welche angeblich frei von Alkali sind, ergeben nach meiner Erfahrung ganz unzulässig große Mengen davon, vorausgesetzt, daß sie richtig geprüft werden, wofür gewöhnlich ungeeignete Vorschriften angegeben werden. K. Fabich hat dies dann näher untersucht: Verh. d. Geol. B. A. 1930, Nr. 11.

[3]) Die leichtere Verarbeitung des Filtrates zwecks einer eventuellen direkten Natrium-Bestimmung unter Vermeidung der Explosionsgefahr der Überchlorsäure ist ein weiterer Vorteil der Platin-Methode.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Der Gehalt an Kohlensäure wurde fast stets durch Zersetzung mit Salzsäure und Auffangen in Natronkalk, bzw. Natronasbest ermittelt. Oft sind zur genauen Bestimmung weit größere Einwaagen erforderlich als die Literatur empfiehlt.

Abänderungen

Erwähnt muß noch werden, weil es in der Literatur gewöhnlich nicht geschieht, daß man ein im allgemeinen für diesen Zweck bewährtes Analysen-Schema nicht auf jedes Silikatgestein anwenden kann. Manche Methode eignet sich für die meisten Fälle, für ein bestimmtes Gestein aber nicht. Es treten dann Schwierigkeiten oder Störungen ein und wenn diese nicht bemerkt oder nicht beseitigt werden, weil sich der Analytiker nicht zu helfen weiß, so sind Fehlresultate die Folge. Die Beurteilung der erforderlichen Abänderung oder Wahl einer geeigneteren Methode erfordert sehr viel Erfahrung, Wissen, Gewissenhaftigkeit und öfter auch Nebenuntersuchungen darüber.

Einige Beispiele: Bei wenig Kalzium neben viel Magnesium versagt die Oxalat-Trennung; sehr wenig Eisenoxyd neben viel Eisenoxydul kann aus der Differenz des Gesamteisens und Eisenoxyduls nicht richtig ermittelt werden; bei manchen Nebenbestandteilen verursacht ein höherer Chromgehalt Störungen; unerwartet eintretende geringe Niederschläge, Trübungen oder Färbungen können langwierige, eventuell mikrochemische Untersuchung zur Feststellung der Ursache und Abhilfe erfordern. Es wird deshalb im Ausland mit Recht verlangt, daß der Petrograph dem Chemiker vor der Analyse bezügliche Angaben über den Mineralbestand des Gesteins mitteilt, damit die Analyse nicht unnötig erschwert wird.

Abgesehen von solchen Abänderungen wurden aber auch andere häufig vorgenommen, weil die Erfahrungen immer wieder zu Verbesserungen verwertet wurden, so daß nicht oft mehrere Analysen nacheinander genau nach denselben Verfahren ausgeführt wurden.

Apparatur

Noch einige Bemerkungen über Apparaturen. Die Entwicklung derselben hat besonders in Amerika ein so stürmisches Tempo angenommen, daß es für ein mitteleuropäisches Laboratorium mit minimaler Dotation hoffnungslos ist, in dieser Hinsicht zu konkurrieren oder auch nur nachzuhinken, und ein rapides Zurückbleiben unvermeidlich erscheint. Für spezielle Fälle gibt es ja sogar schon wirkliche Analysen-Automaten, wie sie noch vor kurzer Zeit nur erträumt oder als Utopie verlacht wurden. Bei näherem Zusehen zeigt sich aber, daß diese Entwicklung nicht immer so ausschlaggebend ist, denn manche der neuen Instrumente vereinfachen oder beschleunigen wohl die Arbeit sehr, besitzen aber für bestimmte Zwecke keine genügende Genauigkeit. Andere haben diesen Nachteil nicht, doch kenne ich ein amtliches Laboratorium, das beneidenswert glänzend ausgestattet ist, mit Mikrowaage, potentiometrischer Titration, Polarographie, Spektographie, Apparat zur raschen Messung der Wasserstoffkonzentration usw. und trotzdem Gesteinsanalysen nach Methoden ausführte, die unsagbar jämmerlich sind. Das sind natürlich keine prinzipiell giltigen Einwände, ebensowenig wie die Tatsache, daß man auch

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

mit dem feinsten Instrument die gröbsten Fehler begehen kann, denn solche Einwendungen ließen sich gegen jede Methode vorbringen. Aber diese Tatsachen zeigen, daß der wichtigste Apparat eines Laboratoriums doch noch immer der Kopf des Chefchemikers ist und daß große Unterschiede in der Ausrüstung nicht so katastrophale Auswirkungen haben müssen wie es auf den ersten Blick scheint. Selbstverständlich wird unter sonst gleichen Bedingungen die bessere Einrichtung auch ihre Früchte tragen, wie die Anschaffung des Stufenphotometers bei uns bewiesen hat. Diese Bemerkungen sind also nicht so aufzufassen, als hätte unser Laboratorium keinen Bedarf an neuen Instrumenten.

Analysen-Differenzen

Die z. T. unglaublich großen Differenzen, welche seit langer Zeit wiederholt bei Analysen des gleichen Gesteinspulvers von verschiedenen Laboratorien erhalten wurden, haben schon oft großes Staunen hervorgerufen und stehen in starkem Kontrast zu der in der ernstesten Spezialliteratur als erreichbar geforderten maximalen Differenz von 0·1 bis 0·2% bei den Hauptbestandteilen. Die Ursachen sind sehr verschiedener Natur. Tüchtige Analytiker sind bekanntlich überall selten. Manche Hilfskraft wurde uns schon empfohlen, weil sie angeblich die Silikatanalyse selbständig beherrscht, tatsächlich aber noch mit elementaren Operationen derselben Schwierigkeiten hatte. Wenn verschiedene Analysenmethoden verwendet werden, so ist häufig dadurch allein schon eine Abweichung gegeben, auch wenn die Analysen im selben Laboratorium und vom gleichen Analytiker ausgeführt werden; um so mehr bei verschiedenen Laboratorien. Aber auch wenn dieselben guten Verfahren angewendet werden, kann durch verschiedene Ausführung einzelner Operationen eine schlechtere Übereinstimmung entstehen, noch mehr natürlich, wenn die manuelle oder technische Durchführung nicht tadellos war. Ungeeignete Methoden, verbunden mit mangelhafter Ausführung können besonders große Differenzen ergeben. Wenn man nur zu gut weiß, mit welcher geradezu unverantwortlichen Unkenntnis und Gewissenlosigkeit manches Laboratorium solche schwierige Analysen behandelt, um sie in kürzester Zeit zu erledigen, so ist es gar nicht verwunderlich, wenn die Fehler enorm groß werden.

Aber auch wenn Anfänger auf diesem Gebiet, welche keine Fachanalytiker sind, angeleitet von Lehrern, welche diesbezüglich selbst keinen vergleichenden Erfahrungsüberblick besitzen, sich noch so sehr bemühen, kann kein befriedigendes Ergebnis erwartet werden, weil man nicht mit einer der schwierigsten Aufgaben beginnen kann. In verschiedenen Ländern wurde darüber geklagt, daß man solchen Anfängern, häufig sogar Studenten, so ernsthafte Analysen anvertraut. Hat doch schon der in anderen Richtungen bereits sehr erfahrene Analytiker bei Gesteinen anfangs seine liebe Not damit und muß sich erst „einarbeiten" durch Übungs- und Kontroll-Analysen.

Die Ausrüstung des Laboratoriums spielt gleichfalls eine große Rolle, denn es ist z. B. nicht gleichgültig, ob die Kieselsäure-Bestimmung mit einer Platin- oder Porzellanschale ausgeführt wird, ob ein erstklassiges Kolorimeter, bzw. Photometer zur Verfügung steht oder nicht usw.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Ausschlaggebend sind also die Methoden und die Kenntnisse; bei gleicher Methode aber Sorgfalt und Geschicklichkeit, was in Amerika neuestens für besonders wichtig gehalten wird. Übung und praktische Erfahrung sind jedoch ebenso von sehr großer Bedeutung, denn bei Einführung eines Analytikers in dieses Gebiet wird dieselbe Analyse durch öftere Wiederholungen allmählich immer besser. Dagegen wirkt sich eine längere Unterbrechung durch andere Analysen auch bei dem Geübten merklich nachteilig aus.

Unsere öfter ausgeführten Kontrollanalysen haben ergeben, daß bei den Hauptbestandteilen gute Übereinstimmungen bis auf 0·2% und sogar einige Hundertstel-% von demselben geübten Analytiker bei Wiederholungen erreichbar sind; unter der Voraussetzung, daß nicht nur im Prinzip dieselben Methoden angewendet werden, sondern daß auch die Einzelheiten (Volumen, Fällungsbedingungen usw.) möglichst weitgehend gleich sind. Da dies jedoch bei Ausführung durch verschiedene geübte Gesteinsanalytiker, auch in demselben Laboratorium, nicht ganz genau durchführbar ist, so erreichen auch ihre Resultate, untereinander verglichen, wohl häufig aber nicht immer die oben angegebene Übereinstimmung.

Dabei ist auch die Erfahrung zu berücksichtigen, daß einfache Bestimmungen, vom gleichen geübten Analytiker wiederholt, gewöhnlich vorzügliche Übereinstimmung ergeben, daß jedoch bei Trennungen die kleinen Differenzen sich vergrößern, je schwieriger die Trennung ist oder je mehr die Zahl der erforderlichen Trennungen zunimmt. Das gilt besonders für die komplizierte Gesteinsanalyse, wo nicht nur viele Trennungen notwendig sind, sondern darunter auch so manche schwierige.

Viele Forschungen sind auch noch in der Richtung auszuführen, wie weit die Resultate mancher Methoden mit dem richtigen Wert übereinstimmen [1]). Das läßt sich leider oft nicht mit natürlichen Gesteinen sondern nur durch Kontrollprüfungen mit künstlichen Mischungen genau bekannter Zusammensetzung untersuchen; wobei aber die Gefahr besteht, daß bei natürlichen Gesteinen Nebenbestandteile, die in der Mischung nicht berücksichtigt wurden, von Einfluß sein können. Dabei wird auch noch manche nicht bekannte Fehlerquelle durch „Mitreißen", Löslichkeitsveränderung usw. entdeckt werden.

Analyse und Petrographie

In Zusammenhang damit ist auch einiges vorzubringen über die manchmal erfolgende Bemängelung von Analysen-Resultaten durch Petrographen. In unserer langen Erfahrung hat sich herausgestellt, daß Wiederholungen in solchen Fällen gewöhnlich praktisch dasselbe Ergebnis hatten und die Kritik nur sehr selten zu einer Änderung führte. Bei Bestätigung des Resultates zeigte sich dann z. B., daß der Dünnschliff keinen richtigen Durchschnitt darstellte, oder daß vom Petrographen ein Mineral verwechselt oder übersehen worden war, oder es stellte sich gar eine Verwechslung des Dünnschliffs heraus. Auch ist es vorgekommen, daß in der Literatur ein analytisches Resultat petrographisch kritisiert wurde, mit einer vermutlichen Erklärung für den vermeintlichen Fehler, welche nach den Aufzeichnungen im Analysenbuch gar nicht in Frage kommen konnte.

[1]) F. Hecht hat darauf wiederholt mit Recht hingewiesen.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Übrigens hat schon H. S. Washington berichtet, daß besonders bei Aluminiumoxyd sich manchmal größere Differenzen zwischen analytischem und petrographischem Befund ergaben, die weder auf petrographische Beobachtungsfehler noch auf Analysenfehler zurückzuführen sind und unerklärlich erscheinen. Von Washington wurde in manchen Fällen ein größerer Beryllium-Gehalt als Ursache der Differenz vermutet. Gerade bei der üblichen Ermittlung der Tonerde durch Differenz ist aber zu bedenken, daß jeder Fehler in der Bestimmung des Gesamteisens und des Titans sowie der Phosphorsäure, teils auch der Kieselsäure und des Mangans, sich auf das Aluminiumoxyd auswirkt. Ferner wird in vielen Laboratorien die Gewinnung der letzten Reste von Aluminium und Eisen aus den Filtraten der Ammoniak-Fällungen unterlassen.

Auf Grund der Erfahrungen mit sogar „chemisch reinen" Substanzen ist ferner sicher, daß manche Mineralien eine abnorme Zusammensetzung haben, so daß die petrographische Berechnung dann nicht stimmen kann.

Die neueste Wandlung in der Gesteinsanalyse

Zum Schluß möchte ich noch einiges über die neueste große Wandlung der Gesteinsanalyse in Amerika mitteilen, welche auch für Petrographen von Interesse ist. Nach erhaltenen Berichten aus jüngster Zeit wurden zur Prüfung der Genauigkeit zahlreiche Vergleichsanalysen in 25 Laboratorien von 34 Analytikern ausgeführt, allerdings nach verschiedensten, teils gar nicht angegebenen Methoden. Die Ergebnisse zeigten auffallend große Differenzen, ähnlich wie in früheren Untersuchungen solcher Art. Die folgenden eingeklammerten Zahlen gelten bei Weglassung extremer Werte:

SiO_2	1½% (1·2)
Ammoniak-Fällung	2½% (1)
Al_2O_3	3% (1)
Gesamteisen als Fe_2O_3	1½% (1)
FeO	2½% (1)
Fe_2O_3	3% (1)
MgO	2% (0·3)
CaO	0·8% (0·4)
Na_2O	1½% (0·5)
K_2O	3% (0·6)
TiO_2	1·3% (0·5)

Die richtige Zusammensetzung ist also trotz dieser vielen Untersuchungen noch unbekannt, weil kein verläßlicher Standard vorhanden ist.

Dabei waren die Summen sämtlich innerhalb der zulässigen Grenzen. Dieser Umstand ist teilweise dadurch erklärlich, daß infolge einiger Bestimmungen aus Differenz mancher Fehler automatisch eine Kompensation durch einen entgegengesetzten Fehler bei einem anderen Bestandteil findet: Al_2O_3, Fe_2O_3, Na_2O werden ja gewöhnlich durch Differenz ermittelt. Fehler bei der Bestimmung des Gesamteisens oder Titans werden beim Aluminiumoxyd ausgeglichen; unrichtige Eisenoxydulbestimmung ergibt entgegengesetzt unrichtiges Eisenoxyd, und ähnlich bei der Trennung des Kaliums vom Natrium. Auch eine nicht gelungene Kalzium-Trennung

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

wird beim Magnesium kompensiert. Der Ausgleich ist nicht genau gleich groß, aber doch annähernd. Damit sind die guten Summen aber doch nur z. T. erklärt, denn die Bestimmungen der Alkalien, des Wassers usw. erfolgen ja gewöhnlich in gesonderten Einwaagen, wobei keinerlei Ausgleich mit der Summe der beim Soda-Aufschluß erhaltenen Hauptbestandteile stattfindet.

Angesichts obiger Ergebnisse mit rund 5—10fach größeren Schwankungen als bei erstklassigen Analysen erwartet werden, und mangels eines verläßlichen Standards genau bekannter Zusammensetzung, hat man in Amerika wenigstens vorläufig darauf verzichtet, möglichst genaue Gesteinsanalysen anzustreben, sondern ist damit beschäftigt, möglichst rasche Verfahren zur bloß angenäherten Bestimmung nur der Hauptbestandteile auszuarbeiten; vor allem durch Kolorimetrie, bzw. Photometrie und Flammenphotometer, wobei Trennungen möglichst vermieden werden. So weicht man bewußt und absichtlich von dem Weg Hillebrands ab.

Ich habe allerdings guten Grund, anzunehmen, daß hiesige Petrographen diese Wandlung nicht freudig begrüßen würden, denn manchen kann eine Analyse gar nicht genügend genau sein, wenn die Neigung besteht, aus kleinen Differenzen große Schlußfolgerungen zu ziehen. Doch kann man einstweilen unbesorgt sein, weil wir leider kein Flammenphotometer haben.

Die angeführten Resultate stehen in schärfstem Kontrast zu den Übereinstimmungs-Forderungen der Spezialliteratur, aber auch zu dem phantastischen Fortschritt, den die Apparaturen gerade in Amerika aufweisen. Das ist für uns hier, bei der Unmöglichkeit solcher Anschaffungen, wenigstens ein kleiner Trost; denn es beweist, daß die Kunst des Analysierens mit der Entwicklung der Instrumente im allgemeinen nicht gleichen Schritt gehalten hat und durch diese auch nicht entbehrlich geworden sondern um so mehr zu pflegen ist.

Der Amerikanischen Chemischen Gesellschaft, besonders ihrem Sekretär Mr. George G. Taylor, danke ich verbindlichst für die wertvolle Hilfe und Anregung durch die seit einigen Jahren erfolgte Übersendung der „Analytical Chemistry".

Literatur über Methoden der Gesteinsanalyse

Hier soll zuerst nur die wichtigste Spezialliteratur an Einzelwerken angegeben werden, ohne Vollständigkeit anzustreben. Ein näheres Urteil über diese sehr verschiedenen Werke würde hier zu weit führen. Es folgt dann ein Verzeichnis der auf Analyse der Silikatgesteine bezüglichen Veröffentlichungen aus unserem Laboratorium.

Die grundlegenden Veröffentlichungen Hillebrands:

W. F. Hillebrand, Some principles and methods of analysis applied to silicate rocks. United States Geological Survey, Bulletin No. *148*. Washington 1897.

W. F. Hillebrand, Praktische Anleitung zur Analyse der Silikatgesteine (übersetzt von E. Zschimmer). Leipzig 1899.

W. F. Hillebrand, Some principles and methods of rock analysis. U. S. Geol. Survey, Bull. *176*. Washington 1900.

W. F. Hillebrand, The analysis of silicate and carbonate rocks. U. S. Geol. Survey, Bull. *305*. Washington 1907; Bull. *422*, 1910; *700*, 1919.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

W. F. Hillebrand, Analyse der Silikat- und Karbonatgesteine (übersetzt von J. Wilke-Dörfurt). Leipzig 1910.

W. F. Hillebrand und G. E. F. Lundell, Applied inorganic analysis. New York, 1929. Ein unschätzbares Werk.

P. Jannasch, Praktischer Leitfaden der Gewichtsanalyse. Leipzig 1897. Zweite Auflage, Leipzig 1904.

H. S. Washington, Manual of the chemical analysis of rocks. New York 1904.

H. S. Washington, The chemical analysis of rocks, 4. Auflage, New York 1930. Ausgewählte Methoden, besonders ausführlich beschrieben.

M. Dittrich, Anleitung zur Gesteinsanalyse. Leipzig 1905.

M. Dittrich, Analytische Methoden der Silicate. (Handbuch d. Mineralchemie von C. Doelter, Band I, S. 560—594). Dresden und Leipzig 1912.

L. Duparc, Contribution à l'analyse des silicates naturels. Bulletin de la Société française de Minéralogie, XLII, 1919. Enthält viele Untersuchungen über Methoden.

A. W. Groves, Silicate analysis. London 1937. Ausgewählte Methoden, eingehend beschrieben.

J. W. Mellor und H. V. Thompson, A treatise on quantitative inorganic analysis, 2. Auflage. London 1938. Sehr wertvoll; besonders reiche Literatur-Angaben. Wichtig auch für die Analyse künstlicher Silikate.

J. Jakob, Anleitung zur chemischen Gesteinsanalyse. Berlin 1928.

E. Dittler, Gesteinsanalytisches Praktikum. Berlin und Leipzig 1933.

H. F. Harwood, Practical rock analysis. London 1933.

W. Daubner, Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft, *23*, 455 (1942).

W. R. Schoeller und A. R. Powell, The Analysis of Minerals and Ores of the Rarer Elements, 2. Auflage. London 1940. Für manche seltene Elemente sehr wichtig.

Über mikrochemische Analyse von Silikaten und Gesteinen:

F. Hecht, Mikro-Silikatanalyse, Mikrochim. acta II, 3. Heft, 188.

F. Hecht, Über die Anwendung mikroanalytischer Methoden in der Gesteinsanalyse, Z. analyt. Chemie *110*, 385.

Veröffentlichungen aus unserem Laboratorium über Methoden der Gesteinsanalyse:

Abkürzungen

Jahrb. = Jahrbuch d. Geol. Reichs-(Staats-, Bundes-)Anstalt, Wien.
Verh. = Verhandlungen d. Geol. Reichs-(Staats-, Bundes-)Anstalt, Wien.
Chem. Ztg. = Chemiker-Zeitung (Cöthen).
Z. analyt. Ch. = Zeitschrift für analytische Chemie.

Oskar Hackl, Grundzüge eines Verfahrens zur direkten Bestimmung des Eisenoxyd-Gehaltes säureunlöslicher Silikate. Verh. 1919, 51.

Oskar Hackl, Direkte Bestimmung des gebundenen Eisenoxyds in säureunlöslichen Silicaten. Chem. Ztg. 1919, Nr. 2/3.

Oskar Hackl, Die Verwendung von „Filterbrei" in der analytischen Praxis. Chem. Ztg. 1919, Nr. 17/18.

Oskar Hackl, Kunstgriffe zum Schutz gegen das Übertitrieren. Z. analyt. Ch. 1919, *58*, 194.

Oskar Hackl, Nachweis und Bestimmung von ganz geringen Chromspuren in Silicat- und Carbonatgesteinen und Erzen. Chem. Ztg. 1920, Nr. 9.

Oskar Hackl, Bestimmung äußerst geringer Arsen-Spuren in Silicatgesteinen. Chem. Ztg. 1921, Nr. 145.

Oskar Hackl, Über die Konstanz des Permanganat-Titers und verschiedene Titerstellungsmethoden. Chem. Ztg. 1922, 1065.

Oskar Hackl, Die direkte Bestimmung des dreiwertigen Eisens in säureunlöslichen Silicaten. Über die Genauigkeit der Verfahren zur Bestimmung der Wertigkeitsstufen des Eisens bei Aufschließung mittels Flußsäure-Schwefelsäure. Z. analyt. Ch. 1925, *66*, 401.

Oskar Hackl, Beiträge zur Grundlegung einer genauen Bestimmung des Eisenoxyduls in unlöslichen Silicaten. Z. analyt. Ch. 1925, *67*, 197.

Oskar Hackl, Die Verunreinigung von Proben durch Zerkleinern im Eisenmörser. Chem. Ztg. 1927, 442 und 610.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Oskar Hackl, Chemische Analyse einer Marienbader Gesteins-Serie. Vestnik, Prag 1929. (Vestnik statniho geologickeho ustav Čsl. Rep.).

Oskar Hackl, Die Fluor-Bestimmung in Silicatgesteinen, anwendbar auch auf Wässer. Z. analyt. Ch. 1934, *97*, 254.

Oskar Hackl, Das Mangan-Problem in der Silicatgesteins-Analyse und seine Lösung. Jahrb. 1936, *86*, 65.

Oskar Hackl, Die Lösung des Mangan-Problems in der Silikatgesteins-Analyse. Z. analyt. Ch. 1936, *105*, 81, 182, 320.

Oskar Hackl, Mikro-Prüfung von Silikaten auf Eisenoxydul und -oxyd. Mikrochemie 1936, XXI, 224.

Oskar Hackl, Das Verhalten von Chrom zu o-Oxychinolin. Z. analyt. Ch. 1937, *109*, 91.

Oskar Hackl, Beiträge zur Mangan-Bestimmung in Silicatgesteinen. Z. analyt. Ch. 1937, *110*, 401.

Oskar Hackl, Über die Bestimmung sehr kleiner Nickelgehalte. Verh. 1937, 154.

Oskar Hackl, Untersuchung des Bimssteins von Köfels auf Nickel. Zur Nickel-Bestimmung in Silicatgesteinen. Verh. 1937, Nr. 12.

Oskar Hackl, Beiträge zur Manganbestimmung in Silicatgesteinen. IV. Ergänzungen, enthaltend eine neue Methode der Mangan-Oxydation. Z. analyt. Ch. 1938, *112*, 174.

Oskar Hackl, Untersuchungen über verschiedene Methoden zur Fluor-Bestimmung in Silicatgesteinen. Z. analyt. Ch. 1939, *116*, 92.

Oskar Hackl, Verbesserung der Lithium-Bestimmung in Mineralwässern und ein neuer Weg zur Lithium-Bestimmung in Silicatgesteinen. Z. analyt. Ch. 1939, *118*, 1.

Oskar Hackl, Eine empfindliche und charakteristische Reaktion des Urans, die sich zu einer neuen Bestimmung von Uran-Spuren eignet. Z. analyt. Ch. 1940, *119*, 321.

Oskar Hackl, Untersuchungen über Methoden der Silicat-Analyse. Glastechnische Berichte 1941, *19*, 345.

Oskar Hackl, Höhere Manganoxyde in der Silicatgesteins-Analyse. Z. analyt. Ch. 1943, *125*, 81.

Oskar Hackl, Direkte Bestimmung des Aluminiums in Silicaten. Glastechnische Berichte 1940, *18*, 322 (Referat).

Oskar Hackl, Die Empfindlichkeit der Zirkonfällung mit Phosphat und mit Phenylarsinsäure. Z. analyt. Ch. 1941, *122*, 1.

Oskar Hackl, Fortschritte in der analytischen Chemie, im Zusammenhang mit Geologie, Jahrb. *94*, 59 (Festband 1951).

K. Fabich, Feststellung des Alkaliengehaltes in Kalzium-Karbonat für die Alkalienbestimmung in Silikatgesteinen. Verh. 1930, Nr. 11.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

C. Analysen von Silikatgesteinen

zusammengestellt von K. Fabich

I. Gesteine aus dem Bereich der Böhmischen Masse

	1	2	3	4
SiO_2	70·76%	69·62%	66·40%	62·94%
TiO_2	0·18%	0·24%	0·85%	0·85%
Al_2O_3	12·35%	14·54%	15·53%	15·58%
Fe_2O_3	0·44%	0·96%	1·04%	1·04%
FeO	1·49%	1·31%	2·38%	3·83%
CaO	1·32%	1·62%	2·46%	3·44%
MgO	0·40%	0·49%	1·38%	2·56%
K_2O	6·33%	6·29%	5·39%	5·05%
Na_2O	4·09%	4·12%	3·55%	3·29%
H_2O	1·04%	0·64%	0·64%	0·60%
CO_2	0·60%	0·36%	1·00%	0·86%
P_2O_5	0·19%	0·11%	0·13%	0·23%
S	0·21%	0·41%	Spur	0·06%
	99·40%	100·71%	100·75%	100·33%

1) Saurer Porphyrit, oberhalb Persenbeug („25 r").
2) Saurer Porphyrit, vom *km* 50·5 an der Bahn Marbach—Persenbeug („72 a").
3) Glimmerdioritporphyrit aus dem Lojatal, Steinbruch linke Talseite („I").
4) Sehr dunkler Granitporphyr mit Orthoklas-Einsprenglingen bis 2½ *cm* lang; nördlich Gr. Mitterberg bei Persenbeug („220"), 1922; Analytiker: Hackl.
Einsender aller 4 Proben: P. H. Limbrock, Darmstadt.

	5	6	7
SiO_2	49·70%	58·78%	51·58%
TiO_2	0·96%	0·88%	0·89%
Al_2O_3	17·40%	13·47%	12·73%
Fe_2O_3	1·11%	2·35%	0·85%
FeO	8·24%	1·87%	10·51%
MnO	0·03%	0·04%	0·12%
CaO	9·36%	4·54%	6·17%
MgO	7·73%	4·89%	12·64%
K_2O	0·61%	7·88%	0·89%
Na_2O	2·96%	2·61%	1·60%
H_2O bis 105° C	0·31%	0·52%*)	0·50%*)
H_2O über 105° C	0·97%	0·88%**)	0·82%**)
CO_2	0·43%	0·06%	0·20%
Cr_2O_3	0·10%	—	0·15%
P_2O_5	0·06%	0·86%	0·41%
Ges. S	0·16%	Spur	0·07%
BaO	Spur unter 0·01%	—	0·04%
	100·13%	99·63%	100·17%

*) bis 110° C **) über 110° C

5) „Gabbro von Nonndorf bei Drosendorf", 1931; Hackl und Fabich.
6) „Saures atlantisches Ganggestein Thuresit von Thureß bei Karlstein (bei Raabs, Waldviertel, N. Ö.)", 1932; Hackl und Fabich.
7) „Feinkörniger Norit von Artolz bei Waidhofen a. d. Thaya", 1939; Hackl und Fabich.
Einsender obiger Proben: Dr. L. Waldmann, Wien.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

	8	9	10	11
SiO_2	67·25 %	60·16%	66·44%	47·48%
TiO_2	2·19 %	2·27%	0·54%	1·41%
Al_2O_3	9·59 %	9·20%	16·39%	18·35%
Fe_2O_3	2·75 %	3·68%	1·58%	1·12%
FeO	1·34 %	2·80%	1·78%	7·83%
MnO	0·02 %	0·03%	0·03%	0·14%
CaO	1·20 %	3·00%	3·28%	10·07%
MgO	3·13 %	3·78%	1·21%	6·98%
K_2O	8·71 %	9·66%	2·80%	1·88%
Na_2O	1·76 %	2·22%	4·18%	2·19%
H_2O bis 105° C	0·41 %	0·26%*)	0·52%	0·52%*)
H_2O über 105° C	1·27 %	0·53%**)	0·62%	1·01%**)
CO_2	0·06 %	0·29%	0·15%	0·30%
P_2O_5	0·36 %	1·12%	0·16%	0·24%
Cr_2O_3	0·015%	0·02%	Spur, unter 0·01%	0·05%
ZrO_3	0·07 %	0·29%	0·02%	—
BaO	0·11 %	0·73%	0·06%	0·11%
BeO	—	—	—	unter 0·01%
F	0·14 %	0·02%	nicht nachweisbar	—
U	—	Spur	Spur unter 0·01%	nicht nachweisbar
Cl (säurelöslich)	Spur	—	—	—
S	minimale Spur	Spur unter 0·01%	Spur unter 0·01%	0·25%
	100·37 %	100·06%	99·76%	99·93%
— O für F	0·06 %	0·01%		
	100·31 %	100·05%		

*) bis 110° C **) über 110° C

8) „Karlsteinit" südlich Karlstein—Münichreith (bei Raabs, N. Ö. Waldviertel), 1933; Hackl.
9) „Ganggestein (Karlsteinit) von Jarolden bei Waidhofen a. d. Thaya", 1939; Hackl und Fabich.
10) „Granodiorit" von Maria Schnee bei Kaplitz, 1939; Hackl und Fabich.
11) „Grobkörniges gabbroides" Gestein (Norit) von Klein Zwettl, 1939; Hackl und Fabich.

Einsender obiger Proben: Dr. L. Waldmann, Wien.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

	12
SiO_2	61·54 %
TiO_2	0·79 %
Al_2O_3	18·68 %
Fe_2O_3	0·40 %
FeO	5·67 %
MnO	0·09 %
CaO	0·71 %
MgO	2·90 %
K_2O	4·07 %
Na_2O	2·01 %
H_2O bis 110° C	0·70 %
H_2O über 110° C	1·36 %
CO_2	0·11 %
P_2O_5	0·10 %
Ges. S	0·35 %
Cr_2O_3	0·02 %
Sr O	0·01 %
BaO	0·09 %
ZrO_2	0·04 %
NiO	unter 0·01 %
CuO	0·004 %
BeO	unter 0·01 %
Li_2O	0·04 %
$(Ce, Y)_2 O_3$ seltene Erden	unter 0·01 %
V_2O_3	0·016 %
MoO_3	0·0006 %
WO_3	unter 0·1 %
ZnO	0·015 %
U	unter 0·02 %
F	0·02 %
Cl	0·04 %
B_2O_3	unter 0·02 %
C	0·08 %
Ag	unter 0·0001 %
Au	unter 0·00003 %
	99·85 %
— O für F+Cl	0·02 %
	99·83 %

12) „Cordieritgranit von Hoheneich" (bei Fabrik Backhausen) bei Gmünd (Waldviertel). Einsender der Probe: Dr. L. Waldmann, Wien, 1938—1940; Hackl und Fabich.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

	13	14
SiO_2	68·40%	61·49 %
TiO_2	1·32 %	2·11 %
Al_2O_3	11·37%	8·30 %
Fe_2O_3	3·51%	3·27 %
FeO	0·43 %	1·30 %
MnO	0·03%	0·07 %
CaO	0·59%	2·56 %
MgO	0·98%	6·14 %
K_2O	9·92%	9·50 %
Na_2O	1·64%	1·80 %
H_2O bis 110° C	0·49%	0·30 %
H_2O über 110° C	0·57%	0·97 %
CO_2	0·11%	0·15 %
P_2O_5	0·08%	1·39 %
S	0·05%	0·005%
ZrO_2	0·16%	—
Cr_2O_3	—	0·05 %
F	—	0·30 %
	99·65%	99·70 %
— O für F		0·13 %
		99·57 %
spez. Gewicht	2·67	2·76

	15
SiO_2	49·09%
TiO_2	0·61%
Al_2O_3	17·45%
Fe_2O_3	1·40%
FeO	6·42%
MnO	0·04%
CaO	11·08%
MgO	9·48%
K_2O	0·48%
Na_2O	2·40%
H_2O bis 100° C	0·19%
H_2O über 100° C	1·11%
CO_2	0·10%
P_2O_5	Spur
S	0·13%*)
Fe	0·21%*)
	100·19%

*) als Fe_7S_8

13) Karlsteinit „Edlitz-Göpfritzschlag", Waldviertel, 1935; Hackl.
14) Karlsteinit „Südlich Karlstein—Münichreith", Waldviertel, 1935; Hackl. Einsender obiger Proben: Dr. L. Waldmann, Wien.
15) „Eklogitartiges Übergangsgestein" (Haberlandt), neuer kleiner Steinbruch bei Café Hochwald, C. 741, Marienbad, 1914; Analytiker: O. Hackl. Einsender: Prof. A. Rosiwal, Wien.

Weitere Analysen einer Marienbader Gesteins-Serie, ausgeführt von O. Hackl, wurden veröffentlicht in: Věstnik statního geolog. ústavu C. S. R., V., Prag 1929 (mangels Korrektur mit Druckfehlern). Auch von H. Haberlandt veröffentlicht: Jahrb. d. Geol. Bundesanst., *79*, 257, 1929; hier fehlt obige Analyse, und S. 296 bei Analyse 8 (Turmalinaplit) fehlt das Fluor, wodurch unrichtige Summe entsteht; S. 281 ist die Analyse richtig wiedergegeben.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

	16	17	18*)
SiO_2	73·09 %	74·77 %	74·11 %
TiO_2	0·23 %	0·17 %	0·22 %
Al_2O_3	13·60 %	12·80 %	12·69 %
Fe_2O_3	0·27 %	0·37 %	0·36 %
FeO	1·64 %	1·43 %	1·54 %
MnO	0·04 %	0·04 %	0·007 %
CaO	1·36 %	0·87 %	0·75 %
MgO	0·41 %	0·24 %	0·45 %
K_2O	4·64 %	4·77 %	4·89 %
Na_2O	3·67 %	3·47 %	5·20 %
H_2O bis 110° C	0·20 %	0·32 %	—
H_2O über 110° C	0·76 %	0·47 %	—
CO_2	0·06 %	0·09 %	0·08 %
P_2O_5	0·07 %	0·21 %	0·12 %
Ges. S	0·02 %	0·02 %	0·05 %
BaO	0·03 %	0·003 %	—
NiO	0·002 %	0·0005 %	—
Cr_2O_3	0·007 %	0·005 %	0·008 %
V_2O_3	0·003 %	0·004 %	0·005 %
ZnO	—	—	0·001 %
ZrO_2	0·01 %	0·01 %	—
CuO	—	0·0003 %	0·0005 %
Ges. Cl	0·005 %	0·005 %	0·006 %
F	—	0·05 %	0·04 %
	100·12 %	100·12 %	100·53 %
— O für F	—	0·02 %	0·02 %
	—	100·10 %	100·51 %

*) Diese Analyse konnte wegen dringenden anderen Untersuchungen nicht ordnungsgemäß beendet werden.

16) „Granit Steinbruch Ostrand der Abruzzen (Analysenmaterial Prof. Berg [Riesengebirge]). Gr. A. 75, Nr. 9, Bl. Warmbrunn", 1943; Hackl und Fabich.

17) „Riesengebirgsgranit, Steinbruch Melzerhöhe bei Jannowitz", 1943; Hackl und Fabich.

18) „Gleichkörniger Granit, Kammhöhe südwestlich Neue Schlesische Baude, Bl. Strickerhäuser 75/13", 1943; Hackl und Fabich.

Einsender der Proben: Reichsamt für Bodenforschung, Berlin.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

II. Gesteine aus dem Bereich der Alpen

	19	20	21	22
SiO_2	41·02%	29·64%	76·98%	64·08%
TiO_2	6·21%	—	0·12%	0·55%
Al_2O_3	20·96%	31·01%	11·19%	16·68%
Fe_2O_3	15·55%	1·24%	0·24%	2·81%
FeO	0·68%	—	0·28%	0·51%
MnO	0·10%	—	—	0·03%
CaO	1·34%	0·42%	0·16%	4·65%
MgO	1·07%	0·43%	0·15%	0·79%
K_2O	5·64%	3·43%	8·19%	2·58%
Na_2O	0·89%	0·92%	0·72%	4·08%
H_2O bis 105° C	0·78%	Ges. H_2O + CO_2	110° 0·90%	0·63%
H_2O über 105° C	4·35%		110° 1·15%	0·75%
CO_2	0·09%	32·56%	0·14%	1·47%
P_2O_5	0·92%	—	0·03%	0·12%
Ges. S	0·05%	—	0·02%	0·02%
Cr_2O_3	—	—	—	minimale Spur
Ges. Cl	—	—	—	minimale Spur
	99·65%	99·65%	100·27%	99·75%
spez. Gewicht	—	—	2.49	—

19) „Tuffit"-Gestein von Eisenkappel, Weg zur Prepotnighube, 1931; Hackl und Fabich.
Einsender der Probe: Dr. H. V. Graber, Wien.

20) „Zersetztes Andesitgestein" vom N-Abfall des Bscheidkogels bei Gleichenberg, 1925; Hackl und Fabich.
Einsender der Probe: Dr. A. Winkler, G. B. A. Wien.

21) Saures Eruptivgestein, Liparit von der Flysch-Schliergrenze südöstlich der Rotte Panhalm bei Euratsfeld, N. Ö., 1933; Hackl.
Einsender der Probe: Dr. H. Beck und Dr. H. Vetters, G. B. A. Wien.

22) Porphyrit, 200 *m* südwestlich Siegelstein, Lavamünd, 1952; Fabich.
Einsender der Probe: Dr. Beck-Mannagetta, G. B. A. Wien.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

	23	*)	**)
SiO_2	37·70%	0·86%	2·12%
TiO_2	2·28%	0·05%	0·12%
Al_2O_3	16·71%	1·15%	2·83%
Fe_2O_3	0·20%	0·12%	0·29%
FeO	18·01%	17·37%	42·76%
MnO	0·42%	0·41%	1·01%
CaO	0·30%	—***)	—
MgO	4·43%	4·27%	10·51%
K_2O	0·79%	—	—
Na_2O	0·70%	—	—
Ges. H_2O	1·95%	—	—
CO_2	16·39%	16·39%	40·35%
	99·88%	40·62%****)	99·99%

*) Analyse des säurelöslichen Karbonat-Anteiles dieses Falgenschiefers:
Säureunlöslicher Rückstand: 57·26%
daher gelöst: 42·74%

**) %-Zusammensetzung des gelösten Karbonat-Anteiles; 40·62% = 100% (umgerechnet).

***) Kein Ca! Auch nicht im $Mg_2P_2O_7$!

****) Summe 40·62% statt 42·74% (Differenz von 100—57·26%) weil auch H_2O im Gestein ist (rund 2%), das zum Silikat gehört, daher der unlösliche Rückstand (57·26%) um zirka 2% zu erhöhen = 59¼%; 100—59¼ = 40¾% gelöstes Karbonat, gut übereinstimmend mit der tatsächlich gefundenen Summe von 40·62%.

23) „Falgenschiefer" vom Nöckelberg bei Leogang (bei Saalfelden).

Einsender der Probe: Dr. Ohnesorge, Wien, 1924; Analytiker: Hackl.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

	24	25	26
SiO_2	48·53%	52·51%	68·92%
TiO_2	0·32%	1·62%	0·34%
Al_2O_3	21·73%	13·70%	16·23%
Fe_2O_3	1·32%	2·24%	1·02%
Cr_2O_3	0·10%	kl. Spur	kaum merklich
FeO	2·70%	7·91%	1·56%
MnO	0·01%	0·07%	0·04%
CaO	15·65%	10·24%	3·66%
MgO	6·28%	7·49%	1·01%
K_2O	0·35%	0·53%	3·38%
Na_2O	2·06%	3·19%	3·98%
Ges. H_2O	0·60%	0·86%	0·40%
CO_2	0·09%	0·14%	0·04%
P_2O_5	minimale Spur	0·16%	0·09%
Ges. S	0·05%	0·10%	Spur
	99·79%	100·76%	100·67%
spez. Gew.	3·274	3·354	2·671

24) Koralpe, Felskopf beim Hollbauer, nördlich St. Oswald, 1927; Hackl und Fabich.
25) Koralpe, (Eklogit), Straße Mautnereck—Krumbach bei Eibiswald, 1927; Hackl und Fabich.
26) Bacherngranit, Wucherergraben, 1928; Hackl und Fabich.
Einsender obiger Proben: Dr. A. Kieslinger, Wien.

	27
SiO_2	45·06%
TiO_2	2·78%
Al_2O_3	20·84%
Fe_2O_3	13·19%
FeO	1·48%
MnO	0·04%
CaO	2·12%
SrO	0·01%
MgO	1·44%
K_2O	6·39%
Na_2O	2·19%
H_2O bis 105° C	0·84%
H_2O über 105° C	1·64%
CO_2	0·25%
P_2O_5	1·43%
Ges. S	Spur
NiO	0·01%
Cr_2O_3	nicht nachweisbar
U	0·01%
F	nicht nachweisbar
	99·72%

27) Mikroklin-Gneis von Sieggraben (Burgenland).
Einsender der Probe: Dr. F. Kümel, Wien, 1939; Hackl und Fabich.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

	28	29
SiO_2	53·46%	45·98%
TiO_2	1·06%	3·67%
Al_2O_3	17·90%	14·69%
Fe_2O_3	1·56%	3·41%
FeO	5·11%	7·10%
MnO	0·08%	0·11%
CaO	7·24%	11·78%
MgO	6·27%	7·07%
K_2O	1·26%	0·69%
Na_2O	2·73%	2·34%
H_2O bis 105° C	2·71%	0·56%
H_2O über 105° C		1·84%
CO_2	0·10%	0·13%
Cr_2O_3	0·08%	—
P_2O_5	0·11%	0·24%
S	0·04%	0·06%
F	0·05%	—
	99·76%	99·67%
— O für F	0·02%	
	99·74%	

28) „Biotit-Strahlsteinschiefer, Sattel bei P. 1303, Roßkogel, S-Seite", 1929; Hackl und Fabich.

29) „Diorit, Sattel südlich Rotsohlschneid (Veitsch, Steiermark)", 1930; Hackl und Fabich.

Einsender der Proben: Dr. H. P. Cornelius, Wien.

	30	31	32	33
SiO_2	58·06%	78·24%	69·32%	66·70%
TiO_2	2·29%	0·23%	0·64%	0·70%
Al_2O_3	15·05%	12·37%	14·69%	15·79%
Fe_2O_3	1·78%	1·22%	1·50%	2·33%
FeO	7·03%	0·69%	2·25%	3·37%
MnO	0·15%	0·02%	0·03%	0·04%
CaO	6·00%	0·51%	1·16%	1·88%
MgO	2·98%	0·28%	1·12%	1·61%
K_2O	1·59%	2·96%	4·40%	3·25%
Na_2O	3·20%	2·91%	3·11%	3·19%
Ges. H_2O	1·94%	1·10%	1·70%	1·74%
CO_2	0·13%	0·06%	0·20%	minimale Spur
P_2O_5	0·33%	0·01%	0·14%	0·11%
S	0·05%	0·04%	0·03%	0·03%
	100·58%	100·64%	100·29%	100·74%

30) Gestein „729 Floning, Nordost ...", aus dem Kristallin der Zeberer Alpe, 1925; Hackl und Fabich.

31) Gestein „796 Kaiserkogel S", aus dem Kristallin der Zeberer Alpe, 1925; Hackl und Fabich.

32) Gestein „805 Aufstieg vom Bärnbacher zum Huber", aus dem Kristallin der Zeberer Alpe, 1925; Hackl und Fabich.

33) Gestein „A Strohsitzgraben, Beginn der Mündungsenge unterhalb des verfallenen Gehöftes" ... aus dem Kristallin der Zeberer Alpe, 1926; Hackl und Fabich.

Einsender der Proben: Prof. J. Stiny, Wien.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

	34	35	36
SiO_2	46·12%	43·63%	49·42%
TiO_2	2·16%	2·60%	0·83%
Al_2O_3	13·96%	13·86%	15·75%
Fe_2O_3	2·95%	3·20%	1·98%
FeO	6·26%	7·39%	6·27%
MnO	0·15%	0·15%	0·14%
CaO	8·60%	9·69%	7·99%
MgO	9·31%	7·61%	8·27%
K_2O	3·04%	2·22%	1·16%
Na_2O	2·82%	2·66%	3·03%
H_2O bis 110° C	0·28%	0·47%	0·54%
H_2O über 110° C	2·24%	2·29%	3·79%
CO_2	1·09%	3·24%	0·89%
P_2O_5	0·56%	0·67%	0·11%
Ges. S	0·14%	0·12%	0·06%
BaO	0·18%	0·12%	0·03%
SrO	—	0·07%	—
Cr_2O_3	0·06%	0·05%	0·09%
V_2O_3	0·03%	0·04%	0·03%
NiO	—	0·02%	0·03%
ZrO_2	0·01%	Spur unter 0·01%	Spur unter 0·01%
Ges. Cl	—	—	0·02%
	99·96%	100·10%	100·43%

34) „Lamprophyr, rechtes Drauufer gegenüber der Möllmündung, 50 *m* über der Drau", 1941; Hackl und Fabich.

35) Lamprophyr, Möllbrücken gegenüber Fleischhackersteg, oberhalb Drauweg, lose Trümmer, 1941; Hackl und Fabich.

36) Lamprophyr „Halde südwestlich unterm Speikkogel, westlich von Klein Kreuzeck am H. Hecht-Weg", 1941; Hackl und Fabich.

Einsender der Proben: Dr. H. Beck, Wien.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

	37	38	39	40
SiO_2	45·75%	53·40%	53·83 %	49·51%
TiO_2	2·13%	0·85%	1·23 %	1·60%
Al_2O_3	15·78%	15·77%	15·34 %	15·81%
Fe_2O_3	3·57%	2·42%	0·80 %	1·20%
FeO	6·82%	3·73%	5·29 %	7·11%
MnO	0·15%	0·11%	0·10 %	0·11%
CaO	7·85%	5·57%	5·33 %	6·73%
MgO	8·38%	5·48%	5·66 %	6·48%
K_2O	2·44%	2·19%	2·49 %	2·20%
Na_2O	3·11%	2·67%	2·50 %	3·54%
H_2O bis 110° C	0·54%	0·60%	0·72 %	0·46%
H_2O über 110° C	2·22%	3·72%	3·54 %	3·66%
CO_2	0·12%	2·92%	2·78 %	1·01%
P_2O_5	0·52%	0·22%	0·28 %	0·49%
Ges. S	0·11%	0·18%	0·15 %	0·22%
BaO	0·17%	0·11%	0·12 %	0·02%
SrO	0·11%	—	—	—
Cr_2O_3	0·04%	0·04%	0·033%	0·04%
V_2O_3	0·03%	0·03%	0·03 %	0·03%
NiO	0·03%	0·05%	0·015%	0·03%
	Spur unter	Spur unter		
ZrO_2	0·01%	0·01%	0·01 %	0·01%
Li_2O	0·01%	—	—	0·05%
Ges. Cl	0·04%	0·03%	0·004%	0·03%
F	—	—	0·01 %	0·07%
	99·92%	100·09%	100·26 %	100·41%
— O für Cl (+F)	0·01%	0·01%		0·04%
	99·91%	100·08%		100·37%

37) Lamprophyr „Lampersberg bei Möllbrücken. Block aus der Mauer des Türk", 1941; Hackl und Fabich.

38) Lamprophyr „Tobelgrabenbach, Mühle am Irschin-Zwickenberger-Weg", anstehend Kersantit, 1941; Hackl und Fabich.

39) Lamprophyr „Mühle im Tobelgraben am Irschin-Zwickenberger-Weg", anstehend Kersantit, 1942; Hackl und Fabich.

40) „Lurnfelditgang am oberen Ende der Klamm in der Nigglai", 1942; Hackl und Fabich.

Einsender der Proben: Dr. H. Beck, Wien.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

	41	42	43	44
SiO_2	72·71 %	76·41 %	58·36 %	57·23 %
TiO_2	0·27 %	0·11 %	0·93 %	0·96 %
Al_2O_3	14·42 %	12·90 %	17·33 %	18·11 %
Fe_2O_3	0·18 %	0·35 %	0·55 %	0·62 %
FeO	1·69 %	0·68 %	5·73 %	5·98 %
MnO	0·04 %	0·04 %	0·10 %	0·08 %
CaO	1·22 %	0·78 %	5·50 %	5·01 %
MgO	0·54 %	0·29 %	2·40 %	2·29 %
K_2O	4·22 %	4·14 %	2·02 %	1·18 %
Na_2O	3·65 %	4·13 %	5·25 %	7·19 %
H_2O bis 110° C	0·13 %	0·07 %	0·14 %	0·24 %
H_2O über 110° C	0·58 %	0·44 %	0·89 %	0·55 %
CO_2	0·03 %	0·02 %	0·05 %	0·08 %
P_2O_5	0·30 %	0·06 %	0·32 %	0·34 %
Ges. S	Spur unter 0·01 %	0·01 %	0·06 %	0·03 %
BaO	0·02 %	0·02 %	0·13 %	0·01 %
NiO	0·001%	0·0005%	unter 0·001%	0·010%
Cr_2O_3	0·007%	0·007 %	0·017%	0·011%
V_2O_3	Spur unter 0·01 %	0·005 %	0·015%	0·018%
ZrO_2	0·004%	0·005 %	0·02 %	0·02 %
Ges. Cl	Spur unter 0·01 %	0·007 %	0·02 %	0·024%
	100·01 %	100·47 %	99·83 %	99·98 %

41) „Zentralgneis 342, Bergsturz unter P. 2631, südlich Amertalsee, 23. 8. 39", 1941; Hackl und Fabich.

42) „353 Aplitgneis, Trögeck, 15. 7. 40", 1941; Hackl und Fabich.

43) „Hartes Gestein (Biotitreiches Ganggestein) Wurfbachstollen, 120—125 *m*, nördlich Fenster, 6. 8. 1940", 1941; Hackl und Fabich.

44) „Biotit- und Hornblendereiches Ganggestein, nördlich neben dem Gang bei 125 *m* nördlich Fenster, Wurfbachstollen, 6. 8. 1940", 1941; Hackl und Fabich.

Einsender der Proben: Dr. H. P. Cornelius, Wien.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

	45	46	47	48 *)
SiO_2	73·11 %	72·65 %	62·36 %	65·69%
TiO_2	0·21 %	0·21 %	0·65 %	0·05%
Al_2O_3	13·96 %	13·96 %	14·47 %	19·75%
Fe_2O_3	0·06 %	0·28 %	0·97 %	0·08%
FeO	0·86 %	1·26 %	3·63 %	0·68%
MnO	0·016%	0·03 %	0·09 %	0·02%
CaO	0·38 %	1·05 %	2·99 %	1·68%
MgO	3·68 %	0·85 %	3·05 %	0·30%
K_2O	4·52 %	4·39 %	6·84 %	0·29%
Na_2O	1·22 %	4·09 %	2·23 %	10·60%
H_2O bis 110° C	0·24 %	0·12 %	0·23 %	0·22%
H_2O über 110° C	1·78 %	0·61 %	1·16 %	—
CO_2	0·09 %	0·07 %	0·60 %	0·69%
P_2O_5	0·28 %	0·14 %	0·48 %	—
Ges. S	0·04 %	0·04 %	0·02 %	—
BaO	0·007%	0·02 %	0·24 %	—
NiO	Spur unter 0·01 %	0·002%	0·02 %	—
Cr_2O_3	0·01 %	0·01 %	0·02 %	—
V_2O_3	0·01 %	0·01 %	0·025%	—
ZrO_2	0·003%	0·01 %	0·03 %	—
Ges. Cl	0·02 %	Spur unter 0·01 %	0·01 %	—
	100.50 %	99·80 %	100·12 %	100·05%

*) Diese Analyse konnte wegen dringenden anderen Untersuchungen nicht beendet werden.

45) „Weißschiefer, Teufelsspitz O-Grat, 2500 *m*, 28. 8. 1939", 1941; Hackl und Fabich.
46) „336 Orthogneis, St. Pöltener Hütte, 7. 8. 1939", 1941; Hackl und Fabich.
47) „Hochweißenfeld-Granit, Moräne unter Schwarzköpfelkees Moserboden", 1941; Hackl und Fabich.
48) „Albitreiches Ganggestein", Wurfbachstollen, 170 *m* ab Eingang, 6. 5. 1940, 1941; Hackl und Fabich.

Einsender der Proben: Dr. H. P. Cornelius, Wien.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

	49	50	51	52
SiO_2	72·11%	61·71 %	59·90 %	71·98 %
TiO_2	0·19%	1·08 %	0·91 %	0·27 %
Al_2O_3	15·54%	18·91 %	17·74 %	12·35 %
Fe_2O_3	1·25%	2·41 %	2·57 %	1·66 %
FeO	0·99%	3·56 %	4·25 %	0·72 %
MnO	0·02%	0·04 %	0·05 %	0·02 %
CaO	0·09%	0·26 %	0·31 %	2·00 %
MgO	0·57%	2·18 %	3·19 %	0·49 %
K_2O	4·34%	3·96 %	3·92 %	2·15 %
Na_2O	2·24%	1·81 %	2·68 %	5·47 %
H_2O bis 110° C	0·68%	0·53 %	0·70 %	0·39 %
H_2O über 110° C	1·64%	3·12 %	3·33 %	1·12 %
CO_2	0·05%	0·07 %	0·11 %	1·47 %
P_2O_5	0·05%	0·19 %	0·17 %	0·20 %
Ges. S	0·06%	0·08 %	0·09 %	0·06 %
Cr_2O_3	0·01%	0·02 %	0·02 %	0·01 %
V_2O_3	unter 0·01%	0·015%	0·015%	0·01 %
U	unter 0·01%	0·02 %	unter 0·01%	unter 0·01%
	99·83%	99·97 %	99·96 %	100·37 %

49) „Aus dem Quarzphyllit, Steinkaser, 159", 1940; Hackl und Fabich.
50) „Aus dem Quarzphyllit, 150 Gamslahner", 1940; Hackl und Fabich.
51) „Aus dem Quarzphyllit, 175 Lizum", 1940; Hackl und Fabich.
52) „Albitschiefer, Steinalm, 204", 1940; Hackl und Fabich.

Einsender der Proben: Dr. B. Sander, Innsbruck.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

	53	54	55	56
SiO_2	71·27 %	71·60 %	73·29%	61·93 %
TiO_2	0·43 %	0·39 %	0·51%	0·96 %
Al_2O_3	13·96 %	13·43 %	8·52%	18·49 %
Fe_2O_3	2·10 %	2·18 %	1·45%	2·23 %
FeO	0·31 %	0·68 %	1·09%	4·74 %
MnO	0·01 %	Spur unter 0·01 %	0·02%	0·07 %
CaO	0·17 %	0·20 %	4·13%	0·49 %
MgO	0·87 %	1·14 %	1·42%	3·00 %
K_2O	6·48 %	5·44 %	1·84%	3·50 %
Na_2O	2·88 %	2·40 %	1·09%	1·60 %
H_2O bis 110° C	0·38 %	0·42 %	0·78%	0·35 %
H_2O über 110° C	1·25 %	1·85 %	2·03%	2·37 %
CO_2	0·06 %	0·05 %	3·38%	0·09 %
P_2O_5	0·03 %	0·15 %	0·07%	0·13 %
Ges. S	0·06 %	0·06 %	0·06%	0·03 %
Cr_2O_3	0·015%	0·01 %	0·03%	0·02 %
V_2O_3	0·01 %	0·014%	0·01%	0·025%
U	unter 0·01%	Spur	—	—
BaO	—	—	0·01%	—
ZrO_2	—	—	0·02%	—
	100·29 %	100·01 %	99·75%	100·03 %

53) „Arkose, Tuxer Joch, 404", 1940; Hackl und Fabich.
54) „Arkose, Tuxer Joch, 412", 1940; Hackl und Fabich.
55) „Arkose, Junsjoch, 520", 1941; Hackl und Fabich.
56) „Staurolithschiefer, Patscher Kofel, 245", 1941; Hackl und Fabich.

Einsender der Proben: Dr. B. Sander, Innsbruck.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

	57	58	59	60	61
SiO_2	84·32 %	74·65 %	72·22 %	81·61 %	68·79 %
TiO_2	0·18 %	0·40 %	0·21 %	0·17 %	0·51 %
Al_2O_3	8·74 %	12·81 %	13·88 %	9·07 %	16·16 %
Fe_2O_3	0·15 %	0·68 %	1·50 %	0·14 %	0·63 %
FeO	0·27 %	1·12 %	1·22 %	0·83 %	1·13 %
MnO	0·01 %	0·02 %	0·06 %	0·015%	0·03 %
CaO	0·06 %	0·69 %	0·67 %	0·15 %	0·41 %
MgO	0·46 %	0·27 %	0·43 %	0·43 %	1·25 %
K_2O	4·60 %	4·26 %	3·88 %	4·94 %	6·42 %
Na_2O	0·64 %	3·70 %	4·69 %	1·44 %	2·16 %
H_2O bis 110° C	0·09 %	0·17 %	0·15 %	0·08 %	0·33 %
H_2O über 110° C	0·70 %	0·80 %	0·58 %	0·48 %	1·55 %
CO_2	0·05 %	0·40 %	0·29 %	0·05 %	0·05 %
P_2O_5	0·06 %	0·15 %	0·09 %	0·36 %	0·39 %
Ges. S	0·04 %	0·03 %	0·02 %	0·12 %	0·03 %
BaO	0·07 %	0·03 %	0·26 %	0·02 %	0·20 %
NiO	unter 0·001%	0·001%	unter 0·001%	0·001%	0·002%
Cr_2O_3	0·005%	0·007%	0·007%	0·007%	0·009%
V_2O_3	0·015%	0·01 %	0·01 %	0·009%	0·008%
ZrO_2	0·01 %	0·01 %	0·04 %	unter 0·01%	0·01 %
U	—	—	—	—	0·01 %
Li_2O	—	—	—	0·01 %	unter 0·004%
Cl	Spur unter 0·01 %	Spur unter 0·01 %	0·006%	0·004%	0·006%
F	—	—	—	0·007%	0·07 %
	100·47 %	100·21 %	100·21 %	99·94 %	100·16 %
— O für F					0·03 %
					100·13 %

57) „Arkose, Kaserer, 552", 1941; Hackl und Fabich.
58) „Gneis, Lans, 497", 1941; Hackl und Fabich.
59) „Gneis, Venna, 901", 1941; Hackl und Fabich.
60) „Gneis, Schlüsseljoch, 912", 1942; Hackl und Fabich.
61) „Gneis, Lange Wand, 534", 1944; Hackl und Fabich.

Einsender der Proben: Dr. B. Sander, Innsbruck.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

	62	63	64	65
SiO_2	64·25%	66·43%	78·57%	57·82%
TiO_2	0·49%	1·05%	0·78%	1·47%
Al_2O_3	8·17%	14·84%	9·42%	17·50%
Fe_2O_3	1·35%	2·44%	2·05%	10·15%
FeO	1·41%	2·82%	1·41%	0·85%
MnO	0·05%	0·05%	0·05%	0·04%
CaO	8·52%	0·28%	0·61%	1·49%
MgO	2·02%	1·87%	1·00%	0·66%
K_2O	1·28%	2·98%	1·35%	0·30%
Na_2O	1·84%	2·78%	2·18%	9·12%
H_2O bis 110° C	0·63%	0·93%	0·66%	0·34%
H_2O über 110° C	1·69%	2·85%	1·87%	0·23%
CO_2	8·15%	0·29%	0·09%	0·06%
P_2O_5	0·09%	0·12%	0·12%	0·33%
Ges. S	0·10%	0·15%	0·07%	0·13%
SrO	0·02%	—	—	—
Cr_2O_3	0·02%	0·02%	0·02%	0·02%
V_2O_3	Spur	0·01%	0·01%	0·02%
U	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar
	100·08%	99·91%	100·26%	100·53%

62) „Kalkphyllit, Schmirn, 23", 1940; Hackl und Fabich.
63) „Quarzphyllit, Igls, 135", 1940; Hackl und Fabich.
64) „Aus dem Quarzphyllit, Vikartal, 144", 1940; Hackl und Fabich.
65) „697 *m*, untere Schieferhülle, Gerlos", 1940; Hackl und Fabich.

Einsender der Proben: Dr. B. Sander, Innsbruck.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

	66	67	68
SiO_2	53·80%	54·97%	57·53%
TiO_2	1·25%	3·30%	3·00%
Al_2O_3	18·34%	15·59%	15·31%
Fe_2O_3	1·77%	2·14%	1·78%
FeO	5·30%	8·21%	6·94%
CaO	5·99%	3·09%	5·68%
MgO	4·66%	3·13%	2·66%
K_2O	2·31%	0·33%	0·91%
Na_2O	2·98%	5·37%	4·07%
Ges. H_2O	3·40%	3·10%	1·80%
CO_2	0·18%	0·48%	0·52%
P_2O_5	—	0·43%	0·46%
	99·98%	100·14%	100·66%

66) „Wand westlich Val Torta über Raschwella 1400 *m*", 1915; Hackl.
67) „Nr. 970, zwischen Hinterstrengen und Eichholz bei Fließ", 1919; Hackl.
68) „Nr. 1066, am Weg von Kappl nach Obermühlen", 1919; Hackl.

Einsender: Dr. W. Hammer, Wien.

	69	70	71	72
SiO_2	56·32%	47·53%	59·89%	52·58%
Al_2O_3	22·98%	16·37%	21·42%	20·20%
Fe_2O_3	3·14%	3·63%	1·03%	3·83%
FeO	5·80%	10·88%	4·60%	5·01%
CaO	0·45%	8·53%	4·62%	6·73%
MgO	2·19%	6·80%	3·06%	3·81%
K_2O	4·44%	1·17%	2·05%	1·24%
Na_2O	0·98%	3·10%	2·37%	3·88%
Ges. H_2O	3·87%	1·16%	1·37%	3·12%
CO_2	0·22%	1·60%	0·23%	0·17%
	100·39%	100·77%	100·64%	100·57%

69) „Intrusionsgestein in den Perlgneisen bei der Fließer Scharte (licht)", 1913; Hackl.
70) „Südöstlich des Arrezkopf, Gneisgrenze unter P 2739 (dunkel)", 1913; Hackl.
71) „Tonalit", 1914; Hackl.
72) „Mathankopf", 1914; Hackl.

Einsender: Dr. W. Hammer, Wien.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

	73	74	75
SiO_2	67·98%	41·90%	71·01%
TiO_2	0·79%	0·55%	0·39%
Al_2O_3	16·31%	7·34%	13·44%
Fe_2O_3	1·19%	2·13%	1·01%
FeO	3·57%	8·74%	2·27%
MnO	Spur	0·10%	0·05%
CaO	0·80%	4·98%	2·43%
MgO	1·90%	31·34%	1·01%
K_2O	3·85%	0·54%	3·81%
Na_2O	2·43%	0·64%	3·12%
Ges. H_2O	1·27%	0·58%	0·85%
CO_2	0·07%	0·14%	0·14%
P_2O_5	—	minimale Spur	0·19%
Ges. S	—	0·17%	0·05%
Cr_2O_3	—	0·47%	—
ZrO_2	—	0·02%	—
	100·16%	99·64%	99·77%

73) Biotit-Granit vom Gänsekragen, S-Seite, Ötztal, 1924; Hackl.
74) Peridotit vom Loibiskogel (Südhang), Ötztal, 1926; Hackl und Fabich.
75) Alpiner Granit-Gneis, Durchschnittsmuster aus 3 Stücken, 1928; Hackl und Fabich.

Einsender der Proben: Dr. W. Hammer, Wien.

III. Moldavit von Bischofswart bei Lundenburg

	76
SiO_2	79·97%
TiO_2	0·28%
Al_2O_3	9·34%
Fe_2O_3	0·15%
FeO	1·56%
MnO	0·04%
CaO	2·79%
MgO	1·98%
K_2O	3·24%
Na_2O	0·73%
H_2O bis 110° C	0·12%
H_2O über 110° C	0·36%
CO_2	Spuren*)
P_2O_5	0·02%
Ges. S	0·03%
Cr_2O_3	0·01%
V_2O_3	0·01%
	100·63%
spez. Gewicht	2·346

*) Wegen Materialmangel nicht genauer bestimmbar.

76) Moldavit von Bischofswart bei Lundenburg.
Einsender der Probe: A. F. Tauber, Wien, 1941; Hackl und Fabich.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

D. Analysenregister

I. Gesteine aus dem Bereich der Böhmischen Masse

1. Saurer Porphyrit, Persenbeug
2. Saurer Porphyrit, Marbach—Persenbeug
3. Glimmerdioritporphyrit, Lojatal
4. Granitporphyr, N Gr. Mitterberg bei Persenbeug
5. Gabbro, Nonndorf bei Drosendorf
6. Saures, atlantisches Ganggestein (Thuresit), Thureß bei Karlstein
7. Norit, Artolz bei Waidhofen a. d. Thaya
8. Karlsteinit, Karlstein—Münichreith
9. Karlsteinit, Jarolden bei Waidhofen a. d. Thaya
10. Granodiorit, Maria Schnee bei Kaplitz
11. Norit, Klein Zwettl
12. Cordieritgranit, Hoheneich bei Gmünd
13. Karlsteinit, Edlitz—Göpfritzschlag
14. Karlsteinit, S Karlstein—Münichreith
15. Eklogitartiges Übergangsgestein, Marienbad
16. Granit, Abruzzen, Riesengebirge
17. Riesengebirgsgranit, Melzerhöhe bei Jannowitz
18. Granit, Kammhöhe SW Neue Schlesische Baude

II. Gesteine aus dem Bereich der Alpen

19. Tuffit, Eisenkappel
20. Zersetztes Andesitgestein, Bscheidkogel bei Gleichenberg
21. Liparit, Euratsfeld, N. Ö.
22. Porphyrit, Siegelstein, Lavamünd
23. Falgenschiefer, Nöckelberg bei Leogang
24. Eklogit, Koralpe
25. Eklogit, Eibiswald
26. Bacherngranit, Wucherergraben
27. Mikroklin-Gneis, Sieggraben, Burgenland
28. Biotit-Strahlsteinschiefer, Roßkogel
29. Diorit, Veitsch
30. Gestein aus dem Kristallin der Zeberer Alpe: Floning
31. Gestein aus dem Kristallin der Zeberer Alpe: Kaiserkogel
32. Gestein aus dem Kristallin der Zeberer Alpe: Aufstieg vom Bärnbacher zum Huber
33. Gestein aus dem Kristallin der Zeberer Alpe: Strohsitzgraben
34. Lamprophyr, rechtes Drauufer, gegenüber der Möllmündung
35. Lamprophyr, Möllbrücken
36. Lamprophyr, südwestlich Speikkogel, H. Hecht-Weg
37. Lamprophyr, Lampersberg bei Möllbrücken
38. Lamprophyr, Tobelgrabenbach, Irschen-Zwickenberger-Weg
39. Lamprophyr, Tobelgraben, Irschen-Zwickenberger-Weg
40. Lurnfelditgang, Klamm in der Nigglai
41. Zentralgneis, südlich Amertalsee
42. Aplitgneis, Trögeck
43. Biotitreiches Ganggestein, Wurfbachstollen
44. Biotit- und Hornblendereiches Ganggestein, Wurfbachstollen
45. Weißschiefer, Teufelsspitz
46. Orthogneis, St. Pöltener Hütte
47. Hochweißenfeld-Granit, Schwarzköpfelkees, Moserboden
48. Albitreiches Ganggestein, Wurfbachstollen
49. Quarzphyllit, Steinkaser
50. Quarzphyllit, Gamslahner
51. Quarzphyllit, Lizum
52. Albitschiefer, Steinalm
53. Arkose, Tuxer Joch
54. Arkose, Tuxer Joch
55. Arkose, Junsjoch
56. Staurolithschiefer, Patscher Kofel

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

57. Arkose, Kaserer
58. Gneis, Lans
59. Gneis, Venna
60. Gneis, Schlüsseljoch
61. Gneis, Lange Wand
62. Kalkphyllit, Schmirn
63. Quarzphyllit, Igls
64. Quarzphyllit, Vikartal
65. Untere Schieferhülle, Gerlos
66. Gestein aus: Wand westlich Val Torta
67. Gestein aus: Zwischen Hinterstrengen und Eichholz bei Fließ
68. Gestein aus: Am Weg von Kappl nach Obermühlen
69. Intrusionsgestein in den Perlgneisen, Fließer Scharte
70. Gestein aus der Gneisgrenze, südöstlich des Arrezkopf
71. Tonalit
72. Gestein vom Mathankopf
73. Biotit-Granit, Gänsekragen, Ötztal
74. Peridotit, Loibiskogel, Ötztal
75. Alpeiner Granit-Gneis

III. 76. Moldavit, Bischofswart bei Lundenburg.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt

Jahr/Year: 1952

Band/Volume: 95

Autor(en)/Author(s): Hackl Oskar, Fabich Karl

Artikel/Article: Analysen von Silikatgesteinen 227-260