

GEOLOGICA **BAVARICA**

Herausgegeben
vom

BAYER. GEOLOGISCHEN LANDESAMT

Nr. 35

Emanationsmessungen im Nabburger Flußpatrevier

I. Geologischer Teil

von

Ernst Otto Teuscher, München

II. Geophysikalischer Teil

von

Ernst Budde, Hannover

Mit 14 Abbildungen und einer Lagerstättenkarte 1 : 25 000

M Ü N C H E N 1 9 5 7

An die Verfasser von Aufsätzen und Mitteilungen

Die der Schriftleitung der „Geologica Bavarica“ eingereichten *Manuskripte sollen satzfertig sein*, d. h. den „Anweisungen für die Verfasser naturwissenschaftlicher Arbeiten (Die Bonner Anweisungen)“ entsprechen. Demnach sind Satzänderungen entgegen der Niederschrift, soweit sie 10 % der Satzkosten überschreiten, vom Verfasser zu bezahlen. Im einzelnen ist folgendes zu beachten:

Aufbau

Titel: kurz und bezeichnend.

Name des Verfassers: in der Überschrift mit ausgeschriebenem Vornamen.

Gliederung: klar und übersichtlich; bei längeren Arbeiten Inhaltsverzeichnis.

Zusammenfassung: bei größeren Arbeiten erforderlich.

Äußere Form

Text: in Maschinenschrift, einseitig, 1 $\frac{1}{2}$ -zeilig, handgeschriebene Verbesserungen in Druckschrift. Unterscheiden zwischen Bindestrich (- kurz) und Gedankenstrich (— lang), zwischen ss und ß (Masse und Maße).

Angabe der Schriftart: Molasse wird **Molasse** (fett, für Überschriften); Hauptverwerfung wird Hauptverwerfung (gesperrt, für wichtige Angaben); Müller, K. wird MÜLLER, K. (Kapitalchen, für Autorennamen); Ceratites wird *Ceratites* (Kursiv, für Fossilnamen mit lateinischer Endung); § senkrechte Schlangenlinie am Rand für Kleindruck (Petit, bei Tabellen, Schichtenverzeichnissen von Bohrungen, Synonyma, Zitate, Textabschnitten von untergeordneter Bedeutung u. a.).

Fußnoten (Petit): fortlaufend beziffern, nachträgliche alphabetisch zwischenschalten, z. B. 6a).

Literaturzitate: durch Nennung des Verfassers, des Erscheinungsjahres und evtl. der betr. Seite; bei mehreren Arbeiten eines Verfassers im gleichen Jahr a, b, usw. hinzufügen (z. B. 1953 b). Bei mehreren Autoren einer Arbeit Namen in alphabetischer Folge und durch „&“ verbinden.

Schriftumsverzeichnis: am Schluß der Arbeit und alphabetisch geordnet. Beispiele für Literaturangaben

a) bei Zeitschriften:

LEUCHS, K.: Tektonische Untersuchungen im Wettersteingebirge. — Z. deutsch. geol. Ges., 87, S. 703—719, 3 Abb., Berlin 1935.

b) bei Büchern:

RINNE, F.: Gesteinskunde, 12. Aufl., 428 S., 589 Abb., Leipzig (Max Jännecke) 1940.

Bebilderung

Bilder im Text sind „Abbildungen“, auf Tafeln stehen „Figuren“ oder „Bilder“ (bei Photographien).

Auf jeder Vorlage notwendig: Name und Anschrift des Verfassers, Nummer der Abbildung bzw. Tafel, gewünschte Verkleinerung (Satzspiegelgröße berücksichtigen!), Hinweis für „oben“ bzw. „unten“.

Alle *Vorlagen druckfertig* einreichen und zwar im Original. Vorlagen gegebenenfalls größer als ihre endgültige Wiedergabe zeichnen; nach Möglichkeit für einfarbigen Druck. Maßstab und Himmelsrichtung nicht vergessen. Beschriftung in magerer Blockschrift, keine Kunstschrift. Photos hochglänzend, weiß. Jede Vorlage mit kurzem erläuternden Text (Petit) versehen (z. B.: Abb. 11. Querprofil der . . .), der im Manuskript dort stehen muß, wo die Vorlage eingefügt werden soll. Bei reichlichem Bildmaterial frühzeitig mit der Schriftleitung in Verbindung treten.

Alle Druckangelegenheiten sind mit der Schriftleitung zu erledigen, *in keinem Fall unmittelbar mit der Druckerei.*

Sonderdrucke werden in unveränderter Form gedruckt, nur mit Zitateiste versehen.

Der Verfasser erhält 50 Exemplare seiner Arbeit kostenfrei. Bei zwei und mehr Verfassern einer Arbeit erhöht sich die Gesamtzahl der Freixemplare auf 75.

Die Schriftleitung

GEOLOGICA **BAVARICA**

Herausgegeben
vom

BAYER. GEOLOGISCHEN LANDESAMT

Nr. 35

Emanationsmessungen im Nabburger Flußspatrevier

I. Geologischer Teil

von

Ernst Otto Teuscher, München

II. Geophysikalischer Teil

von

Ernst Budde, Hannover

Mit 14 Abbildungen und einer Lagerstättenkarte 1 : 25 000

M Ü N C H E N 1 9 5 7

Inhaltsverzeichnis

I. Geologischer Teil (E. O. TEUSCHER)

Neuere Untersuchungen auf Bayerischen Flußspatvorkommen

	Seite
Einleitung	5
A. Geologisch-petrographische Situation	5
B. Die einzelnen Flußspatreviere in Bayern	10
I. Das Nabburger Revier i. w. Sinne	10
a) Die Lissenthan-Stullner Ganggruppe (= westliches Nabburger Revier)	12
b) Die mittlere Ganggruppe (= Wölsendorfer Gänge)	16
c) Die südöstliche Ganggruppe	19
II. Revier von Donaustauf b. Regensburg	20
III. Isolierte Vorkommen im Bayerischen Wald	22
IV. Flußspatrevier Oberfranken	23
V. Anhang: Barytgänge des Spessarts	25
C. Verwertung der geophysikalischen Meßergebnisse für den Ansatz praktischer Untersuchungsarbeiten	26
D Zusammenfassung	27
E. Schrifttum	28
F. Erläuterungen zur Lagerstättenkarte	31

II. Geophysikalischer Teil (E. BUDDÉ)

Emanationsmessungen im Nabburger Flußspatrevier

I. Prinzip und Methode	39
A. Vertikale Verteilung der Emanation	40
a) Emanationsverteilung in der Lockergesteinsdecke (N_e)	40
b) Emanationsproduktion im anstehenden Gestein	41
c) Gesamtkonzentration der Rn in der Bodenluft	41
B. Horizontale Verteilung der Emanation	42
a) Verhältnis der Rn-Konzentration im Lockergestein über einer Grenze zwischen aktivem und inaktivem Gestein im Anstehenden	42

	Seite
b) Verhältnisse der Rn-Konzentration im Lockergestein über einer inaktiven Zone im Anstehenden zwischen aktivem Nebengestein	45
c) Verhältnisse der Rn-Konzentration im Lockergestein über einer stärker aktiven Zone (Gang) im anstehenden aktiven Gestein	46
d) Verhältnisse über einer Spalte	47
C. Tatsächliche Meßverhältnisse und beeinflussende Faktoren	50
a) Durch den Untergrund bedingt	50
b) Durch Witterung bedingt	51
II. Beispiele aus dem Nabburger Revier	52
A. Helle Flußspatgänge als inaktive Zonen	52
B. Dunkle Flußspatgänge	54
C. Spalten in aktivem Nebengestein	55
Schrifttum zum Geophysikalischen Teil	58
Nachwort	59

Neuere Untersuchungen auf Bayerischen Flußspatvorkommen

Von E. O. TEUSCHER

Einleitung

Die schon früher beobachtete Radioaktivität verschiedener bayerischer Flußspäte und das Vorkommen von Uranmineralien besonders auf Flußspatgängen in der Umgebung von Wölsendorf, dem seit 1948 seitens des Bayer. Geologischen Landesamts besondere Aufmerksamkeit gewidmet worden ist, legten es nahe, bei neueren intensiven Sucharbeiten auf Flußspat auch die Möglichkeit zu prüfen, wie weit hier geophysikalische Methoden verwendet werden können und ob sie Anhaltspunkte zu liefern vermögen, um die laufenden praktischen Untersuchungs- und Aufschließungsarbeiten zweckmäßiger und sicherer anzusetzen. Die geophysikalischen Untersuchungen wurden in der Hauptsache 1953/54 ausgeführt, Ergänzungen wurden 1955 vorgenommen; über die Ergebnisse der Prospektion auf Uranerze wird hier nicht berichtet:

A. Geologisch-petrographische Situation

Zunächst im Jahre 1952 ausgeführte Vorversuche im Labor dienten vor allem der Feststellung der Strahlungswerte (R-Werte) einiger Flußspäte aus dem Nabburger Revier. Zum Vergleich wurden auch Proben der Granite gemessen, die das Nebengestein der Gänge bilden. Auffallenderweise hatten nur die Wölsendorfer Gänge im Durchschnitt einen deutlich radioaktiven Flußspat, die meisten Gänge des Nabburger Reviers besitzen einen Flußspat, der sich bei der Untersuchung als praktisch frei von radioaktiven Erscheinungen erweist. Ähnliches gilt von den ebenfalls im Granit häufig aufsetzenden Gängen von reinem Quarz, die gelegentlich parallel zu den Hauptflußspatgängen verlaufen.

So ergab sich zunächst die nicht erwartete Aussicht, im Gelände die Flußspatgänge evtl. an geringeren Werten der Gamma-Strahlung von Gangausbisszonen gegenüber dem umgebenden Granit resp. an geringeren Werten der Emanation (Rn) zu erkennen. Wo Radioaktivität auftritt, steht diese in innigerem Zusammenhang mit Flußspat als mit Baryt — der häufigster Begleiter des Flußspates ist und der partienweise bis 50 % Anteil an der Gangfüllung haben kann — auf den gelegentlich vorkommenden reinen Barytgängen des Nabburger Reviers ist keine radioaktive Eigenstrahlung beobachtet worden.

Der Granit mit seinem Kaliumgehalt in Glimmern und im Kalifeldspat (zwischen 4→6 % K_2O in der chemischen Analyse des Gesamtgesteins) enthält soviel der radioaktiven Isotope K_{40} , daß er schon deshalb einen gewissen Grundwert an Radioaktivität besitzt (nach WENDT, 1955, sind 5 % K_2O in der γ -Strahlung etwa Äquivalent 4×10^{-6} U). Da die R-Werte der Granite stets ein mehrfaches betragen, muß ihre Gesamtradioaktivität in der Hauptsache auf

akzessorische kleine aber sehr regelmäßige Gehalte an radioaktiven Mineralen bzw. Beimengungen der Elemente der U-Th-Reihe in den gesteinsbildenden Mineralen zurückgehen. Im Fichtelgebirgsgranit wurden schon von KUMMER (1949) 10—20 g Uraninit je t Granit mit dem Sichertrog ausgewaschen, was wir nachprüfen konnten; diese Führung ist aber im Fichtelgebirge in dm bis m mächtigen Imprägnationszonen festgestellt worden, nicht im normalen Granit. Die Nabburger Granite enthalten keine leicht abtrennbaren radioaktiven Akzessorien.

Die nicht mit einfachen Mitteln (durch Sichern) mechanisch abtrennbaren Gehalte an U und Th im Granit (auf die man schließen muß, da der R-Wert der Granite mehr als doppelt so groß ist wie das R-Äquivalent des K_{40} im Granit) liefern regelmäßig Emanation und auf Spalten des Granits kann die Konzentration der Emanation ebenso hoch werden wie über dem Ausbiß schwacher Uranerz-Imprägnationszonen bzw. von Gängen mit sporadischer Uranerzföhrung. Wir waren uns von vornherein darüber im Klaren, daß es keine festen charakteristischen R-Werte für Granit und für die gneisigen Nebengesteine der Gänge und für die Hydrothermalite (Gangfüllungen mit Flußspat, Baryt, Quarz + 5 % Erze i. Max.) gibt. Dennoch kann mit gewissen Einschränkungen (nämlich daß es sich nur um Schwerpunktwerte handelt) die *Tabelle 1* als typisches Bild der allgemeinen Verhältnisse der Radioaktivität für die bayerischen Flußspatvorkommen genommen werden.

Man erkennt beim Studium der Übersicht, *Tabelle 1*, folgende Verhältnisse:

1. R-Werte der *Granite* liegen in der Größenordnung von $15—30 \times 10^{-6}$ U-Äquivalent.

Der Granit des Nabburger Reviers enthält zahlreiche Schollen von Gneisen tiefstufiger Metamorphose, die verschieden stark aufgelöst sind bis zur Entstehung von Hybridgraniten, die nurmehr durch unruhige schlierige — oft stärker porphyrtartige — Strukturen und besonderen Reichtum an Muskowit ausgezeichnet sind. Diese Hybridgesteine nehmen besonders gegen den Südrand des Nabbirges (gegen den Abbruch) hin zu, sie sind obendrein meist stark deuterisch überprägt, so daß große Abweichung vom angeführten mittleren Mineralbestand der für typisch magmatisch gehaltenen Varianten auftreten können. Wesentlich für unsere Betrachtung ist, daß die gelegentliche Vermehrung des Glimmergehalts auf Kosten der Umwandlung von Feldspat geht, womit der gesamte Gehalt an K_2O (und damit auch an K_{40}) keine höheren Werte erreicht als in nicht autometamorphen Graniten.

2. *Reiner*, nicht mit granitischem Nebengestein verunreinigter *Flußspat* (Durchschnitt des Förderguts) aus den Nabburger Flußspatgängen hat R-Werte von $1 \rightarrow 3 \times 10^{-6}$.
3. Für „*Stinkspat*“ von Wölsendorf (den dunkelvioletten Flußspat, der seine Färbung radioaktiver Bestrahlung verdankt) sind R-Werte von $10 \rightarrow 20 \times 10^{-6}$ charakteristisch. (Messungen an sorgfältig ausgesuchtem Material, das äußerlich keine erkennbaren U-Mineralen enthielt und auch beim Pulvern keine Uranglimmerbeläge auf Klüften erkennen ließ.) Auch im Stinkspat liegen also die R-Werte meist in einer Größenordnung, die wir nicht nur wegen ihrer geringen Höhe, sondern auch wegen der Übereinstimmung mit Werten

Tabelle 1

R-Werte von Flußspäten bayerischer Vorkommen und von Nebengesteinen
(Bestimmungen von J. WENDT, Amt für Bodenforschung, Hannover)

1. Granite und Gneis als Nebengesteine der Gänge	
a) Granit von Nabburg (mit 30—35 % Quarz, 20—25 % Kalifeldspat, 35 % Plagioklas und 5—10 % Glimmer, vorwiegend Biotit ($R = 16 - 21 \cdot 10^{-6}$)	$R = 20 \cdot 10^{-6}$
b) Granit vom Sandsbachtal bei Regensburg (35 % Quarz, 30 % Kalifeldspat, 28 % Plagioklas, 3 % Biotit, 4 % Muskowit	$R = 30 \cdot 10^{-6}$
c) Gneis von Wölsendorf, Marienschacht *)	$R = 10 \cdot 10^{-6}$
2. Messungen an geklaubtem <i>Flußspat</i> (bzw. Fördergut) aus Gängen	
d) Flußspat von Grube Cäcilia Stulln. Durchschnittsprobe von grünem Säurespat mit einem Gehalt von 95 % CaF_2	$R = 0,1 \cdot 10^{-6}$
e) Flußspat von Sulzbach bei Donaustauf (Durchschnitt)	$R = 1 \cdot 10^{-6}$
f) Flußspat von Lichtenberg/Ofr. (technisches Mehl, Durchschnitt farblos)	$R = 4 \cdot 10^{-6}$
g) Flußspat farblos vom Kupferbühler Gang bei Issiggau/Ofr. (geklaubte Stücke)	$R = 0,2 \cdot 10^{-6}$
3. <i>Stinkspäte</i> mit intensiver dunkelvioletter Färbung	
h) Stinkspat vom N—S-Gang am Heißen Stein bei Stulln	$R = 30,3 \cdot 10^{-6}$
i) Stinkspat vom Gang Eberhard II/Stulln	$R = 14,3 \cdot 10^{-6}$
k) Stinkspat vom Gangzug Ernst/Stulln	$R = 32 \cdot 10^{-6}$
l) Stinkspat von Wölsendorf	$R = 20-40 \cdot 10^{-6}$
4. <i>Uranerzführender Flußspat</i>	
m) Stinkspat von Wölsendorf mit sichtbarer Führung von Uranmineralien hat dagegen vergleichsweise (das Haufwerk aus Gangteilen von Wölsendorf, die Uranminerale führen, hat Gehalte von ca. 0,1—1 % Uran, bezogen auf verhaufene Gangflächen von mindestens 1 qm. In faustgroßen Reicherzstücken kann man Gehalte von über 10 % U beobachten).	$R = 1000-10\,000 \cdot 10^{-6}$

wie sie oft im verbreitetsten Gestein der Sialkruste, dem Granit, anzutreffen sind, als *geochemisch* bezeichnen dürfen. Charakteristisch für das geologische Vorkommen ist, daß nur gewisse Teile im Streichen (einige 10 m bis 100 m) und nur schmale Zonen von einigen cm Mächtigkeit im Querschnitt der Gänge die höhere Radioaktivität aufweisen.

4. Durch Auftreten von blattartigen (etwa mm \rightarrow 2 cm mächtigen) *Uranerztrümmern* am Salband oder seltener parallel dazu innerhalb der Flußspatfüllungen können die bauwürdigen Flußspatgänge (d. s. solche von mehreren dm Mächtigkeit) partienweise Urangelhalte von über 0,1 % U erhalten. In den Erzbutzen (ϕ einige cm) können Urangelhalte bis zu rd. 50 % U festgestellt werden, der theoretische größte U-Gehalt von reinem Pecherz (= 85 %) wird nie erreicht, da das Pecherz fein mit Kiesen, vor allem mit Pyrit, verwachsen ist.

*) Durchschnittsprobe! Die Gneise zeigten zwar lokal in Bereichen von nicht über 1 m Ausdehnung höhere Werte, diese fanden sich aber z. T. auf Klüften mit Belägen von radioaktiven Mineralen, die vermutlich genetisch vom nicht weit entfernten Granit abzuleiten sein dürften.

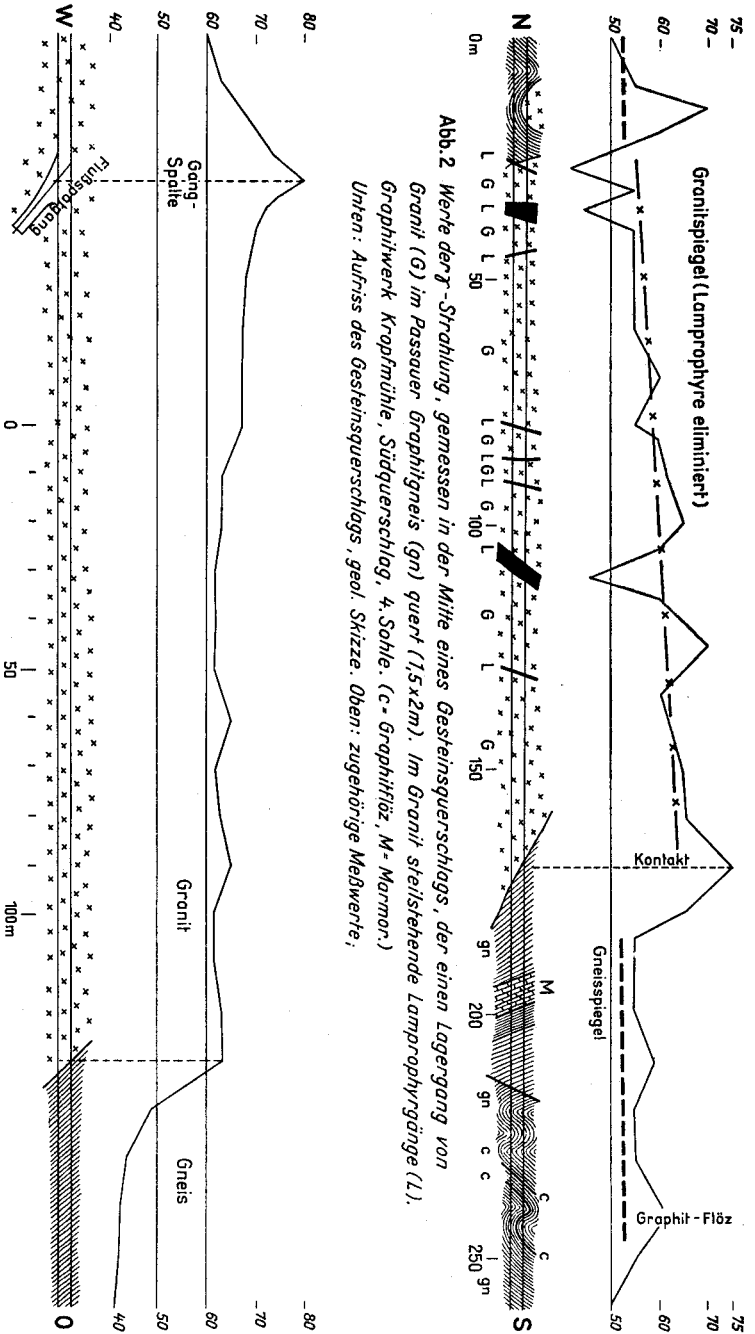


Abb. 2 Werte der γ -Strahlung, gemessen in der Mitte eines Gesteinsquerschnitts, der einen Lagergang von Granit (G) im Passauer Graphitgneis (gn) quert (1,5x2m). Im Granit stehende Lamprophyrgänge (L). Graphitwerk Kropfmühle, Südquerschlag, 4. Sohle. (c - Graphitflöz, M - Marmor.)
 Unten: Aufriss des Gesteinsquerschnitts, geol. Skizze. Oben: zugehörige Meßwerte;

Abb. 1 Werte der γ -Strahlung, gemessen in der Mitte eines Gesteinsquerschnitts (Querschnitt 2x2m) im Nabburger Revier, der in Gneis u. Granit- mit Fluoritgang, -verläuft
 Unten: Grundriß des Gesteinsquerschnitts. Oben: zugehörige Meßwerte; Counts/Sec.

Ähnliche Beobachtungen wie an spezifischen Gesteinsproben, die im Labor untersucht worden sind, konnten in günstigen bergmännischen Aufschlüssen auch durch direkte geophysikalische Vermessungen erhalten werden. Hierfür fanden sich einige günstige Gesteinsarbeiten (Strecken), die mit etwa gleichförmigem Querschnitt ($1,5 \times 2$ m) in querschlägiger Richtung zu Gängen geführt waren. Im Querschlag lieferten einheitliche Partien von Gneis oder von Granit (ohne starke Zerteilung durch Klüfte) jeweils ziemlich gleichbleibende charakteristische Strahlungswerte, von denen sich die Strahlung zweier Klüftzonen mit dunkelviolettem Flußspat abhob (vgl. Skizze, Abb. 1). Ähnlich günstige Aufschlüsse lieferten auch mehrere 100 m lange Gesteinsquerschläge im Passauer Gebiet, wo der Granit höhere Strahlungswerte (Gammastrahlung) als die verschiedenen Gneise der graphitführenden Gneisserie zeigte; der Abfall erfolgte am Kontakt sehr rasch. Paragneise lieferten i. M. niedrige Werte, allerdings wurden in m-mächtigen Lagen dieser stofflich inhomogenen Gesteine gleichhohe Rn-Werte wie in Graniten gemessen. Ein Gesteinsquerschlag in Kropfmühl war zum Streichen der großräumigen Gneisstrukturen geführt (Streichen der Faltenachsen und der sedimentären Reliktstrukturen) so daß er die günstigste Richtung besaß, um möglichst die größten vorhandenen Verschiedenheiten zu erschließen (vgl. Abb. 2).

Die Untersuchungen wurden nicht nur an Profilen über verschiedenen Gangausbissen geführt, sondern auch mit verschiedenen Methoden, die hier kurz zusammengestellt seien:

1. Genaue geologische Aufnahme zum Teil unter Verwendung von Markscheiderrissen 1 : 500 und 1 : 1000 mindestens aber mittels Katasterkarten 1 : 5000 bzw. Luftaufnahmen dieses Maßstabs.
2. Emanationsprofile, in kritischen Gebieten mit höchstens 1 m Meßpunktabstand (über Tage).
3. Profile mit Gamma-Strahlungsmessungen mittels Szintillometer oder Geigerzählgerät, z. T. mit versenkbarer Sonde in Bohrlöchern (über Tage).
4. Thermik (über Tage).
5. Schurfgräben bis auf anstehende Gesteine.
6. Gamma-Strahlungsmessungen in Querschlägen, welche die über Tage prospektierten Gänge in mindestens 30 m Tiefe kreuzten, und die z. T. erst 2—3 Jahre nach Vorliegen der Prospektionsergebnisse die untersuchten Zonen aufgeschlossen haben, so daß jetzt gute Möglichkeiten zur Kontrolle der praktischen Ergebnisse der geophysikalischen Prospektion gegeben sind.
7. Messungen mit Sonden von spezifischer Durchlässigkeit für verschiedene Strahlungsarten (in der Grube).
8. Petrographische und radiometrische Analysen von Gang- und Nebengesteinen an kontrollierten, nach Musterriß entnommenen Proben.

Zum besseren Verständnis der mitgeteilten Ergebnisse der durchgeführten geophysikalischen Messungen und des hierauf basierten Ansatzes weiterer Untersuchungsarbeiten sowie für die Diskussion der praktischen Anwendung wird eine kurze Übersicht der lagerstättegeologischen Verhältnisse auf bayerischen Flußspatvorkommen gegeben, auf denen die mitgeteilten Untersuchungen durchgeführt worden sind (vgl. hierzu Übersichtskarte der Flußspatvorkommen des Nabburger Reviers i. M. 1 : 25 000, Anlage). Die in der Karte angegebenen Nummern entsprechen denen, die im folgenden Text gewählt worden sind. Es handelt sich dabei nicht immer um einzelne Flußspatgänge, sondern z. T. um Gangzüge, die durch den Bergbau von einer Grube aus zusammengefaßt bebaut werden.

B. Die einzelnen Flußspatreviere in Bayern (Abb. 3)

I. Das Nabburger Revier i. w. Sinne

Die Hauptgangzone des Nabburger Reviers von rd. 100 m Breite, auf die mehr als $\frac{3}{4}$ der gesamten Flußspatmineralisation entfällt, und die streckenweise zwei bis drei Trümer mit Flußspat enthält, ist auf ihrer NO-Seite von einer Reihe ausgebildeter Parallelspalten begleitet sowie von einer Anzahl S—N gerichteter Fiederspalten. Sie streicht SO nach NW ($320^\circ \pm 10^\circ$) und diese Hauptrichtung erscheint nur am Stullner Berg (Vorkommen 21—26 der Karte) unter-

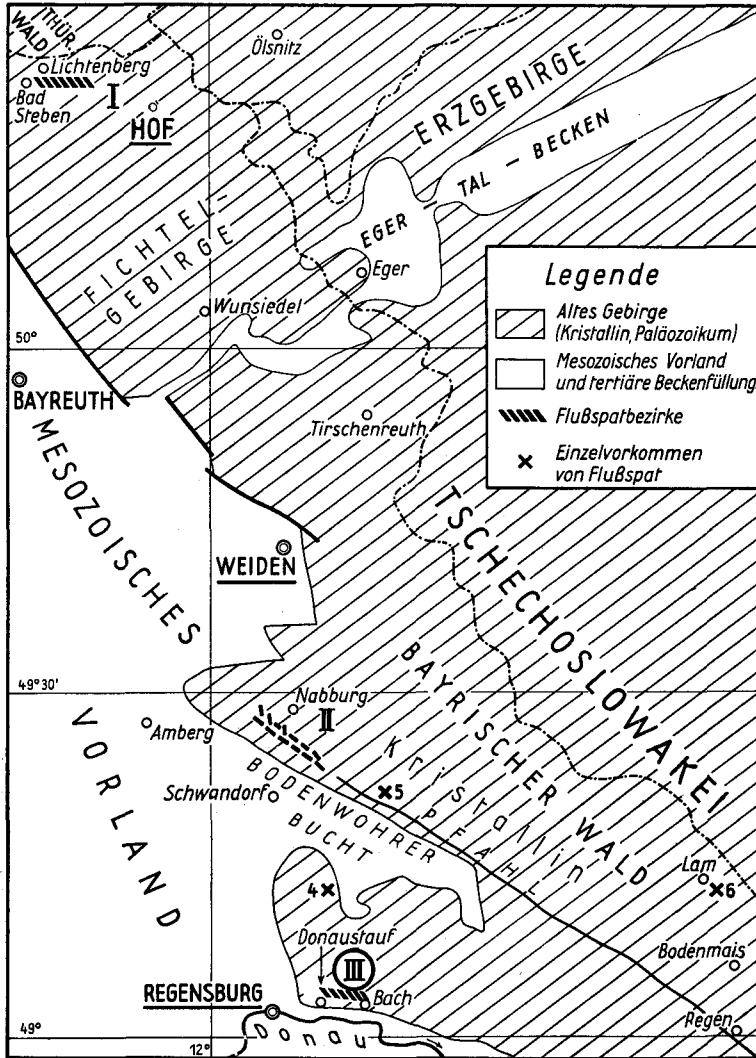


Abb. 3. Lage der bayerischen Flußspatreviere und einzelner Flußspatvorkommen. I = Oberfränkisches Revier, II = Nabburger Revier, III = Revier von Donaustauf. Einzelne Vorkommen bei Nittenau (4), Pingarten (5) und Lam (6). P = Pfahl und Pfahlschieferzone.

drückt zugunsten ost-westlicher mineralisierter Zerrspalten. Es ist aber garnicht ausgeschlossen, daß die Hauptspalte hier in normaler Richtung erst weiter im S unterm Tertiär verläuft. Das generelle Streichen der Hauptgangzone läuft parallel der großen Störzone des bayerischen Pfahls (vgl. Abb. 3), der auf Blatt Wackersdorf (etwa 5 km außerhalb des Bereichs der beiliegenden Lagerstättenkarte 1 : 25 000) beginnt und der von da an als i. M. 10 → 50 m mächtige Füllung von hydrothermaletem Quarz bzw. als Quarzbockenfels mit Einschlüssen von Quarz älterer Generation und von mylonitisierem Nebengestein noch über 150 km weit verfolbar ist. Wenn auch keine direkte Verbindung besteht, so liegt die Nabburger Flußspatgangzone doch *in der Fortsetzung* des Pfahls. Die den Pfahl in 100 m und mehr Mächtigkeit begleitenden Pfahlschiefer (Granit- und Gneismylonite, z. T. auch Blastomylonitgneise) sind auch im Nabburger Revier verbreitet und sind besonders schön im Bereich der Gruben Erika (7), Erna (8), Heißer Stein (18) und Hermine (5) aufgeschlossen, wo sie — zumeist unter Tertiärauflagerung — als mehrere 10 m mächtige Mylonitzone verlaufen, die im N von mehreren Ruschel- bis Pfahlschieferzonen begleitet werden. Südlich der Hauptbruchspalte liegt das Kristallin (z. T. Gneis, in der Grube Heißer Stein Granit) unter 30 → 60 m Überlagerung von Tertiär in einem Niveau von 300 → 330 m NN (Gipfelflur im Nabgebirge um 500 m); z. T. ist zwischen der Basis des Tertiärs und dem Kristallin noch einige 10 m mächtig Rotliegendes erhalten, da hier ein Becken der Schmidgadener Rotliegendebucht besonders weit nach Norden vordringt, dessen nördlicher Bruchrand mit der Cäciliaspalte zusammenfällt. Auch am S-Rande der posthum weiter eingesenkten (tertiären) Bodenwöhrer Bucht finden sich (im Granitgebiet) einige Gänge, die 320° → 330° streichen und mit Baryt bzw. Baryt + Fluorit mineralisiert sind (in der Umgebung von Nittenau, vgl. Fundpunkt 4 der Übersichtskarte).

Schon früher hatte G. FISCHER (1937) schwerpunktmäßig ein postpermisches Alter der Flußspatbildung vermutet, stützte sich dabei jedoch nur auf unsichere Funde von Flußspat im Rotliegenden bei Schmidgaden, die inzwischen von H. TILLMANN *) neu bestätigt worden sind. Durch Aufschlüsse in hohen Teufen (rd. 30 m → 60 m unter Rasensohle) ist nun der Nachweis ermöglicht worden, daß von der Hauptgangspalte aus im Bereich von Blatt Schmidgaden die Flußspatzufuhr auch noch in Sedimente des Rotliegenden hinein erfolgt ist. Wo der Cäcilien gang im SW an rotliegende Arkosen und tonige Sandsteine angrenzt, sind eine Reihe von cm-mächtigen parallelen Flußspattrümmern bis 10 m weit von der Salbandfläche des Hauptganges abgezweigt ins Rotliegende hinein; die Verbandsverhältnisse schließen ein passives Mitschleppen des Flußspats längs einer jüngeren postfluoritischen Störung als Erklärungsmöglichkeit aus, es liegt ein aktiver Fluorit-Absatz vor.

Wenn die Mineralführung der Nabburger Gänge beim Übertreten aus Granit- in Gneisbereiche oft schlagartig nachläßt, so sind doch die Granite des Flußspatreviere nicht unmittelbar die Lieferanten der großen Fluormengen, die heute zu über 90 % innerhalb von Granitgebieten angetroffen werden, sondern es können höchstens mittelbar ihre tiefgelegenen Restlösungsherde das Material der Gangfüllungen geliefert haben und dies eine große Zeitspanne nach der Intrusion der heute an der Oberfläche angeschnittenen Granite, die vermutlich

*) Neuaufnahme zu Blatt Schmidgaden (6538) der geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000.

nicht jünger sind als spätkarbonatisch. Innerhalb der Kristallingesteine ist die Schwächezone der Pfahllinie durch ungleiche statistische Häufigkeit zu beiden Seiten von Granit und Gneis im großen gekennzeichnet, durch tektonische Grenzen beider Gesteine gegeneinander längs der NW-SO streichenden Haupt- und Nebenspalten im kleinen. Über die Tiefenlage des vermuteten Flußspatbringers wissen wir zwar nichts, die dargelegten Beobachtungen liefern uns aber eine Erklärung für die Erscheinung, daß im Nabburger Revier über mehrere 100 m primäre Teufendifferenz hinweg gute Fluoritmineralisation zu finden ist und berechtigen zu der Hoffnung, auch in großer Tiefe hier und da wieder gute Flußspatführungen aufzuschließen. Leider sind über einen gewissen Abstand von der Hauptgangspalte hinaus keine gut ausgebildeten Flußspatgänge mehr gefunden worden, obwohl gerade diesem Bereich auch bei den geophysikalischen Untersuchungen besondere Aufmerksamkeit gewidmet worden ist.

a) Das westliche Nabburger Revier (Nr. 1—19 der Karte 1 : 25 000).

Das westliche Nabburger Revier umfaßt die Mehrzahl der Gänge, die rechts der Naab liegen nach dem derzeitigen Aufschlußstande. Wir kennen bei *Brudersdorf* (1. der Karte) zwei N—S verlaufende Gänge, die nur einige cm bis zu 1 dm Mächtigkeit besitzen (Abstand 10 → 20 m) und die an einer kleinen Gneisscholle im Süden z. T. in mm-mächtige Flußspat-Kluftbeläge auftrümmern. Ebenfalls nur unbedeutende Trümer, die N—S streichen, wurden bisher bei *Lissenthan* (Nr. 2) gefunden.

Die Grube Hanns im Ortsteil Freihung bei Stulln (3 der Skizze) baut auf zwei N—S verlaufenden Gängen, von denen einer im Süden in einen Quarzgang überzugehen scheint. Er ist im Süden mehrere hundert Meter nicht mehr bergmännisch erschlossen, jedoch über Tage durch Lesesteine gut markiert und zwar in diesem Gebiet auch geophysikalisch angedeutet. Es zeigt sich eine Umbiegung aus der N—S- in die NW—SE-Richtung an. Vor der Einmündung in den NW—SE streichenden *Cäcilia-Gang* (7) scheint sich das Haupttrum der Grube Hans völlig zu zerschlagen in Trümchen von cm bis herab zur mm-Mächtigkeit. Eine Gneisscholle an der vermuteten Gabelungsstelle zwischen Hans- und Cäcilia-Gang dürfte die Ursache für die schlechte Ausbildung einer Gangfüllung in diesem Bereiche sein. (In Kernbohrungen sind nur bis cm-mächtige Trümchen von Baryt und Fluorit angetroffen worden).

Westlich vom Gang Hanns (früher Eduard genannt) ist ein Nord—Süd-Trum neuerdings bekannt geworden, das nicht mehr in der Karte dargestellt werden konnte (es müßte die Ziffer 3 a erhalten). Es biegt bogenförmig aus dem Cäciliengang heraus, in dessen Füllung die seine so allmählich übergeht (ähnlich der vom Gustav I-Gang), daß für den Hauptteil der Nord—Süd-Gänge gleiches Alter der Füllung angenommen werden muß wie für die Mineralisation der Hauptspalten (Cäcilia—Erica). Das Trum versteilt binnen 20 m über SSO—NNW fast auf S—N-Streichen (350°), es steht etwas seiger. Nach 100 m ist das Trum vorläufig von einer ähnlichen W—O-streichenden Hornsteinzone abgeschnitten wie im Norden der Herminegang (vgl. 6 a). Auch die vorläufige Endschicht von Cäcilia- und Ericagang im SO wird von einer nahezu O—W-streichenden Kluftzone gebildet, die streckenweise von Hornstein erfüllt ist. Sobald die Flußspatgänge im westlichen Nabburger Revier auf die W—O-Hornsteintrümer

stoßen, nimmt die Flußspatimprägung auf der Innenseite der Hornsteintrümer (d. h. auf der Seite, die dem Flußspatgang zugewandt ist) binnen wenigen m auf 1—2 cm ab und hört bald ganz auf. Im SO des Ericagangs ist zwar auf einige 10 m eine Flußspatführung von 1—2 dm auf dem Nord-Salband des Hornsteintrüms bekannt, aber auch hier ist der geringe Flußspatabsatz gegenüber der rund zehnmal so mächtigen Füllung der Hauptspalte nicht zu übersehen. Die O—W 90—100° (110°) streichenden Hornsteintrümer scheinen nur in der Nähe der Scharung mit Hauptgängen eine Flußspatführung zu besitzen, die viel geringer ist als die des Hauptganges und dazu rasch auskeilt.

Ebenfalls nordsüdliches Streichen haben drei untereinander parallele Gangtrümer der *Gustav-Ganggruppe* (4), die im Süden ein Umbiegen nach Südosten zeigen, ehe sie in den Cäcilia-Gang einmünden. Daß die jüngsten Flußspatabscheidungen am Salband (nördlichen) des Cäcilia-Gangs gegen den Gustav-I-Gang scharf abschneiden und jünger sind, spricht nicht dagegen, daß beide Gänge gleichaltrig sind in Bezug auf die Hauptzufuhr an Flußspat. Man möchte dies annehmen, weil auch die Gustav-Gänge, obwohl ein Teil ihrer Mineralfüllung einer älteren Paragenese entspricht, sich durch den Cäcilia-Gang beinflusst zeigen. (Nicht durch ihn hindurch nach S fortsetzen.) Die Gustav-Gänge haben Mächtigkeiten zwischen einigen dm und 1 m und fallen \mp steil (75→90°) nach E ein. Auf sie zu fallen die 2—3 Trümer des *Hermine-Gangs* (75→90° nach W) (Siehe Nr. 5). Zwischen diesem sich nach Oberfläche öffnenden Fächer von 4—6 mächtigeren Gängen mit mehr als dm mächtiger Flußspatführung sind noch die doppelte Anzahl von schmalen Flußspattrümchen von einigen bis mehreren cm Mächtigkeit auf N—S streichenden steilen Klüften durch ausgedehnte Querschlagsarbeiten aufgeschlossen worden. Vor Vollendung des Hauptquerschlags wurden in gleicher Linienführung (also auch E—W) an der Oberfläche Emanationsprofile vermessen. Für den Gang Gustav II wurde mit Genauigkeit von einigen dm die Stelle angegeben, wo in 1 m Tiefe der Gangausbiss freigelegt werden konnte; leider war er wie aus Form und Höhe des Profils schon vermutet werden konnte, nicht bauwürdig entwickelt, sondern bestand aus einer metermächtigen Kluftzone (Trümerzone) mit einigen Flußspattrümchen von mm → 1 cm Mächtigkeit. Da die Flußspatausbisse i. a. sehr stark beschürft bzw. abgebaut sind (streichende Pingenzüge) gelang es nicht, von Gängen 1—7 nahe der Oberfläche noch unverritzte Flußspatfüllungen von größerer Mächtigkeit nachzuweisen. Profile parallel zum Hauptmeßprofil sprechen dafür, daß sich nicht im Streichen die Hauptflußspatführung von den Hauptspaltenbündeln etwa auf eines der cm-mächtigen Nebentrümer verlagert.

Die Füllung der *Gustav-Ganggruppe*, die selten 0,5 m Mächtigkeit übersteigt und meist einige dm besitzt, zeigt vorwiegend hellgrünen Flußspat, seltener grauen und violetten in Trümchen und Salbändern, Führung von Baryt bis zu 1 dm und häufig Bänder und Linsen von Chalcodon gehören zur normalen Ausbildung, linsenförmige Einschlüsse von Granit in der Gängfüllung sind ziemlich häufig. Es kommen im Streichen Partien vor, wo die Gangzone in 0,5 → 1 m Mächtigkeit etwa nur mehr aus einem anastomosierenden Netzwerk von 1 → 2 cm starken Flußspattrümchen besteht, die in ihrer Gesamtheit oft noch einer Flußspatfüllung von 1 → 2 dm entsprechen.

Der *Hermine-Gangzug* (5) ist der bedeutendste unter den N—S-Gängen und sein Flußspatinhalt vor Beginn des Bergbaues war größer als der aller anderen N—S-Gänge des westlichen Nabburger Reviers zusammengenommen. Er ist bebaut auf über 400 m streichende Länge, die Partien bester Mineralisation

innerhalb der Gangplatte schieben mit 60° nach S ein, der Hauptgang wird auf $\frac{3}{4}$ seiner Länge von bauwürdigen Nebentrümmern begleitet (meist 1 bisweilen 2), maximale Gangmächtigkeiten von einigen m, wie sie auf den bestentwickelten Gängen der Pfahlrichtung (= Cäcilia—Erika- und Marien-Gang) beobachtet wurden, kommen vor. Die Gangfüllung besteht aus besonders reinem grünem Flußspat; die auf den N—S-Gängen so häufigen violetten Salband-Flußspäte sind hier nur untergeordnet vorhanden und die gesamte Grube zeigt an keiner Stelle eine Radioaktivität, die das Ausmaß derjenigen im Granit erreichte. (In den Gruben Hermine, Cäcilia und Erika wurden mehrere km streichender Auf-fahrungen in verschiedenen Niveaus mittels empfindlicher Gamma-Strahlen-Meßgeräte untersucht ohne positiven Befund.)

Die Gangausbildung auf *Hermine* ähnelt derjenigen auf den Gustav-Gängen stark, Baryt ist auch hier häufig und kann mehrere dm Mächtigkeit erreichen, Quarz tritt allerdings stark zurück und Granitschollen in der Gangfüllung wurden nur an den Enden des Gangzuges beobachtet, besonders im Süden, wo er auftrümmert.

Der Hermine-Gangzug konnte geophysikalisch noch 200 m nach N über den bergmännisch erschlossenen Teil hinaus verfolgt werden; seine Auffahrung nach N unter Tage lieferte leider ebenso wenig einen bauwürdigen Gang wie Schürfe über Tage. Der *Hermine*-Gangzug endet im Norden an einer E—W streichenden *Querzone* die z. T. stark verquarzt ist und nur wenig Flußspat in cm-mächtigen Trümchen führt (6 a) und die z. T. von einer Mylonitzone begleitet ist (Pfahlschiefer). Im S stellt der *Knab-Gang* (6 c) eine NE—SW-Verbindung zum Cäcilia-Gang her. (6 b) ist ein unbauwürdiges *Seitenrum*, das in einer Schieferscholle bald völlig endet.

Der Hermine-Gang mündet in den *Erika-Gang* (8) nachdem er zuvor aus der Richtung S 180° bogig bis nach S 150° E umgelenkt war. Der Erika-Gang verläuft über die Aufnahmestelle hinaus nur mehr wenige m weiter als Flußspatgang nach NW (310°) und verliert sich im Grubengebäude der Grube Cäcilia offenbar als nicht mineralisierte Mylonitzone, die bald ausklingt.

Cäcilia- und Erika-Gang sind die am besten ausgebildeten Einzelgänge unter den parallel zur Pfahlrichtung streichenden Vorkommen im westlichen Nabburger Hauptgangzug. Die Mächtigkeit beträgt über mehrere 100 m streichender Länge im Mittel 1 m und in Linsen oft mehrere Meter. Die mineralogische Ausbildung ist auf beiden Gängen recht ähnlich. Der Flußspat ist grobkörnig, die Füllung ist oft streifig (schichtig), in der Mitte gelegentlich drusig. Hell- und dunkelgrüne Farben herrschen vor neben farblos grau und violett an den Salbändern oder am Rande gegen Baryt. Die Flußspatfüllung hat geringere Radioaktivität als der Granit.

Vom Cäcilia-Gang hat 1954 RIEDEL, der die Grube aus kurzer bergmännischer Praxis kannte, einen detaillierten Abriß der Paragenesen der Mineralfüllung gegeben an Hand einer Gangbildaufnahme 1 : 250. Siehe besonders Abb. 14, S. 261 als typisches Bild einer symmetrischen Gangfüllung mit Sukzessionsfolge: Quarz I (Hornstein) — Flußspat I (über 50 % der Gangfüllungen, Farben violett und grün), Baryt I (blättrig), Calzit — Flußspat II (farblos), Quarz III (Krusten, häufig rote Eisenkiesel), Calzit II, Baryt I^a — Flußspat III (oft zonar, Würfel), Baryt II; — als jüngste deszendente Phase finden sich gelegentlich auf Rissen und in Drusen Umbildungen mit Baryt III, Baryt IV, Eisenhydrate, Markasit, Quarz IV (diskordante Trümer).

Der Flußspat der *Grube Erika* ist zum Teil noch gröber als der von Grube Cäcilia. Seine bunte Streifung (Wechsel verschiedenfärbiger Gangschichten) noch ausgeprägter, Hornstein-

trümer sind seltener als auf dem Cäcilia-Gang. Markasit ist oft zu beobachten in niedrigen Überzügen, wenn auch seine Menge im ganzen gering ist. Trotz ihrer guten Entwicklung konnten über beiden Hauptgängen keine Emanations-Profile gemessen werden, da sie z. T. bis an die mächtigen lockeren (tertiären) Deckschichten heran von unter Tage her abgebaut sind und da die Überlagerung (stellenweise braunkohlenführendes Tertiär) im SE mehrere 10 m mächtig wird. Calzit wurde erst in den tiefen Sohlen beobachtet, mehr als 150 m unterhalb Hängebank.

Wenig bekannte und bisher nicht in guter Ausbildung (mit mehreren dm Flußspat) angetroffene Gänge sind der *Riesenberg-Gang* (9), der sich mittels Emanationsprofilen gut über fast 100 m im Streichen verfolgen ließ und der *Joachim-Gang* (10), der an der Oberfläche stark beschürft und bis in 20 m Teufe zum Teil abgebaut ist und sich daher für geophysikalische Messungen nicht eignete.

Weiter im Osten sind noch mehrere kleine Flußspatvorkommen bekannt, so W von Lissenthan der *Vogelherd* (12), die ehemalige Grube *Centa-Ludwig* (13), die *Gisela-Ganggruppe* (14) und *Merkur* (15). Von diesen hat nur die Grube Gisela einen im Streichen über 200 m aushaltenden z. T. in zwei Trümer gespaltenen Gang, der im N in eine Schieferscholle (und eine Mylonitzone an deren Grenze) und damit in ein Gebiet führt, das ungünstig ist zur Entwicklung einer geschlossenen mächtigen Gangfüllung. Im Süden treten ebenfalls mehrere Zonen mit Mylonit auf (Granit-Mylonit), — erst 300 m südlich hiervon wurde wieder ein Flußspatrum von wenigen cm bis 2 dm Mächtigkeit in der Verlängerung gefunden.

Diese Flußspatführung im Bereich der Grube Merkur, die als südliche Fortsetzung des Giselaganges angesehen werden kann, biegt auf 200 m Streichlänge halbkreisförmig aus der NW—SE- über die W—E- in die SW—NE-Richtung um. Dies zeigt einen Mangel an durchgehender Parallelklüftigkeit an, bei dem nicht mit günstigen Verhältnissen für die Gangbildung und Gangfüllung zu rechnen ist.

Das Vorkommen *Merkur* hatte außer zwei Linsen von einigen 10 m Länge bei nur wenigen dm Gangmächtigkeit keine Ansätze zur Ausbildung einer gut mineralisierten Gangspalte. Die Flußspäte der Gänge Gisela-Merkur zeigen eine Zunahme blauer Farben (neben immer noch vorherrschendem grünem Flußspat); auch tiefvioletter Stinkspat tritt in einer mehrere 10 m langen Zone des Giselaganges (nahe einer Gabelung) in Verbindung mit deutlich radioaktiven Erscheinungen auf. Führung von Zinkblende, Bleiglanz, Kupferkies und Markasit sind sporadisch aber charakteristisch. Neben Baryt wird etwas Calzit beobachtet. Chaledon kommt vor.

In den bisher behandelten Gebieten sind geophysikalische Profile über die Gänge 3, 4 und 5 gelegt worden und besonders in diesem Bereich sind auch großzügige Untersuchungsarbeiten im Rahmen des staatlich bezuschusten Untersuchungsprogramms durchgeführt worden. Zwischen dem bezeichneten Bereich und dem Zuge Gisela—Merkur liegt ein 1,5 km breiter Streifen von Granit, von dem wir nicht wissen, ob er völlig frei von N—S-Gängen ist. Offenbar liegen zwischen „gut und nach Regel“ geklüfteten Granitgebieten und zwischen den Hauptmylonitzügen vom Pfahltyp ziemlich kompakte „Blöcke“ von mehreren 100 m Durchmesser mit frischem Gestein, die weniger intensiv durchklüftet sind und deren Klüfte auch seltener mineralisiert sind. Untersuchungsarbeiten sind in diesem Bereich noch notwendig, da nur Vermutungen, aber keine sicheren Feststellungen vorliegen.

Das höfliche Verbindungsstück zwischen den Gangzügen Cäcilia—Erika (7, 8) und Erna—Anna (21, 22) ist zum größten Teil unter Tertiär (\pm Rotliegendem) verborgen, das im allgemeinen über 30 m, gelegentlich bis 90 m Mächtigkeit besitzt. Zwischen diesem und dem Grundgebirge sind stellenweise (so z. B. SE der Grube Erika und am *Heißen Stein*) auch Arkosen und tonige Sedimente des Rotliegenden eingeschaltet. Die am *Heißen Stein* durch jüngere Untersuchungsarbeiten bloßgelegten Gänge und Trümer mit Flußspat stellen vermutlich nur nach N hin abzweigende Trümer der Hauptgangzone dar, die selbst erst weiter im Süden unter dem Tertiär zu vermuten ist*). Außer dem *Baumanngang* (16), von dem wenig bekannt ist und einem schmalen *Paralleltrum* (16 a) von 1 \rightarrow 2 dm mit viel Baryt und wenig Flußspat ist vor allem der *NO-Gang* (18) schon auf über 100 m Länge mit i. M. mehreren dm Mächtigkeit aufgeschlossen worden. Er vereinigt sich offenbar im S mit einem schmalen Trüm (17), das N—S streicht und das dunkelvioletten Flußspat führt (unter 2 dm mächtig, z. T. nur wenige cm); dieser ist in der Nähe der Scharungsstelle radioaktiv (Stinkspat!). Dieses Vorkommen und das von Grube Gisela repräsentieren das westlichste bekannte Auftreten von radioaktivem Flußspat im Nabburger Revier; es treten hier noch keine mit bloßem Auge sichtbaren Uranminerale auf. Die Gangfüllung besteht vorwiegend aus blauem Flußspat, Baryt ist verbreitet und kommt auch auf selbständigen Baryttrümmern von wenigen cm Mächtigkeit vor.

b) Die mittlere Ganggruppe (21—39) des Nabburger Reviers

Die mittlere Ganggruppe umfaßt die Gänge am Stullner Berge rechts (= westlich) der Naab (21—29) und die Wölsendorfer Gänge links der Naab (31—39), auf denen vorwiegend tiefvioletter Flußspat auftritt (oft Stinkspat, der beim Anschlagen einen deutlichen Ozongeruch liefert infolge der Reaktion freiwerdenden Fluors mit dem H_2O -Gehalt der Luft). Wegen der Radioaktivität des Flußspats treten im Regelfall bei Emanationsprofilen die Gangfüllungen der mittleren Gruppe nicht mehr als Minima hervor. Wurden Minima beobachtet wie beim *Kochergang* (38), so handelt es sich um typische Gänge der Außenzone des Bezirks. Über einigen Gängen wie dem *Mariengang* (36) wurden dagegen in der Emanationskurve Maxima (gegenüber den Durchschnittswerten im Granit) festgestellt (s. Abb. 13 als Typus). Für die Gangprospektion mittels der Emanationsmethode liefert die mittlere Ganggruppe ungünstige Verhältnisse, weil die Emanationswerte (R_n) nur schwach radioaktiver Gänge bereits ebenso groß sind wie die normalen Werte des Granits. Nur selten liefern die Emanationswerte über Flußspatgängen mit radioaktiven Mineralien ein einwandfreies Maximum, das über dem Spiegel der Granitwerte liegt. Oft sind die Maxima undeutlich und es kann nicht entschieden werden, ob sie nicht bloß den Spalten des Granites entsprechen, die auch erhöhte Werte haben.

Am Stullner Berg finden wir insofern stark von den Verhältnissen des übrigen Nabburger Reviers abweichende Gangrichtungen, als hier die wich-

*) Der Hauptsprung ist inzwischen durch eine genügend tief (ca. 100 m) angesetzte Untersuchungsstrecke angefahren worden, die auch südlich dieser einige 10 m mächtigen mylonistischen Zone in Granit steht.

tigsten Gangfüllungen mit 1 m Mächtigkeit i. M. auf E—W-Zerrungsspalten vorhanden sind, dem *Erna-Gang* (21) und dem *Anna-Gang* (22) samt seinem südlichen Paralleltrum in nur 100 m Abstand (das deshalb in der Karte nicht dargestellt werden konnte). Die zahlreichen nach NE bis N streichenden Verbindungstrümer wie der *Nord-Gang* (23), der *Verbindungsgang* (24 a) und der Gang *Eberhard I* (24) sowie die Trümer *Eberhard II* und *III* (25, 26) haben zusammengenommen nur einen Bruchteil an Mineralisation erfahren, — besonders die *Eberhard*-Trümer wiesen über größere streichende Längen nur 2 → 1 dm Mächtigkeit und weniger auf, weshalb nur Abschnitte dieser Gänge bauwürdig und näher aufgeschlossen sind (dieses Verhältnis gilt auch, wenn man rechnet, daß die zahlreichen Paralleltrümer — mehr als 10 von 1 → 5 cm Mächtigkeit — etwa nochmals die gleiche Flußspatmenge enthalten wie die Gänge *Eberhard II* und *III*).

Zur Mineralisation ist zu sagen, daß die beiden Hauptgänge *Erna* und *Anna* vorwiegend grünen bis bläulichen Flußspat führen. Dunkelvioletter Flußspat findet sich bisweilen als Salband-Variante an beiden Rändern der Gangplatte. Baryt kommt als weiteres Mineral vor, untergeordnet auch Calzit; Torbernit und Uranotil wurden im Stinkspat selten beobachtet. Die N—S-Trümer bzw. die Verbindungsspalten zwischen den stärker mineralisierten E—W-Hauptspalten sind mineralogisch einförmiger; sie enthalten meist reinen violetten Flußspat, z. T. etwas Baryt, ihre Radioaktivität ist größer und auch Torbernit bricht auf ihnen reichlicher an als auf den E—W-Gängen. Teile des *Anna*- und des *Erna*-Ganges sind radiologisch völlig inaktiv. Im Gegensatz zu den Gruben *Cäcilia-Hermine-Erika* tritt gelegentlich massiger Calcit auf.

Gegen die *Naab* hin stellen sich wieder die normalen tektonischen Verhältnisse ein, der bergmännisch noch nicht aufgeschlossene Gangzug *Ernst* (27, evtl. mit Paralleltrum) mit violettem Flußspat (radioaktiv) und die beiden Trümer der *Grube Roland* (28) haben wieder das übliche Streichen parallel der Pfahllinie von NW nach SE. Beide liegen genau in der Fortsetzung der Hauptflußspatgänge, die auch links der *Naab* bekannt sind und zeichnen sich wie diese durch tiefvioletten Flußspat und sporadisches Auftreten von Uranmineralien aus, die vorwiegend an die Scharungszonen mit N—S-Trümmern geknüpft sind und oft in 10 → 20 m Entfernung von der Scharungsstelle aufhören. Die Gänge haben über größere streichende Ausdehnung eine Mächtigkeit von 0,5 → 1 m und mehr.

Mineralogisch näher bekannt sind nur die beiden Trümer der *Grube Roland* (28; *Arnold-Gang* = nördliches, *Glückauf-Gang* = südliches Trum in 0 → 50 m Abstand), die vorwiegend violetten Flußspat führen, untergeordnet auch blaugrauen, besonders im Mittelstreif mächtiger Gangpartien. Der Schwerspat ist ungleichmäßig verteilt und kann in Nestern den Flußspat an Mächtigkeit übertreffen, was auch in den östlich angrenzenden Teilen des Mittelreviers (Wölsendorfer Bezirk) gelegentlich eintritt, wo wir einige reine Barytgänge finden. Auch Quarztrümer besitzen großen Anteil und können in den Enden einiger Gänge so anschwellen, daß der Quarz den Flußspat an Menge übertrifft. Uranminerale, und zwar neben Torbernit erstmals auch Spuren von Uraninit, wurden in der *Grube Roland* beobachtet. Eine Zunahme der Radioaktivität nach der Tiefe konnte nicht festgestellt werden. Untersuchungen darüber, ob von den Hauptgängen abzweigende schmale Trümer nur unbedeutende Fiederspalten sind oder ob sie z. T. auch bauwürdige Mächtigkeiten annehmen, stehen erst im Anfang. Die stärkste Radioaktivität wurde in der *Grube* auf einem NS-Trümmchen und an seiner Scharung mit dem *Arnoldgang* beobachtet.

Im Wölsendorfer Revier ist die Führung von Stinkspat und von Uranmineralen auf Flußspatgängen schon lange bekannt, die besten Aufsammlungen besaß Dr. E. SCHOLZ/Regensburg, der wohl auch als erster mineralogisch schöne Funde von Pechblende auf der Johanneszeche machte. Die am stärksten radioaktiven Teile der Flußspatfüllungen sitzen aber nicht auf den Hauptgängen, dem *Johannes-Gang* (35) und seiner südöstlichen Fortsetzung, dem z. T. aufgetrümerten *Marien-Gang* (36), sondern wurden jüngst auf dem N—S verlaufenden *Barbara-Gang* (33) gefunden; der *Nord-Gang* (31), untergeordnet auch der *Nabranken-Gang* (32) zeigen ebenfalls stellenweise erhöhte Radioaktivitätswerte. In der NW-Fortsetzung des Johannes-Ganges über den Barbara-Gang hinaus wird der *Brücken-Gang* (35 b) vermutet, parallel hierzu verläuft der *Roland-Gang* (34), diese Trümer sind in jüngerer Zeit nicht mehr bebaut worden, das letztere wird über Tage durch tiefe, klammartig in das steile Naabgehänge eingeschnittene Abbaupingen angezeigt. Am Rande des Wölsendorfer Reviers lassen die intensiven violetten Farben des Flußspats bereits wieder nach, am stärksten sind sie noch auf dem *Bachmann-Gang* (37), aber schon normalen grünen Flußspat (alternierend mit farblosen Streifen) zeigt der *Kocher-Gang* (38), wo eine radiologische Vermessung in der Grube auf verschiedenen Sohlen gar keine Radioaktivität mehr in der Gangplatte zeigte.

Die Mineralisation der *Wölsendorfer Gänge* ist durch eine Spezialarbeit von H. ZIEHR behandelt worden, worüber im Auszug 1955 berichtet worden ist. Die aufgeführte Mineralabfolge im Bereich des *Marienschachts* Wölsendorf ist Quarz I (Hornsteinquarz), Flußspat I (Stinkspat) (diese Absätze gehen der Mineralabfolge von Grube Cäcilia, s. o., S. 14 als Quarz₀ und Fluorit₀ voran). Es folgen nun in der ersten Vererzungsphase Absätze, die der Sukzession im nordwestlichen Revierteil vergleichbar sind, nur daß sie stärker und vielfältiger mit Erzmineralen alternieren, die meist in Form großer Butzen oder Blätter den Gangplatten eingeschaltet sind (dabei bleibt die Summe der Erzminerale unter 5 % des Ganginhalts), Uranpecherz—Bleiglanz I, Pyrit I, Markasit, Eisenglanz, Quarz II, Calzit I, — Flußspat II, Quarz III, Baryt I — Fluorit III, Dolomit, Quarz IV. In der zweiten Vererzungsphase folgt ein Fluorit IV auf Pyrit II, Chalkopyrit I, Zinkblende, Bleiglanz II und Baryt II wird gefolgt von Baryt III, Calzit II, Pyrit III, Chalkopyrit II und Bleiglanz III.

Noch deutlicher abweichende Eigenschaften als der *Kocher-Gang* (38) besitzen die äußersten nordöstlichen Gangvorkommen der mittleren Gruppe, d. s. der *Wolfsberg-Gang* (39), der *Warnbacher-Gang* (40), der streckenweise fast nur aus Quarz besteht und der *Schwarzacher-Gang* (41), der früher in geringer Teufe unter Rasensohle bebaut worden war und eine Füllung von hellblauem und farblosem Fluorit hatte, bei einer geringen Mächtigkeit von einigen dm.

Den 3 peripheren Vorkommen fehlt Stinkspat völlig, der Fluorit ist blau oder grünlich, auch gelblich bis farblos, bisweilen mit einem rostroten Überzug. Baryt, der im Mariengang mengenmäßig zurücktrat auf Kosten von Karbonaten (aber in den Gruben Roland und Johannes auch schon das verbreitetste Begleitmineral des Fluorits war), spielt hier wieder eine große Rolle und kann partienweise 50 % der Gangfüllung ausmachen. Es kommen auch praktisch reine Flußspatgänge vor, aber nur als Ausdruck stärkerer örtlicher Differenzierung der hydrothermalen Lösungen, die zu einer Trennung von Baryt und Fluorit auf verschiedene Gangabschnitte geführt haben, so daß es neben reinen Fluoritfüllungen partienweise fast reine Barytgefüllungen gibt, wie z. B. im SE des *Wolfsberg-Ganges*; auch im *Schwarachstollen Altfallter* (41) ist ein reiner Barytgang aufgeschlossen.

Die mittlere Ganggruppe besitzt die ungünstigsten Voraussetzungen zur Prospektion mittels der Emanationsmethode (mit Ausnahme der zuletzt genannten Vorkommen am Rande des mittleren Revierteils). Die Geophysik lieferte hier bei Vergleichsmessungen über bekannten Gangausbissen nur schwache Indikationen. Eine annähernd quantitative geophysikalische Prospektion auf Uran ist über Tage nicht möglich, da die positiven Anomalien selten höher sind als die von markanten Klüften des Granits. Sie ist nur dort durchführbar, wo Strecken tief unter der Bodensohle im Streichen der Flußspatgänge aufgefahren sind (früher war in vielen Gruben des Nabburger Reviers ein Sohlenabstand von 30 m üblich, so daß die Messungen unter Tage über verschiedene Grubengebäude hinweg z. T. in entsprechenden Niveaus geführt werden konnten. Oberhalb 30 bzw. 60 m sind die alten Baue selten noch offen). In der Grube konnten mittels Szintillometern gut reproduzierbare Werte erhalten werden. Über Tage lieferten die Ausbisszonen selbst bei einer direkten Strahlungsmessung mit dem Szintillometer kaum Werte, die den Granitwert von 20 → 50 cps um mehr als 20 cps übertrafen; dies gilt sogar für Flußspatgangausbisse über Stellen, wo Szintillometermessungen in der Grube an gleicher Position im Streichen in drei verschiedenen Sohlen Werte von über 1000 cps ergeben hatten. Die Bodenbildung in der Tertiärzeit und damit sekundäre Umwandlungen der Uranminerale waren in Wölsendorf z. T. bis in mehr als 50 m Teufe unter Rasensohle bemerkbar; in der obersten Bodenzone von 2 → 3 m sind obendrein durch rezente Vorgänge die Salze von Uran und seinen radioaktiven Folgeprodukten ausgelaugt worden.

c) Die südöstliche Ganggruppe (41—60)

Die drei zuletzt genannten Gangvorkommen (38—40) liegen nur in Bezug auf das Gesamtstreichen des Nabburger Flußspatreviers zentral zwischen der nordwestlichen Gruppe (Cäcilia-, Erika-Gänge bei Stulln) und der südöstlichen von Altfalter—Krandorf—Wundsheim. Ihrer Position am nordöstlichen Rande der mittleren Gruppe entsprechend zeigt ihre Mineralisation durchaus schon Züge, die zur peripheren südöstlichen Ganggruppe vermitteln. In Bezug auf die Bleierzführung sind die Gänge von Altfalter—Krandorf sogar den Hauptgängen des Wölsendorfer Bezirks näher verwandt als den drei Vorkommen am Oststrand des Wölsendorfer Bezirks. Hauptmerkmale der südöstlichen Ganggruppe ist das Verschwinden der Radioaktivität, deren letztes Vorkommen auf dem *Altfalterer Kirchen-Gang* (45) beobachtet worden ist (geknüpft an Uraninit) und das Zurücktreten der Karbonate, so daß Baryt und Quarz beinahe zu einzigen Begleitmineralen werden, soweit die Flußspatgänge nicht praktisch rein sind, welche Tendenz besonders das Wundsheimer Vorkommen repräsentiert.

Beachtet man alle Übergänge, so bietet sich als beste Abgrenzung der südöstlichen Ganggruppe noch das Schwarzachtal an. Man muß nur beachten, daß sich gewisse Merkmale innerhalb der Hauptgangachse Johannes—Marien-Gang—Altfalterer Hauptgänge (45, 46) langsamer verlieren als in der Querrichtung. Daher tritt z. B. die typischste „Außenfazies“ der Flußspatgänge erst in rd. 1 km Abstand von der Hauptachse im Bereich der mittleren Gruppe (Außenrand mit Vorkommen 39—41) mit ebenso charakteristischen Paragenesen auf, wie wir diese im südöstlichen Revierteil erst am äußersten Ende finden (bes. auf Gangvorkommen 48—49).

Die Vorkommen der südöstlichen Gruppe sind im allgemeinen schlecht aufgeschlossen, die mineralogischen Funde sind daher auch aus diesem Grunde seltener als auf den Vorkommen 1—40 und auch bei den geophysikalischen Messungen erwiesen sie sich mehrfach als ungünstige Objekte, obwohl sie ebenso frei sind von Radioaktivität wie die nordwestliche Gruppe. Es waren aber selten gut ausgebildete Gangzonen vorhanden (Ausnahme Wundsheim), die sich allein bei der geophysikalischen Vermessung deutlich abheben können. Typische Profile wurden über dem *östlichen Altfalter-Gang* (44) erhalten. Die eindeutigsten Meßprofile lieferte der westliche Gang des Wundsheimer Vorkommens, der auf über 100 m im Streichen ein markantes Minimum lieferte, obwohl das Nebengestein hier im allgemeinen nicht Granit war, sondern ein nur partienweise magmatisch durchbluteter Gneis bzw. Gneismylonit. Die Altfalterer Gänge zeigen mehrfach die Neigung, sich im Gneis in ein ganzes Bündel von 10 → 20 Trümchen von cm-Mächtigkeit aufzusplittern, die akkordant zu den Schieferungsflächen in den Gneis eindringen. (Alle Trümer z. S. haben eine Gesamtmächtigkeit bis zu etwa 1 m, die der Mächtigkeit des Ganges in den Partien entspricht, wo er die beste geschlossene Ausbildung aufweist, allerdings sind davon nur $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ Fluorit.)

Die Gangfüllungen der südöstlichen Ganggruppe bestehen aus meist grünlichem, z. T. farblosem Flußspat. Baryt ist (trotz des Auftretens reiner Barytfillungen) — bezogen auf die gesamte südöstliche Gruppe — nicht häufiger als in anderen Teilen des Nabburger Reviers, im *Wundsheimer* Vorkommen fehlt er praktisch. Calzit kommt bereits vor, obwohl heute wenige Grubenaufschlüsse tiefer sind als 30 bzw. 60 m. Quarz ist noch nirgendwo reichlich aufgetreten, außer im *Altfalterer Kirchengang*, besonders im südöstlichen Teil, wo dieser stark auftrümert (bis rd. 20 Quarztrümer, z. T. mit Fluorit von nur cm-Mächtigkeit, die zusammen noch nicht 1 m Gangfüllung repräsentieren und über mehrere m Öffnungswinkel verteilt sind). Bleierz (Galenit, in oberen Teufen des Krandorfer Ganges meist Pyromorphit) findet sich nur nesterweise innerhalb der Gangplatte und übertrifft kaum die Konzentrationen im Mariengang, wo bei einer jährlichen Förderung von einigen t Stufferzen ein mittlerer Gehalt von unter 0,1 % Pb im Haufwerk gegeben ist. Der alte Krandorfer Bergbau hat sicher geringere Mengen an Bleierzen produziert als heute die Flußspatgrube der Gewerkschaft Wölsendorf, obwohl er ausschließlich auf Pb-Ag-Erze gerichtet war. Pyrit und Kupferkies kommen im südöstlichen Revier häufig vor. Im Altfalterer Gang treten oft Kokardenstrukturen auf, Ovoide von Flußspat (ϕ einige → 10 cm) sind von Quarz cm-mächtig umrandet.

Nur anhangsweise werden hier einige Erfahrungen von Flußspatvorkommen außerhalb des Nabburger Reviers berichtet, von denen jeweils wenigstens ein typischer Vertreter geophysikalisch untersucht worden ist.

II. Revier von Donaustauf bei Regensburg

Die Flußspatgänge des Reviers von Donaustauf bei Regensburg gehören mit denen des Nabburger Reviers zu einer magmatischen Provinz, wenn auch der dortige Granit nicht unmittelbar mit dem Massivteil von Stulln—Nabburg—Wölsendorf zusammenhängt (im wesentl. getrennt durch den Einbruch des Bodenwöhrer Beckens). Die Granite beider Reviere sind petrogenetisch so eng verknüpft und besitzen nicht nur ähnliche chemisch-mineralogische Zusammensetzung und Struktur, sondern repräsentieren auch im großen Rahmen Äquivalente der gleichen Intrusionsphase, deren Magmen im späten Variszikum offenbar an einer Narbenzone emporgedrungen sind, die sich deutlich als Rand einer stark granitisch durchbluteten Zone des westlichen Bayerischen und Oberpfälzer Waldes abhebt (s. Geol. Übersichtskarte von Bayern, 1954). Das Revier

ist bei knapp 10 km Länge von W nach E etwa parallel zum Donaulauf nur 2 km breit und wir kennen vorläufig im S keine Fortsetzung von Gängen über die markante tektonische Linie des Donaurandbruches hinaus, der als Lockerzone in ähnlicher Weise den Aufstieg der hydrothermalen Restlösungen aus tiefliegenden magmatischen Herden begünstigt hat wie die Hauptbruchzone des Nabgebirges südlich von Nabburg, und der auch hier der nördliche Bruchrand eines Rotliegendbeckens ist.

Östlich von Regensburg sind 12 markante Flußspatgänge mit einer Füllung von dm bis 1 m (max. = 3 m) Mächtigkeit bekannt, deren Streichrichtungen eine statistische Häufung im Sektor (320°) 330° — 350° NW erkennen lassen, die noch ausgeprägter ist als die im Nabburger Revier (vgl. Abb. 4).

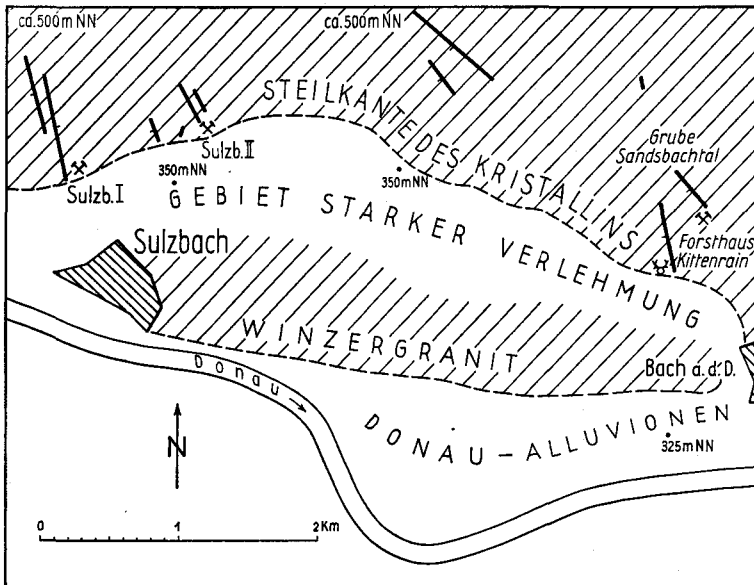


Abb. 4. Flußspatrevier von Donaustauf bei Regensburg. Im Süden des „Gebiets starker Verlehmung“ der Karte ist mehrfach Rotliegendes aufgeschlossen.

Die mittel- bis grobkörnigen Gangfüllungen bestehen aus bandartigen Absätzen von Fluorit und Quarz, andere Beimengungen wie Baryt sind selten, Pyrit und Bleiglanz sehr selten. Die Farben der einzelnen Fluoritlagen sind z. T. recht verschieden (farblos, gelb, grün, veil, blau, dunkelviolet), was der ältesten Grube des Reviers bei Bach a. d. Donau den Namen „Schönfärbiges Bergwerk“ einbrachte. Auch der Quarz (zum großen Teil Hornstein) ist oft nochmals in sich gebändert, er umschalt gern die schmalen Fluorittrümer und auch Ooide von Fluorit von einigen cm bis 1 dm Φ (Kokardenstruktur). Sehr verbreitet sind Gangpartien, wo Quarz überhandnimmt und netzartig auftrümpert, nicht nur Fluorit sondern auch Granitbrocken brekzienartig umhüllend, wobei der ältere Fluorit oft verdrängt wird (besonders im Ausgehenden der Gänge).

Bei der direkten Messung der Gammastrahlen (Szintillometer) wurden über Tage relativ niedrige Werte im Granitgebiet von Donaustauf—Bach gefunden, obwohl der anstehende Granit nur von dünner Vegetationsdecke verhüllt ist (ca. 20 \rightarrow 30 cps); im Stollen wurde bis über 200 m vom Mundloch kaum eine Zunahme festgestellt, wie dies in zahlreichen Beispielen aus dem Fichtelgebirge,

dem Nabburger Revier und dem Passauer Gebiet bekannt war, wo nach einer Eindringtiefe von 10 → 20 m = Bodenzone im allgemeinen eine Zunahme auf dann meist konstant bleibende Werte in Granitstrecken von 40 → 50 cps gemessen wurden. Die Probeuntersuchung im Labor zeigte jedoch die übliche deutliche Differenz zwischen den R-Werten der praktisch inaktiven Fluorit-quarzfüllungen und dem Granit wie im nordwestlichen Nabburger Revier (vgl. Tabelle 1). In dem untersuchten Stollen war zwar Granit in den Stößen oft aufgeschlossen, daß dennoch niedrige Radioaktivität gemessen wurde, war wohl dadurch bedingt, daß nicht nur Sohle und Firste im inaktiven Ganggestein lagen, sondern häufig der Granit der Stöße auch noch durch Schalen von inaktivem Quarz bei der Messung abgeschirmt war. Zwischen Streckenmitte und Stoß — wenn dieser in reinem Granit stand — erhöhten sich die Rn-Werte im allgemeinen um 10—20 cps, unmittelbar vor der Ortsbrust (die im Ganggestein stand) dagegen nicht. Trotz der besonders niedrigen Rn-Werte in den Gesteinstrecken hob sich der Granit im Emanationsprofil deutlich positiv von den Gangausbissen (von ca. 1 m Breite) ab, die ein Minimum ergaben. Die Gangprospektion mittels Emanationsmessungen lieferte somit überraschend deutliche Ergebnisse in einem Gebiet, wo zunächst auf Grund allgemeiner Voruntersuchungen keine deutlichen Differenzen erwartet worden waren.

III. Isolierte Vorkommen im Bayerischen Wald

Auf sporadischen armen Gangvorkommen des Bayerischen Waldes mit Quarz als Hauptgangart und oft mit geringen Mengen von Pb—Zn-Erzen fand sich bisweilen auch etwas Fluorit. Am bekanntesten und am besten ausgebildet ist diese Fluoritführung auf dem kiesführenden Pb—Zn-Erzgang der Fürstenzeche bei Lam, wo in alter Zeit ein bescheidener Bergbau auf silberhaltigen Bleiglanz umgegangen war (vgl. Abb. 3).

Eine 1 → 10 m mächtige Zone, — die über mehrere 100 m im Streichen von NW nach SE bergbaulich aufgeschlossen war — ist von Trümmern von dm bis zu etwa 1,5 m Mächtigkeit durchsetzt. Diese bestehen vorwiegend aus milchigem, klein- bis mittelkörnigem Quarz; stellenweise ist in linsigen Blättern von einigen 10 m Länge und in Mächtigkeiten bis zu einigen dm grob- bis großkörniger hellgrünlicher Fluorit eingeschaltet, der in der Sonne rasch ausbleicht (lichtrosa bis farblos wird). Auch Calzit kommt in Linsen bis zu einigen dm Mächtigkeit vor, Baryt ist selten. Bleiglanz und dunkle Zinkblende treten individualisiert in Trümmern von etwa mehreren mm bis zu einem dm Mächtigkeit oder auch in Putzen neben Pyrit und wenig Kupferkies auf. Die Lagerstätte ist erst in kleinen Bereichen neu aufgeschlossen und steht in Untersuchung.

Die Gänge bei Lam sind für eine radiometrische (resp. emanometrische) geophysikalische Prospektion wenig geeignet, da der von Radioaktivität völlig freie Fluorit, der im Gang meist nur untergeordneter Gemengteil ist, neben Quarz und Calzit und sich kaum vom Nebengestein (Glimmerschiefer, bzw. Paragneise mit häufigen quarzitischen Einschaltungen) abhebt. Auf anderen Erzuzügen bei Lam, die lagerartigen, wahrscheinlich sedimentogenen Erzimprägnationen entsprechen und die meist frei von Fluorit sind, die sich infolgedessen radiometrisch auch nicht wesentlich vom Nebengestein unterscheiden, wurden mit gutem Erfolg elektrische (Eigenpotential-) und magnetometrische Messungen eingesetzt. Diese sind auch zum Nachweis gleichmäßig vererzter Flußspatgänge vom Typus Fürstenzeche geeigneter als radiometrische Methoden.

IV. Flußspatrevier Oberfranken

Die oberfränkischen Flußspatvorkommen gehören zu einem Revier hydrothermaler Gänge, worin Flußspatkonzentrationen gelegentlich auftreten. Es steht nicht nur räumlich, sondern auch paragenetisch in enger Nachbarschaft zum vogtländischen Gangrevier. Im bayerischen Teil herrscht eine komplizierte Spezialtektonik, bedingt durch die Frankenwälder Querzone und die Aufgabelung des Hirschberg—Gefeller Nebensattels nach SW hin (vgl. v. HORSTIG 1956). In einem Streifen von (Saaldorf) Bad Steben im NW reicht das Revier über Lichtenberg, Issigau bis fast Hof im SE in ca. 20 km Länge und über 10 km Breite (vgl. Abb. 5). Nach einer Lücke schließt nach NE das vogtländische Gangrevier an mit den bekannten Vorkommen bei Pirk, Wiedersberg und Oelsnitz i. V. (Die Spateisensteingänge mit Kupferkies bei Lauenstein — auf denen Fluorit nicht bekannt ist — liegen isoliert etwa mitten zwischen Bad Steben und Ilmenau, wo der thüringische Flußspatbezirk beginnt.) Alle Gänge weichen nur geringfügig von einer mittleren Streichrichtung von 330° NW ab (fallen senkrecht oder steil, meist nach SW) und sind also Füllungen typischer Querklüfte in Bezug auf das Streichen der geologischen Haupt-Sattel- und

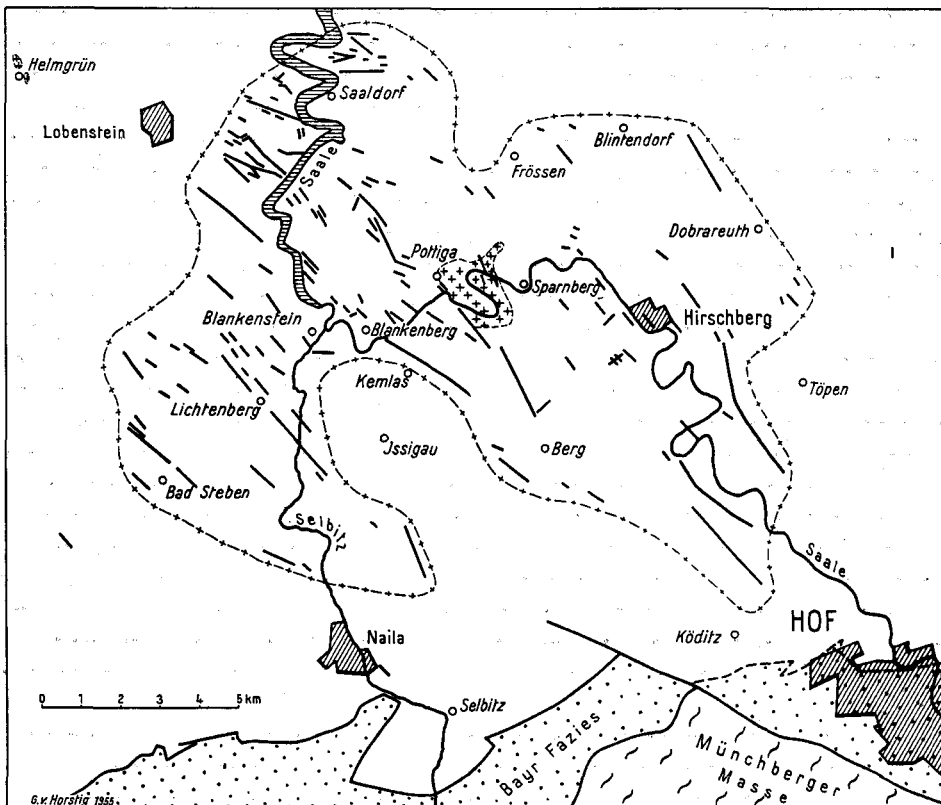


Abb. 5. Der Oberfränkische Spateisenstein-Flußspatbezirk. Zusammenstellung und Neuaufnahme G. v. HORSTIG, 1955. Die gestrichelte Linie entspricht den Konturen eines vermuteten Tiefenplutons, das sich in Form von Ganganhäufungen an die heutige Oberfläche durchpaust.

-Muldenachsen (Lage parallel auch zu den Q-Klüften der Granittektonik im Fichtelgebirgsmassiv wie in der vogtländisch-westerzgebirgischen Granitmassivzone (vgl. E. O. TEUSCHER 1936). Obwohl sämtliche Vorkommen außerhalb der Kontaktzone der variskischen Granite der südlich anschließenden Sattelzone liegen (an ihrer NW-Flanke!) ist ihre Herkunft aus Restlösungen der weit entwickelten Granite (Sn—W—U-Granite) der saxothuringischen Region kaum zweifelhaft; in Oelsnitz ist der Granit neuerdings durch Tiefbohrung bekannt (vgl. A. WATZNAUER, 1954. Über die Verbreitung eines tieferen granitischen Stockwerks im Vogtland). Die Spalten durchsetzen Gesteine des Paläozoikums (Ordoviz, Gotland, Devon, selten Kulm als jüngstes Schichtglied) und die Radioaktivität der bekannten Heilquellen von Bad Steben, die auf einer solchen Gangspalte der Sideritformation mit Quarz-Fluorit und Kupfererzen austreten, stammen zweifellos nicht aus der sehr gering radioaktiven Mineralfüllung dieser Gänge: die in den durchlässigen Gangzonen zirkulierenden Wässer haben ihren Emanationsgehalt vermutlich aus den paläozoischen Sedimenten bezogen, von denen gewisse Tonschiefer hinlänglich hohe R-Werte besitzen. Die ebenfalls auf den Gangspalten emporsteigende Kohlensäure dürfte erklären, weshalb es zu einer so hohen Extraktion von Radioemanation kommt, ebenso wie es O. GENSER am Beispiel der Brambacher Quellen erläutert hat.

Auf bayerischem Gebiete finden sich die wichtigsten Vorkommen zwischen *Bad Steben*, *Lichtenberg* und *Issigau*, auf denen derzeit in *Lichtenberg* die einzig normal fördernde Grube baut. In der näheren Umgebung von *Bad Steben* liegen 5 bekannte Gangvorkommen mit Grubenfeldern, die früher auf Eisenerz verliehen waren, heute fallen sie zum größten Teil in den Quellschutzbezirk und scheiden damit für neuere intensive Untersuchungen aus. Bei *Lichtenberg* ist ein Doppelgang (*Rückertsberger* und *Friedensrubener Gang*) bergmännisch aufgeschlossen über mehrere 100 m streichende Länge: in seiner Fortsetzung nach SE liegt der fast 1 km lang bekannte Gangzug des *Kupferbühls* bei *Issigau*. Zwischen *Bad Steben* und den *Lichtenberger* Gängen liegt ein fluoritreicher Doppelgang der Sideritformation am *Hohen Rad*. Der im Streichen auf 3 km Länge bekannte Ouersprung von *Harra* (Thüringen) bis *Kemlas*, der über große Strecken nur als Störungslinie verläuft, die stellenweise mehr durch Gangbrekzienbildung als durch mächtige (Quarz-) Füllungen ausgezeichnet ist, führt nur örtlich etwas Siderit und Fluorit, der alte Bergbau auf Eisenerz und Kiese (Cu) hat ihn trotz seiner großen Ausdehnung relativ wenig betroffen, weil die meisten bergmännischen Aufschlüsse offenbar geringe Erzführung nachgewiesen haben. Den intensivsten alten Bergbau (vor der Flußpatperiode, die erst in diesem Jahrhundert verstärkt einsetzt) haben neben den Eisenerzanreicherungen auf den *Stebener* Gängen und denen in der Gegend von *Bere—Hof* vor allem die Vorkommen mit beibrechenden Kupfererzen erfahren, besonders die *Lichtenberger* Gänge samt der im Streichen anschließenden Zone des *Kupferbühls* bei *Issigau*.

Aus dem oberfränkischen Revier ist eine mannigfachere Mineralabfolge bekannt als aus anderen Flußpatrevieren Deutschlands, leider sind heute nur wenig Gänge aufgeschlossen. Bekannt sind außer Arsenkies und ged. Wismut (entsprechend den pneumatolytisch-hydrothermalen Übergangsphasen im Vogtland, wo auch Zinnstein auftritt) noch Pyrit, Bleiglanz, Zinkblende, sowie arsenidische Kobalt- und Nickelerze.

Die Gänge können nach der intensivsten Metallisation am besten als Spateisensteinformation bezeichnet werden, wobei über große streichende Längen nur „taube“ Quarzfüllungen auftreten. Der Flußspat bildet in Bezug auf die Gesamtmasse aller Gangfüllungen nur einen Anteil von schätzungsweise 10 → 20 %, wenn er auch entsprechend dem linsenförmigen Anschwellen der Gänge seinerseits auf kurze Längen Mächtigkeiten von Metern (bis zu 10 m in Oelsnitz und über 5 m in Lichtenberg) erreicht. Hauptmineral neben Quarz ist Calzit, Baryt ist selten. Selbst die Kupfererze übertrafen lokal den Fluorit, wenn nicht an Masse, so an Bedeutung. Die Minerale sind grob- bis grobkörnig entwickelt; im Bereich des Eisernen Huts durch intensiv färbende Brauneisenerzkrusten meist verschmiert (nur der Quarz ist auch im Verwitterungsbereich gelegentlich noch frisch). Die Kupfererze liegen in den oberen Sohlen als Malachit vor, erst in der Tiefe sind inmitten größerer Malachitbutzen (ϕ 1 → mehrere cm) oft noch Kerne von unzersetzt Kupferkies erhalten. Der braune Siderit ist im frischen Anbruch in der Tiefe graugelblich und in der Farbe vom Calzit wenig verschieden. In reinen Siderittrümmern treten gern besonders groblättrige XX. auf mit gegen das Salband orientiertem Wachstum. Die Fluoritfüllungen bestehen aus farblosem weißem oder hellbläulichem Fluorit (klar durchsichtige XX. von cm ϕ kamen in Joditz vor). Den Flußspatabsätzen fehlt meist eine deutliche Bänderung in verschieden gefärbte Sukzessionen, größere Flußspatlinsen sind oft von jüngeren) quer- bis schräg schneidenden cm-mächtigen Quarztrümmern durchsetzt. Kupferkies ist mit Quarz enger paragenetisch verknüpft als mit Fluorit und Siderit. Es gibt isolierte reine Siderittrümmere, die als relativ junge Absätze die ersten Phasen durchschneiden. Die vogtländischen Vorkommen, die wohl im allgemeinen näher zu den granitischen Herden liegen als die oberfränkischen, zeigen eine ausgesprochen ältere Fluoritgeneration mit Kennzeichen höher temperierter Absätze (oktaedrischer Habitus, vgl. H. JAHN) häufiges Auftreten von Feldspat (Paradoxit) ist zu beobachten (wie dies andeutungsweise schon vom Barbaragang/Wölsendorf gilt).

Für die Prospektion mittels der Emanationsmethode sind die Flußspatgänge Oberfrankens kein geeignetes Objekt. Die geophysikalischen Untersuchungen wurden hier sehr früh angesetzt, weil das bekannte Auftreten radioaktiver Quellen in ihrem Bereich die Vermutung nahelegte, auch die Gang-Hydrothermalite seien stärker radioaktiv als die Nebengesteine infolge der Führung von U-Mineralen, für deren Vorhandensein nach den oben angeführten Darlegungen aber keine Notwendigkeit besteht, da die Emanation aus paläozoischen Sedimenten stammen kann. Trotz der interessanten radiologischen Verhältnisse hat die Emanationsmethode für die Prospektion auf Flußspat im oberfränkischen Revier keine Bedeutung, es wurden nur 3 Gänge in Profilen geophysikalisch untersucht.

V. Barytgänge des Spessarts

Die stets Fluorit-freien Barytgänge des Spessarts weichen, wiewohl auch sie oft Füllungen von regelmäßigen Querspalten in resp. über granitischen Intrusions-Zonen zu sein scheinen (statistische Häufung der Richtung des Gangstreichens im Sektor 330° NW mit $\pm 10^\circ$) von den Barytgängen der Oberpfalz ab, die wir als Endglied einer Differentiation der Fluorit—Baryt-bringenden Lösungen sahen, charakteristisch für späte Mineralisierungsphasen und für Außenzonen. Zumindest ein Teil der Spessartgänge hat junges Alter, da sie auch in den Buntsandstein des Spessartvorlandes fortsetzen, einige Gänge sind sicher so jung wie diejenigen in der Rhön (Gangfolge eines tertiären Vulkanismus) und zeigen an, daß es sich um eine andere magmatische Provinz handelte als in der Oberpfalz. Auf den wenigen zugänglichen aufgeschlossenen Barytgängen sind keine erhöhten R-Werte festgestellt worden, die irgendwo die Anwesenheit von U-Mineralen angezeigt hätten. Eine Möglichkeit, mittels der Emanationsmethode Gangausschnitte festlegen zu können, erscheint nur im Bereich

von granitischen Orthogneisen mit ihrer höheren durchschnittlichen Radioaktivität gegeben, zumal die Gänge häufig über 1 m Mächtigkeit besitzen. Bei den Gängen innerhalb von Paragneisen oder im Buntsandstein sind keine deutlichen Unterschiede in der Radioaktivität bzw. der Emanationsführung zu erwarten. Emanationsmessungen wurden nicht durchgeführt.

C. Verwertung der geophysikalischen Meßergebnisse

für den Ansatz praktischer Untersuchungsarbeiten

Mit der Emanationsmethode sind durch Arbeiten, die sich über mehrere Jahre erstrecken, mehr als 60 Profile von 40 → 100 m Länge über 24 verschiedene, teils bekannte, teils unbekannte Flußspatgangzonen vermessen worden. Dabei waren manche Untersuchungen erste tastende Versuche in ungeeigneten Gebieten (einige Beispiele im Zentralteil des Nabburger Reviers = mittlere Ganggruppe) oder Einzelbeispiele wie bei den Flußspatvorkommen außerhalb des Nabburger Reviers, wo generelle Erfahrungen über die allgemeinen Verhältnisse gesammelt werden sollten, die dort bei Anwendung von Meßverfahren aus der Strahlengeophysik anzutreffen seien. Im Nabburger Revier ist die Methode mit Erfolg eingesetzt worden. Es wurden zwar in dem seit Jahrzehnten durchgeschürften Gebiet keine neuen Vorkommen entdeckt (das einzige hier in den letzten 5 Jahren neu erschlossene Vorkommen war auch schon früher aus Lesesteinfunden bekannt gewesen). Die Anwendung der geophysikalischen Untersuchungen bot aber den Vorteil, große streichende Längen von Flußspatgängen in Bereichen, wo diese nicht bebaut sind, nochmals auf mangelnde Indikation für Mineralisation in diesen Abschnitten zu überprüfen. In einigen Fällen wurde festgestellt, ob Untersuchungsstrecken, die einen Gang unter Tage in unbauwürdiger Ausbildung angefahren hatten, schon die richtige Gangzone oder erst Vorläufer erreicht hatten. Am wichtigsten war der Einsatz auf bekannten, aber bisher nur wenig aufgeschlossenen Vorkommen und zwar zur Feststellung, ob die bisherigen Aufschlußarbeiten auch in den Teilen der Gänge mit bester Ausbildung angesetzt worden sind oder ob die streichenden Untersuchungen zu ergänzen waren. In allen Fällen wo Flurschaden vermieden werden muß, oder wo auffallende Grabungen an der Oberfläche unerwünscht sind, bietet die Methode einen günstigen Ausweg und gestattet obendrein eine schnelle Orientierung (in kürzerer Zeit als mittels Schürfen). Sind Anomalien gefunden, so hat man bei Aufgrabungen bis auf das feste Gestein vor allem Gewißheit, wirklich besondere Stellen untersucht zu haben und kann Gräben von hunderten von Metern u. U. entbehren. In einem Fall wurde vorhergesagt, daß ein bekannter Flußspatgang über 100 m im Streichen mit deutlicher Indikation (d. h. höchstwahrscheinlich über 0,5 m Mächtigkeit) fortsetze, weil sich in 3 Querprofilen typisch ein gleichmäßig gestaltetes Minimum fand und der bergmännische Aufschluß unter Tage bestätigte die Richtigkeit der Vorhersage.

Ein wichtiges Nebenergebnis unserer Messungen war, daß die im Emanationsprofil mit einem deutlichen Minimum erscheinenden Flußspatgänge keine Führung von Uranmineralen aufwiesen und damit eine genauere Lokalisierung der uranhöflichen Zonen im Nabburger Flußspatrevier erlaubten, als dies bisher auf Grund von mehr oder minder zufälligen Mineralfunden möglich war.

Die im Nabburger Revier und dem ihm gleichzustellenden Revier von Donaustauf gesammelten Erfahrungen reichen aus, um zu sagen, daß über 90% der bekannten Ganglängen der Flußspatvorkommen sich im Emanationsprofil deutlich negativ vom umgebenden Granit abheben, wenn die Gangfüllungen mehr als etwa 0,5 m Mächtigkeit besitzen. Die Gangzonen, welche stärker radioaktiv sind und deshalb uncharakteristische oder positive Indikationen geben, sind in ihrer Lage generell bekannt. Bei regionalen Vermessungen wird man auch positiven Anomalien nachgehen, um zu prüfen, ob es sich um bloße Klüfte im Granit oder um mineralisierte Spalten handelt, welche die positive Anomalie erzeugen.

Die Bedeutung der geophysikalischen Indikationen wurde in zahlreichen Beispielen durch Schürfarbeiten überprüft. Die Firmen haben dabei unsere Messungen nicht nur unterstützt, wenn eine Höffigkeit in Bezug auf Flußspat aufgezeigt worden war; es wurden vielmehr in dankenswerter Weise auch unbedeutende Anomalien beschürft und damit gelegentlich der Beweis erbracht, daß auch geringe und undeutliche Indikationen, denen wir nicht mit Sicherheit eine geologische Bedeutung zuerkennen wollten, im Profil gekreuzten Klüften oder schlecht mineralisierten Gangteilen entsprachen. Wir fanden mehrmals Trümerzonen auf den Meter genau am Ort der geophysikalischen Indikation, wie bewiesen wurde durch Verlängerung der Querschürfe um rd. 10 m in beiden Richtungen von einem Gangausbisß in den Bereich reinen Granits hinein. Ein Gang, der auf 100 m streichende Ausdehnung nur schwache Indikationen im Profil gab an den Stellen, wo dem Lesesteinbefund zufolge der Ausbiß durchlief, ergab bei streichender Auffahrung in der Tiefe über die gleiche streichende Länge an keiner Stelle eine bauwürdige Mächtigkeit und zeigte auch lokal keine Anschwellungen auf mehr als einige dm. Da die Methode ein rasches Arbeiten gestattet, — pro Tag sind leicht 100 m Profil genau aufzunehmen — ist sie für den Ansatz von Schürfarbeiten ein wertvolles Hilfsmittel und gestattet auch noch Aussagen, wenn zwischen Bodenzone und einem Abbau in der Tiefe eine Schwebende aus 1—2 m verwittertem Material stehen geblieben ist, die bei einer Beschürfung u. U. auch kein deutlicheres Bild liefern würde.

D. Zusammenfassung

1. Die beschriebene Methode — Messung von Emanationsgehalten (= R_n) der Bodenluft, die mittels Sonden angesaugt worden ist — liefert bei hinreichend kritischer Anwendung reproduzierbare Werte.
2. Die Meßkurven konnten im Anwendungsgebiet mit großer Wahrscheinlichkeit bestimmten geologischen Verhältnissen zugeordnet werden, besonders dort, wo ein gleichförmiger geologischer Rahmen gegeben war (petrographisch gleichförmige Granite und Gneise z. B.); aus Gründen der Sicherheit bei der Deutung empfiehlt es sich stets, in einem neuen Gebiet aus dem noch keine Erfahrungen vorliegen, zwecks „Eichung“ Profile über einen bekannten Gang zu legen; wo dies nicht geht, sollte man den ersten Anomalien sofort durch Schürfe nachgehen, um vermutete geologische Strukturen im Aufschluß zu untersuchen.

3. Die Methode ist sowohl zur kleinräumigen regionalen geophysikalischen Vermessung geeignet (besonders bei Vorhandensein eines gleichmäßigen, nicht sehr mächtigen Boden- und Vegetationsschleiers), als auch zur Verfolgung bekannter Kluft- und Gangzüge.
4. Die praktische Durchführung (Einschlagen von Sonden von unter 2 cm Φ auf 0,5 bis 1 m Tiefe) macht die Methode besonders geeignet zur Untersuchung in Gebieten, wo Flurschäden vermieden resp. aufs kleinste Ausmaß eingeschränkt werden sollen. Sie erlaubt vor allem eine schnellere Orientierung als die Anlage weit hindurchgehender Schurfgräben, resp. eine Einschränkung der zum Schluß doch noch benötigten Schürfarbeiten nach Zahl und Länge.
5. Die besten praktischen Ergebnisse lassen sich erzielen, wenn man die Geophysik nicht zu intensiv betreibt (keine Meßpunktverdichtung unter 1 m Abstand und keine Variation der Sondenlängen), sondern flüssig durchmißt und fragwürdige Indikationen sogleich beschürfen läßt. Die Methode gewährt nie gleiche Sicherheit wie Schurfgräben oder gar Kernbohrungen (die im Nabburger Revier bei tiefgründiger Verwitterung resp. mächtiger Überlagerung ganghöffiger Zonen angewendet wird) und eine Verfeinerung der geophysikalischen Methoden lohnt sich damit kaum.
6. Deutliche negative Anomalien über Gängen, die sich von den Werten über Nebengesteinen abheben, entsprachen bisher stets uranfreien Gangfüllungen. So hat die Methode ein negatives Kriterium dafür geliefert, welche Flußspatgänge mit großer Wahrscheinlichkeit unhöflich auf Uranerze sind.

Schrifttum

- AMMON, L. v.: Über radioaktive Substanzen in Bayern. — Geognost. Jh. XXIII. (1910), 191.
- BAYER, OBERBERGAMT: Die nutzbaren Gesteine und Erden Bayerns, Bd. I. — München 1936, S. 52—64, 85—89, 190—191. Bd. II, S. 344—350.
- DAHLGRÜN, F. & EINECKE: Die Flußspatvorkommen Deutschlands. — Nicht gedruckter Bericht, Amt für Bodenforschung, Berlin 1941.
- DONALD, S. E.: Uranium bearing deposits in the N. S. — Proc. Int. Conf. o. the peaceful uses of atomic energie. U. N. New York 1956, 6, 257—264.
- DORN, P.: Geologie der Flußspatlagerstätten der bayerischen Ostmark. — Jbr. u. Mittl. Oberheing. Ver., N. F., 25 (1936) 1—23.
- DRECHSLER, F.: Zur Mineralführung und Chemie der Oberpfälzer Flußspatgänge. — Jb. naturwiss. Ver. Regensburg, 17 (1924), 3—48.
— Zur Mineralführung und Chemie der oberpfälzer Flußspatgänge. — N. Jb. Min. Abt. A 1, 53 (1926), 135—144.
- FISCHER, G.: Über das Grundgebirge der bayerischen Ostmark. — Jb. Preuß. Geol. Landesanst. 59 (1938), 289—352.
— Geologischer Bau und Bodenschätze des Bayerischen Waldes. — Jb. Preuß. Geol. Landesanst. 58 (1937), 855—857.
- GEHLEN, K. v.: Gesteine und Blei-Zink-führende Flußspatgänge zwischen Feldberg und Belchen im Hochschwarzwald. — N. Jb. Min. 88 (1955), 15—54.
- GENSER, C.: Über die Entstehung und die Natur radioaktiver Quellen. — Geol. Rdschau 23 (1932), 188—237.

- GOEBEL, L.: Radioaktive Zersetzungserscheinungen am Flußspat. — Z. Krist. **76** (1931), 200—300.
 — vgl. auch Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Wien. Math.-naturw. Kl. Abt. I, **130** (1930), 373—392.
- GUDDEN, B.: Die Reichweiten der α -Strahlen von U_I und U_{II} und die Gültigkeit der Geiger-Nuttal'schen Beziehungen. — Z. Phys. **26** (1924), 110—116.
- GÜMBEL, C. W.: Geognost. Beschreibung des ostbayer. Grenzgebirges. — Gotha 1868.
- GÜNTHER, H.: Radioaktive Erscheinungen im Fichtelgebirge. Über die Radioaktivität der Stebener Mineralquellen. — Diss. München 1914.
- HABERLAND, H.: Lumineszenz-Untersuchungen an Fluoriten. — Wien, Ber. Akad. II a **141**, 441 (1932);
 — Lumineszenz an Fluorit und anderen Mineralien. — Wien, Ber. Akad. II a **142**, 29 (1933), **188**, **143** (1934); **144** (1935); **146** (1937) und **158** (1949).
- HECHT & KROUPA: Die Bedeutung der quantitativen Mikroanalyse radioaktiver Mineralien für die geologische Zeitmessung. — Z. anal. Chem. **106** (1936), 81—128.
- HENRICH, F.: Über den Stand der Untersuchungen der Wässer und Gesteine Bayerns auf Radioaktivität und über den Flußspat von Wölsenberg. — Z. ang. Chem. **33**, 5, 13, 20 (1920), 162.
 — Über ein Vorkommen von Uranpecherz in Bayern. — Z. ang. Chem. **37** (1924), 667.
 — Über radioaktive Mineralien in Bayern. — Sitz.-Ber. d. phys.-med. Soz. Erlangen **46** (1914).
 — Zur Kenntnis der Kalkuranglimmer (Autunite). — Ber. D. Chem. Ges. **55** (1922), 1212.
- HIBSCH, J. E.: Über tertiäre Fluoritgänge im Bereich der Erzgebirgsbruchzone und des Teplitzer Quarzporphyrs in Nordböhmen. — Min. petr. Mittl. **25** (1906).
- HOFFMANN, G.: Über die Messung schwacher Radioaktivität und über die Radioaktivität der Alkalien und einiger anderer Substanzen. — Z. Phys. **25**, 177 (1924) u. 176.
- HORSTIG, G. v.: Die Frankenwälder Querzone. — Z. deutsch. geol. Ges. **108** (1956), 37—42.
- JAHN, A.: Die Mineralien der Flußspatgrube „Ludwig Vgt. Feld“ zu Schönbrunn bei Olsnitz i. V. — Mitt. vogtl. Ges. Naturf. **5** (1929), 1—18.
- KIRCHHEIMER, F.: Die Uranerzvorkommen im mittleren Schwarzwald. — Mitt. Bl. bad. geol. LA. f. 1951.
 — Weitere Untersuchungen über das Vorkommen von Uran im Schwarzwald. — Abh. geol. LA. Baden-Württemberg, **1** (1953), 1—60.
- KÖHLER, J.: Zur Entstehung der Nabburger Flußspatlagerstätten. — Geol. Rundsch., **32** (1941), 71—92.
 — Metamorphe Differentiation an einem Beispiel aus der Oberpfalz. — N. Jb. Min., Abh. A, **81** (1950), 365—398.
- KOHL, E.: Uran. — Die metallischen Rohstoffe, 10. Heft. F. Enke, Stuttgart 1954.
- KOHL, E. & HALLER, H.: Die Mineralführung der Wölsendorfer Flußspatgänge. — Z. Prakt. Geol., **42** (1934), 69—79.
- KUMMER, A.: Zu den Nachrichten über Uranerzfunde im Fichtelgebirge. — Z. f. Erzbergbau u. Metallhüttenwe. 1949, S. 384.
- KRÖGER, F.: The incorporation of uranium in calcium fluoride. — Physica **14**, 488 (1948), 182.
- LARSEN, E. S., PHAIR, D. G. & SMITH, W. S.: Uranium in magmatic differentiation. — Peaceful uses of atomic energie Proc. U. N. New York 1956, **6**, 240—247.
- LAUBMANN, H.: Über Pseudomorphosen von Quarz und Kalkspat aus den Flußspatgängen am Wölsenberg in der Oberpfalz. — Zbl. Min., 1913.
- NEUHAUS, A.: Über Uraninit im Granit von Weißenstadt, Fichtelgebirge. — Fortschritte Min. Krist. **32** (1953), 80.
- MEIXNER, H.: Fluoreszenz von Uranmineralen. — Min. petr. Mitt. **52** (1940), 275—277.
 — Kählerit, ein neues Mineral der Uranglimmergruppe. — Karentin. Folge **23** (1953), 272—280.

- MÜGGE, O.: Radioaktivität als Ursache der pleochroitischen Höfe des Cordierit. — Cbl. Min. 1907, 397—399.
 — Über radioaktive Höfe in Flußspat, Spinell, Granat und Aenigmatit. — Göttinger Nachrichten, **1** (1923), 1—16.
- PRIEHÄUSSER, M.: Die Flußspatgänge in der Oberpfalz. — Z. prakt. Geol. **16** (1908), 265—269.
 — Die Regensburger Flußspatgänge. — Z. prakt. Geol. **32** (1924), 49—53.
- PRZIBRAM, K.: Verfärbung und Lumineszenz. — Wien 1953.
- PUFFE, E.: Die Minerallagerstätten des südwestlichen Vogtlandes. — N. Jb. Min. BB. **74**, A (1938), 333—448.
- QUESTER, W.: Über einige zur Messung der Radioaktivität von Gesteinen und Bodenproben angewandte Untersuchungsmethoden. — Erzmetall, **8** (1955), 291.
- RAMDOHR, P.: Radioaktive Höfe in Quarz, Yttrifluorit und Zinnstein und neue Feststellungen über das atomare Bremsvermögen der Elemente. — N. Jb. Min. Abt. A, Beil.Bd. **67** (1933) 53—67.
- RIEDEL, H.: Untersuchung im Flußspatlagerstättenbereich westlich der Naab in der Oberpfalz. — N. Jb. Min. Abh. **87** (1954), 240—320.
- SCHOEP, A. & SCHOLZ, A.: Sur les minéraux uranifères (pechblende, janthinite, Kasolite etc.) découverts à Wölsendorf Bavière, et sur un nouveau minéral d'uranium. — Bull. Soc. Bèlge de Géol. **41** (1931), 71—75.
- SCHOLZ, A.: Mündliche Mitteilung und Angaben in Privatsammlung.
- SCHILLING, A.: Die radioaktiven Höfe im Flußspat von Wölsendorf. — N. Jb. Min. Abt. A, Beil.Bd. **53** (1926), 241—265.
- SEHLKE, K.: Gesteine und Blei-Zink-führende Flußspatgänge zwischen Feldberg und Belchen im Hochschwarzwald. — T. IV. N. Jb. Min. **89** (1956), 258—280.
- STAATZ, H. M. & OSTERWALD, F. W.: Uranium in the fluorspar deposits of the Thomas Range/Utah. — Peaceful uses of atomic energie. Proc. U. N. New York 1956, **6**, 275—278.
- STEINMETZ, H.: Orientierte Einschlüsse im Fluorit. — Z. Krist. **58** (1923), 330—339.
- STRUNZ, H.: Mineralien und Lagerstätten in Ostbayern. — Acte Alb. Ratisbonensia, Bd. **20**, H. 2, 118—126.
- TENNYSON, CH.: Tracht, Habitus und Genese der Mineralien des Wölsendorfer Flußspatgangreviers. — Msk. T. H. Charl.
- TEUSCHER, E. O.: Primäre Bildungen des granitischen Magmas und seine Restlösungen im Massiv von Eibenstock Neudeck. — Min. petr. Mitt. **42** (1935), 211—262.
- THURSTON, W. R. & others: Fluorspar deposits of Utah. — U. S. Geol. Surv. Bull. **1005** (1954), 26—28.
- WALTHER, A.: Geologie der Umgebung von Bad Steben im Frankenwalde. — Geognost. Jh. **XX** (1907).
- WATZNAUER, A.: Die erzgebirgischen Granitintrusionen. — Geologie, **3** (1954), 688—707.
- WENDT, J.: Bestimmung von Uran, Thorium und Kalium an unaufgeschlossenen Gesteinen mit dem Zählrohr. — ungedr. 53 S. Dissertation Göttingen (1955).
- WILLMARTH, V. R.: Bauer, H. L., Staatz, M. H. & Donald, G. W., Uranium in fluorite deposits (abstract). — U. S. Geol. Surv. Selected pap. on uranium deposits (1953), 13—18.
- WIMMENAUER, W.: Mikroskopische Untersuchungen an Uranerzen aus dem mittleren Schwarzwald. — Mitt.-Bl. Bad. Geol. Landesanst. (1952).
 — Der Mineralbestand der uranhaltigen Erze aus der Kobaltgrube „Gottes Segen“ bei Sulzburg (südl. Schwarzwald). — Jh. Geol. L.A. Baden-Württemberg, **1** (1955).
- ZESCHKE, G.: Radioaktive Fluorit-Lagerstätten. — N. Jb. Min. Monatsh. **1956**, 59—67.
- ZIEHR, H.: Das Wölsendorfer Flußspatrevier. — Z. Erzbergbau u. Met. H. **8** (1955), 416—422.

Nachtrag:

- KIRCHHEIMER, F.: Bericht über das Vorkommen von Uran in Baden. — Abh. Geol. L.A. Baden-Württemberg, **2**, 1957.

Erläuterungen zur Lagerstättenkarte 1 : 25 000 des Nabburger Flußspatreviere

Es scheint erwünscht, über die knappe Legende am Rande der Karte hinaus einige nähere Erläuterungen zur Lagerstättenkarte 1 : 25 000 des Nabburger Reviers zu geben, um so mehr als sie die erste Karte dieser Art ist, die vom Bayerischen Geologischen Landesamt herausgegeben wurde und als bei dieser Darstellung gewisse Normen angewendet worden sind, die der gemeinsame Lagerstättenausschuß der Geologischen Ämter in der Bundesrepublik erarbeitet hat. Da es sich um einen Bezirk handelt, der wegen seiner Ganglagerstätten-Bedeutung hat und der in günstiger Weise auf engem Raum viele bergmännisch gut aufgeschlossene Vorkommen besitzt, ist das Beispiel auch besonders geeignet, diese Darstellungsmittel zu demonstrieren.

Insbesondere ist die alte Darstellungsart der Lagerstättenkarte 1 : 200 000 der Preußischen Geologischen Landesanstalt verlassen worden, die für verschiedene Gebiete Deutschlands Karten herausgegeben hat, in denen besonders die Reviere hervorgehoben worden sind (mit dicken farbigen Linien konturiert), was oft auf Kosten der Darstellungsmöglichkeiten für die Einzelvorkommen ging und was bisweilen mehr auf eine wirtschaftsgeographische als eine lagerstättengeologische Kennzeichnung hinauslief, oder wo Provinzen angezeigt wurden, die z. T. schon aus der mitreproduzierten Geologie hervorgingen. Allerdings ist die von uns hier gezeigte Darstellungsart nicht immer geeignet für Maßstäbe 1 : 200 000 oder 1 : 100 000, in denen z. T. wichtige Einzelheiten nicht mehr differenziert wiedergegeben werden können. Nachdem es von Bayern eine Lagerstättenübersichtskarte 1 : 750 000 gibt, besteht allerdings vordringlich das Bedürfnis, einzelne Lagerstättenbezirke in solcher Form spezieller zu behandeln, daß den Interessenten Einzelheiten in adäquater Darstellungsweise gebracht werden; dies wird für Graphit- und Feldspatlagerstätten sowie für Quarzlagerstätten z. B. im Maßstab 1 : 100 000 erfolgen können, für Lagerstätten von Eisenerz, Flußspat und gewisse Lagerstätten von Tonmineralien wird z. T. erst vom Maßstab 1 : 25 000 an eine Kartendarstellung möglich sein, die mehr bringt als Positionsangaben der Lagerstätten.

1. Topographie

Nicht nur im Hinblick auf betriebliche Mitteilungen erschien es tunlich, topographische Einzelheiten wegzulassen, welche die Karte mit im Hinblick auf ihre Aufgabe ablenkenden Daten belastet hätte. Für die Betriebe sind die Positionen einzelner Feststellungen ohnehin genau ermittelbar, da einmal das Kilometernetz der topographischen Karte 1 : 25 000 eingezeichnet worden ist, weiterhin sind auch die Schnittpunkte der Katasterblattgrenzen (Karte 1 : 5000) mit dem Kartenrand angegeben. Diese Katasterkarten in Verbindung mit entzerrten Luftbildplänen 1 : 5000 lagen der Originalkartierung zugrunde, die im BGLA für das gesamte Flußspatrevier in 11 Blätter 1 : 5000 vorhanden ist. Sämtliche markscheiderischen Angaben über das Nabburger Revier sind beim Bergamt Amberg ebenfalls in einer Übersichtskarte 1 : 5000 zusammengefaßt.

Verzeichnis der Vorkommen bzw. Gruben mit Flußspat. Die Bezeichnungen der verschiedenen Vorkommen resp. Gruben, die auf ihnen bauen und die wohl sinngemäß mit einem Teil der topographischen Karte bilden sollten, da es sich meist um Anlagen handelt, die in der Landschaft auffälliger sind als kleine Dörfer und Meiler, wurde in der Karte ebenfalls nur mittels Ziffern angegeben, damit das Lagerstättenbild der Gänge klarer heraustritt. Dafür ist in der Karte rechts unten ein Verzeichnis aller größeren oder benannten Vorkommen gegeben worden, getrennt nach Gruben im Betrieb, auf-

lässigen Gruben, Stollen mit bergmännischem Aufschluß, alten auflässigen Schürfarbeiten und nach Vorkommen, die nur aus geologischen Befunden über Tage bekannt sind oder wo keine zuverlässigen Angaben über das Ergebnis früherer Untersuchungsarbeiten mehr vorhanden sind.

2. Geologie

Ebenso wie die Topographie sollte auch die Geologie betonungsmäßig in der Karte zurücktreten. Für die Ausbildung der Flußspatgangfüllungen ist die Art des Nebengesteins wichtig und die petrographischen Differenzen sind daher mit einem lichten Farbraster kenntlich gemacht worden, der durchaus noch die Gangsignaturen kräftig hervortreten läßt.

Das Kristallin: Die wichtigste Differenz im Kristallin besteht zwischen allen kristallinen Schiefen (Gneisen) insgesamt und den in sie intrudierten Graniten. Die passiven Eigenschaften bei der Flußspatmineralisation sind relativ günstig gewesen bei den Graniten. Diese sind richtungslos mittelkörnige, massige Gesteine, bisweilen leicht prophyrtartig durch Kalifeldspäte mit größten Dimensionen von mehreren Millimetern bis 1 (2) cm und haben eine Neigung zu grober Klüftung (Granittektonik) und damit zur Entstehung gut mineralisierter Hauptgänge. Sämtliche kristallinen Schiefer sind dagegen wegen ihrer leichten Aufblätterbarkeit in der Schieferungsebene (in *s*) keine günstigen Salbandgesteine für mächtige Gänge, da sie eine Dispersion der Gangfüllung begünstigen. Stellenweise — wie in Altfalter — kann man beobachten, wie sich ein Gang von insgesamt 1 m Mächtigkeit im Streichen auf über 20 Trümchen in einem Öffnungswinkel von 5 → 10 m parallel *s* zersplittert hat, was besonders dort leicht eintritt, wo Gangspalten die Schieferung unter spitzem Winkel schneiden. Auch im Gneis können gelegentlich sehr mächtige Klüfte geöffnet und gut mineralisiert sein, besonders quer zu *s* oder im Kontaktbereich von Graniten, die bisweilen den Gneis textuell homogenisiert haben. Wichtig ist die Grenze Granit gegen Gneis noch insofern, als an ihr gelegentlich ein Stau des Ichors auftreten kann, besonders dort, wo Gneisschollen flach über größeren Granitkomplexen liegen. Für die Spaltenbildung hat jedenfalls der Gegensatz Granit : Gneis größere Bedeutung als die petrographischen Differenzen verschiedener Varianten der Gneise untereinander.

Nicht farbig wurden in der Legende die Unterschiede zwischen Orthogneisen (meist monotone Granitgneise, vergneiste basischere Magmangesteine kommen selten vor) und den mannigfaltigen Paragneisen wiedergegeben. Die weitere Unterteilung wurde nur teilweise und dann durch Symbole vorgenommen: *gn* steht für Gneisgebiete mit raschem Wechsel verschiedener Varianten oder für schlecht aufgeschlossene Areale, in denen keine Untergliederung gegeben werden konnte. Auch Injektionsgneise mit verschiedenen großen intrusiven Anteilen, die nur in kleinen Bereichen von *cbm* ausgeschieden werden könnten, sind mit unter *gn* einbezogen worden. *gn_o* steht für Orthogneise, *gn_p* steht für Paragneise, dies sind im südöstlichen Teil des Blattes Biotit-Muskowit-Gneise mit lagenweise wechselnder Zusammensetzung in kleinen Rhythmen von 1 mm bis zu dm- und m-Lagen. Quarzreiche Einschaltungen (quarzitische Gneise) kommen vor, ehemals karbonatische und tuffogene sowie graphitführende Einschaltungen wurden als Seltenheit beobachtet.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß viele Differenzen, die sich mancherorts bei einer obertägigen Aufsammlung von Gesteinsmustern ergeben, z. T. als eng begrenzte Reaktionszonen von Injektionscharakter und von Diaphthorese erscheinen, wenn man Bohrkerne von Kernbohrungen untersucht, die quer zur Richtung der größten Gesteinsverschiedenheit geführt waren (uns standen über 3000 m Kerne aus rd. 20 Bohrungen zur Verfügung). Die Gneise hatten i. a. vorgranitisch wohl alle einen hochstufigen Metamorphosegrad. Man erkennt, wie bei der Auflösung kleiner Gneisschollen im Granit die Schieferung „aufweicht“ bis zur Bildung von muskowitzreichen Hybridgraniten, in denen nur mehr undeutlich Schöllchen von wenigen cm ϕ — die gegeneinander gedreht sein können — ein verschwommenes Reliktgefüge erkennen lassen. In den Außenzonen der granitischen Metamorphose (i. a. in mehr als 10 m) und bis etwa 50 m Abstand von größeren Granitkörpern reichend treten meist Injektionen der Art auf, daß günstige Lagen der Paragneise mit einem pseudogranitischen oder pseudopegmatitischen Ektekt erfüllt werden, das mm- bis zu 1 und 2 cm Mächtigkeit etwa aufzuweisen pflegt. Die ihrer Zusammensetzung nach granitoiden hellen Lagen der Injektionsgneise sind meist von dunklem Restgefüge (in dem Biotit angereichert ist) umgeben, das mengenmäßig stets die hellen Lagen überwiegt (i. a. mehr als das Zweifache der hellen Partien ausmacht). Die Injektionszonen sind reich an Ganggraniten (Apophysen) von den größeren Granitkörpern, die in dm bis wenige Meter Mächtigkeit vom geschlossenen Granitkörper her in den zerbröckelnden Gneisschollen in gewissen tektonisch bevorzugten Gebieten eingreifen.

Signaturen für unter Tage aufgeschlossene Formationen. Die jüngeren Formationen haben für den Flußspatbezirk geringere Bedeutung, obwohl die Flußspatzufuhr zum großen Teil postpermisch ist (Unterperm noch betroffen hat) wie die Flußspatzufuhr in Rotliegendesedimente des Schmidgadener Beckens hinein am südlichen Salband der Cäcilia-Gangspalte (7) beweist.

In der näheren Umgebung der Flußspat-Hauptgangzone ist nach Süden hin auf weite Strecken nur Tertiär aufgeschlossen. Soweit Kristallin und Rotliegendes in den Grubenbauen durch Aufschlußarbeiten in Teufen von 30 → 100 m bekannt geworden sind, sind sie durch besondere Signaturen für Granitgneis und Rotliegendes unter Tage angezeigt worden. So erkennt man, daß sich die starke Zunahme der Verbreitung gneisiger Gesteine, die im Süden der Hauptgangzone im Abschnitt Altfallter—Krandorf—Unterauerbach zu finden ist, auch in den Untertage-Aufschlüssen der Gruben Cäcilia/Erika auf die nächsten 100 m nach Süden hin feststellen läßt. Eine vorpermische Schwächezone prägt sich gewissermaßen in der ungleichen Häufigkeit granitischer Intrusiva zu ihren beiden Seiten aus, sie ist aber nicht als scharfe Linie zu fassen.

Durch Verwendung der Untertage-Signaturen ließ sich auch darstellen, daß das Rotliegendebcken von Schmidgaden nur etwa bis zum km-Meridian 45 10 nach Osten in den Stullner Raum greift und daß es sich südlich der Hauptbruchspalte des Naabgebirges stellenweise bis an das Kristallin heranschiebt, dem es im abgesunkenen Bruchgraben i. a. flach auflagert.

Das Rotliegende besteht petrographisch aus fein- bis grobkörnigen Arkosesandsteinen, die gelegentlich konglomeratisch werden, in welche bunte Letten eingelagert sind, die charakteristischen Farbwechsel grün-rotbraun zeigen. Es gewinnt im Schmidgadener Raum große Verbreitung und ist in der Südwestecke der Karte eben noch dargestellt. In ihm sind keine größeren Flußspatlagerstätten bekannt und wohl auch kaum zu erwarten. Nach unseren bisherigen Kenntnissen sind die bedeutenden Lagerstätten des Nabburger Reviers zwar nach der Rotliegendzeit abgesetzt worden, aber vermutlich im Bereich der großen Bruchzone, welche das Aufsteigen mineralisierter Lösungen aus granitischen

Tiefenherden gestattete und offenbar nicht in größerem Abstände von den Hauptbruchspalten. Außerdem zeigte das Rotliegende bisher überall eine schlechte Mineralisation, wo es mit Fluorit imprägniert war (Gänge von mm- bis wenigen cm Mächtigkeit, die obendrein keine Gewinnung von Flußspat aufwerk mit wenigstens 50 % CaF_2 gestattet, wie man es heute noch verlangt und die auch der Forderung nicht genügten, daß mindestens einige dm gewinnbare Gesamtmächtigkeit auf einen tragbaren Öffnungswinkel von 1—1,5 m gegeben sein sollten). Auf eine mögliche Mineralisierung des Kristallins unter dem Rotliegenden im Schmidgadener Becken sind an seinem Nordrande stehende Untersuchungsarbeiten gerichtet, die jedenfalls noch den besonders höffigen Nachbarbereich der Hauptzufuhrspalten untersuchen.

Die Kreide (Cenoman) tritt im Bereich der Karte am unteren Rande zwischen km 12 und 13 eben auf als Teil der Kreidefüllung der Bodenwöhrer Bucht, die in einer Lagerstättenkarte 1 : 50 000 dieses Gebietes von TILLMANN (1956) eingehender behandelt worden ist.

Das Tertiär wurde in beiliegender Karte ebenfalls nur mit lichter Flächenfarbe dargestellt; gegenüber den flußspatführenden Formationen erscheint es bei einer lagerstättengeologischen Betrachtung in erster Linie als „Deckschicht“, die i. a. südlich des Naabgebirgs-Abbruches ziemlich rasch auf 30 m Mächtigkeit und mehr anschwilt. Vor seinem Absatz wies die Morphologie des Vorlandes größere Unterschiede auf als heute und tiefe Rinnen wie die von Stulln nach Brenzdorf führenden, sind bis 100 m mächtig mit tertiären Sanden erfüllt, über die sich der Mühlberg (bei Vorkommen 28) und der Haselberg (= Kristallinfleck zwischen Stulln und Brensdorf) immer noch mit relativen Höhen bis zu 60 m emporheben. Innerhalb von Buchten, deren Achsen rückwärts nach Norden gerichtet sind im Vergleich zur Strömungsrichtung in den großen sanderfüllten Rinnen (nach SO) sind im NO von Stulln für die keramische Industrie brauchbare Tone abgelagert, in zwei kleinen Becken südlich der Gruben Erika (8) und Cäcilia (7) sind unbedeutende kleine Braunkohlenablagerungen zum Absatz gelangt, die trotz geringen Heizwertes (um 2400 kcal/kg) und hoher Aschegehalte zeitweilig in geringem Umfang besonders für den Hausbrand gefördert worden sind. Die Kohlenablagerungen, die insgesamt etwa reichlich 2 m Mächtigkeit besitzen, aufgeteilt z. T. in 2 Flöze mit geringem Zwischenmittel, zeigen in beiden Vorkommen nach SO absinkende Achsen; im Süden endeten die Flöze an fluvialen Auswaschungen, die mit Kiesen und Sanden ausgefüllt worden sind.

Alluvionen mußten z. T. dort angegeben werden, wo in den weiten Flußtälern der Naab und auch der Schwarzach noch offen ist, ob sich unter ihnen nicht ziemlich mächtige Tertiärfüllungen verbergen. Tiefbohrungen durch die alluvialen Sande und Schotter fehlen im Naabtal bei Naburg—Diendorf und auch im oberen Schwarzachtal.

Gefüge und Tektonik. Parallel zur Hauptbruch- und Gangzone verlaufen eine Reihe von Pfahlschiefer-Zonen, in denen das Kristallin (meist Granite) stark mylonitisch verändert und tiefgründig verwittert vorliegt. Sie sind über Tage oft nur morphologisch angedeutet, im Lesesteinbefund treten sie wegen der geringen Festigkeit dieser Gesteine nicht hervor. Die Wiedergabe gelegentlicher Beobachtungen in Grubenaufschlüssen in der Karte hätte ein falsches Bild von der wahren Verbreitung gegeben, da die bekannten Aufschlüsse

zufälligen Charakter haben. Auch die Gefügerichtungen im Gneis (Einfallen der B-Achsen der gefalteten Paragneise oder Streichen und Fallen der Schieferung) wurden nicht angegeben. Im Bereich einer Gneisscholle wie der, auf welcher die Stadt Nabburg liegt, und die verhältnismäßig gut aufgeschlossen ist, sieht man, wie die Scholle in sich nochmals in Unterschollen aufgelöst ist und wie die Gefügeeigenschaften auf engem Raum stark wechseln. An anderen Orten wieder, wo sich vielleicht über Flächen von 1 qkm relativ einheitliche Verhältnisse finden mögen, sind zu wenig Aufschlüsse vorhanden, so daß sich zur Zeit für das Gesamtgebiet der Karte keine gleichmäßige Darstellung der Gefüge der Gneise geben läßt. In den relativ ruhigen größeren zusammenhängenden Gebieten im Osten und Nordosten des Kartenblattes scheinen O—W streichende Strukturlinien im Bereich der kristallinen Schiefer vorzuherrschen.

3. Lagerstätten

Bei den gangförmigen Lagerstätten des Nabburger Reviers wurden zunächst die bekannten Ausbisse der Gänge dargestellt, wobei das Streichen mit einer geschlossenen Linie gekennzeichnet worden ist bei in ihrem Verlauf sicher bekannten (meist bergmännisch aufgeschlossenen) Vorkommen, während nur aus Lesesteinbefunden konstruierte Gangverläufe oder Fortsetzungen gestrichelt wurden. Die Farbe (blau) entspricht einer Normfarbe; da auch die reinen Barytgänge zur gleichen Formation gehören und durch kontinuierliche Übergänge mit reinen Flußspatgängen verbunden sind, wurde für diese sinngemäß die gleiche Grundfarbe verwendet, außer der Angabe des Baryts mittels der Paragenesesymbole für Baryt erhielten die reinen Barytgänge zusätzlich die Bezeichnung *Ba*. Die mittleren Flußspatmächtigkeiten konnten leider nicht angegeben werden, aber stets hatten sie in den schematisch als bauwürdig gekennzeichneten Gangteilen mehr als 0,3 und im Mittel wohl rd. 1 m.

Die Teufenerstreckung der Flußspatführung der Gänge ist schematisch mit Schraffen dargestellt und zwar so, als hätten alle Gänge ein Einfallen von 60° , wobei sich die Grundrißprojektion der aufgeschlossenen Gangfläche in die Kartenebene auf 50 % verkürzen würde. Somit entspricht ein schraffierter Saum von 1 mm Breite einer Aufschlußstufe von 50 m (beim Streichen entspricht 1 mm der Karte 25 m Ganglänge in Natur).

Die Schraffen sind stets in Richtung des Einfallens der Gänge gekennzeichnet worden. Wo keine Teufenschraffen angegeben werden konnten, ist z. T. an ihre Stelle das Fallzeichen getreten. Der Fallwinkel ist nur für markante Stellen und in Mittelwerten angegeben worden.

Das Einschieben der Gänge ist im Profil am unteren Rande der Karte für die geschnittenen Teile der Hauptgangzone besser gekennzeichnet, als dies in der verkürzten und schematisierten Schraffurprojektion im Grundriß (Hauptkarte 1 : 25 000) möglich war, aber immerhin zeigt auch die Hauptkarte deutlich, daß beispielsweise innerhalb der Gangplatte des Hermineganges die Mineralführung nach Süden zu einschiebt. Nebengesteinsarbeiten (Schächte und Querschläge) außerhalb der Lagerstätte wurden i. allg. nicht dargestellt im Gegensatz zur markscheiderischen Revierkarte.

Zur Darstellung der Paragenesen auf den verschiedenen Flußspatvorkommen wurden keine Elementsymbole oder Mineralnamen an die Lager-

stätten geschrieben wie in älteren entsprechenden Publikationen (s. o.), sondern die im oberen rechten Eck der Karte erläuterten farbigen Signaturen. Auf diese Weise konnte die verschiedene Intensität des Miteinbrechens von Baryt (Ba) schematisch dargestellt werden. Quarz — nach dem Baryt das verbreitetste Begleitmineral — wurde ausgelassen. Bei dem Maßstab 1 : 25 000 hätten Unterschiede in seiner Verbreitung schwer herausgeholt werden können. Es bestehen auch keine großen Differenzen, da Quarz fast überall auftritt, oft aber außerhalb der Flußspatfüllungen in besonderen Trümmern individualisiert erscheint (vgl. Einzelbeschreibungen der Paragenesen auf verschiedenen Flußspatvorkommen). Stufenweise Verdrängung von Fluorit durch Quarz bis zum Ersatz ist im Nabburger Revier nicht beobachtet worden. Von den Nichterz-Mineralen sind die Karbonate (Kalzit, Dolomit) paragenetisch die wichtigsten, da sie zonenempfindlich sind und vor allem, da sie z. T. als deutliche Indikatoren einer größeren primären Teufe auftreten. Als Signaturen für die Nichterz-Mineralen wurden eckige Zeichen verwandt.

Die Erzminerale sind mengenmäßig unbedeutend (jedes einzelne bleibt in seinem Anteil unter 1 % der Gangmasse), aber sie sind für einzelne Zonen des Reviers besonders charakteristisch und wurden deshalb angezeigt (mit farbigen Punktsignaturen). Im einzelnen wurden angegeben: Bleierze (Pb, blaue Punkte) und Sulfide (gelbe Punkte), wobei Schwefelkies und Kupferkies nur durch die Symbole (S bzw. Cu) unterschieden worden sind. Erze anderer Metalle wurden nicht dargestellt, außer Uran, über dessen Auftreten im Folgenden berichtet wird.

Uranerze und Radioaktivität. Dem Auftreten von Uranerzen und der damit verbundenen Radioaktivität ist besondere Aufmerksamkeit gewidmet worden, was vor allem durch die Verwendbarkeit physikalischer Methoden bedingt ist, die eine viel größere Empfindlichkeit als die üblichen petrographischen oder chemischen Methoden der Analyse besitzen, mit denen die Verbreitung der anderen Erze bzw. Metalle erfaßt werden mußte¹⁾.

In der Lagerstättenkarte wurde angestrebt, eine möglichst gute Vorstellung von der quantitativen Verteilung der Radioaktivität innerhalb des Nabburger Flußspatreviers zu geben. Dabei wurden folgende Signaturen in Anlehnung an amerikanische Vorbilder benützt: Eine Radioaktivität wie im Granit wurde überhaupt nicht erwähnt. Ein kanadisches Scintillometer gab bei der üblichen Eicheinstellung für Granite den R-Wert von 20—30 cps (Impulse/

¹⁾ Wenn wir uns auch darüber klar sind, daß im Flußspatrevier nur kleine Mengen von Uranerzen vorliegen — bei einer Jahresförderung von 120 000 to Flußspat rd. liegt der miteinbrechende Anteil der Uranerze bei 1 → 2 to — so lassen sich doch Erze mit einigen Tonnen U-Inhalt durch Forcierung des Abbaues in den erkannten uranreichen Lagerstättenteilen gewinnen, die evtl. Bedeutung haben als Rohmaterial für atomphysikalische Versuchsarbeiten, also für die Wissenschaft, wenn auch nicht für eine Atomwirtschaft. Generell ist die geringe weltwirtschaftliche Bedeutung des Typs der uranföhrnden Flußspatlagerstätten im Resumé des US Geological Survey von 1952 (Selected papers on uranium deposits in the United States von E. P. KAISER und L. R. PAGES) schon damals richtig festgestellt worden, wobei der Vergleich mit den bayerischen Vorkommen gezogen ist. Allerdings war damals das einzige Beispiel vom Typ „Barbara“ noch nicht neu aufgeschlossen und bekannt, das bedeutender ist als alle anderen Uranerz-Vorkommen des Reviers zusammengenommen.

Sekunde) und unter Tage im Stollenmittel 30—50 cps²⁾). Wurden im Streichen wenig ausgedehnte putzenartige Erzfelder in der Gangplatte festgestellt (Typus Johannesgang) so wurde ein Mittelwert über mindestens 25 m im Streichen gebildet. Je 12 Messungen im Meterabstand von einem Maximum nach beiden Richtungen ergaben z. B. folgende Werte in cps:

80 — 80 — 80 — 80 — 80 — 80 — 90 — 180 — 450 — 1000 (Maximum)
 800 — 500 — 700 — 250 — 90 — 70 — 60 — 50 — 50 — 50 —
 50 — 50 — 50 — 50 — 50

Daraus wurde der Mittelwert von 202 cps auf ein Streckenstück von 25 m errechnet. Dies entspricht einer Radioaktivität zwischen dem 3- und 10fachen des Granitwertes die mit R und einem schwarzen Punkt innerhalb der Gangschraffen dargestellt wird. Verteilen sich 5→10 Erzfälle von geringer Ausdehnung über mehrere 100 m im Streichen (Typ Johannesgang Wölsendorf, dem auch ein Teil des Mariengangs Wölsendorf entspricht) so konnten auf eine Strecke von 100 m höchstens 2 statt 4 Punkte gezeichnet werden; wo überhaupt nur 2 Punkte in einem Gang angegeben sind, begrenzen diese etwa den gesamten radioaktiven Gangteil und 1 Punkt steht für einen einzelnen Erzfall, der nicht mehr als 25 bis 50 m streichender Ausdehnung besitzt.

Innerhalb der gewählten Klassierung in Zehner-Potenzen (3 entspricht $\sqrt[10]{10!}$) besteht etwa Proportionalität zwischen der Radioaktivität, gemessen im Mittelpunkt aufgefahrener Strecken und Schüttung (kg U/m²). Als Signaturen wurden verwendet bei einer Radioaktivität bis zum 3fachen des Granitwertes: R, beim 3- bis 10fachen: \bar{R} , beim 10- bis 100fachen: $\bar{\bar{R}}$. Bei Radioaktivitäten von mehr als dem 100fachen des Granitwertes steht die Signatur $\bar{\bar{\bar{R}}}$. Die Schüttung resp. die hier mitgeteilten indirekten Werte charakterisieren am besten die Häufigkeit des Urans in Ganglagerstätten³⁾). Lediglich der Typ Barbara-Wölsendorf zeigt einen

²⁾ Wir verwendeten ähnlich wie das Geologische Landesamt in Baden-Württemberg einen kanadischen Scintillationszähler. Es sei Herrn Prof. KIRCHHEIMER an dieser Stelle gedankt für zahlreiche Anregungen, die bei gemeinsamen Befahrungen und durch den Erfahrungsaustausch gegeben wurden. Wenn sich bisweilen „sprachliche Diskrepanzen“ ergaben, so sehen wir den Grund vor allem darin, daß man auf rein mineralogische Vorkommen wie die des Schwarzwaldes nicht gut die Terminologie der Lagerstättenpraxis anwenden kann, die sich zur Kennzeichnung kleiner Lagerstätten immer noch verwenden läßt. Vor allem wurde von uns die Angabe von Gehalten kritisiert, wenn der Bereich (ob kleine Greifproben aus Reicherzpartien oder normale Haufwerkproben im Bereich normaler bergmännischer Abbauweiten) nicht angegeben ist.

³⁾ Für die putzenartigen, ähnlich wie beim Typ Oberwiesenthal/Erzgebirge offenbar auf die Nachbarschaft von Scharungszonen oder von besonderen schlotartigen Stellen im Gang beschränkten Uranerzvorkommen des Schwarzwaldes gab KIRCHHEIMER detaillierte radiologische Bemusterungsrisse. Für unsere hier angewandte Darstellungsart haben die Schwarzwaldvorkommen zu geringe Ausdehnung. Vorkommen wie den Typus Barbara kennen wir aus dem Schwarzwald gar nicht und die Gangstelle im unteren Stollen der Grube Anton im Heubachtal (vgl. KIRCHHEIMER 1953, S. 28) mit einem Höchstwert von 2500 cps würde nach unserer Darstellungsart vermutlich nur einen Punkt und ein R erhalten, da auf 12 m Entfernung die Radioaktivität nach beiden Richtungen rasch abnimmt und damit ein Mittel zwischen dem 3- und dem 10fachen der Granitwerte herauskommen dürfte. Die meisten von KIRCHHEIMER angegebenen Fundpunkte würden nach unserer Bezeichnungsweise gerade noch ein R erhalten und nur einen Punkt. (In dem neu — KIRCHHEIMER 1957 — mitgeteilten Vorkommen Michael im Weiler bei Lahr hat der aufgeschlossene Gangteil mit den dreifachen vom normalen Strahlungswert — den wir mit R bezeichnet haben — etwa 150 m streichende Ausdehnung; mit \bar{R}

Erzfall, in dem schon mehr als 10 000 qm zusammenhängend erzführend nachgewiesen worden sind. Beim Typ Johannes-Marien-Gang ist es erforderlich, um z. B. auf 100 m streichenden Aufschluß innerhalb von Uranerz-führenden Gangteilen zu kommen, rd. die 3- bis 10fachen Streckenlängen aufzufahren, wobei die Uranerznester in verschiedenen Sohlen nicht einmal eine korrespondierende Lage besitzen, sondern nur die Zone im ganzen bekannt ist, in der die Erzester auftreten.

Das Profil unter der Karte zeigt, daß der radioaktive Bereich innerhalb der Hauptgangzone schematisch auf eine Hauptgangebene projiziert ungefähr eine flache kuppelartige Gestalt hat. Das Zentrum mit vielen hohen Radioaktivitätswerten und zugleich mit dem Maximum liegt östlich der Naab, dabei finden sich die stärker konzentrierten Absätze oft an Scharungsstellen oder direkt auf N—S-Verbindungsspalten zwischen den Gängen der Hauptbruchrichtung (= NW → SO). Die Verarmung an Uran nach den Außenzonen des Reviers hin ist sehr markant, die Extreme der Uranführung (Urangehalt in Gangmassen von einigen Tonnen) gehen ungefähr auseinander bis zu einem Verhältnis 1 : 1000.

analog unserer Darstellungsweise wäre wohl nur eine streichende Ausdehnung von 25 → 50 m zu markieren.) Unsere Darstellung gibt der Schüttung an U entsprechende quantitativen Werte wie durch die Bemusterung der bedeutenderen Vorkommen festgestellt werden konnte, zu der auch Proben für die Analyse im Labor reichlich entnommen worden sind. Sobald es nicht gelingt von einer Lagerstätte wenigstens stellenweise Rohaufwerk mit über 0,1 % U-Gehalt zu gewinnen, was vorläufig außerhalb von Weißenstadt und Wölsendorf wohl nicht möglich ist (vgl. Angaben bei ZIEHR, Atomwirtschaft, 1957, 193—196 zu Ergebnissen von Sucharbeiten außerhalb dieser beiden Vorkommen), bereitet es Schwierigkeiten, von größeren, in einem praktischen Bergbaubetrieb anfallenden Massen wirtschaftlich interessante Gehalte anzugeben. Dies verführt leicht dazu, den verdünnenden Einfluß einer normalen Abbauweise vom mehrfachen der Erzgangmächtigkeit oder von tauben Gangflächen (auch vom mehrfachen der vererzten Partien) zu bagatellisieren. Bei armen Lagerstätten mit Gehalten unter 0,1 % U müssen entsprechend große Vorräte vorliegen, wenn sich die Errichtung einer Aufbereitungsanlage rentieren soll. Auf die Bedeutung dieses Produkts von Konzentration und gesamtem Metallinhalt eines Vorkommens für seine Beurteilung als Uranlagerstätte hat ZESCHKE (Prospektion von Uran- und Thoriumerzen, Stuttgart 1956) recht präzise hingewiesen.

Rn-Messungen auf Flußspatgängen

Von E. BUDDÉ

Die im Laufe der vergangenen Jahrzehnte gesammelten Erfahrungen auf dem Gebiet der Rn-Messung ließen es möglich erscheinen, daß mit dieser Methode Flußspatgänge wegen ihres von der Umgebung abweichenden radioaktiven Charakters aufgefunden werden könnten.

Es galt festzustellen, ob der Emanationsgehalt der Bodenluft in der Lockergesteinsdecke durch darunter anstehende Flußspatgänge soweit beeinflusst wird, daß gegenüber der Umgebung meßbare Unterschiede auftreten.

Zu diesem Zweck wurden im Flußspatrevier der Oberpfalz eine beträchtliche Anzahl von Rn-Profilen quer zum bekannten oder vermuteten Streichen von Flußspatgängen nach der üblichen Methode abgemessen.

I. Prinzip und Methode

Aus einer möglichst konstanten Tiefe von 50—60 cm wurde jeweils mittels einer Saugsonde Bodenluft entnommen und diese durch ein mit CaCl_2 -Granulat gefülltes Trockengefäß in das Zerstreugefäß des Emanometers geleitet, das System auf ca. 270 V aufgeladen, und die durch die Radioaktivität der Bodenluft bedingte Ionisation als Entladungsgeschwindigkeit an der Okularskala des Beobachtungsmikroskops abgelesen.

Die Entladungsgeschwindigkeit ist angenähert proportional der jeweiligen Emanationskonzentration. Für das hier benutzte Gerät mit einer Kapazität von 3,8 cm gilt im Sättigungsstrom-Bereich (oberhalb 100 V) die Beziehung:

Einer Entladungsgeschwindigkeit von 1 Skt./Min. (1 Skalenteil pro Minute) entsprechen $1,77 \cdot 10^{-6}$ E.St.E. $\text{sec}^{-1} \text{cm}^{-3}$ (E.St.E. = Elektrostatische Einheiten)

$$1 \text{ Skt./min} = 1,77 \cdot 10^{-6} \text{ E.St.E. sec}^{-1} \text{cm}^{-3}$$

Da für eine MACHE-Einheit (M.E.) gilt:

$$1 \text{ M.E.} = 10^{-6} \text{ E.St.E. sec}^{-1} \text{cm}^{-3}$$

entspricht einer Entladungsgeschwindigkeit von 1 Skt./min eine Emanationskonzentration von 1,77 M.E.

$$1 \text{ Skt./min} = 1,77 \text{ M.E.}$$

Diese Entladungsgeschwindigkeit stellt sich jedoch erst nach etwa 5 Minuten ein. Innerhalb der ersten 5 Minuten nach dem Aufladen findet ein Ladungsübergang auf die Isolatoren des Gerätes statt, der eine zu große Entladungsgeschwindigkeit bewirkt und somit übertrieben hohe Werte der Emanationskonzentration vortäuscht.

*) Rn = Radium-emanation.

Man ist demnach zu quantitativen Messungen gezwungen, an jedem Meßpunkt wenigstens 10 min lang abzulesen. Da das aber die Zahl der Meßpunkte pro Tag zu sehr verringert hätte, und es hier genügte, Aussagen vergleichen zu können, wurde jeweils nur eine Minute gemessen.

Eine Umrechnung auf quantitative Werte ist zwar auch dann prinzipiell möglich, jedoch mit einem Fehler von ca. 10 % behaftet, da der Proportionalitätsfaktor zwischen der Entladungsgeschwindigkeit in der ersten Minute und der (von der fünften Minute fast konstant bleibenden) durchschnittlichen Entladungsgeschwindigkeit von der 5. bis zur 10. Minute in diesem Maße schwankt, wie in Laborversuchen ermittelt wurde. Eine solche Ungenauigkeit mußte in Kauf genommen werden.

Aus diesen Betrachtungen ist ersichtlich, daß es zur relativen Darstellung der Emanationskonzentration über ein Meßprofil ausreicht, wenn die Entladungsgeschwindigkeit der ersten Minute in Skt./min jeweils über dem Meßpunkt, der auf der Abszisse liegt, als Ordinate abgetragen wird.

Durch zahlreiche Messungen mit Außenluft, deren Emanationskonzentration erfahrungsgemäß um einen Faktor 10^{-3} unter der Bodenluft liegt, und die deshalb als konstant betrachtet wurde, konnte der Nulleffekt des Gerätes, der durch Höhenstrahlung, Feuchtigkeit, feste aktive Verunreinigungen und den geringen Emanationsgehalt der Außenluft (Em etwa $3,5 \cdot 10^{-10}$ E.St.E. $\text{sec}^{-1} \text{cm}^{-3}$) bedingt war, bestimmt werden.

Es zeigte sich, daß dieser Nulleffekt erheblich von der Temperatur abhängig war. Bei konstanter Temperatur blieb er konstant. Deshalb war es zulässig, die Bodenluftmeßwerte direkt mit einer Temperaturkorrektur zu versehen, die aus der experimentell gewonnenen Temperaturabhängigkeit gebildet wurde. Diese beruht wesentlich auf der Tatsache, daß das Trockenmittel CaCl_2 in seiner Trocknungsfähigkeit mit wachsender Temperatur nachläßt, wodurch bei höheren Temperaturen mehr Feuchtigkeit in das Zerstreungsgefäß gelangt, die die Isolationsgüte herabsetzt.

Dieser Temperatureffekt wird überlagert von einem weiteren, der durch die Erwärmung des Bodens bedingt ist. Eine eingehendere Betrachtung folgt weiter unten in anderem Zusammenhang.

A. Vertikale Verteilung der Emanation

a) Emanationsverteilung in der Lockergesteinsdecke (N_0):

Unter der Annahme einer homogenen Lockergesteinsdecke und gleichmäßig verteilter eigener Emanations-Produktion über anstehendem aktivem Gestein ergibt sich ein Bild der Emanationsverteilung im Lockergestein, das sich zusammensetzt aus einem Anteil des Lockergesteins und einem Anteil des darunter Anstehenden.

Ohne Berücksichtigung von Temperatur- und Druckeinflüssen ist das durch die Produktion des Lockermaterials allein bewirkte Bild lediglich bedingt durch den Diffusionsaustausch der Bodenluft mit der Außenluft, unter dessen Einwirkung sich im Gleichgewicht ein Konzentrationsgefälle einstellt, das exakt wegen der Vielzahl der verschiedenen beteiligten Moleküle nicht dar-

stellbar ist. In erster Näherung kann bis zu einer Teufe von 1 m ein lineares Konzentrationsgefälle angenommen werden.

$$\frac{dN_e}{dh} = \text{const.}$$

wobei N_e die Rn -Konzentration ist, die allein durch das Lockergestein bedingt wird, und h der Abstand vom anstehenden Gestein.

Für die Konzentration N_{eh} im Abstand h von der Basis des Lockergesteins gilt dann:

$$N_{eh} = N_{eo} \left(1 - \frac{h}{D}\right),$$

wobei N_{eo} die vom Lockergestein stammende Konzentration an der Basis und D die Mächtigkeit der Lockergesteinsdecke sind.

b) Emanationsproduktion im anstehenden Gestein

Diesem überlagert sich ein Gefälle $\frac{dN}{dh}$, das durch die Emanationsproduktion des anstehenden Gesteins unter der Überlagerungsdecke bedingt ist:

$$\frac{dN}{dh} = \sqrt{\frac{\lambda Rn}{A}} \cdot N$$

wobei N die Emanationskonzentration in Gramm Rn pro Gramm Luft, h der Abstand vom anstehenden Gestein, λRn die Zerfallskonstante der Ra -Emanation (Rn) und A der Diffusionskoeffizient sind ($\text{cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$).

Die Rn -Konzentration N im Abstand h vom anstehenden Gestein ist dann (ohne die Eigenproduktion des Lockergesteins):

$$N = N_o \cdot e^{-\sqrt{\frac{\lambda Rn}{A}} h}$$

wobei N_o die vom anstehenden Gestein stammende Rn -Konzentration an der Basis des Lockergesteins ist.

c) Gesamtkonzentration der Rn in der Bodenluft

Da die Eigenproduktion des Lockergesteins durchweg geringer sein soll als die des Anstehenden, dürfen in erster Näherung die vom Lockergestein und vom Anstehenden stammenden Anteile des Rn -Gehaltes der Bodenluft addiert werden *).

Dann gilt für die Rn -Konzentration N_h der Bodenluft im Abstand h über dem Anstehenden:

$$N_h = N + N_{eh}, \quad \text{oder}$$

$$N_h = N_o \cdot e^{-\sqrt{\frac{\lambda Rn}{A}} h} + N_{eo} \left(1 - \frac{h}{D}\right),$$

*) Ausnahmsweise kann ein grober Granitschutt auch höhere Eigenproduktion von Rn aufweisen als ein darunter liegender Gangausbiß mit reinem Fluorit oder Quarz im anstehenden Gestein, was besonders in Gebieten mit starkem Hangrutsch vorkommt.

wobei die Summe $N_o + N_{eo} = N_G$ die Gesamtkonzentration an der Grenze Lockergestein — Anstehendes darstellt. Das Verhältnis von N_o zu N_{eo} ist abhängig vom radioaktiven Charakter des Anstehenden und der Überlagerungsdecke.

Drückt man N_o als Vielfaches von N_{eo} aus,

$$N_o = n \cdot N_{eo},$$

so erhält man die Gleichung:

$$N_h = N_{eo} \left(n \cdot e^{-\sqrt{\frac{\lambda Rn}{-A}} + 1 - \frac{b}{D}} \right)$$

mit $N_{eo} = \frac{N_G}{n + 1}$ und daraus

$$N_h = \frac{N_G}{n + 1} \left(n \cdot e^{-\sqrt{\frac{\lambda Rn}{A}} b + 1 - \frac{b}{D}} \right).$$

Der Koeffizient A wurde durch Messungen in verschiedenen Tiefen an mehreren Meßpunkten aus den Nettoeffekten bestimmt.

In verwittertem Granitgrus auf anstehendem Granit ergab sich A zu:

$$A = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-1}$$

aus der Gleichung:

$$A = \lambda Rn \frac{N_h^2}{\left(\frac{dN_h}{db} \right)^2}$$

wobei die $\frac{dN}{db}$ graphisch ermittelt wurden.

Die Größe n liegt um so höher, je stärker die Rn -Produktion des Anstehenden gegenüber der des Lockergesteins ist.

Bei inaktivem Anstehen ist $n = 0$.

Die Gleichung für N_h vereinfacht sich dann zu:

$$N_h = N_G \left(1 - \frac{b}{D} \right)$$

Das heißt also, daß über inaktivem Anstehenden nur ein schwaches, angenähert lineares Konzentrationsgefälle vorliegt, während über aktivem Anstehenden ein stärkeres Gefälle hinzukommt, das in Form einer e -Funktion von einem hohen Anfangswert an der Basis des Lockergesteins bis zur Oberfläche abklingt.

B. Horizontale Verteilung der Emanation

a) Verhältnis der Rn -Konzentration im Lockergestein über einer Grenze zwischen aktivem und inaktivem Gestein im Anstehenden

Befände sich über der Grenze eine trennende Wand im Lockergestein, so würde man über der aktiven Seite ein Konzentrationsgefälle vorfinden, das nach einer e -Funktion mit den eingeführten Konstanten nach oben abklingt, und in horizontaler Richtung würden keine Unterschiede vorliegen.

Über der inaktiven Seite würde ein in erster Näherung linearer Abfall nach oben gefunden, der ebenfalls für jeden Meßpunkt der gleiche wäre.

Entfernt man die Trennwand, so werden in einiger Entfernung von der Grenze die obigen Verhältnisse bestehen bleiben, in der näheren Umgebung der Grenze aber wird sich unter dem Zwang des horizontalen Konzentrationsgefälles im Gleichgewicht eine veränderte Konzentrationsverteilung einstellen.

Unmittelbar über der Grenzfläche vom Anstehenden zum Lockermaterial wird der Konzentrationszustand folgender werden:

Über dem aktiven Teil des Anstehenden bleibt die Konzentration bis an die Grenze zum Inaktiven in voller Höhe bestehen, von dieser Grenze in Richtung zum Inaktiven fällt sie jedoch plötzlich nach einer e -Funktion mit den eingeführten Konstanten gegen den Wert ab, der durch die Eigenaktivität des Lockermaterials an der Basis desselben bewirkt wird (Abb. 6).

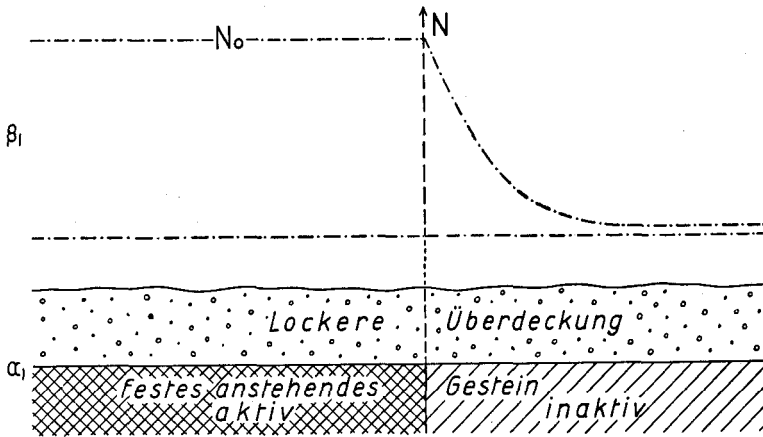


Abb. 6. Radioaktive Emanation (N_0) an der Grenze festes Gestein gegen lockere Überdeckung und ihr Abfall als Funktion der Entfernung von der Grenze aktives gegen inaktives Gestein.
a) Geologische Profilskizze. b) Graphische Darstellung der geophysikalischen Daten.

Die in Richtung zum Inaktiven wegdiffundierte Emanation bedingt ein Absinken der Rn-Konzentration über dem Aktiven in der Nähe der Grenze, das mit wachsender Höhe über der Basis des Lockergesteins immer weiter über das Aktive hineinreicht.

Umgekehrt findet über dem Inaktiven in der Nähe der Grenze eine Erhöhung der Konzentration statt, die ihrerseits mit wachsendem Abstand von der Basis immer weiter zum Inaktiven vorgreift.

Mißt man in konstanter Tiefe über die Grenze hinweg, so erhält man folgendes Ergebnis:

Von der aktiven Seite her einen konstanten Wert bis in die Nähe der Grenze, dann langsames Absinken bis zur Grenze, weiteres Absinken und allmähliche Annäherung an einen niedrigen konstanten Wert.

Das Absinken beginnt umso später und ist um so plötzlicher, je näher man mit der Absaugtiefe an die Basis des Lockergesteins heranrückt.

Nahe an der Erdoberfläche findet das Absinken so langsam statt und nur um einen so geringen Absolutbetrag, daß eine Messung dort die Grenze nicht mehr erfassen kann.

Exakt gilt für den Gleichgewichtszustand der Emanationskonzentration ohne den Anteil des Lockergesteins:

$$\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial z^2} - \frac{\lambda Rn N}{A} = 0$$

wobei die x-Richtung horizontal und senkrecht zur Grenze zwischen Aktivem und Inaktivem liegt, und die z-Richtung vertikal.

Eine Lösung dieser Differenzialgleichung ist nur unter Annahme von Randbedingungen erreichbar, die sich so sehr von den in der Natur vorliegenden unterscheiden, daß eine graphische Interpolation den wahren Sachverhalt erheblich besser darstellt.

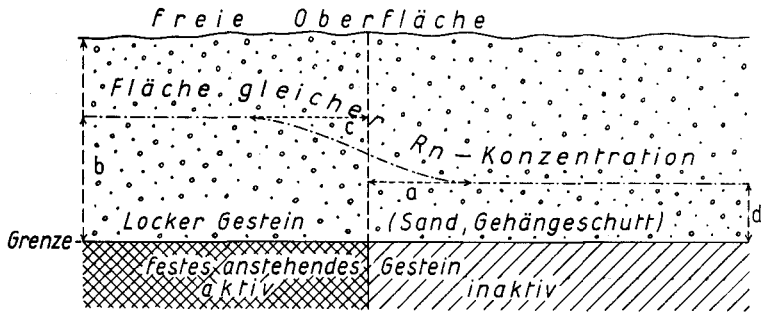


Abb. 7. Lage der Fläche gleicher Konzentration der Radioemanation (Rn) beim Wechsel von aktivem zu inaktivem Gestein und etwa gleichbleibender Mächtigkeit der lockeren Überdeckung (bis wenige Meter). Die Grenzlinie locker/fest der geologischen Profilskizze entspricht der Abszisse der geophysikalischen Darstellung. b = Höhe der Fläche gleicher Aktivität über unendlich ausgedehntem Aktiven. d = Höhe der gleichen Fläche über unendlich ausgedehntem Inaktiven.

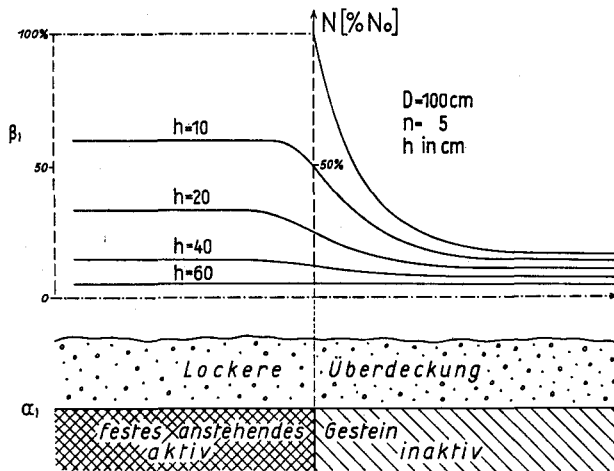


Abb. 8. Abnahme der Emanationsgehalte (N) der Bodenluft mit Zunahme des Abstandes (h) von der Grenze Lockergestein/festes anstehendes aktives Gestein und Abfall von N über der Grenze aktives/inaktives Gestein. Mächtigkeit der Lockergesteinsdecke (D) = 100 cm; $n = 5$.

a) Geologische Skizze Grundriß. β) Graphische Darstellung der geophysikalischen Daten.

Ausgehend von der Tatsache, daß an der Basis des Lockergesteins der Konzentrationsverlauf exakt bekannt ist, und daß bei $A^*) = 3,6 \cdot 10^4$ in einem Abstand von 80 cm über dem Anstehenden schon kein meßbarer Unterschied über Aktivem und Inaktivem mehr vorliegt, und daß ferner der vertikale Konzentrationsverlauf in genügend weiter Entfernung von der Grenze feststeht, ergibt sich der horizontale Konzentrationsverlauf in der Nähe der Grenze, wenn man berücksichtigt, daß diejenige Rn -Menge, die über der inaktiven Seite erscheint, über der aktiven Seite als Defizit auftritt.

Im Schintt senkrecht zur Grenze (siehe Abb. 7) weisen die Linien gleicher Rn -Konzentration etwa über der Grenze vom Aktiven zum Inaktiven einen Wendepunkt auf. Im Abstand c von der Grenze ist der Wert b , also der Wert über unendlich ausgedehntem Aktivem, erreicht. Für jede Linie gleicher Konzentration gilt dabei angenähert, daß $b = c$ ist; a ist stets größer als c , nähert sich jedoch c mit wechselndem Abstand b von der Basis des Lockermaterials.

Konstruiert man auf diese Weise eine genügende Anzahl von solchen Linien, so kann man daraus direkt den horizontalen Konzentrationsverlauf für jede Meßtiefe ermitteln und damit feststellen, bis zu welchem Abstand über dem Anstehenden eine solche Grenze noch erfaßt werden kann (Abb. 8).

b) Verhältnisse der Rn -Konzentration im Lockergestein über einer inaktiven Zone im Anstehenden zwischen aktivem Nebengestein

Im Prinzip ergibt sich eine spiegelbildliche Anordnung, deren eine Hälfte durch das oben beschriebene Bild dargestellt wird.

Dieses gilt jedoch nur für den Fall, daß die inaktive Zone mindestens doppelt so breit ist wie der Bereich, in den von der aktiven Seite Rn in meßbarer Konzentration eindiffundiert ist.

Ist die inaktive Zone schmaler, so wird eine gegenseitige Beeinflussung der von beiden Seiten eindiffundierenden Rn -Mengen stattfinden, da die Konzentrationsgefälle nicht mehr so groß sind, wie sie bei dem Fall einer einfachen Grenze von Aktivem zu Inaktivem waren.

Aus der Formel für N_h oder Abb. 8 ergibt sich unter Benutzung des experimentell bestimmten Wertes von A , daß sich Unterschiede in der Aktivität des Untergrundes im günstigsten Falle noch etwa 0,5 m über der Basis des Lockergesteins in der Bodenluft meßbar auswirken, und weiter oben nicht mehr.

Da der horizontale Abfall der Rn -Konzentration vom Aktiven zum Inaktiven ungefähr in der gleichen Form stattfindet, darf angenommen werden, daß bei einer inaktiven Zone von $2 \cdot 0,5 \text{ m} = 1 \text{ m}$ Breite gerade noch keine gegenseitige Beeinflussung von beiden aktiven Seiten her eintritt.

Das heißt, daß in diesem Falle an der Basis des Lockergesteins in der Mitte der inaktiven Zone ein Wert gemessen wird, der gleich dem Basiswert über unendlich ausgedehntem Inaktivem ist.

Nach beiden Seiten steigen die Werte zum Basiswert über Aktiven (Abb. 9).

Ist die inaktive Zone schmaler als 1 m, tritt der niedrige Basiswert des Inaktiven überhaupt nicht mehr auf.

*) $A = \text{Diffusionskoeffizient.}$

Mit schmäler werdender inaktiver Zone nähert sich das Bild des vertikalen Abfalles über der Mitte der Zone immer mehr dem Bild über dem aktiven Nebengestein.

Das heißt, der Bereich, innerhalb dessen noch meßbar erniedrigte Werte auftreten, wird immer weiter eingeeengt und an die Basis des Lockergesteins herabgedrückt.

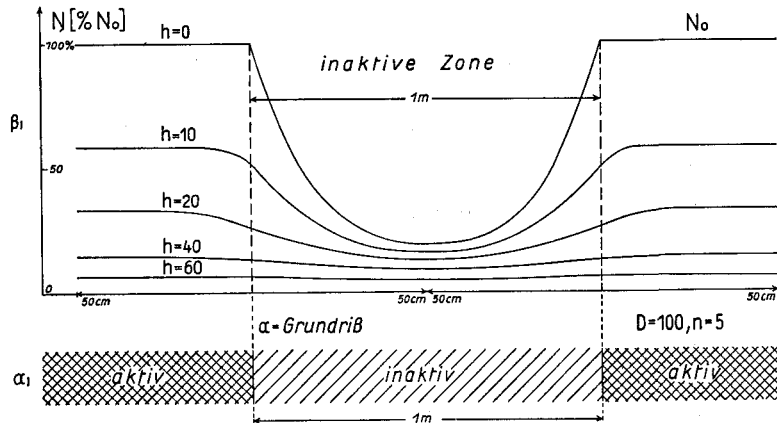


Abb. 9. Verlauf der Rn-Konzentration N in verschiedenen Höhen h (in cm über der Basis des Lockergesteins) quer zu einer inaktiven Zone von 1 m Breite in aktivem Nebengestein. $D = 100$ cm; $n = 5$ ($n = N_0 : N_{e0}$, Verhältnis der Gesamtkonzentration N_0 an der Basis des Lockergesteins zu dem Anteil N_{e0} der Eigenproduktion des Lockermaterials an dessen Basis).

a) schematisches geologisches Profil. b) geophysikalische Daten.

Insgesamt ergibt sich daraus, daß eine Erfassung inaktiver Zonen im Granit nur möglich ist, wenn folgende Voraussetzungen gegeben sind:

1. Unabhängig von der Mächtigkeit der Überlagerungsdecke darf der Ansaugpunkt (also die Sondenöffnungen) nicht mehr als 0,4 m über der Basis des Lockergesteins liegen, wenn die inaktive Zone wenigstens 1,0 m breit ist.
2. Bei einer Sondenlänge von 0,6 m bedeutet das, daß eine Zone von einer Breite $\geq 1,0$ m gerade noch unter einer Überlagerungsmächtigkeit von 1 m erfassbar ist.
3. Schmalere Zonen sind meßbar, sobald die Überlagerungsmächtigkeit kleiner oder höchstens gleich der Breite der Zone ist, und die Sonde wenigstens 0,6 m in das Lockergestein hineinreicht.

e) Verhältnisse der Rn-Konzentration im Lockergestein über einer stärker aktiven Zone (Gang) im anstehenden aktiven Gestein

Da unter Voraussetzung des Wertes $A = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-1}$ nur über eine Entfernung von 0,5 m eine Erhöhung der Meßwerte um wenigstens 1 % erreicht wird, kann der Verlauf der Rn-Konzentration an der Basis des Lockergesteins analog zum vorigen Abschnitt konstruiert werden:

Über der stärker aktiven Zone tritt bis an die Grenzen zum weniger aktiven Nebengestein der hohe Basiswert des stärker aktiven Gesteins auf. Über dem Nebengestein fällt dieser Wert innerhalb von 50 cm auf den niedrigeren Basiswert des Nebengesteins nach einer e -Funktion mit den bekannten Konstanten ab.

In einer Höhe von 50 cm über der Basis des Lockermaterials unterscheiden sich die Werte über dem stärker Aktiven und dem schwächer Aktiven nur noch um weniger als 1% des Unterschiedes an der Basis, d. h. also, daß in dieser Höhe nur dann eine positive Anomalie über dem stärker Aktiven gemessen werden kann, wenn der Unterschied an der Basis das Hundertfache der Schwankungsbreite der Meßergebnisse überschreitet.

Ist die stärker aktive Zone schmaler als 1,0 m, tritt in 50 cm Höhe über der Basis nicht mehr ein Unterschied dieser Größe auf, da durch Abströmen zu den Seiten das Maximum verflacht.

Bei einer Breite der Zone von mindestens 1,0 m wird in der Höhe von 50 cm über der Basis über der Mitte der Zone gerade noch der Wert erreicht, der über unendlich ausgedehntem stärker aktivem Untergrund überall in der Höhe von 50 cm auftreten würde.

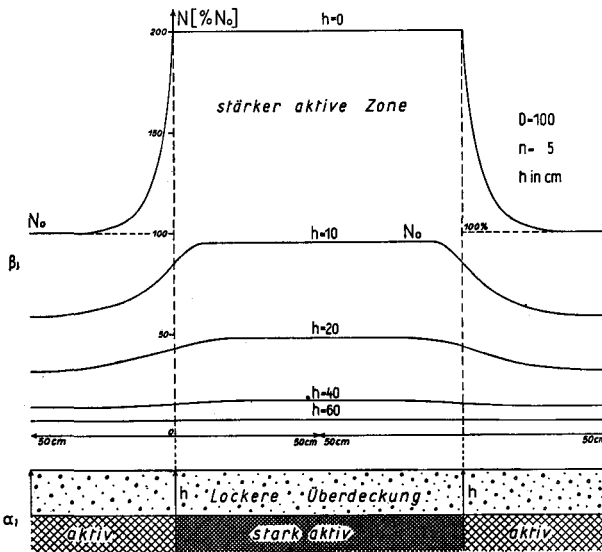


Abb. 10. Rn-Konzentration über einer stärker aktiven Zone von 1 m Breite in aktivem Gestein (Typus Granit). a) Schematisches geologisches Profil. b) Geophysik. N als Funktion des Abstands des Meßpunkts von der Grenzfläche aktives/stark aktives Gestein.

d) Verhältnisse über einer Spalte: (siehe auch ISRAEL-KÖHLER und BECKER)

Der Konzentrationszustand ist bestimmt durch den Rn-Anteil des Lockermaterials, des anstehenden Gesteins und der Spalte.

Die beiden ersten Anteile bewirken ein überall gleichmäßiges Abklingen der Rn-Konzentration mit zunehmendem Abstand von der Basis des Lockermaterials nach der bereits bekannten modifizierten e -Funktion.

Diesem überlagert sich unter gegenseitiger Beeinflussung ein um den Spaltenausbiß aus als Achse angeordneten Abklingen der zusätzlich aus der Spalte austretenden Emanation in Form einer e -Funktion, die steiler abfällt als die bekannte.

Die exakte Darstellung dieser Verteilung stößt noch auf größere Schwierigkeiten als bei dem System der inaktiven Zone.

Es sei daher der Versuch unternommen, durch graphische Interpolation auch diese angenähert quantitativ zu gewinnen.

An der Basis des Lockergesteins ist der Rn -Konzentrationsverlauf folgender:

Von dem Maximalwert an der Spalte klingt die Konzentration zu beiden Seiten hin nach einer e -Funktion auf den Wert ab, der über dem dichten Nebengestein als Basiswert auftritt.

Die Steilheit der e -Funktion ist dadurch gegeben, daß die Emanation aus der Spalte in einen durch das vorgegebene Gefälle modifizierten Halbzyylinder hinein verteilt wird.

In genügender seitlicher Entfernung von der Spalte, — für den ermittelten Wert von A etwa schon bei 1,0 m — wird der vertikale Konzentrationsverlauf mit einer Genauigkeit von 0,1 % durch die bereits bekannte e -Funktion dargestellt.

In einer Höhe von 1,0 m über der Basis des Lockermaterials ist im Falle einer Lockergesteinsmächtigkeit von 1,0 m der Unterschied zwischen dem Maximalwert und dem Normalwert weniger als ein Tausendstel des Unterschiedes an der Basis.

Praktisch ist also der Wert an der Oberfläche in einem Profil quer zur Spalte konstant.

Zur Konstruktion des horizontalen Konzentrationsverlaufs in einer beliebigen Höhe zwischen der Basis des Lockergesteins und der Erdoberfläche wird zunächst der vertikale Verlauf über der Spalte aus dem bekannten hohen Basiswert nach der durch das vorgegebene vertikale Gefälle modifizierten e -Funktion für N_h angesetzt.

Von dem für eine Höhe h so erhaltenen Wert wird der horizontale Verlauf nach beiden Seiten nach der üblichen e -Funktion konstruiert, indem bei 1,0 m Abstand von der Spalte der für die Höhe h über ungestörtem Gestein gültige Wert angenommen wird.

Das tatsächliche Bild der Verteilung wird aus diesem angenähert, wenn die über der Spalte in jeder Höhe h in der horizontalen Verteilungskurve auftretende Spitze nach beiden Seiten verteilt wird.

Maßgeblich für eine möglichst weitgehende Annäherung ist dabei, daß die seitliche Entfernung, bis zu der eine Erhöhung der Werte auf Kosten der Erniedrigung der Spitze vorgenommen werden muß, möglichst exakt bestimmt wird.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß die an der Spitze abgeschnittene Fläche in der graphischen Darstellung in einem ganz bestimmten Verhältnis zu der Fläche stehen muß, die beiderseits der Spitze die Erhöhung des Werteverlaufs bewirkt.

Daß das Verhältnis angenähert 1 : 1 beträgt, möge durch folgende Überlegungen gezeigt werden:

1. Die beiderseits der Spitze addierten Flächen liegen weiter vom Spaltenausbiß entfernt als die an der Spitze abgeschnittene. Bis zu diesen Flächen muß die Emanation einen weiteren Weg zurücklegen, zu dem eine entsprechend längere Zeit benötigt wird. Dabei zerfällt mehr Rn . Die Summe der zu addierenden Flächen muß also kleiner sein als die abgeschnittene.
2. Die verglichenen Flächen sollen zeitlich und konzentrationsmäßig äquivalente Rn -Mengen darstellen.

Nun liegt aber die abgeschnittene Fläche in einem Bereich höherer Konzentration als die zu addierenden. Zur Wahrung der Äquivalenz muß also die Summe der zu addierenden Flächen beiderseits der Spitze größer sein als die an der Spitze abgeschnittene Fläche.

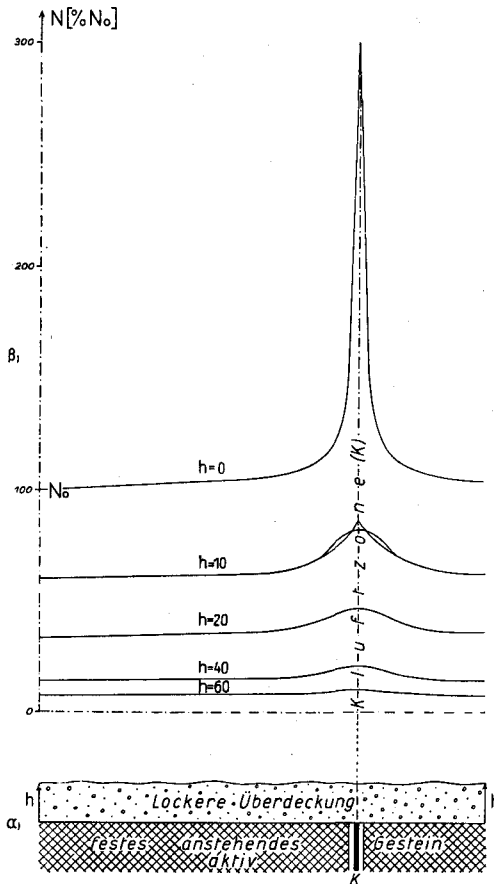


Abb. 11. Konzentrationsverlauf der Radiumemanation (N) über einer Spalte in aktivem Gestein.

Das Flächenverhältnis ist nur angenähert 1 : 1, weil die Konzentration in linearem Maßstab aufgezeichnet ist, während die Abnahme der Konzentration mit der Entfernung vom Spaltenausbiß (also auch mit der Zeit) nach einer e -Funktion stattfindet.

Eine Übersichtsrechnung zeigt, daß der dadurch bedingte Fehler relativ klein ist.

Die seitliche Entfernung, bis zu der auf Kosten der abgeschnittenen Spitze in der Höhe h über der Basis eine Erhöhung der Werte stattfindet, kann in Analogie zu den bereits beschriebenen Fällen gleich h angenommen werden.

Das endgültige angenäherte Bild der Rn -Verteilung in der Höhe h über einer Spalte im Anstehenden ist dann folgendes:

Über der Spalte ein Maximum, das an der Basis spitz ist und mit wachsendem h verflacht und sich verbreitert auf $2h$.

Von der seitlichen Entfernung h nach außen Konzentrationsverlauf nach einer e -Funktion, deren Form durch den Anfangswert über der Spalte in der Höhe h bestimmt ist (Abb. 11).

Bei dem graphisch durchgeführten Beispiel ($A = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-1}$, Lockergesteinsmächtigkeit 1,0 m) ergibt sich, daß eine Spaltenanomalie an der Basis von 200 % über dem Normalwert an der Basis in einer Höhe von 0,5 m über der Basis nur noch ein Maximum von 60 % über dem Normalwert in dieser Höhe verursacht, das bis zu einer Breite von ca. 30 cm mehr als 50 % über dem Normalwert liegt.

Da erst Maxima über 50 % in der Praxis verwertbar sind, ist die Wahrscheinlichkeit, daß eine solche Spalte bei einem Meßpunktabstand von 1m gefunden wird, relativ gering.

Stark Rn -produzierende Spalten sind erfahrungsgemäß noch unter einer Lockergesteinsdecke von mehreren Metern erfaßbar. Die Breite des Bereichs meßbar erhöhter Werte ist dabei grundsätzlich geringer als die doppelte Überlagerungsmächtigkeit.

Tatsächliche Meßverhältnisse und beeinflussende Faktoren

a) Durch den Untergrund bedingt:

Die in der Natur vorliegenden Verhältnisse unterscheiden sich erheblich von den zur Konstruktion der Rn -Verteilung angenommenen.

Die Lockergesteinsdecke ist normalerweise inhomogen bezüglich ihrer Mächtigkeit, Porosität und Rn -Produktion.

Eine Zunahme der Mächtigkeit bewirkt ein Absinken der Meßwerte, wobei zu beachten ist, daß bei geringer Mächtigkeit eine kleine Änderung sich weit stärker auswirkt als eine erhebliche Änderung bei großer Mächtigkeit.

So bewirkt z. B. bei einer Absaugtiefe von 0,5 m und einer Mächtigkeit von 2,0 m eine Verringerung der Mächtigkeit von 30 cm nur eine Zunahme von 40 %, während bei einer Mächtigkeit von 1,0 m die gleiche Verringerung eine Zunahme von 270 % ergibt.

Eine Änderung der Porosität beeinflußt den Diffusionskoeffizienten A und damit die Steilheit der e -Funktion. Bei steigender Porosität wächst A , d. h., die Steilheit der E -Funktion wird geringer.

Die Konzentrationsverteilung kann dadurch sehr kompliziert werden.

Inhomogenitäten bezüglich des Ra -Gehaltes im Lockergestein wirken sich um so stärker aus, je höher sie sich über dem Anstehenden befinden.

Im Gegensatz zu der scharfen Grenze zwischen Anstehendem und Lockermaterial liegt in der Natur durchweg ein kontinuierlicher Übergang vom festen Anstehenden über mehr oder weniger aufgelockertes Anstehendes zum groben und feinen Lockermaterial vor.

Es leuchtet ein, daß das Bild des vertikalen Konzentrationsgefälles dadurch wesentlich verändert wird.

Außerdem darf mit Sicherheit angenommen werden, daß schon in einiger Tiefe unter der Oberkante des Anstehenden durch Diffusion ein horizontaler Austausch zwischen Aktivem und Inaktivem stattfindet.

Bei der Konstruktion der R_n -Verteilung war eine solche Diffusion als nicht vorhanden angesehen worden. Deshalb eine Unstetigkeit in der horizontalen Konzentrationskurve an der Basis über jeder Grenze.

b) Durch Witterung bedingt:

Luftdruck: Plötzliche Änderungen des Luftdrucks können nach EBERT, ENDRÖS, KÄHLER, MACHE und SCHENK die R_n -Verteilung erheblich beeinflussen.

Eine Steigerung des Luftdrucks zieht mit einer Phasenverschiebung von wenigen Stunden eine Erhöhung der Konzentration im Boden nach sich, eine Senkung eine entsprechende Erniedrigung.

Niederschläge: Durch Verringerung des gangbaren Porenvolumens wirkt Regen in den oberen Bodenschichten erniedrigend auf die R_n -Konzentration, unterhalb der Eindringtiefe erhöhend (GOCKEL, WRIGHT und SMITH). Das Maß der Schwankung nimmt mit größerer Tiefe ab. Zu starke Durchfeuchtung macht die Entnahme von Bodenluft überhaupt unmöglich. Deshalb ist eine Messung in flachen Talauen mit hohem Grundwasserspiegel ausgeschlossen.

Temperatur: Die durch Isolation bedingte Erwärmung des Bodens bewirkt durch Ausdehnung der Bodenluft zu Beginn der Erwärmung eine Verringerung der R_n -Konzentration in den obersten Bodenschichten, bei fortschreitender Erwärmung zur Tiefe hin jedoch eine Erhöhung.

Der Zeitraum nach Beginn der Sonneneinstrahlung, nach dem eine Erhöhung der Werte eintritt, ist abhängig von den Wärmeleitungseigenschaften des Lockermaterials.

Eine quantitative Aussage ist nur durch laufende Messungen zu gewinnen.

Durch Zusammenwirken aller Witterungseinflüsse beträgt nach GOCKEL das Verhältnis zwischen Maximal- und Minimalwert am gleichen Meßpunkt in 1 m Tiefe etwa 4 : 1.

Nach ENDRÖS ist dieses Verhältnis an der Oberfläche ungefähr 40 : 1.

Da aber die Auswirkungen der Witterungsfaktoren abgesehen von plötzlichen starken Druckschwankungen durchweg nur eine langsame stetige Änderung der Meßwerte bewirken, sind die Fehler, die in ein R_n -Profil eingehen, relativ gering.

Das Verhältnis der Meßwerte zweier nebeneinanderliegender Meßpunkte, die innerhalb eines kurzen Zeitraums gemessen werden, wird somit kaum beeinflusst.

Stärkere örtliche Sonneneinstrahlung, z. B. bei Profilen in lockerem Wald, kann allerdings erhebliche Anomalien im Profil vortäuschen.

Bei sonnigem Wetter ist deshalb bei der Wahl der Profillinien auf diese Tatsache Rücksicht zu nehmen.

Die im Flußspatgebiet der Oberpfalz vorliegenden Lockergesteinsverhältnisse sind erfahrungsgemäß an vielen Stellen günstiger als die diesen theoretischen Überlegungen zugrundegelegten.

So kann z. B. örtlich der Diffusionskoeffizient A um einige Zehnerpotenzen über dem hier benutzten von $3,6 \cdot 10^{-4}$ liegen (maximal bis etwa $5 \cdot 10^{-2}$ in grobem Granitgrus ohne feinkörnige Anteile), womit weitaus bessere Diffusionsverhältnisse vorliegen.

Die bei allen Betrachtungen auftretenden steilen e -Funktionen werden für $A = 5 \cdot 10^{-2}$ zu Geraden mit relativ geringem Gefälle.

Das bedeutet aber, daß Konzentrationsunterschiede der Emanation an der Basis des Lockergesteins auch noch durch mehrere Meter Überlagerungsdecke sich bis zur Oberfläche als meßbare Anomalien auswirken können.

Normalerweise tritt dieser Fall jedoch selten auf, da schon ein geringer Anteil an feinkörnigem Material den Wert von A erheblich erniedrigt.

Eine feinkörnige Schicht von wenigen Zentimetern Dicke in sonst sehr porösem Material hemmt die Diffusion bereits so sehr, daß sich ein durchschnittlicher Diffusionskoeffizient von 10^{-3} bis 10^{-4} ergibt.

Auf Grund dieser Tatsache ist es leicht einzusehen, daß keineswegs jede Aktivitätsanomalie im Anstehenden durch Emanationsmessungen im Lockermaterial erfaßt werden kann, daß jedoch ausreichend starke Anomalien unter den meisten Umständen feststellbar sind.

Dazu seien einige Beispiele angeführt:

II. Beispiele aus dem Nabburger Revier

A. Helle Flußspatgänge

(inaktive Zonen) in aktivem Nebengestein (vgl. B I a)

Zwei ungefähr parallel verlaufende Gänge unverfärbten Flußspates mit NW—SE-Streichen, die durch einen Querschlag und Abbau in geringer Tiefe und Schürfe teilweise bekannt waren, wurden durch vier Rn-Profile überquert (Abb. 12).

Das anstehende Nebengestein ist Granit bzw. stark granitisch injizierter Gneis, die Mächtigkeit der Gänge beträgt teilweise erheblich mehr als 1 m, und ihr Einfallen ist mehr oder weniger senkrecht. Das Lockermaterial ist offensichtlich Verwitterungsschutt des anstehenden Gesteins, relativ geringmächtig und zeigt nur eine dünne Bodenbildung.

Die Absaugtiefe betrug möglichst genau 60 cm.

Über beiden Gängen zeigten sich an sämtlichen Schnittstellen Minima, die 15—25 % unter dem Normalwert der Umgebung lagen (Abb. 7).

Anomalien derartig geringen Ausmaßes sind nur erkennbar, wenn wie in diesem Fall die Schwankungen des Normalwertes relativ klein sind.

Unter der Annahme eines mittleren Diffusionskoeffizienten von $3,6 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-1}$, eines durchschnittlichen Ra-Gehaltes im Anstehenden von $3,5 \cdot 10^{-12} \text{ g/g}$ und eines Rn-Produktionsverhältnisses zwischen Anstehendem und dem Lockermaterial von 5 : 1 ergibt sich daraus eine Lockergesteinsmächtigkeit von maximal 1,1 m für einen Gang von 1 m Mindestbreite.

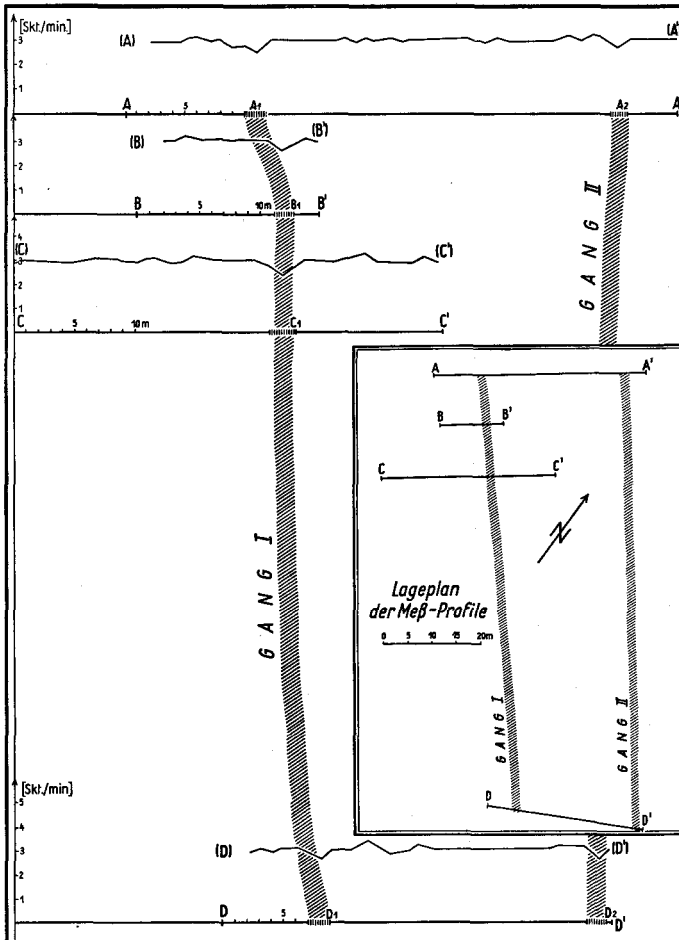


Abb. 12. Negative Anomalie der Rn-Kurve über zwei Flußspatgängen in Granit und Injektionsgneis. Linke Hälfte: 4 Meßprofile mit Angabe der Lage des Ganges auf der Abszisse. Rechte Hälfte: Lageplan der Profile (gleiche Bezeichnungen wie links). Wundshiem, Vorkommen 49 der Karte 1 : 25 000. Der Verlauf der Gänge bis dicht unter Rasensohle ist durch den Bergbau inzwischen nachgewiesen. 1 Skt/min (1 Skalenteil des Emanometers pro Minute) entspricht 1,77 M.E. (Mache-Einheiten).

Die theoretische Mindestbreite des inaktiven Ganges beträgt 55 cm, da eine negative Anomalie von 15 % bei einem Gang geringerer Breite selbst dann nicht mehr auftreten kann, wenn sich die Ansaugöffnungen der Sonde in der Mitte der Gangbreite direkt über dem anstehenden inaktiven Gangmaterial befinden, also an der Stelle, an der der niedrigste Rn-Wert vorliegt.

Außerdem dürfte dann das Lockermaterial nur 60 cm mächtig sein.

Insgesamt ist zu erkennen, daß ein inaktiver Gang genügender Breite unter relativ homogenem Lockermaterial von nicht zu großer Mächtigkeit durch Emanationsmessungen recht gut im Streichen verfolgt werden kann.

Die Suche nach noch völlig unbekanntem Gängen dieser Art dürfte jedoch wegen der geringen zu erwartenden Anomalien relativ schwierig sein.

B. Dunkle Flußspatgänge

(durch Radioaktivität verfärbt) in aktivem Nebengestein (stärker aktive Zone)
(vgl. B. I. b)

Ein NW—SE-streichender Gang stark dunkelvioletten verfärbten Flußspates, der NW-lich und SE-lich des Meßortes durch zwei Schächte, in der Tiefe durch Abbau und oberflächlich teilweise durch Pingen bekannt ist, wurde durch 2 Rn-Profile überquert (Abb. 13).

Meßprofile

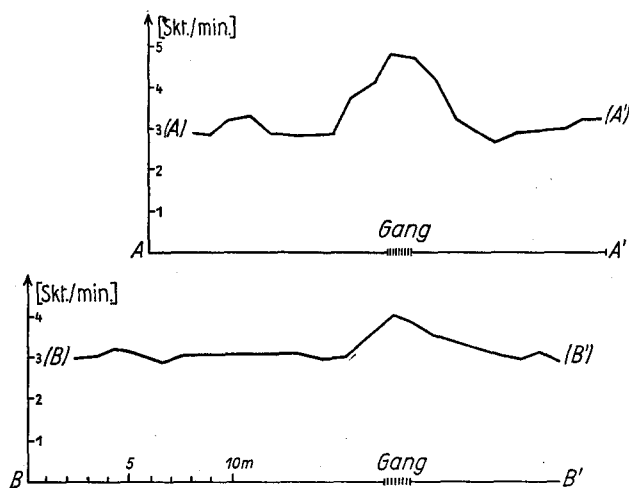


Abb. 13. Positive Anomalie der Rn-Kurve über einem Flußspatgang mit Führung von Uranmineralien. Beispiel Wölsendorf; Vorkommen 36 der Karte 1:25 000. Oben: 2 Meßprofile. Folgende Seite: Lageplan.

Das anstehende Nebengestein ist Granit, die Gangmächtigkeit beträgt etwa 1 m, und das Einfallen des Ganges weicht nicht sehr von der Senkrechten ab.

Die Lockergesteinsmächtigkeit überschreitet 1 m sicher um ein Beträchtliches, da der Meßort am Fuß eines steilen Hanges auf weniger geneigtem Gelände liegt. Aus dem gleichen Grund ist das Lockermaterial zumindest in seinen oberen Schichten nicht autochthon.

Die Absaugtiefe betrug 60 cm.

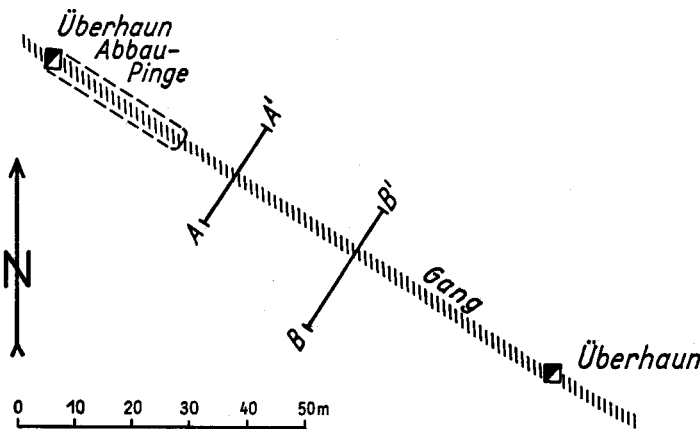
In beiden Profilen zeigen sich über dem Gang Maxima, die 30 bzw. 60 % über dem Normalwert der Umgebung liegen. Der Bereich erhöhter Werte hat in beiden Profilen eine Breite von 5 m.

Aussagen über Gang- und Lockergesteinsmächtigkeit sind nicht möglich. Der Höhenunterschied der beiden Maxima kann mehrere Gründe haben. Das höhere Maximum kann bedingt sein durch:

1. stärkere Aktivität des Ganges an dieser Stelle,
2. größere Gangmächtigkeit,
3. geringere Lockermaterialmächtigkeit,
4. mehr autochthonen Charakter des Lockergesteins,
5. bessere Porositätsverhältnisse des Lockermaterials,
6. im, am oder quer zum Gang verlaufende Klüfte.

Eine Entscheidung darüber, welche dieser Gründe zutreffen, kann nicht gefällt werden.

Lageplan



Da erfahrungsgemäß stärker aktive Gänge in normal aktivem Nebengestein genügend große positive Anomalien verursachen, die die hier gezeigten um ein Mehrfaches übertreffen können, ist mit der Messung der Emanation in der Bodenuft ein durchaus brauchbares Verfahren zur Prospektion solcher Gänge gegeben.

Daß die Aussage durch positive Anomalien allerdings nicht eindeutig ist, da auch Klüfte ein ähnliches Bild ergeben, sei an einem dritten Beispiel gezeigt:

C. Spalten (mit dunklem Spat gefüllt) in aktivem Nebengestein

Ein NW—SE-streichender Flußspatgang, der in der Nähe der Oberfläche nur in Form spatgefüllter Spalten ausgebildet und durch Schürfe und einen verfallenen Schacht in seiner Lage bekannt ist, wurde durch 4 Rn-Profile überquert (Abb. 14).

Das anstehende Nebengestein ist mehr oder weniger stark zerklüfteter Granit. Die Gangspalten fallen nahezu senkrecht ein.

Die Lockergesteinsmächtigkeit schwankt zwischen 1 und 2 m. Das Lockermaterial ist wesentlich autochthon, wie spätere Schürfe zeigten.

Die Absaugtiefe betrug 60 cm.

Über dem Spaltensystem erscheinen in allen Profilen Maxima, die zwischen 45 und 200 % über dem Normalwert der Umgebung liegen (Abb. 10).

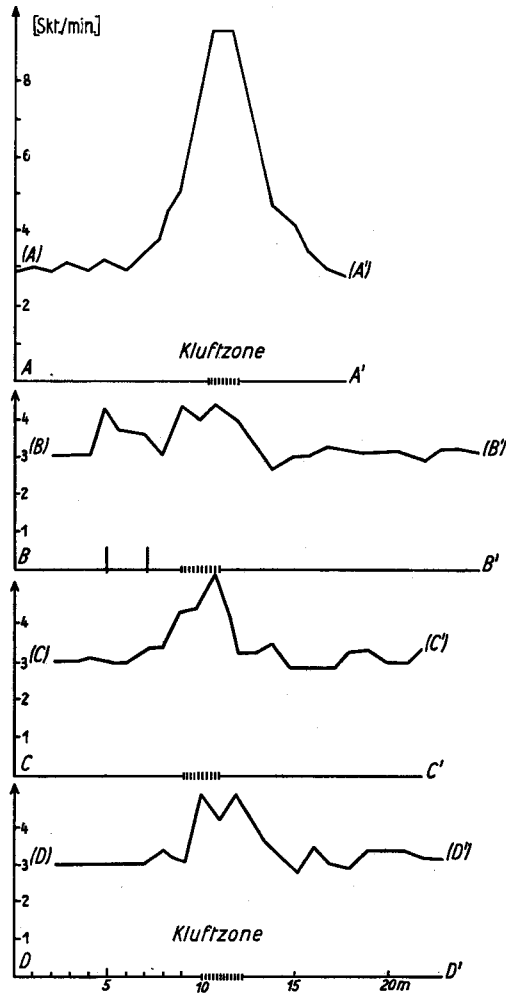


Abb. 14 a. Rn-Diagramm über einer Kluftzone, die zum Teil geringmächtig (bis 1 dm) mit Flußspat gefüllt ist. Beispiel Wölsendorf; Vorkommen 38 der Karte 1 : 25 000.

Die Breite der Bereiche erhöhter Werte schwankt zwischen 3 und 8 m.

Das in Profil II im SW der Spaltenanomalie auftretende Maximum ist durch einen Weg bedingt, dessen dichte Oberfläche den Austausch mit der Außenluft verringert.

Die besonders große Anomalie in Profil I ist wahrscheinlich durch örtlich besonders starke Rn-Produktion der Spalten, günstige Porositätsverhältnisse und geringere Lockergesteinsmächtigkeit bedingt, wobei letztere allein schon zur Erklärung genügen würde.

Unter Berücksichtigung der Meßgenauigkeit ist zwischen diesen wesentlich spaltenbedingten und rein gangbedingten Anomalien kein Unterschied feststellbar.

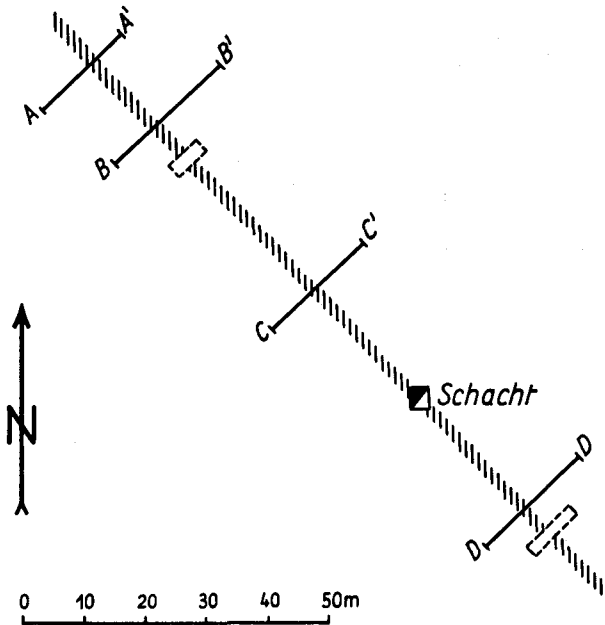


Abb. 14 b. Lageplan zu den geophysikalischen Daten der Abb. 14 a, Wölsendorf; Vorkommen 38 der Karte 1 : 25 000.

Da in beiden Fällen die Anomalien auf einer möglichen geologischen Richtung angeordnet sind, kann eine Entscheidung nur durch Schurf gefällt werden.

Die Methode erfährt jedoch dadurch in ihrer Anwendbarkeit keine Einschränkung.

Bei den Beispielen A bis C wurde ein Meßpunktabstand von 1 m eingehalten. Das bedeutet bei einem Zeitaufwand von 5 min für jede Messung eine tägliche Profilstrecke von ca. 80 m.

Die Breite der Anomalien in den Beispielen B und C zeigt aber, daß in solchen Fällen ein Meßpunktabstand von 4 m noch ausreichend ist, womit sich die tägliche Profilstrecke auf das Vierfache erhöht.

Schrifttum

H. EBERT, Phys. Z. 10, 346, 1909.

L. ENDRÖS, Diss. München T. H. 1909.

A. GOCKEL, Phys. Z. IX, 304, 1908.

K. KÄHLER, Phys. Z. 15, 27, 1914.

H. MACHE, Sitz.-Ber. d. Kais. Ak. d. Wiss. Wien CXIV, 2 a, 1377—1388, 1905.

R. SCHEIN, Jahrb. Rad. u. El. 2. 19. 1905.

J. R. WRIGHT & O. F. SMITH, Phys. Rev. (2) 5. 459, 1915.

H. ISRAEL-KÖHLER & F. BECKER, Geol. Beitr. z. Geoph. 48, 13, 1936.

Nachwort

Die vorliegende Veröffentlichung über eine Gemeinschaftsarbeit des Bayerischen Geologischen Landesamts und des Amts für Bodenforschung/Hannover wurde ermöglicht durch die großzügige Unterstützung, welche die praktischen Arbeiten von zahlreichen Stellen erfahren haben. Dem Verwaltungsrat der Gesellschaft zur Aufsuchung von Bodenschätzen in Bayern danken wir, daß Mittel zur Verfügung gestellt wurden, um die mannigfachen Untersuchungen in einem weiten Rahmen vornehmen zu können. Die Herstellung von Luftbildplänen erfolgte durch die Photogrammetrie GmbH/München; die Grubenübersichtspläne auf markscheiderischer Grundlage erhielten wir vom Bergamt Amberg, dessen Leiter Herrn Oberberggrat Schwarz wir besonders danken möchten; einige geologische Detailkartierungen erhielten wir von den Herren Dr. Riedel und Dr. Ziehr und viele Hilfe ist uns bei den Aufnahmen im Gelände und in der Grube geleistet worden, vor allem auch durch ergänzende Schürfarbeiten. Hierfür möchten wir dem Verein Deutscher Flußspatgruben e. V. in München — seinem derzeitigen Vorstand Herrn Regierungsbaumeister E. Hofmann und den Mitgliedsfirmen resp. ihren Betriebsleitern danken: Für das Flußspatwerk Schwarzenfeld, vorm. Kallmünzer (Grube Cäcilia) Herrn Direktor Kottwitz, der uns mit großem Verständnis jeden Wunsch erfüllt hat, auch wo es zunächst nur um methodische Vorklärungen und noch nicht um Lagerstättenaussagen ging, für Grube Erika Herren Inhaber E. Hofmann und Obersteiger Ney, für den Wundsheimer Bergbau Herren Dr. Bouteiller und Betriebsleiter Kocher, für die Vereinigten Flußspatgruben GmbH/Stulln den Herren Direktoren Dipl.Ing. Grüter und Dr. Seemann, sowie Fahrsteiger Rösler, für Grube Roland Herrn Inh. Obersteiger Heinrich und Obersteiger Seltmann, für die Gruben der Flußspatwerke GmbH/Frankfurt den Herren Dir. Müller, Dipl.Ing. Schwerber und Dipl.Ing. Kalthoff, Betriebsleiter H. Hudel und Lindau und Steiger Rakoczy und Höll, für die Gewerkschaft Wölsendorf den Herren Direktor Sauer, Dipl.Ing. Belka und Obersteiger K. Diehl. Die radiologischen Arbeiten wurden z. T. unterstützt und ergänzt durch Laborarbeiten und Aufbereitungsversuche der Firmen Bayer/Leverkusen und Riedel de Haen/Seelze, wofür auch den Herren Direktoren Dr. Moschel, Dr. Klebert und Dr. Hagenest sowie Dr. Ramstetter unser Dank gilt. Verschiedene Anregungen verdanken wir Herrn Prof. Dr. Drescher-Kaden, der — damals noch am Bayerischen Geologischen Landesamt — bereits i. J. 1948 die ersten systematischen Untersuchungen auf Uranerzvorkommen in Bayern mittels moderner physikalischer Methoden unternommen hat, über deren Erfahrungen (in Weißenstadt besonders) zwar interne Berichte aber keinerlei Publikationen vorliegen.

Lagerstättenkarte 1: 25000 des Nabburger Flußspatreviere und seiner radioaktiven Bezirke

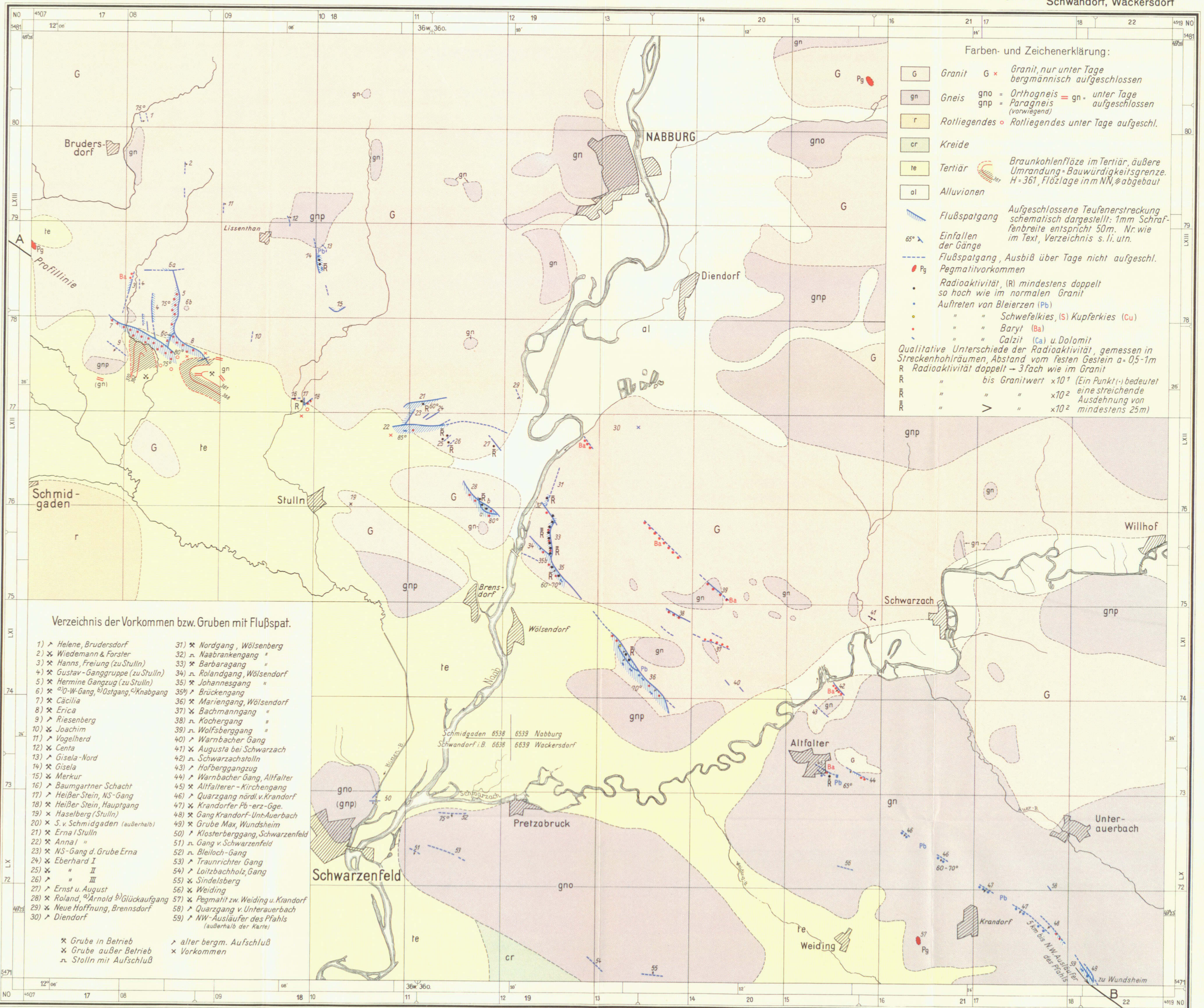
Herausgegeben vom Bayerischen Geologischen Landesamt

München 1957

Bearbeitet von E. O. Teuscher

Auf Grund der Aufnahmen von H. Ziehr (Raum Wölsendorf)
E. Budde (30 geophysikalische Profile), H. Müller (markscheiderische
Gangaufnahmen) und eigener Aufnahmen

Teile der Gradabteilungsblätter: Schmidgaden, Nabburg,
Schwandorf, Wackersdorf



Topogr. Grundlage: Bayer. Landesvermessungsamt München

Maßstab 1: 25 000



Lithographie: Bayer. Geolog. Landesamt
Offsetdruck: Karl Knörzer, München 54

Topographie außerhalb des Profils, (5) z.B. ist gestrichelt

