

BEITRÄGE ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ
KLEINERE MITTEILUNGEN

Nr. 29

**Untersuchungen über radioaktive Mineralien
und Gesteine in der Schweiz**

**Ermittlung radiometrischer Anomalien mit
einem speziellen Zählrohr-Suchgerät**

von

A. W. ELBEL, TH. HÜGI und T. LABHART

BUCHDRUCKEREI UND VERLAG LEEMANN AG. ZÜRICH 8
1962 - KOMMISSIONSVERLAG: KÜMMERLY & FREY, BERN

**Vorwort der Schweizerischen Geotechnischen Kommission und
des Arbeitsausschusses für die Untersuchung schweizerischer
Mineralien und Gesteine auf Atombrennstoffe und seltene
Elemente**

Für die Radioaktivitätsmessungen im Felde besonders für Prospektionsarbeiten stellt sich immer wieder die Frage nach einem leicht zu handhabenden, robusten Instrument geeigneter Empfindlichkeit. Die vorliegende Untersuchung von A. W. Elbel, Th. Hügi und T. Labhart „Ermittlung radiometrischer Anomalien mit einem speziellen Zählrohr-Suchgerät“ macht auf eine Konstruktion aufmerksam, die den Feldanforderungen weitgehend angepasst ist.

Die Feldarbeiten erfolgten im Rahmen des Programmes des Arbeitsausschusses, mit Unterstützung durch die Kommission für Atomwissenschaften des Schweiz. Nationalfonds.

Für den Inhalt von Text und Figuren sind die Autoren allein verantwortlich.

Zürich, den 26. November 1962.

Der Präsident der
Schweiz. Geotechnischen Kommission
und des Arbeitsausschusses:

Prof. F. DE QUERVAIN

Ermittlung radiometrischer Anomalien mit einem speziellen Zählrohr-Suchgerät

Von *A. W. Elbel* (Zug¹⁾), *Th. Hügi* (Bern²) und *T. Labhart* (Bern²)

1. Einleitung

Für die geologisch-petrographische Prospektierung hat in den letzten Jahren ein neues Instrument immer mehr an Verbreitung gewonnen: das Suchgerät für radiometrische Messungen, für die Lokalisierung radiometrischer Anomalien im Felde. Die auszumessenden Strahlungsfelder liegen in einem Intensitätsbereich, der nur durch sehr empfindliche Messgeräte erfasst werden kann. Daher haben sich zwei Typen solcher Messgeräte eingebürgert, die sich durch die Art der Strahlungsdetektoren unterscheiden: das Szintillationszähler-Gerät und das GM-Zählrohr-Gerät.

Unter diesen haben sich die Szintillations-Zähler besonders stark verbreitet. Das ist nicht von vornherein selbstverständlich, da man bei der üblichen Prospektierung zu Fuss im Gelände nur einen Teil der „Fähigkeiten“ eines solchen Gerätes ausnützt.

Im Bestreben, ein möglichst wenig komplexes, betriebssicheres und relativ preisgünstiges Gerät für die Prospektierung zu realisieren, haben wir nochmals die Forderungen diskutiert, die an ein solches Gerät zu stellen sind. Ferner haben wir Vergleichsmessungen mit Szintillationszähler- und GM-Zählrohrgerät ausgeführt. Das Ergebnis ist, dass ein geschickt ausgelegtes Zählrohr-Gerät allen Anforderungen der Prospektierung „zu Fuss“ besonders im alpinen Gelände, gerecht werden kann.

2. Forderungen und Realisierung

Die Forderungen an das Gerät seien hier erst einmal ganz allgemein, und zwar von der Anwendungsseite her, besprochen.

Wir haben vor uns einen Strahlungsdetektor (irgendwelcher Art) und ein elektronisches Gerät, das die Zählpulse verarbeitet und einem Zeigerinstrument zuführt.

Das Gerät muss nun erstens eine genügend kleine Zeitkonstante haben: die Einstellzeit des Zeigers auf einen veränderten neuen Messwert soll so kurz sein, dass man auch bei der Fortbewegung im Gelände noch auf räumlich eng begrenzte Anomalien aufmerksam wird.

Zweitens muss das Gerät eine genügend grosse Nachweisempfindlichkeit haben. Überall im Gelände und im Labor misst man ja einen gewissen Strahlungs-

1) Landis & Gyr AG., Zug.

2) Mineralogisch-petrographisches Institut der Universität Bern.

Nulleffekt, der zu einem kleineren Teil von der kosmischen Strahlung herrührt, zum grösseren Teil von den in allen Materialien vorhandenen Spuren natürlich radioaktiver Elemente. Man nennt diesen den Umgebungsanteil des Nulleffekts.

Das Gerät muss in der Lage sein, eine kleine Erhöhung des natürlichen Nulleffekts bereits sicher anzuzeigen. Entscheidendes Kriterium dafür ist die Grösse der von der Messanordnung wiedergegebenen statistischen Schwankungen des Nulleffekts.

Für diese statistischen Schwankungen gilt bei einer Ratemeter-Messanordnung bekanntlich, dass bei gleichbleibender mittlerer Strahlungsintensität \bar{n} (Imp./sec) in 32 von 100 Zeitintervallen Werte zwischen \bar{n} und $\bar{n} \left(1 \pm \frac{1}{\sqrt{2\bar{n}\tau}}\right)$ gemessen werden können, in einem unter 100 Zeitintervallen sogar zwischen \bar{n} und $\bar{n} \left(1 \pm \frac{2,5}{\sqrt{2\bar{n}\tau}}\right)$, wo τ die Zeitkonstante der Messanordnung ist. Setzen wir einmal ein τ von 3 sec voraus und machen wir eine Abschätzung: Wie gross muss die mittlere count-Zahl \bar{n} sein, damit eine Anzeige des Messgerätes von z. B. $1\frac{1}{3}$ fachem Nulleffekt mit 99%iger Sicherheit auf eine radiometrische Anomalie hinweist und nicht nur eine statistische Schwankung ist?

Es folgt aus: $\frac{2,5}{\sqrt{2\bar{n}\tau}} = 0,33$ sofort: $\frac{6,3}{2 \cdot 0,1 \cdot 3} \sim 10 \text{ cps} = \bar{n}$ für NE.

Da der natürliche Nulleffekt in Bodennähe etwa $15 \mu\text{r/h}$ entspricht, müsste das Messgerät etwa 700 cps/mr/h liefern.

Erst jetzt kommen wir wieder auf die Frage zurück, welcher Strahlungsdetektor auszuwählen sei. Zählrohr und Szintillationszähler unterscheiden sich im wesentlichen durch das sogenannte Ansprechvermögen ϵ , die Zahl der Zählimpulse je auf den Quadratcentimeter aktiver Fläche treffendes Gammaquant.

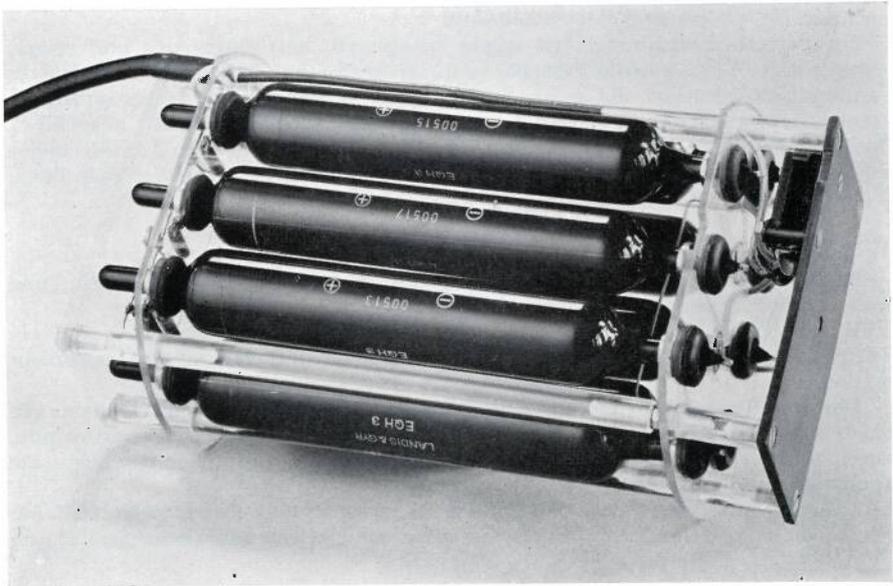


Fig. 1. Arrangement von 8 GM-Zählrohren Type EQH 3.

Es ist

$$\bar{n} \sim F \cdot Q \cdot \epsilon$$

(F = dargebotene aktive Fläche, Q = Quellenstärke)

und für den Fall der Nulleffektmessung, das heisst eine gegebene Quellenstärke Q , noch einfacher

$$\bar{n} \sim F \cdot \epsilon.$$

Das Zählrohr-Gerät ist also hinsichtlich der statistischen Schwankungen äquivalent oder sogar besser, sobald

$$(F \cdot \epsilon)_{SZZ} \leq (F \cdot \epsilon)_{ZR}$$

Die ϵ -Werte sind ungefähr: Szint.-Z. 30%, GM-ZR 1%.

Einem 1-Zoll-Szintillations-Kristall wäre also ein Arrangement von Zählrohren mit ca. 150 cm² aktiver Fläche äquivalent. Wir erreichen mit einer noch vernünftig zu handhabenden Gruppe von 8 Zählrohren von je ca. $F = 20$ cm² und besonders günstigem ϵ -Wert mehr, nämlich ungefähr 15 cps für den normalen NE oder etwa 1000 cps/mr/h.

Zum Nachweis, dass es nicht unrealistisch war, eine Zeitkonstante von $\tau \sim 3$ sec in die obige Rechnung einzusetzen, haben wir Modellversuche im Labor gemacht (Fig. 2). Wir haben uns künstlich eng begrenzte Strahlungsfelder von $2 \times NE$ und $10 \times NE$ hergestellt und diese quer mit verschiedener Marschgeschwindigkeit durchschritten. In die Figur sind eingetragen die vom Gerät angezeigten Maximalwerte und die Orte auf dem Marschweg, an welchen diese Maximalwerte abgelesen wurden. Man sieht, dass die Anzeige der Veränderung des Intensitätswertes erst

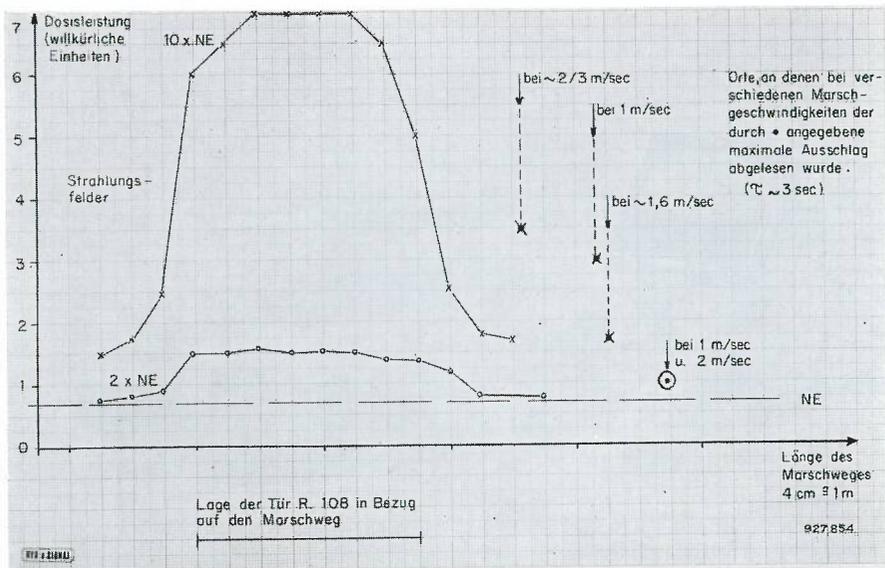


Fig. 2. Diagramm zum ersten Modellversuch: Durchschreiten eng begrenzter Strahlungsfelder mit verschiedener Marschgeschwindigkeit. Begrenzung gegeben durch Türe in Betonwand.

allmählich nachfolgt, dass aber in allen Fällen ein Anzeigewert erreicht wird, der grösser ist als die oben als Beispiel genannten $1\frac{1}{3}$ NE. Die Anzeigewerte sind also mit 99%iger Sicherheit für den marschierenden Beobachter ein Hinweis auf eine Anomalie. Er kann anhalten, zwei oder drei Schritte zurückgehen und dann in 10 bis 15 sec die Stärke der Anomalie ausmessen. Die Geräteauslegung mit $\tau \sim 3$ sec bei 1000 cps/mr/h ist also für den diskutierten Anwendungsfall brauchbar.

3. Vergleichsmessung im Gelände

In der praktischen Ausführung befindet sich das Zählrohr-Arrangement in einem leichten Gehäuse mit Handgriff, so dass man es zur Verbesserung der Raumwinkelgeometrie beim Laufen auch in die Nähe verdächtiger Stellen bringen kann.

Das transistorisierte Mess- und Anzeigegerät liefert aus einer gewöhnlichen 4,5-Volt-Taschenlampenbatterie mit einer Betriebsdauer von ca. 100 Stunden die Zählrohrspannung. Die erforderliche Spannungsstabilität kann man schon mit geringem Aufwand erreichen. Gemessen wird, nach dem Ratemeter-Prinzip, eine der Impulszahl pro Sekunde entsprechende Stromstärke, wobei die Skala in mr/h oder sogleich in Vielfachen eines mittleren Nulleffektes im Gelände geeicht sein kann. Möchte man eine besonders starke Anomalie zahlenmässig festlegen, so kann man die Empfindlichkeit um den Faktor 4 verringern (2 mr/h für den Vollauschlag) und für diese Messung die Zeitkonstante noch auf $\tau \sim 1,5$ sec herabsetzen.

Für die Erprobung des Geräts im Gelände wurde die Gegend von Naters bei Brig (VS) ausersehen. Im Zusammenhang mit Prospektionsarbeiten, die Mitarbeiter des Arbeitsausschusses für Atombrennstoffe in dieser Gegend unter Verwendung

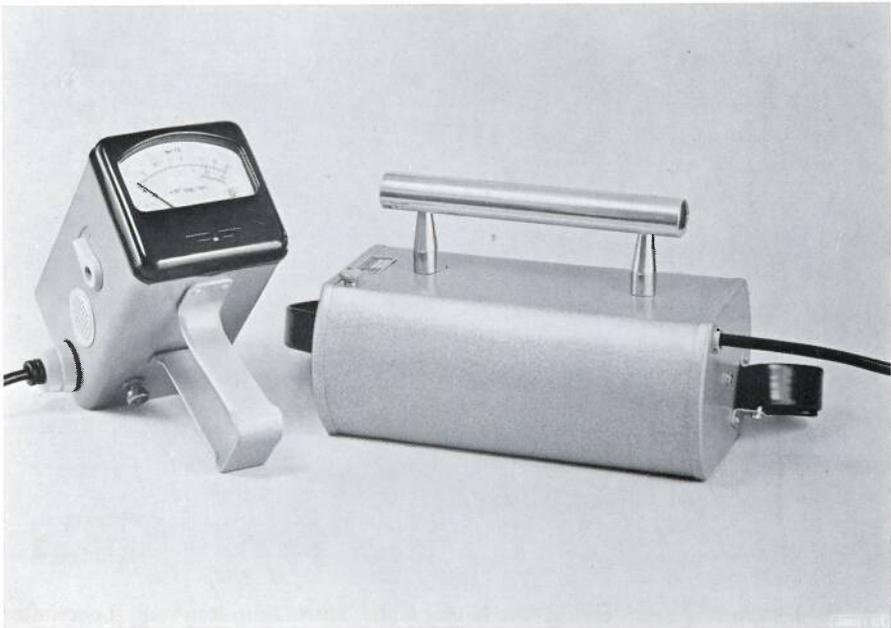


Fig. 3. Bild des Strahlensuchgerätes mit speziellem Detektor.

von Szintillationszähler-Geräten mit 1½-Zoll-Kristall durchgeführt hatten, sind eine Reihe von radiometrischen Anomalien gefunden worden. Diese treten in Biotit-Serizit-Gneisen auf, die zur südlichen Schieferhülle des Aarmassivs gehören. In derartigen Gneisen sind im Aarmassiv erstmals Anomalien festgestellt worden. Diese lassen sich auf über 1 km im Streichen der Gneise verfolgen, sind im allgemeinen lokal eng begrenzt. Die bisherigen mineralogischen Untersuchungen haben gezeigt, dass die erhöhte Aktivität des Gneises im wesentlichen auf die Anwesenheit von Uran zurückzuführen ist. Aktive Handstücke zeigen folgende, chemisch ermittelte Gehalte:

Uran bis 1000 g/t und mehr,
Thorium 10 g/t.

Die Gneise weisen, wie Autoradiographien zeigen, eine diffus feinverteilte Uranvererzung auf. Es ist noch nicht gelungen, den Uranträger sowie gelegentlich auftretende Anfüge von sekundären Mineralien eindeutig zu bestimmen.

Zur Erprobung des Suchgerätes wurde wie folgt vorgegangen: Der eine von uns (A. W. E.) hatte in Anwesenheit der beiden andern Autoren bestimmte Geländeabschnitte bei Naters abzuschreiten, das heisst mittels des Suchgerätes zu prospektieren. Die Stellen erhöhter Aktivität waren nur Th. H. und T. L. bekannt, welch letzterer beim Auffinden der Anomalien massgeblich beteiligt war. Es ist bei diesem Experiment gelungen, in den gewählten Geländeabschnitten sämtliche früher festgestellten Anomalien mit dem neuen Suchgerät neu aufzuspüren. Für den Prospektor herrschten bei dem Versuch im Prinzip die gleichen Voraussetzungen wie bei der ersten Prospektion. Wie der Versuch gezeigt hat, ist der Aufwand in zeitlicher und personeller Hinsicht analog wie bei Prospektionsarbeiten mittels Szintillationszähler-Geräten des Arbeitsausschusses. Als gleichwertig erwies sich das Zählrohrgerät auch hinsichtlich der quantitativen Ausmessung der Anomalien (z. B. „Stärke 4mal Null-Effekt“).

4. Modellversuch zur spektralen Respons

Hier ist noch ein Punkt interessant, und wir haben ihn in einem anderen Modell-Versuch abgeklärt. Man kann folgende Frage stellen: An einem Punkt im Gelände misst man mit dem Szintillationszähler eine Anomalie von $5 \times NE$. Dann bringt man an dieselbe Stelle das Zählrohrgerät. Zeigt es wirklich ebenfalls $5 \times NE$ an oder bringt die bei beiden Geräten ja verschiedene Energieabhängigkeit $\epsilon(E)$ des oben bereits verwendeten Ansprechvermögens doch noch eine Komplikation, eventuell sogar eine Überlegenheit eines der beiden Gerätetypen?

Nun, die Antwort ist durch die Feldversuche an sich gegeben: Beide Geräte sind äquivalent. Im Modellversuch haben wir die Sache aber noch näher durchleuchtet. Wir haben einmal eine ziemlich reine, noch linienreiche Ra- γ -Strahlung und einmal eine durch eine Wasserwand stark Comptonzerstreuung Ra- γ -Strahlung sowohl mit Zählrohr als auch mit Szintillationszähler untersucht.

Die Fig. 4 zeigt das Ergebnis. Es wurde in beiden Fällen die Quelle so angeordnet, dass das Zählrohr einen etwa dreifachen Nulleffekt mass. Dann wurde an den Ort des Zählrohres der Kristall des Szintillationszählers gebracht und in Abhängigkeit von der unteren Diskriminationsschwelle ebenfalls die Nulleffekt-erhöhung gemessen. Es wurden dabei alle Impulse gezählt, die von γ -Strahlen mit höherer als der Schwellen-Energie herrührten.

Überlagert man (oben im Bild) dem Nulleffekt eine Strahlung mit vielen diskreten Ra- γ -Linien, so ist bei genügend tiefer Diskriminatoreinstellung der Szintillationszähler überlegen. Er zeigt uns eine fünffache Nulleffekt-Erhöhung gegenüber der dreifachen beim Zählrohr.

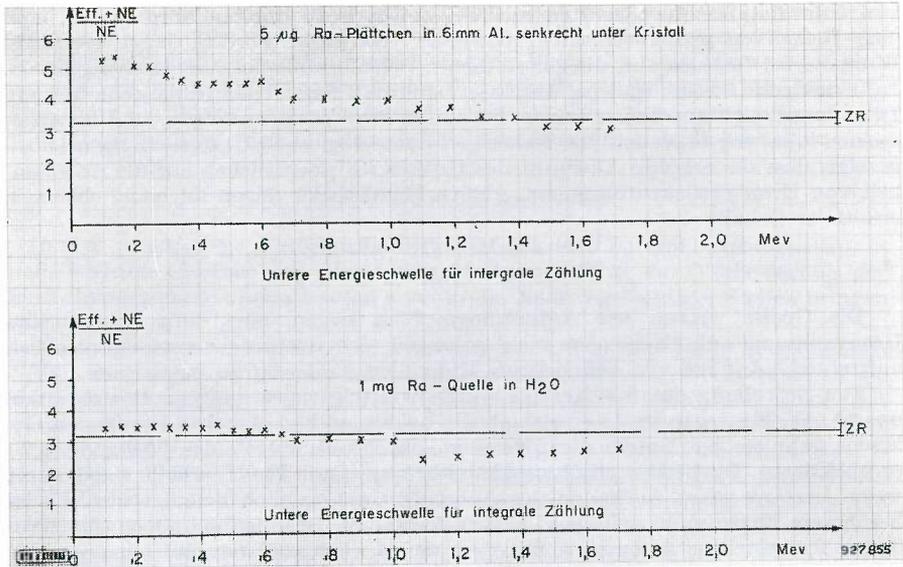


Fig. 4. Diagramm zum Modellversuch zur spektralen Respons.

Überlagert man dagegen dem gewöhnlichen Nulleffekt die stark zerstreute Ra- γ -Strahlung (unten im Bild), so erweisen sich beide Geräte als gleichwertig. Das ist sofort plausibel, wenn man sich klar macht, dass ja der bedeutende Umgebungsanteil des Nulleffektes gerade auch solch stark Comptonzerstreute Strahlung der Ra-Folgeprodukte ist, neben einem kleinen Anteil von K^{40} und von Thorium. Wenn wir ein Strahlungsfeld in seiner Intensität verdoppeln, ohne seine spektrale Zusammensetzung zu ändern, so muss jedes Messinstrument, gleich welcher spektralen Respons $\epsilon(E)$, eine Verdoppelung anzeigen.

Mit diesem zweiten Fall nun haben wir es im Felde zu tun: Eine radiometrische Anomalie ist ein Zentrum besonders starken Umgebungsanteils des Nulleffektes. Die Intensität wird erhöht, die spektrale Zusammensetzung bleibt erhalten. Szintillationszähler und Zählrohr messen die gleiche Nulleffektserhöhung.

5. Zusammenfassung

Grundsätzliche Überlegungen und Versuche in Laboratorium und Gelände erweisen, dass auch bei einem Zählrohr-Suchgerät die wesentlichen Parameter, nämlich Zeitkonstante und statistische Schwankung der Anzeige, derart gewählt werden können, dass ein sehr betriebssicheres und leicht zu handhabendes Gerät entsteht, das den Erfordernissen der Aufspürung radiometrischer Anomalien „zu Fuss“ gerecht wird. Ein solches Gerät zeichnet sich gegenüber einem sonst gleichwertigen Szintillationszähler-Gerät besonders durch seine geringere Komplexität aus.

Schweizerische Mineralogische und Petrographische Gesellschaft
Société Suisse de Minéralogie et Pétrographie

Gegründet 1924 — Fondée en 1924

Jahresbeitrag Fr. 28.—. Keine Eintrittsgebühr. Lebenslängliche Mitgliedschaft wird durch einmalige Zahlung von Fr. 560.— erworben. Anmeldungen als Mitglied sind zu richten an den Sekretär, PD. Dr. M. Weibel, Inst. für Kristallographie und Petrographie ETH, Sonneggstrasse 5, Zürich 6. Über den Verkauf erschienener Hefte an Mitglieder gibt der Kassier, Prof. A. NIGGLI, Inst. für Kristallographie und Petrographie ETH, Sonneggstrasse 5, Zürich 6, Auskunft.

Zeitschrift der Gesellschaft (jährlich 2 Hefte, für Mitglieder gratis):

Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen
Bulletin Suisse de Minéralogie et Pétrographie

Redaktor: Dr. A. SPICHER, Bernoullianum, Basel

Abonnemente auf die Zeitschrift (für Nichtmitglieder) nimmt der Verlag Leemann, Postfach Zürich 34, entgegen (Schweiz Fr. 48.—, Ausland inkl. Porto sFr. 51.— pro Jahr)

Die Gesellschaft kauft jederzeit guterhaltene Hefte früherer Jahrgänge zurück. Angebote sind an den Kassier zu richten

Anfang 1958 ist erschienen:

Register der Bände 1–35 (1921–1955)
der Schweizerischen Mineralogischen und Petrographischen Mitteilungen

Der Registerband umfasst 110 Seiten und enthält ein Autoren-, Sach- und Ortsregister, ein gekürztes chronologisches Register der Bände 1–35 sowie die offiziellen Mitteilungen der SMPG

Preis für das broschiierte Heft Fr. 15.— für Mitglieder,
Fr. 20.— für Nichtmitglieder

Bestellungen nimmt der Verlag Leemann, Postfach Zürich 34, entgegen
Postcheck-Konto VIII 2323