

Die Uranvorkommen im Burgsandstein Mittelfrankens

Von GUSTAV ABELE, KURT BERGER und MATTHIAS SALGER

A. Zur Geologie und Radioaktivität
des uranhaltigen Burgsandsteins in Mittelfranken

KURT BERGER

Inhalt

I. Einleitung	3
II. Die Uranvorkommen im Burgsandstein	5
a) Meßmethoden	5
b) Zur Stratigraphie und Geologie der Einzelvorkommen und ihre Radioaktivität	6
III. Zur Paläogeographie der uranhaltigen Sandsteine	38
IV. Zur Genese der uranhaltigen Sandsteine	42
V. Zusammenfassung	46
VI. Schriftenverzeichnis	48

I. Einleitung

Im Rahmen der systematischen Uranprospektion in den Sedimentgebieten von Nordbayern, die seit 1956 vom Bayerischen Geologischen Landesamt mit Unterstützung des Bundesministeriums für Atomkernenergie vorgenommen worden ist, zeigten sich bald zu Anfang in einzelnen Sandsteinpartien im Burgsandstein von Mittelfranken Anreicherungen von Uran. Daraufhin wurde speziell dieser stratigraphischen Einheit besonderes Augenmerk zugewendet. Die Prospektion ist in Form von radiologischen Messungen nach stratigraphischen Gesichtspunkten vorgenommen worden. Dabei sind nicht allein Aufschlußvermessungen durchgeführt, sondern auch Fahrprofile (carborne) in unerschlossenem Gebiet gemessen worden. Die Bayerische Braunkohlen-Industrie AG/Schwandorf, die einen großen Teil Mittelfrankens durch eine Uran-Aufsuchungskonzession belegt hatte, erteilte dem Bayerischen Geologischen Landesamt bereits 1956 für ihr Gebiet einen Forschungsauftrag, die Sedimente auf ihre Radioaktivität zu prüfen und evtl. vorhandene Uranvorkommen geologisch und radiometrisch zu untersuchen. Zum ersten Mal ist über das Ergebnis dieser Arbeiten für ein begrenztes Gebiet bereits im März 1959 dem Arbeitskreis III/3 der Deutschen Atomkommission von SALGER und dem Verfasser berichtet worden. In den Grundzügen lagen die Ergebnisse, insbesondere der mineralogischen Untersuchungen, vor. Zwischenzeitlich sind sie nur regional erweitert worden, so daß mit vorliegender Arbeit ein gewisser Abschluß erreicht wird.

Es sei mir an dieser Stelle gestattet auf die gute Zusammenarbeit zwischen der Bayerischen Braunkohlen-Industrie und dem Amt hinzuweisen und Herrn Direktor Bergassessor Dr.-Ing. W. SCHARF sowie Herrn Dr. ZIEHR dafür herzlichst zu danken. Über den Rahmen einer Oberflächenprospektion hinaus waren damit Möglichkeiten gegeben, auch Tiefenuntersuchungen durch Bohrungen und Schürfe durchzuführen.

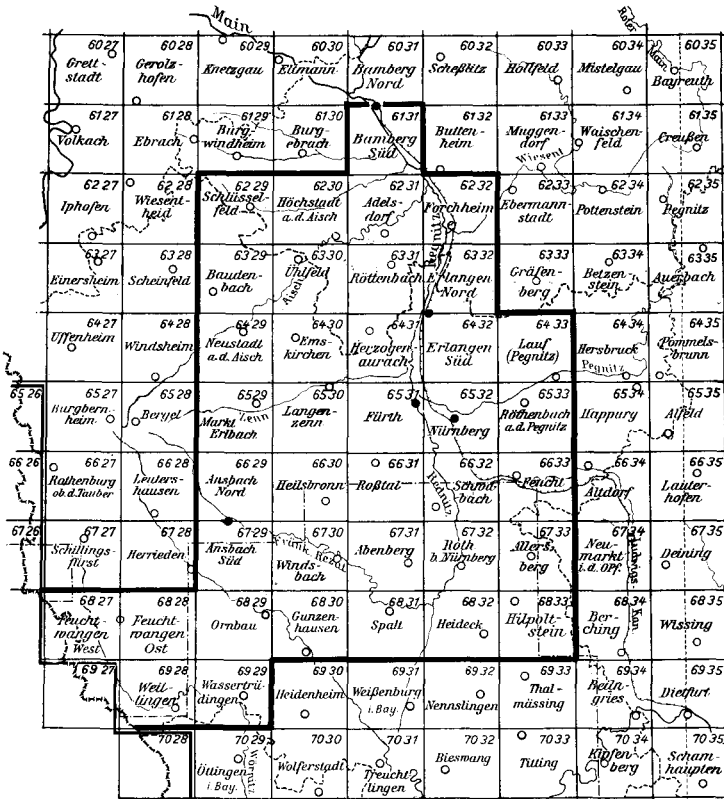


Abb. 1. Übersichtsskizze des Arbeitsgebietes.

Das Arbeitsgebiet umfaßt insgesamt 38 Gradabteilungsblätter, die in Mittelfranken und im südwestlichen Teil von Oberfranken liegen. Damit wird fast das gesamte Verbreitungsgebiet des Burgsandsteins in der sog. „Nürnberger Fazies“ erfaßt. Es reicht von Bamberg im Norden bis an den westlichen Jurarand und folgt ihm nach Süden bis Hilpoltstein. Von hier biegt er nach Westen bis gegen Dinkelsbühl—Feuchtwangen um und wird wieder mehr oder weniger großflächig vom Burgsandstein begleitet. Dann springt seine Begrenzung gegen Nordosten bis ins Gebiet von Ansbach zurück, um weiter nach Norden in schräger Linie bis Schlüsselfeld zu ziehen. Von da streicht sein Westrand in Richtung Bamberg und schließt die Verbreitungsfläche ab. Auf fast allen diesen Blättern ist der Burgsandstein ausgebildet, wenn auch nicht durchwegs in seiner vollen Mächtigkeit erhalten. Uranhaltige Sandsteine konnten an 142 Stellen auf 24 Grad-

abteilungsblättern anstehend, bzw. noch mehrfach in Form von Lesesteinen aufgefunden werden. Aus diesem Hinweis ist schon zu ersehen, daß es sich bei diesen Urananreicherungen nicht um Bildungen in einem örtlich eng begrenzten Gebiet handelt, sondern um weitverbreitete, charakteristische Einschaltungen. In dieser Arbeit werden die speziellen geologischen Verhältnisse insbesondere derjenigen Aufschlüsse erläutert, die von ABELE und SALGER im nachfolgenden Teil der Arbeit chemisch-mineralogisch untersucht worden sind. Darüber hinaus werden genetische und paläogeographische Fragen nach geologischen und radiometrischen Gesichtspunkten erörtert. Die radiometrischen Labormessungen sind unter Anleitung des Verfassers zum größten Teil von M. MARSCHALL ausgeführt worden. Für die Freude an der Arbeit sei ihm an dieser Stelle herzlichst gedankt. Des weiteren möchte ich meinem Freund, Dr. H. HAUNSCHILD, für manche fruchtbringende Diskussion meinen Dank sagen.

II. Die Uranvorkommen im Burgsandstein

a) Meßmethoden

Die radiologischen Übersichtsmessungen zur Feststellung der Gammastrahlung sind im Gelände anfangs mit einem kanadischen Szintillometer vom Typ cae 936 und später überwiegend mit einem amerikanischen Szintillometer PRI 111 C, Custom „Scintillator“ vorgenommen worden. Obwohl sie speziell für die hier abgehandelten Untersuchungen nur einen nebengeordneten Wert besitzen, haben sie doch letzten Endes zur Auffindung der Urananreicherungen geführt und müssen entsprechend erläutert werden. Mit den angeführten Instrumenten wird die Gammastrahlung aller radioaktiven Elemente und ihrer Zerfallsprodukte erfaßt. Die Intensität wird bei ersterem in Impulsen pro Sekunde (cps) — einem relativen Maß — angezeigt und bei letzterem in Milliröntgen pro Stunde (mr/h). Anhand von Vergleichsmessungen lassen sich beide Werte korrelieren. Man war bestrebt, möglichst alle auftretenden Gesteine im Anstehenden zu testen. Daher richtet sich die Anzahl und die Lage der Meßpunkte auf den einzelnen Gradabteilungsblättern weitgehend nach den Aufschlußverhältnissen. Besonderer Wert wurde bei der Feldarbeit auf die Messung von radiologischen Profilen gelegt. Die Feldmeßwerte in den Aktivarkosen hängen weitgehend von ihrer Menge und den Aufschlußverhältnissen ab. Beide verhalten sich aber nicht proportional. Es darf in diesem Zusammenhang ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Geländemessungen, im vorliegenden Fall das Verhältnis des Meßwertes zum Nulleffekt, lediglich einen Hinweis auf den wahren Gehalt an radioaktiven Mineralen bringen. Der Nulleffekt ist überall vorhanden, denn er summiert sich aus der Höhen- und Untergrundstrahlung. Er ist innerhalb des Burgsandsteins Schwankungen zwischen 0,006 und 0,012 mr/h (10 bis 20 cps) unterworfen. Neben dem Nulleffekt wird der Geländemeßwert noch von mehreren anderen Faktoren, z. B. dem Masseneffekt, der Geometrie der Messung, der unterschiedlichen Absorption u. a., störend beeinflusst.

Während die radiologischen Geländemessungen nur einen Hinweis auf den Inhalt an strahlendem Material erbringen, läßt sich im Labor unter Abschirmung der störenden Nebeneffekte im Bleiabschirmgehäuse der wahre Beta- und Gamma-Strahlenwert ermitteln. Aus diesem kann man mit Hilfe einer Eichkurve den absoluten Gehalt an Uranäquivalent ablesen, d. h. man kann aus der Strahlenintensität einer Testprobe rückschließen, welcher Menge von Uranstrahlung der gemessene Wert gleichzusetzen ist. Zur Konstruktion einer solchen Eichkurve werden die Beta- und Gamma-Strahlenwerte von Proben verwendet, deren Urangelalt durch chemische Analysen festgestellt worden ist. Bei Substanzen im radioaktiven Gleichgewicht stimmen beide Werte gut überein, so daß aus praktischen Erwägungen die radiometrische Bestimmung der Strahlenintensität der chemischen Analyse vorgezogen wird. Die stationäre Untersuchung ist im Bayerischen Geologischen Landesamt mit einem Philipsmeßplatz „Hamburg B“ und einer Flüssigkeitszählrohranordnung vorgenommen worden. Der Meßfehler liegt um $\pm 5\%$.

Im Labor wird bei der Messung von radiometrischen Profilen (vgl. S. 14) noch ein Szintillations-Meßverfahren verwendet, denn das im vorstehenden beschriebene erbringt nicht die

feinen Nuancen, die notwendig sind, auch geringste Urangelhalte im Nebengestein zu fixieren. Außerdem wird mit dieser Methode, wie sie nachfolgend beschrieben wird, die K_{40} -Strahlung ausgeschaltet, die gerade die Strahlungsverhältnisse im Nebengestein stark verwischt. Diese Szintillationsmessungen werden mit einem Strahlungsmeßgerät FH 49 von der Firma Friescke & Hoepfner, Erlangen-Bruck, in Verbindung mit einem Szintillationszähler FH 451 vorgenommen. Alle Messungen werden in der Kugelbleikammer durchgeführt. Vor der Probemessung wird der Nullwert bestimmt. Die Gamma-Intensität der zu untersuchenden Probe wird in einer Kunststoff-Ringschale gemessen, deren eingerüttelter Inhalt (30—50 g) eingewogen wird. Der Szintillationskopf wird damit gleichmäßig von der radioaktiven Substanz umgeben und gewährleistet die Messung eines vergleichbaren Auszählwertes. Die Auszählzeit beträgt 10 Minuten. Von diesem Auszählwert wird der Nulleffekt abgezogen. Der so erzielte Wert wird durch das Gewicht der Probe dividiert und man erhält damit einen g/cpm-Wert. Dieser wird ins Verhältnis zu einem mit Hilfe einer Eichsubstanz gewonnenen gesetzt und ergibt den U-Gehalt. Die Eichsubstanz besteht aus einem UO_2 -Präparat, das mit Quarzmehl entsprechend verdünnt worden ist. Der U-Gehalt darin wurde chemisch bestimmt.

Als Ergänzung der Aufschlußvermessung sind in unerschlossenen Gebieten Fahrprofil-(carbone-)Messungen durchgeführt worden. Mit dem Szintillometer wird vom fahrenden Kraftwagen aus die Gamma-Strahlung gemessen und die Aktivität laufend registriert. Bei einer Anzeigenänderung wird der Punkt oder die Wegstrecke in der Karte gekennzeichnet. Wenn auch die Überdeckung (Pflanzenbewuchs, Bodenbildung usw.) die wahren Strahlenwerte des Untergrundes abschirmt oder verfälscht, erhält man zumindest einen Hinweis auf die Intensität. Nach Anbringung eines Koeffizienten, der jeweils von den Meßbedingungen und dem Szintillometer abhängt, lassen sich die so gemessenen Werte mit denen der Aufschlußvermessung vergleichen. Für ein zusammenhängendes Gebiet ergeben sich somit aus der Zusammenschau der Aufschlußvermessung, der radiometrischen Analyse und der Fahrprofilmessungen die Grundlagen zur Beurteilung der Radioaktivität des Gesteins.

b) Zur Stratigraphie und Geologie der Einzelvorkommen und ihre Radioaktivität

Der Burgsandstein ist im Arbeitsgebiet ein 70—80 m mächtiges Schichtpaket, das stratigraphisch dem Sandsteinkeuper (= Mittlerer Keuper) angehört. Es setzt sich im wesentlichen aus Sandsteinen verschiedener Ausbildung und Mächtigkeit, aus mehrere Meter mächtigen, horizontbeständigen Letten und zwischengelagerten auskeilenden Lettenpaketen zusammen. Alle diese Sedimente sind durch einen raschen und starken Fazieswechsel charakterisiert. Die von THÜRACH (1889) für den gesamten Burgsandstein im nördlichen Franken aufgestellte Dreiteilung kann in der überwiegend sandigen Fazies im Gebiet von Erlangen—Nürnberg und südlich davon durch die grundlegende Arbeit von HAARLÄNDER (1955) nunmehr auch hier vorgenommen werden. Diese Gliederung ist auch bei der Neuaufnahme der geologischen Karten durch die Angehörigen des Bayerischen Geologischen Landesamtes (FUCHS 1955, 1956, 1957, 1959, 1961 a, 1961 b, und HAUNSCHILD 1961 b) und andere Bearbeiter (BIRZER 1958, GRUSS 1958), sowie bei der geologischen Aufnahme im Rahmen der systematischen Prospektion berücksichtigt worden. Sie bildet die Basis für die stratigraphische Einstufung der Vorkommen. Im Rahmen dieser Bearbeitung erübrigen sich weitere Ausführungen allgemeiner geologischer Art über den gesamten Burgsandstein und seine Ausbildung, die in den obenangeführten Arbeiten nachgelesen werden können. In geraffter Form ist die Ausbildung und die Beziehung zwischen der Lithologie und der Radioaktivität im Burgsandstein für das Gebiet von Röttenbach (BERGER 1959 a) bereits herausgearbeitet worden. Die Verbreitung des Burgsandsteins, die aus der Beilage 1 zu ersehen ist, ist im Arbeitsgebiet größer als es die GÜMBELSche Karte angibt, worauf bereits BIRZER (1958) für das Gebiet südlich Nürnberg hinweist.

In Bezug auf seine Mächtigkeit wäre noch zu erwähnen, daß sie gering schwankt und von Nord nach Süd abnimmt. Die von BIRZER (1958) erkannten Mächtigkeitsschwankungen innerhalb der einzelnen Abteilungen werden durch die eigenen Geländeaufnahmen bestätigt. Die Untere Abteilung nimmt in ihrer Mächtigkeit von etwa 10 m im südlichen Bereich auf etwa 30 m im Gebiet von Bamberg zu. Eine reziproke Entwicklung weist die Mittlere Abteilung auf. Die Obere Abteilung bleibt in ihrer Mächtigkeit mit etwa 45 m einigermaßen konstant. Die leitenden Lettenhorizonte nehmen in ihrer Mächtigkeit von Süd nach Nord ab. Zwischenletten sind jedoch sehr unterschiedlich eingelagert.

1. Blatt Bamberg Süd

Obwohl große Flächen des Gebietes von Bamberg Süd, westlich der Regnitz, vom Burgsandstein eingenommen werden, konnten nur bei Waizendorf, etwa 3,5 km südlich Bamberg, 3 Einzelvorkommen von Aktivarkosen am Südhang des Knocks aufgefunden werden. Sie gehören einem stratigraphischen Niveau an. Diese 3 voneinander getrennten Linsen (Beilage I, 1—3) erstrecken sich über eine Länge von etwa 600 m. Nach der Kartierung von LANG (1940) liegt die Obergrenze des Burgsandsteins in diesem Teil des Blattes bei etwa 285 m NN, während die Aktivarkosen um 270 m NN ausgebildet sind. Somit liegen sie in der Oberen Abteilung des Burgsandsteins. Eine Beziehung zum Hauptletten konnte hier nicht festgestellt werden. Über die Mächtigkeit können wegen der schlechten Aufschlußverhältnisse keine verbindlichen Aussagen gemacht werden. An einem Wegeinschnitt ist sie mit 30 cm erschlossen. Die Aktivarkosen liegen hier als dichtgepackte Platten vor. Die Vorkommen von Waizendorf stellen die nördlichsten des gesamten Arbeitsgebietes dar.

Der Feldmeßwert erreicht maximal 0,040 mr/h, der damit etwa dem 8-fachen Nulleffekt entspricht. Die radiometrische Auszählung von 6 Proben erbrachte U-Äquivalentgehalte, die zwischen 105 g/t und 195 g/t liegen (vgl. Tabelle 1).

2. Blatt Höchststadt

Die Verhältnisse im Burgsandstein des Gebietes von Höchststadt sind denen von Bamberg ähnlich. Lediglich nordwestlich von Mühlhausen konnte entlang einer Wegböschung ein geringmächtiges Vorkommen (Nr. 4) von Aktivarkose aufgefunden werden. Die Ausbildung weicht hier etwas von der Norm ab, ist aber nicht einmalig (vgl. Blatt Langenzenn, S. 13). Einzelne Aktivarkose-Knollen liegen hier bandartig in einem hellen, mittelkörnigen, mürben Sandstein eingelagert. Im unmittelbaren Bereich der Knollen ist eine diffus verteilte, fahnenartige, rotviolette Verfärbung der umgebenden, schräggeschichteten Sande festzustellen, die gering uranhaltig sind. Das Vorkommen liegt in einer Höhe von 330 m NN, etwa 10 m im Liegenden der Feuerlettenuntergrenze. Es ist demnach in die Obere Abteilung des Burgsandsteins einzuordnen. Diese Aktivarkose wird in 2 m Abstand von grünen Letten unterlagert, die einem Zwischenletten entsprechen, während der Hauptletten weiter westlich etwa 30 m unter der Feuerlettenuntergrenze angetroffen wurde.

Das Vorkommen bei Mühlhausen erbrachte in den Knollen Szintillationswerte von 0,09 mr/h, die etwa dem 12-fachen Nullwert entsprechen. In dem diffusen uranhaltigen Material sank die Anzeige auf 0,025 mr/h ab. Die radiometrische Analyse ergab Gehalte von 105 bis 135 g/t U-Äquivalent.

Ein weiteres Vorkommen von uranhaltigem Burgsandstein ist westnordwestlich von Reumannswind, etwa 2,7 km nordwestlich Wachenroth, aufgefunden worden. Nachdem es sich hierbei um einen anderen Typ einer Urananreicherung handelt, wird diese gesondert abgehandelt.

3. Blatt Adelsdorf und Röttenbach

Über die Urananreicherungen im Burgsandstein im Bereich des Blattes Röttenbach ist bereits vom Verfasser (BERGER 1959 a) berichtet worden. Zusätzliche bedeutungsvolle Funde aus diesem Gebiet sind von HAARLÄNDER und SCHNITZER (1961) bearbeitet worden, für die sich somit eine weitere Detailschilderung erübrigt. Nach diesen beiden Bearbeitungen sind im Blattgebiet von Röttenbach 7 Einzelvorkommen von Aktivarkosen anstehend angetroffen worden. Optimal sind sie im Gebiet von Zeckern ausgebildet, wie HAARLÄNDER und SCHNITZER (1961) feststellen. Im gesamten nördlichen Bereich der Burgsandsteinverbreitung konnten auch mehrfach Lesesteine aufgefunden werden. Die vom Verfasser aufgefundenen Vorkommen (Hemhofen, Maßholderknock Nr. 7—10) sind der Oberen Abteilung des Burgsandsteins einzuordnen, während die Fundstellen von HAARLÄNDER und SCHNITZER seiner Mittleren Abteilung angehören. Unter Berücksichtigung aller Feststellungen, die im Rahmen der geologischen Aufnahme erfolgten, ist augenfällig, daß die Vorkommen dieses Gebietes in der Mittleren Abteilung geschlossener und ausgedehnter sind (vgl. HAARLÄNDER u. SCHNITZER 1961, S. 5 und Tafel I), als die der Oberen Abteilung. Das Vorkommen von Hemhofen (Nr. 7, 8) ließ das Szintillometer bei den Feldmessungen auf 90 cps ansteigen. Dieser Wert entspricht nach Vergleichsmessungen etwa 0,05 mr/h, also etwa dem 6-fachen Nullwert. Die radiometrische Auszählung ergab einen U-Äquivalent-Gehalt von 70 g/t, der allerdings durch die langjährige Feldbestellung und durch die Einwirkung der Verwitterung, die einen großen Teil des leicht löslichen Urans weggeführt hat, stark herabgemindert worden ist. Lesesteine aus der Umgebung erbrachten Gehalte von 410 g/t U-Äquivalent, die dem ursprünglichen Gehalt näherzukommen scheinen. Die Bestimmungen von HAARLÄNDER und SCHNITZER (1961) variieren zwischen 247 und 463 g/t U-Äquivalent. Eine Probe aus der Aktivarkose vom Maßholderknock (Nr. 10) zeitigte einen Gehalt von 220 g/t U-Äquivalent, während HAARLÄNDER und SCHNITZER (1961) bis 680 g/t U-Äquivalent festgestellt haben. Die Variationsbreite der Gehalte erscheint aus der sehr komplexen lithologischen Zusammensetzung verständlich. Als Durchschnittsgehalt dieses Vorkommens führen die Bearbeiter 520 g/t U-Äquivalent an. Als Mittel der U-Äquivalent-Gehalte der umfänglichen Vorkommen von Zeckern wird von HAARLÄNDER und SCHNITZER (1961) 320 g/t angeführt, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß die Menge an Aktivarkosen hier bedeutend größer ist, als am Maßholderknock = Rote Marter.

Auf dem Blatt Adelsdorf konnten nirgends Urananreicherungen angetroffen werden, außer in einem Vorkommen (Nr. 5), das durch einen Waldweg südlich der Straßenkreuzung Zeckern und Adelsdorf—Forchheim angeschnitten ist. Es steht mit dem Fundpunkt „Brakensschlag“ in Verbindung, dessen Hauptverbreitung im Blatt Röttenbach liegt. Lesesteine konnten an einem Feldweg südlich des Weihers „Brandsee“ am Südrand des Blattes und am Hofsee-Weiher,

nördlich von Aisch, festgestellt werden. Mit großer Wahrscheinlichkeit kann angenommen werden, daß letztere einem Vorkommen aus der unmittelbaren Umgebung entstammen, während erstere wohl aus den Aktivarkose-Bildungen von Zeckern herangefahren worden sind.

4. Blatt Erlangen Nord

In einem geophysikalischen Beitrag zu den Erläuterungen der Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000, Blatt Erlangen Nord, deren Veröffentlichung vom Bayerischen Geologischen Landesamt vorbereitet wird, sind die vom Verfasser aufgefundenen Vorkommen der Aktivarkose eingehend abgehandelt. Sie liegen nördlich von Kleinseebach in 290 m NN (Nr. 12), — dieser Fundpunkt ist auch von HAARLÄNDER und SCHNITZER (1961) bearbeitet worden —, im Burgsandsteinzug zwischen Erlangen und Uttenreuth um 300 m NN (Nr. 14), sowie am Burgberg beim Wasserbehälter (Nr. 13). Außer diesen Vorkommen von Aktivarkose konnten nirgends mehr anstehend Urananreicherungen aufgefunden werden. Die geologischen Verhältnisse werden am deutlichsten durch das in HAARLÄNDER und SCHNITZER (1961, S. 6) wiedergegebene Profil von Kleinseebach klar: Die Aktivarkose liegt in Form von dicht gepackten Platten vor, die im Liegenden noch von einzelnen Aktivarkose-Platten und -Linsen unterlagert werden, so daß der gesamte Aktivhorizont mächtig erscheint. Die Aktivarkose-Bildung von Uttenreuth ist schlecht erschlossen; mit Sicherheit kann man jedoch auch hier eine plattige Ausbildung annehmen.

Die Geländemeßwerte der Radioaktivität liegen hier bei 0,050 mr/h, die einer 5-fachen Erhöhung des Nullwertes entsprechen. Bei der radiometrischen Auszählung sind U-Äquivalent-Gehalte von 175 bis 230 g/t festgestellt worden. HAARLÄNDER und SCHNITZER (1961) führen hier Gehalte von 117 bis 230 g/t U-Äquivalent an. Proben aus dem Vorkommen von Uttenreuth erbrachten bei der radiometrischen Auszählung Gehalte von 190 g/t U-Äquivalent.

Anders liegen die Verhältnisse beim Fundpunkt am Wasserbehälter (Nr. 13) am Burgberg, wo nur einzelne Aktivarkosebrocken in einem hellgrünen, rostgebänderten, grobkörnigen Sandstein neben Lettenlinsen eingelagert sind. Hier drängt sich eine gewisse Parallelität zu nördlicher gelegenen Bildungen auf (Höchststadt Nr. 4, Röttenbach Nr. 10). Die Knollen besitzen einen U-Äquivalent-Gehalt von 150 g/t. Eine im gleichen Niveau liegende Uran-Letten-Linse mit zonarem Aufbau weist in ihrer Aktivzone einen Gehalt von 110 g/t auf, während für den Kern der Linse ein solcher von 55 g/t radiometrisch analysiert worden ist. Die entsprechenden Werte auf Grund von chemischen Analysen lauten 58 g/t und 2 g/t. Stratigraphisch gehören die Vorkommen Kleinseebach und Uttenreuth in die Obere Abteilung des Burgsandsteins, wie auch der Fundpunkt am Burgberg, der in 325 m NN jedoch in einem höheren Niveau ausgebildet ist. Für das Vorhandensein von weiteren Aktivarkosevorkommen im Bereich des Burgbergs liegen mehrfach Anzeichen vor, auf die auch HAARLÄNDER und SCHNITZER (1961) hinweisen und die sich daraus ergeben, daß öfter Lesesteine an seinen Hängen und in seinem Vorland bei der Prospektion lokal erhöhte Luftmeßwerte festgestellt wurden.

5. Blatt Erlangen Süd und Nürnberg

Weitaus fündiger und aufschlußreicher ist in Bezug auf die Aktivarkosen im Burgsandstein das Gebiet südlich von Erlangen. Noch ehe HAARLÄNDER und SCHNITZER (1961) ihre Arbeit veröffentlicht haben, sind im Oktober 1960 vom Verfasser mehrere Einzelvorkommen im Sebalder Wald, im Bereich des Dorn-Berges (Nr. 15, 16) und des Ohrwaschel (Nr. 17), aufgefunden worden. Ein großes, gut erschlossenes Vorkommen (Nr. 18) wurde nördlich der Autobahn, bei Buchenbühl, in den alten Steinbrüchen angetroffen. Ebenso wurden westlich von der Ortschaft Buchenbühl mehrere Vorkommen (Nr. 20, 21) aufgefunden, die z. T. in das Blattgebiet von Nürnberg hineinreichen. Die erstgenannten liegen alle wenige Meter über dem Hauptletten und sind damit der Oberen Abteilung des Burgsandsteins zuzuordnen. Die Vorkommen im Tennenloher Forst liegen im Gelände des Truppenübungsplatzes. Ihr ursprünglicher Verband und ihre Lagerung ist stark gestört und im allgemeinen sind sie schlecht erschlossen. Im Liegenden und Hangenden stehen helle, mittelkörnige bis grobkörnige Sandsteine an. Die zusammenhängende Längserstreckung — einschließlich größerer Lücken — beträgt etwa 1,5 km. Die erschlossene Mächtigkeit liegt um 0,3 m. Mit großer Wahrscheinlichkeit ist sie im Anstehenden größer, worauf herausgeschossene Bruchstücke von Aktivarkosebänken hinweisen (südlich Pt. 331 m NN), die bis 30 cm Mächtigkeit aufweisen. Auch diese Vorkommen liegen in der Oberen Abteilung des Burgsandsteins in einer absoluten Höhe von 325 m NN. Der Hauptletten an der Nordseite des Tennenloher Forstes ist bei etwa 305 m angetroffen worden. Die Obergrenze liegt im Blattgebiet nach DORN (1930) in unmittelbarer Nachbarschaft bei 350 m NN. Das Vorkommen östlich Buchenbühl (Nr. 18), an der Autobahn, ist hier eingehend zu erläutern. Das geologische Profil ist bereits bei HAARLÄNDER und SCHNITZER (1961) beschrieben und zeigt mit der eigenen Aufnahme Übereinstimmung (Abb. 2, 3):

5. 0,5—0,8 m heller, rostgebänderter, mürber Sandstein.
0,5 m rostbrauner Sandstein, dem über 2 m Länge eine Aktivarkose-Linse mit 0,3 bis 0,5 m Mächtigkeit eingelagert ist.
4. 3,7—4,0 m grobkörniger-mittelkörniger Sandstein mit bis nußgroßen Geröllen, meist grau bis grüngrau, gegen das Liegende fester werdend, z. T. bankig. Im Hangenden rostbraun, gebändert und darin einzelne plattige Aktivarkosereste.
3. 0,6 m grüngrauer, grobkörniger Sandstein mit einzelnen Aktivarkoseplatten und -nestern bis 0,6 m Länge und 0,2 m Stärke.
2. 2,5— 3 m dunkelroter, fetter Letten.
1. Mächtigkeit hellgrauer, mittelkörniger Sandstein nicht erschlossen.

In sämtlichen Abbildungen im Text wurden für die Gesteine mit gleichartiger petrographischer Zusammensetzung einheitliche Signaturen verwendet, die untenstehend aufgeführt werden. Besondere Bildungen, die nur ausnahmsweise vorkommen, werden in der jeweiligen Abbildung näher bezeichnet.

Dieser Bruch gibt einigermaßen die indifferenten Ausbildungsverhältnisse der Urananreicherungen wieder, zeigt ihren linsenartigen und oftmals aufgespaltenen Charakter. Sie können als charakteristisch für die meisten plattigen Vorkommen gelten. Die Aktivarkose-Linse liegt in einer Höhe von etwa 350 m NN, etwa 4—5 m über dem Hauptletten, dem unmittelbar kleinere Aktivarkoseplatten auflagern (Schicht Nr. 3). Stratigraphisch gehört auch dieses Vorkommen der Oberen Abteilung des Burgsandsteins an. Es liegt im gleichen

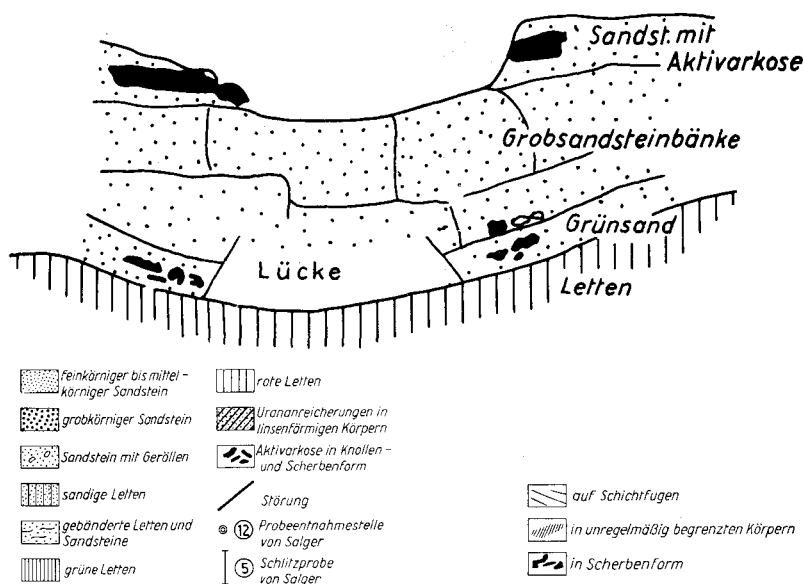


Abb. 2. Schematisches Querprofil durch den Aufschluß Nr. 18, östlich Buchenbühl.

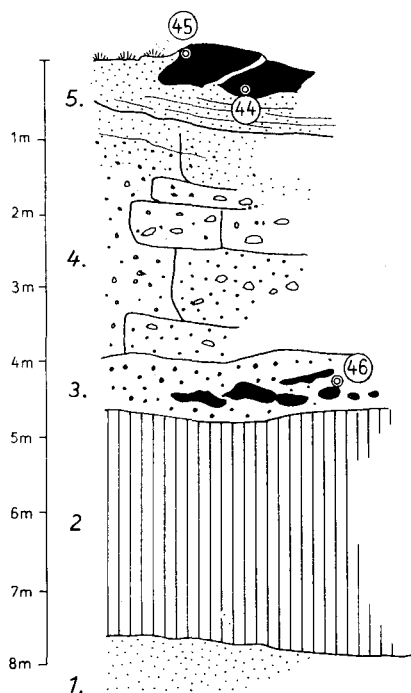


Abb. 3. Profil Aufschluß Nr. 18, östlich Buchenbühl.

stratigraphischen Niveau, obwohl es gegenüber den nördlichen Vorkommen im Tennenloher Forst absolut etwa 25 m höher ausgebildet ist. Das Profil wurde deshalb hier wiedergegeben, weil SALGER (S. 65) an Proben dieses Aufschlusses detaillierte mineralogische und chemische Untersuchungen vorgenommen hat.

Etwa 120 m westlich dieses Vorkommens ist im Autobahneinschnitt eine weitere Aktivarkose-Linse (Nr. 19) mit 0,5 m erschlossener Mächtigkeit in ähnlichen geologischen Verhältnissen angetroffen worden. In etwa 2,5 km Entfernung gegen Westen sind an einer Forststraße im Kraftshofer Forst („Finsterkammerlein“) Aktivarkosen anstehend (Nr. 20 u. 21). Von der Gesamtmächtigkeit sind nur 0,2 m erschlossen. Ihre Höhenlage beträgt 319 m NN. Sie liegen unter dem Hauptletten und gehören damit der Mittleren Abteilung des Burgsandsteins an.

In der horizontmäßigen Verfolgung der Urananreicherungen nach Süden sind auf Blatt **Nürnberg** in der Nähe des neuen Flugplatzes im gleichen Niveau noch mehrfach ähnliche Funde gemacht worden. Da jedoch das Blattgebiet von Nürnberg hauptsächlich von bebautem Gelände eingenommen wird und darin die Aufschlußverhältnisse erfahrungsgemäß für eine Prospektion nicht ausreichend zu erwarten sind, ist auf dem gesamten Kartenblatt keine systematische Aufnahme erfolgt.

Die Feldmeßwerte der Gamma-Strahlung sind in den einzelnen Vorkommen sehr unterschiedlich. Im Tennenloher Forst liegen sie im westlichen Teil im Anstehenden zwischen 0,07 und 0,08 mr/h. Im Bereich des „Ohrwaschel“ sinken sie auf 0,035 mr/h ab. Die radiometrischen Auszählwerte von mehreren Proben erbrachte Gehalte, die zwischen 210 g/t und 295 g/t U-Äquivalent liegen (vgl. Tabelle 1). Die Feldmeßwerte im Aufschluß bei Buchenbühl stiegen in der hangenden Linse auf 0,12 mr/h an und zeigten in den einzelnen Platten über dem Lettenhorizont bis 0,08 mr/h. Ihre radiometrische Analyse erbrachte Gehalte um 250 g/t U-Äquivalent für die Linse und 245 g/t für die einzelnen Platten. Die im tieferen Niveau liegenden Vorkommen westlich Buchenbühl ergaben Szintillationswerte von 0,04 mr/h. Höher wiederum war der Feldmeßwert in den Vorkommen auf Blatt Nürnberg, wo 0,10 bis 0,12 mr/h, also der 10- bis 12-fache Nullwert gemessen wurden. Die U-Äquivalent-Gehalte sind mit 185 g/t festgestellt worden. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch HAARLÄNDER und SCHNITZER (1961).

7. Blatt Emskirchen

Im gesamten Blattgebiet, das zum großen Teil von A. FORSTER im Auftrag der Bayerischen Braunkohlen-Industrie/Schwandorf prospektiert worden ist, wurde ein einziges Vorkommen von Aktivarkose, südlich Hoholz (Nr. 22), gefunden. Es handelt sich hierbei um eine kleine Linse in der Mittleren Abteilung des Burgsandsteins in einer Höhenlage von 375 m NN. Der die Weiher stauende Letten bei 365 m NN ist m. E. als Unterer Letten anzusprechen. Der Burgsandstein ist hier nicht mehr in seiner vollen Mächtigkeit erhalten. Die Ausdehnung der Aktivarkose-Linse übersteigt in allen Dimensionen nicht 0,5 m. In ihrer Ausbildung erinnert sie stark an das Vorkommen am „Maßholderknock“ (Blatt Röttenbach), mit dem Unterschied, daß dieses in der Oberen Abteilung des Burgsandsteins liegt. Die Feldmeßwerte liegen hier hoch um 0,12 m/h. Sie entsprechen damit dem 12- bis 15-fachen Nullwert.

8. Blatt Langenzenn

In diesem Blattgebiet liegt ein Burgsandsteinhöhenzug, der Dillenberg, an dessen flächenhafter Kuppe mehrfach Aktivarkose-Linsen bereits im Jahre 1957 aufgefunden worden sind. Sie liegen im „Holzmichelsbug“, „Klosterholz“ und am „Druidenstein“ (Nr. 26—28) durchwegs in einer Höhe um 405 m NN. Der Untere Letten ist in diesem Gebiet bei etwa 375 m auskartiert worden. Demnach

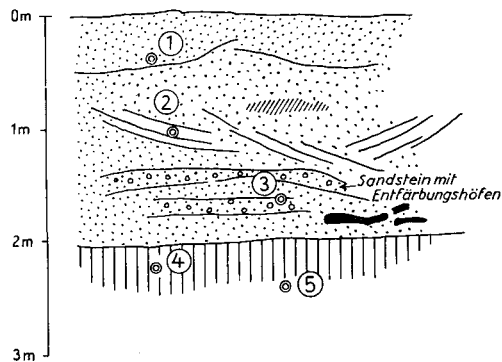


Abb. 4. Profil „Druidenstein“ Nr. 26,
Blatt Langenzenn.
In der Zone von 0,5—2 m befinden sich
Uran-Anreicherungen:

gehören diese Vorkommen der Mittleren Abteilung des Burgsandsteines an. Die Aktivarkosen liegen in dicht gepackten Platten, muldenförmig bis 0,8 m mächtig und mit 3—5 m Längserstreckung in mittel- bis grobkörnigen, hellen Sandsteinen eingebettet. In einem Aufschluß am „Druidenstein“ ist eine andere Ausbildung zu beobachten. Hier sind nur einzelne Aktivarkoseplatten einem mürben, feinkörnigen, blaßgraurötlichen Sandstein eingelagert. Folgendes Profil (Nr. 26), auf das sich auch SALGER bezieht (S. 62), ist hier aufgenommen worden:

5. $\pm 0,5$ m weißgraue, fein- bis mittelkörnige Sandsteinbank.
4. 1,4 m mürbe Sandsteine, mittelkörnig, mit rotvioletten, schräggeschichteten Feldspatsanden, die uranhaltig sind; im Liegenden vereinzelte Aktivarkoseplatten.
3. 2,0 m rote und grüne Letten.
2. 0,4 m heller, mürber, dünnplattiger Sandstein.
1. $\pm 0,5$ m dicke, hellbraune bis hellgraue Sandsteinbänke.

Die Ausbildung erinnert stark an die des Vorkommens bei Mühlhausen auf Blatt Höchststadt (S. 7). Ob die federwolkenartige Uraninfiltration im Sandstein durch Zufuhr von uranhaltigen Lösungen erfolgte oder durch Migration der sehr leichtlöslichen Uranverbindung aus den Knollen geschaffen worden ist, kann nicht mit Sicherheit ausgesagt werden.

Weit aufschlußreicher liegen die Verhältnisse in dem Vorkommen „Hochstraße“ (Nr. 29), dessen Profil im Zusammenhang mit der detaillierten Bearbeitung durch SALGER (S. 62) hier wiedergegeben wird:

Der Aufschluß liegt in 410 m NN. Die erschlossenen Letten stellen mit großer Wahrscheinlichkeit den Unteren Letten dar. Auffallend ist, daß die Aktivarkose unmittelbar diesen Letten auflagert. Im gesamten zeichnen sich Parallelen zum Vorkommen östlich Buchenbühl ab (S. 10). Stratigraphisch gehört dieser Fundpunkt in die Mittlere Abteilung des Burgsandsteines. In unmittelbarer Nähe westlich des Steinbruches sind an einem Weg gegen Süden ähnliche Aktivarkosen angetroffen worden. Bohrungen, die durch die Bayerische Braunkohlen-Industrie zur Auffindung weiterer Aktivarkosen im näheren Bereich niedergebracht worden sind, verliefen ohne Erfolg. Als abschließende Erkenntnis aus einer umfänglichen Untersuchung ergibt sich, daß es sich auch hier nur um einzelne Aktivarkoseplatten handelt, die gelegentlich in \pm kleinen Nestern dem Letten aufliegen. Wie unterschiedlich sich die Gamma-Aktivitäten einzelner Schichten verhalten, zeigt ein radiometrisches Profil in Abb. 6. Es wurde nach der stationären Auszählung von Proben aus dem Aufschluß „Hoch-

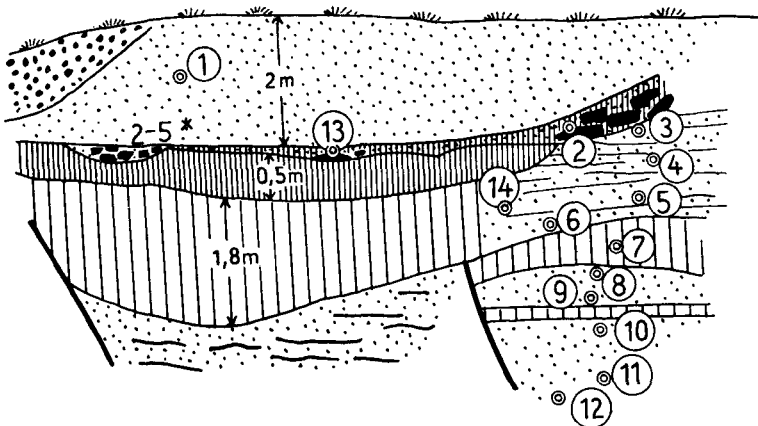


Abb. 5. Schematisches Profil des Aufschlusses „Hochstraße“ Nr. 29, Blatt Langenzenn.

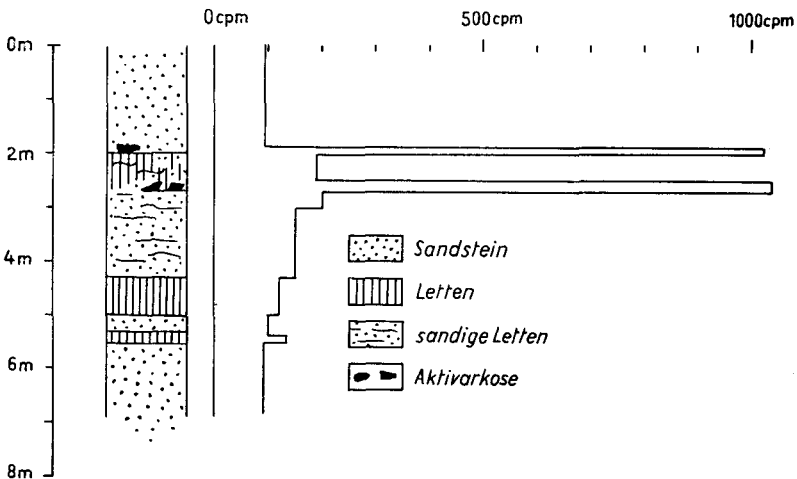


Abb. 6. Szintillogramm des Profils „Hochstraße“, Blatt Langenzenn.

straße“ (Nr. 29) konstruiert. Die geringsten Gamma-Werte zeigen die Sandsteine an. Die Letten und stark sandigen Letten heben sich \pm deutlich ab, während sich die Aktivarkosen merklich unterscheiden (Abb. 6).

Die radiologischen Feldmessungen schwanken in ihren Werten im Anstehenden zwischen 75 cps (= 0,05 mr/h) und 120 cps (= 0,08 mr/h), je nach den örtlichen Verhältnissen. Mehrfach ist auch die Gamma-Strahlung von Lesesteinen gemessen worden, die eine geringere Intensität bis 80 cps (= 0,05 mr/h) anzeigt. Diese Szintillometeranzeigen stellen den 5- bis 8-fachen Nullwert dar. Die radiometrischen Analysen erbrachten Gehalte von 190 bis 570 g/t U-Äquivalent. Sie sind im einzelnen in der Tabelle 1 aufgeführt).

9. Blatt Fürth

Der Burgsandsteinhöhenzug des Dillenberges setzt sich nach Osten auf Blatt Fürth im Cadolzbürger Höhenzug fort. Auch hier sind mehrfach Aktivarkosen aufgefunden worden. Sie konzentrieren sich hauptsächlich in der Umgebung von

Cadolzburg, wo sie sowohl am Nord- als auch am Südfall aufgefunden wurden. Am höchsten — der absoluten Höhenlage nach — ist eine nicht näher erschlossene Linse am Aussichtsturm Cadolzburg angetroffen worden, in der die Aktivarkose plattig ausgebildet ist und eine Mächtigkeit von etwa 0,5 m annehmen läßt. Die Untergrenze des Burgsandsteins ist am Südfall des Höhenzuges nach FUCHS (1955) und nach eigenen Aufnahmen um ± 370 m NN anzunehmen. Ein leitender, aushaltender Lettenhorizont konnte im näheren Bereich um 390 m NN verfolgt werden, der dem Unteren Letten entspricht. Somit liegt die Aktivarkose-Linse am Aussichtsturm in der Mittleren Abteilung des Burgsandsteins. Diesem Niveau gehört auch eine Fundstelle an, die am Wasserturm (Nr. 25), südwestlich von Cadolzburg, von einem Prospektionstrupp der Bayerischen Braunkohlen-Industrie/Schwandorf aufgefunden worden ist. An einer Wegböschung sind Aktivarkosen linsenartig angereichert und als einzelne Platten in einem hellbraungrauen Sandstein eingeschaltet. Geringe wolkenartige Urananreicherungen sind in einzelnen rotviolett verfärbten Sandsteinlagen in der Nähe der Aktivarkosen zu erkennen. Folgende Situation ist dort aufgenommen worden:

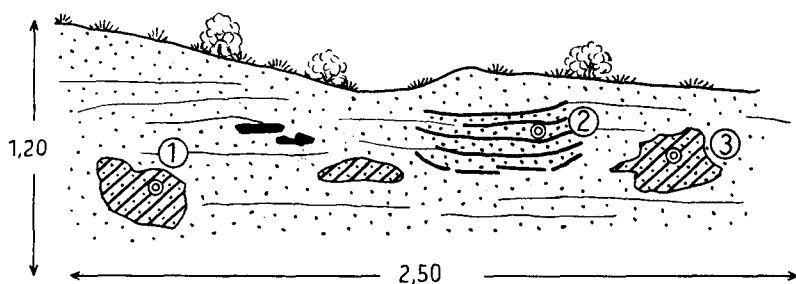


Abb. 7. Profil am „Wasserturm“, Cadolzburg (Nr. 25)**). Neben den linsenförmigen Urananreicherungen (Punkt 1 u. 3) sind auch auf Bankungsfugen Uran-Anreicherungen (Punkt 2, dicke Striche) erfolgt.

Diese Uran-Anreicherungen hängen unmittelbar mit dem Lettenhorizont zusammen, der um 390 m NN ausbeißt.

An der Nordseite des Cadolzburger Höhenzuges ist an der Festwiese (Nr. 24) ein Aufschluß mit Aktivarkosen aufgefunden worden. Diese Fundstelle liegt in 365 m NN und zeigt über 2 m Erstreckung nachstehendes Profil:

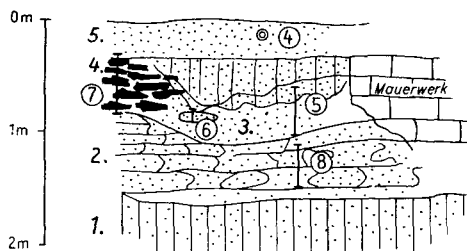


Abb. 8. Aufschlußprofil Cadolzburg—Festwiese (Nr. 24).

5. 0,30 m hellbraunrötliche Sandsteinbank, mittelkörnig, mürb, roststreifig.
4. 0,50 m Aktivarkose, plattig, die seitlich auf 0,10 m in rötliche und bunte Sande und lettige Sande auskeilt.
3. \pm 0,25 m braungelbe Sandsteine, mürb, mittelkörnig.
2. 0,40 m plattige, helle Sandsteine, mittelkörnig.
1. 0,50 m sandige Letten, rotviolett bis rötlichbraun (erschlossen).

Die Schichten fallen hier mit etwa 6° nach NNO ein. Auch dieses Vorkommen liegt in der Mittleren Abteilung des Burgsandsteins, da der Untere Letten an der Nordseite bei etwa 355 m NN auskartiert wurde, während die Untergrenze nach FUCHS (1955) in Übereinstimmung mit eigenen Aufnahmen hier um 330 m NN anzunehmen ist. Aus den Geländeaufnahmen ergibt sich, daß der gesamte Burgsandsteinhöhenzug ein stärkeres Einfallen nach N bzw. NO zeigt, als das ansonsten mit $2\text{--}3^\circ$ beobachtete im Blattgebiet. Diese Feststellung deckt sich mit Beobachtungen bei der bisherigen Aufnahme des westlichen Anschlußblattes Langenzenn durch den Verfasser. Auf Grund von Lesesteinfunden im gleichen Niveau bei Egersdorf (X), östlich von Cadolzburg, erscheinen noch weitere Aktivarkose-Bildungen im Streichen nach Osten möglich.

Im westlichen Zirndorfer-Fürther Stadtwald sind mehrfach Lesesteine von Aktivarkosen angetroffen worden, sowohl an der Nordseite als auch südlich des Höhenrückens. Wenn auch hier nirgends anstehende Vorkommen festgestellt worden sind, sprechen diese Funde, die zum Teil in Form bankartiger Restblöcke vorliegen, dafür, daß auch in diesem Bereich Urananreicherungen ausgebildet sind. Die Fundpunkte der Aktivarkosen (Nr. 31, 32) konzentrieren sich im Lochholz, im Gebiet der alten Steinbrüche, südlich Burgfarnbach, und an der Rennstraße um 365 m NN. Es ist daher mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß sie in der Mittleren Abteilung des Burgsandsteins anstehen, wie sie im westlichen Gebiet von Cadolzburg auch aufgefunden worden sind.

Die radiologischen Feldmeßwerte zeigen Szintillometerwerte von 50 bis 90 cps (= 0,04 bis 0,06 mr/h). Die radiometrische Bestimmung erbrachte Gehalte von 130 bis 215 g/t U-Äquivalent.

Erst im „Sophiengrund“ (Nr. 30) bei Dambach, etwa 3 km südöstlich des vorstehenden Gebietes, konnten in einem aufgelassenen Steinbruch aufschlußreiche Vorkommen der Aktivarkose im Anstehenden gefunden werden. Die Oberfläche dieses Bruchs liegt in einer Höhe von etwa 340 m NN. Er selbst gibt mit etwa 8 m Mächtigkeit in die Ausbildung der uranangereicherten Sandsteinspartien einen guten Einblick. Der Aufschluß streicht mit seiner Längsachse Nordwest—Südost und hat eine größte Erstreckung von 90 m und eine Breite von 40 m. Mit Ausnahme der Nordostwand, die weitgehend verwachsen und verschüttet ist, sind an allen Bruchwänden Aktivarkosen in wechselnder Mächtigkeit und Ausbildung aufgefunden worden. Als Beispiel sei hier nur die geologische Aufnahme an der Westwand angeführt, aus der auch SALGER (S. 63) mehrere Proben für seine Untersuchung genommen hat.

Im gleichen Niveau sind an der Ostwand plattige Arkosen in einer 2 m langen und 0,8 m mächtigen Linse erschlossen. Diese beiden Vorkommen sind durch einzelne Aktivarkosebruchstücke, Linsen oder bandartige, uranangereicherte Sandsteinlagen zu einem Horizont mit ca. 80 m Längserstreckung mehr oder weniger kontinuierlich miteinander verbunden. In etwa 1,5 m und 2,5 m Höhe sind am Aufschlußeingang in einem tieferen Niveau ebensolche Anreicherungen festgestellt worden.

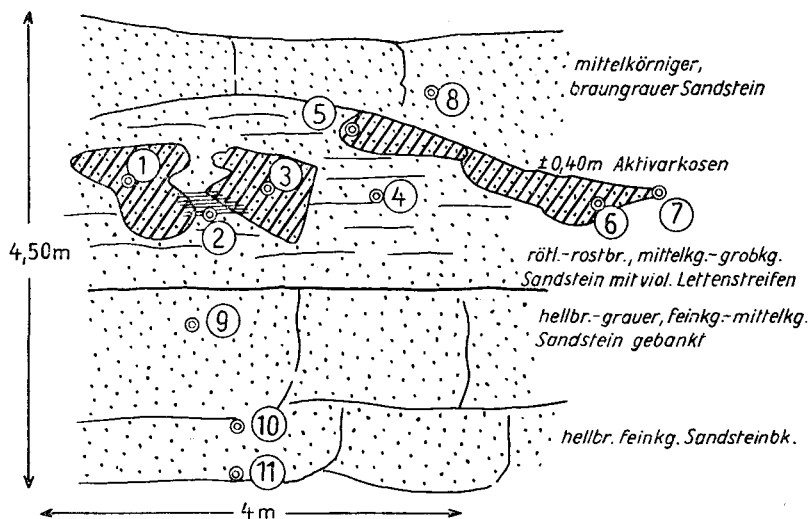


Abb. 9. Profil „Sophiengrund“ (Nr. 30), Blatt Fürth/Bay.

Eine direkte Beziehung zu einem leitenden Lettenhorizont, die für die stratigraphische Einstufung notwendig wäre, konnte nicht festgestellt werden. In der näheren Umgebung, u. a. bei Weiherhof, am Heusenbergr und auf der Alten Veste, sind in 330—335 m NN rote und violette Letten festgestellt worden, die möglicherweise dem Unteren Letten entsprechen. Diese Vermutung wird noch dadurch gestützt, daß im Bereich des Bruches mehrere Quellen um 330 m NN entspringen. In diesem Zusammenhang ist noch weiter zu berücksichtigen, daß nach Wasserbohrungen bei Weiherhof, die dem Aufschluß nahe liegen, die Untergrenze des Bursandsteins nach v. FREYBERG (1936) bei etwa 310 m NN zu setzen wäre. Somit liegen mehrfach Hinweise vor, daß diese Aktivarkose-Bildungen der Mittleren Abteilung des Bursandsteins einzuordnen sind. Im Vergleich zu den Vorkommen bei Cadolzburg liegen sie der absoluten Höhenlage nach wesentlich tiefer, was wohl mit der Tektonik zusammenhängt, die in der geologischen Karte von FUCHS (1955) angedeutet wurde, aber zur Erklärung des Niveauunterschiedes nicht ausreicht. Verbiegungen, mit Sattel- und Muldenbildungen, wie sie im größeren Rahmen im gesamten Keupergebiet beobachtet werden können, müssen zur Erklärung hinzugezogen werden.

Für die Einstufung in die Mittlere Abteilung des Bursandsteins spricht auch der Umstand, daß sowohl im Sophiengrund als auch im südlichen Verbreitungsgebiet des Bursandsteins, nördlich Zirndorf, viele Brüche liegen, die meistens in den Sandsteinbänken des Mittleren Bursandsteins angelegt sind.

Die Feldmeßwerte liegen in den mürben, weniger verfestigten Gesteinslagen bei 60—80 cps (= 0,05 mr/h) und bei den plattigen und knolligen Bildungen bis 150 cps (= 0,10 mr/h). Diese Anzeigen entsprechen einem Wert, der dem 6-fachen bis 12-fachen Nulleffekt gleichkommt. Die radiometrische Auszählung erbrachte U-Äquivalentgehalte zwischen 150 g/t und 265 g/t.

Der Vollständigkeit halber sei noch ein Vorkommen von Aktivarkosen erwähnt, das am SW-Fuße der Burg von Cadolzburg (Nr. 23) aufgefunden wurde. Hier liegen in kreuzgeschichteten, mittelbraunen bis grauen Sandsteinen einzelne dunkelrote, nuß- bis eigroße Knauern, die die umgebenden Sandsteine mehr oder weniger stark rötlichviolett verfärbten und

Szintillationswerte bis 120 cps anzeigen. Sie liegen im geringen Abstand über dem Unteren Letten, der hier mehrere Weiher staut. Wegen der Verbauung und der schlechten Aufschlußverhältnisse können keine weiteren Angaben über dieses Vorkommen gemacht werden. In seiner Anlage erinnert diese Fundstelle an bereits beschriebene bei Mühlhausen (vgl. S. 7) und am Druidenstein (S. 13), wenngleich sie einem anderen stratigraphischen Niveau angehören.

Am Kühbuck, südlich Cadolzburg bei Steinbach, ist noch in seinem höchsten Teil Burgsandstein erhalten. Hier sind Reste von Aktivarkosen als Lesesteine aufgefunden worden. Sie sind hier als Restschutt der Mittleren Abteilung des Burgsandsteins aufzufassen, denn nirgends mehr konnten anstehende Linsen dieser uranangereicherten Arkosen aufgefunden werden. Die Feldmeßwerte in vereinzeltten Brocken erreichen bis 60 cps ($= 0,04$ mr/h). Die radiometrisch bestimmten ergaben einen Gehalt von 230 g/t U-Äquivalent.

10. Blatt Röthenbach a. d. Pegnitz

Im Gebiet von Röthenbach liegt der Burgsandstein nur im westlichen Drittel des Blattes zutage und davon sind große Teile mit diluvialen Sanden überdeckt. Durch eine wenig ausgeprägte Morphologie werden die Aufschlußverhältnisse noch zusätzlich verschleiert. Da in der näheren Umgebung auch keine Bohrungen den Burgsandstein durchteufen, ist die stratigraphische Gliederung problematisch und nur unter Vorbehalten durchzuführen. Mehrfach wurden in einem Bereich, der von der Autobahnzufahrt Nürnberg und dem Autobahnabschnitt gegen Fischbach abgegrenzt wird, zahlreiche Funde von Lesesteinen gemacht. Darüber hinaus wurden an mehreren Stellen im Anstehenden Ausbisse von Aktivarkosen aufgefunden.

Aus dem Gebiet von Nürnberg streicht noch am Westrand der Burgsandsteinzug des Schmausenbuck (Nr. 33) ins Kartenblatt. An seinem Nordhang wurde in etwa 340 m NN eine Aktivarkose-Linse mit einer Mächtigkeit von 0,8 bis 1,0 m aufgefunden. Sie zeigt die übliche plattige bis bankige Ausbildung. Eine Beziehung zu einem aushaltenden Lettenhorizont konnte nicht festgestellt werden. Die Obergrenze des Burgsandsteins liegt im Gebiet des Schmausenbuck nach eigenen Geländeaufnahmen mindestens bei 390 m NN, wahrscheinlich nach Kombination aus verschiedenen Perspektiven bei 400 m. Nach BIRZER (1958), der mehrere Bohrungen im südlichen Mittelfranken bearbeitet hat, beträgt die Mächtigkeit der Oberen Abteilung des Burgsandsteins 35—40 m. Setzt man diese für das Untersuchungsgebiet ein, ergibt sich eine Einstufung der anstehenden Aktivarkose in den Mittleren Burgsandstein. In ihrer weiteren Horizontierung gegen Osten konnten noch zweimal bis in eine Entfernung von 750 m Lesesteine aufgefunden werden.

Erst etwa 2 km östlich dieser Fundpunkte sind in einer Höhenlage von 338 m NN mehrere Aktivarkose-Linsen in den „Drei Höhen“ (Nr. 34—38) festgestellt worden. Die größere hat nach der radiologischen Geländevermessung eine NW—SO-Ausdehnung von 125 m und eine Breite von 40 m. Ihre Mächtigkeit ist nicht erschlossen. Infolge der schlechten Aufschlußverhältnisse ist nicht zu erkennen, ob es sich hierbei um ein geschlossenes Vorkommen oder um eine Aufeinanderfolge mehrerer kleinerer Linsen handelt. Letzteres erscheint wahrscheinlicher. Die in diesem Niveau festgestellten Fundstellen erstrecken sich über etwa 900 m. Ihre stratigraphische Einstufung bietet auch hier gewisse Schwierigkeiten. Im Rahmen der durchgeführten Prospektion konnte keine ausreichende

Geländeaufnahme vorgenommen werden, die die stratigraphischen und tektonischen Verhältnisse im einzelnen klären. An Hand der geologischen Aufnahme des Nachbargebietes Nürnberg von FUCHS (1956), eigener Geländebeobachtungen und unter Verwendung der Streichkurvenkarte von v. FREYBERG (1954) ist in diesem Bereich des Blattgebietes von Röthenbach ein stärkeres Einfallen der Schichten gegen Norden zu konstruieren (Grenze Feuerletten/Burgsandstein 30 m Abfall auf etwa 5 km). Unter Berücksichtigung aller angeführten Faktoren sind diese Fundstellen der Aktivarkosen mit großer Wahrscheinlichkeit in den hangenden Teil der Mittleren Abteilung des Burgsandsteins zu stellen. Hierher sind auch die drei Vorkommen am Südhang dieses Höhenzuges (Nr. 41, 40, u. 39) zwischen den „Alten Steinbrüchen“ und der „Roten Marter“ einzustufen. Für das zweite ist nach Szintillometermessungen eine Längsausdehnung von ca. 100 m anzunehmen. Letzteres liegt bereits am Nordhand des „Brunner Berges“, dessen Hochfläche von Rhätbildungen eingenommen wird und an dem die Grenze gegen die Feuerletten bei 405 m NN liegt. Diese Fundstellen liegen mit am weitesten im Osten, unweit des heutigen Jurarandes.

Die Ausbildung der oben beschriebenen Aktivarkosen ist meist plattig bis dünnbankig. Sie liegen in rötlich bis hellbraunen, mittel- bis grobkörnigen Sandsteinen, die mehr oder weniger mürb sind. Eine unmittelbare Beziehung zu Lettenhorizonten konnte nicht festgestellt werden. Mehrfach bilden diese Linsen Härtlinge, die mitunter so ausgeprägt sein können, daß sie im morphologischen Profil einen deutlichen Geländeknick ergeben und sich als mehr oder weniger einspringende Hochfläche abzeichnen.

Die radiologischen Feldmeßwerte sind, je nach den vorgefundenen Aufschlußverhältnissen, sehr unterschiedlich. Sie schwanken zwischen 0,04 mr/h und 0,120 mr/h. Dieser Wert entspricht etwa des 5- bis 15-fachen Nulleffekt, was allerdings nicht darauf schließen läßt, daß der tatsächliche Uran-Gehalt in den Vorkommen mit dem 15-fachen Nullwert dreimal so groß ist, wie der in den Aktivarkosen mit der niederen Anzeige. Die radiometrische Analyse erbringt U-Äquivalent-Gehalte von 155 bis 470 g/t.

11. Blatt Feucht

Etwa die Hälfte des Blattgebietes von Feucht wird von Sedimenten des Burgsandsteins eingenommen. In ihnen wurden mehrfach Aktivarkosen aufgefunden. Es mag wohl an den Aufschlußverhältnissen liegen, daß sie in der Umgebung von Schwarzenbruck und dann bei Sperberslohe, südlich von Feucht, festgestellt worden sind.

Südöstlich von Feucht sind in einem Hohlweg in rotvioletten, mürben Sandsteinen einzelne Nester von rotvioletten Aktivarkose-Knollen (Nr. 46) aufgefunden worden. Ihre Höhenlage ist bei ca. 375 m NN. Diese Nester stehen im unmittelbaren Zusammenhang mit einem dunkelroten, zum Teil sandigen Letten, der einem Zwischenletten entspricht und nicht einem Leithorizont. Am benachbarten „Dreibrüderberg“ konnte der Feuerletten gegen das Rhät abgegrenzt werden. Unter Berücksichtigung dieser Feststellungen gehört dieses Vorkommen in die Obere Abteilung des Burgsandsteins, was gut mit der Gliederung BIRZERS (1958) übereinstimmt, die an Hand von zwei Bohrungen in Feucht und bei Röthenbach/St. Wolfgang erstellt worden ist. In zwei Hohlwegen, die vom südlichen Ortsende S c h w a r z e n b r u c k zum Altersheim führen, und an der Schwarzach sind an drei Stellen Aktivarkosen (Nr. 47—49) aufgefunden worden. Sie liegen in einer Höhenlage von etwa 360 mm NN und zeigen eine ähnliche

Ausbildung, wie das oben beschriebene Vorkommen. In hellbraunen bis gelben Sandsteinen liegen einzelne Aktivarkose-Platten oder -Knollen, die zuweilen bis 0,6 m mächtige Pakete bilden. Etwa 5 m im Liegenden der Urananreicherungen ist ein violettroter Letten angeschnitten, der dem Hauptletten entsprechen könnte, da er über eine größere Entfernung aushält. Folgendes Profil ist im Hohlweg aufgeschlossen:

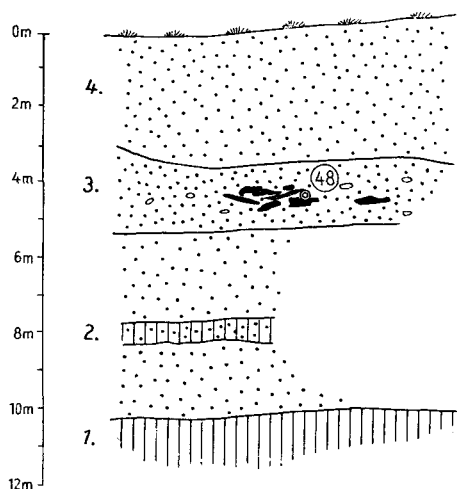


Abb. 10. Schematisches Profil „Hohlweg Schwarzenbruck“ Nr. 46

4. 3—4 m gelbe Sandsteine, mittel- bis grobkörnig.
3. 1,6 m hellbraune bis rostgelbe Sandsteine mit Aktivarkoseplatten und -nestern, grobkörnig bis mittelkörnig mit einzelnen nußgroßen Quarz-Geröllen.
2. 5 m hellbrauner bis rostfarbiger, mittelkörniger Sandstein mit zwischengeschalteten rot-violetten sandigen Letten.
1. rotviolette Letten, z. T. sandige Partien (Quellhorizont). (Mächtigkeit nicht erschlossen.)

Derartige uranhaltige Anreicherungen scheinen hier über ein größeres Areal verbreitet zu sein, da auch jenseits der Straße am Steilufer beim Sägewerk radiologische Hinweise auf das Vorhandensein von Aktivarkosen vorliegen. Das höffige Gebiet hat danach eine W—O-Ausdehnung von ca. 350 m und eine Breite von sicher 60 m. Die Vorkommen sind hier der Oberen Abteilung des Burgsandsteins einzuordnen.

Auf Grund eigener Geländeaufnahmen und unter Berücksichtigung der Auswertung von Bohrungen durch BIRZER (1958) ergibt sich für den Burgsandstein dieses Bereichs eine Gesamtmächtigkeit von 75 bis 80 m. Die Unteren Letten sind etwa 25 m über der Untergrenze des Burgsandsteins mit 4—5 m Mächtigkeit ausgebildet. Der Hauptletten erreicht eine Mächtigkeit von 8—10 m, die damit einen beachtlichen Teil der etwa 30 m der Oberen Abteilung des Burgsandsteins für sich beanspruchen. Die Untergrenze des Burgsandsteins ist nach Interpolieren im Gebiet von Schwarzenbruck bei 300 m NN anzunehmen, während die Obergrenze um 380 m NN zu liegen kommt.

Im Gebiet von Sperberslohe (Nr. 50—60) sind mehrfach, sowohl im Südwesten als auch im Nordwesten und Osten, anstehende Vorkommen von Aktivarkosen aufgefunden worden. Alle 11 Fundstellen liegen in einer Höhe

von 370 bis 380 m NN. Dieses höfliche Gebiet hat eine N—S-Erstreckung von etwa 4,5 km und reicht vom westlichen Blattrand etwa bis 5 km nach Osten über Dürrenhembach hinaus. Soweit es die Aufschlußverhältnisse erkennen lassen, herrscht in diesem Bereich die plattige Ausbildung in den Aktivarkose-Linsen vor. Über weite Strecken ist ein Zusammenhang mit einem durchhaltenden Lettenhorizont festzustellen, der zwischen 365 und 370 m NN sedimentiert wurde. Er ist als Hauptletten anzusprechen. Man geht nicht fehl, wenn man die Lagerungsverhältnisse, die in dem Aufschluß (Nr. 56) an einer Jagdhütte am „Hohenwarth“ gefunden wurden, auch auf die meisten anderen Vorkommen überträgt. Hier zeigt sich folgendes Profil:

- 0,8—0,9 m Aktivarkose plattig.
 - 1,0—1,2 m gelblicher, rostgebänderter, mittel- bis grobkörniger Sandstein, dem rotviolette 5 cm uranhaltige Sandleisten eingelagert sind.
 - 0,8 m Lücke.
 - ca. 2 m rote bis rotviolette, mürbe lettige Sandsteine.
 - 1,5—2,2 m blauviolette bis rotviolette Letten mit dunkelvioletten Sandbändern.
- (erschlossen) (Hauptletten).

Wohl kann die Ausdehnung und die Mächtigkeit der eingeschalteten Aktivlinsen wechseln, aber grundsätzliche Änderungen sind nicht zu erwarten. Nach allen Gegebenheiten gehören diese Vorkommen der Oberen Abteilung des Burgsandsteins an.

Die radiologischen Feldmeßwerte variieren entsprechend den angetroffenen Aufschlußverhältnissen zwischen 0,032 und 0,180 mr/h. Diese Anzeigen entsprechen dem 4- bis 22-fachen Nullwert, der im strahlungsfreien Burgsandstein um 0,008 mr/h liegt. Die radiometrische Auszählung erbrachte U-Äquivalent-Gehalte von 155 bis 455 g/t, wobei die höchsten im MP 58 liegen (Tab. 1).

12. Blatt Schwabach

Gegen Westen streicht der Burgsandstein von Feucht noch ins Blattgebiet Schwabach. Er ist jedoch hier von Flugsanden, die sogar zu Dünen aufgeweht sind, und anderen diluvialen Ablagerungen überdeckt, so daß er von FUCHS (1957) nicht erkannt werden konnte. Durch diese diluviale Überdeckung ist auch die Strahlung noch hier denkbarer Vorkommen von Aktivarkosen abgeschirmt und so konnten hier durch die radiologische Vermessung auch keine aufgefunden werden. Dagegen wurden solche im *Wendelsteiner Höhenzug* mehrfach erkannt, jedoch nur im Bereich des Kornberges. Die Fundstellen sind in einer absoluten Höhe um 370 m NN. Im Vorkommen Nr. 45, einem Aufschluß nördlich des Bahnhofs von Wendelstein, ist folgendes Profil noch z. T. erschlossen:

- 5. 2 m rotvioletter Letten mit Resten von braunem Sandstein.
- 4. 2—3 m braungelbe Sandsteinbank, mittel- bis grobkörnig, mit Einlagerung von rotvioletten Aktivarkosen bis 0,2 m mächtig.
- 3. ± 4 m bunte, zum Teil sandige Letten.
- 2. 3,5 m gelbbraune bis rötliche Sandsteinbank.
- 1. 1,5 m bunte Letten und Sandsteinwechsellagen.

Die Lage 3 des Profils ist der Hauptletten, da in der Umgebung noch mehrfach im gleichen Niveau, um 365 m NN, ähnliche Letten ausbeissen. Da die Untergrenze des Burgsandsteins nirgends aufgeschlossen ist, jedoch aus Bohrungen

nach FUCHS (1957, Worzeldorf und Großschwarzenlohe) durch Interpolieren bei etwa 325 m NN ermittelt werden kann, ergibt sich für den Burgsandstein folgende Mächtigkeitsgliederung:

Obere Abteilung	etwa 35—40 m	(nach Interpolation, da im Aufschlußgebiet nicht vollständig erhalten)
Mittlere Abteilung	15—20 m	
Untere Abteilung	25 m	

Diese Angaben decken sich gut mit denen von BIRZER (1958), die nach der Auswertung von mehreren Bohrungen im weiteren Umkreis des Aufschlußgebietes ermittelt wurden. Unter Berücksichtigung dieser Feststellung gehört das Vorkommen vom Kornberg in die Obere Abteilung des Burgsandsteins. Im gleichen Niveau liegen zwei weitere, die in nordwestlicher Richtung ausfindig gemacht wurden. Da mehrere Proben aus dem nordwestlichsten Aufschluß Nr. 43, von SALGER (S. 63) untersucht worden sind, seien die örtlichen Verhältnisse wiedergegeben:

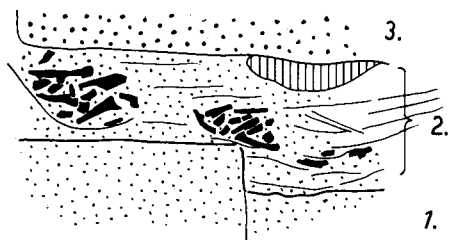


Abb. 11. Ausbildung der Aktivarkose im Wendelsteiner Höhenzug, Aufschluß Nr. 43.

3. 1,5—2,5 m rötliche bis braune Sandsteine, grobkörnig, bankig.
2. 0,5 m rötliche bis gelbbraune, mürbe, gebänderte Sandsteine, grobkörnig, mit Nestern von Aktivknollen und Aktivarkoseplatten und einzelnen Lettennestern.
1. 1,8 m gelblichgraue, mittelkörnige Sandsteinbank.

Alle drei Vorkommen befinden sich wenige Meter unter dem Hauptletten und erinnern damit an die Ausbildung bei Buchenbühl auf Blatt Erlangen Süd (S. 10).

Nördlich vom Wendelsteiner Höhenzug sind beim Zollhaus Langenlohe (Nr. 42) in einem Hohlweg in gleicher Höhenlage und Ausbildung 0,2 m mächtige Aktivarkosen in grobkörnigen Sandsteinen aufgefunden worden.

Die radiologischen Feldmeßwerte liegen hier einheitlich hoch um 0,120 mr/h, was wohl in erster Linie auf die einander ähnelnden Aufschlußverhältnisse zurückzuführen ist. Diese Anzeige entspricht dem 25-fachen Nullwert. Die radiometrische Auszählung im Labor ergab Gehalte von 195 bis 370 g/t U-Äquivalent (vgl. Tab. 1).

Ein zweites Burgsandsteingebiet mit mehreren Fundpunkten von Aktivarkosen (Nr. 75—77) auf Blatt Schwabach ist bei Uigenau, südlich Schwabach, aufgefunden worden. In diesem Zusammenhang wird an die von BIRZER (1958) angeführten Feststellungen erinnert, daß der Burgsandstein im Rednitzgebiet südlich Nürnberg weiter verbreitet ist, als es GÜMBEL erkannt hat, und ihm beigepflichtet. Im Meßpunkt 77 ist durch einen Hohlweg in hellbraunen, kaolinigen, mittel- bis grobkörnigen Sandsteinen eine etwa 0,5—0,8 m mächtige

violett bis rotviolette Aktivarkose-Linse angeschnitten, die nach Lesesteinfunden auf den benachbarten Feldern eine Ausdehnung von mehreren Zehnern von Metern besitzt. Sie konnte sowohl nach Westen als auch nach Osten über einen Gesamtausstrich von etwa 1,5 km aufgefunden werden. Alle diese Vorkommen liegen in einer Höhe von etwa 365 m NN. Die Untergrenze des Burgsandsteins ist im Gelände schwer auszumachen und ist danach kaum zu ziehen, da sie zum Teil außerdem noch durch diluviale Sande verdeckt wird. Auf Grund der Bohrungen südlich Uigenau, die FUCHS (1957) anführt, liegt sie bei 345 m NN. Auch nach der Auswertung der Bohrungen bei Schwabach durch BIRZER (1958) erscheint diese Annahme gestützt. Bei der Prospektion sind in einer Höhenlage um 360 m NN bei Uigenau immer gleichartige mächtige Letten angetroffen worden, die als Unterer Letten anzusprechen sind. Auf Grund dieser Feststellungen gehören die Vorkommen von Uigenau der Mittleren Abteilung des Burgsandsteins an. In der Ausbildung unterscheiden sie sich merklich von den Aktivarkosen im Wendelsteiner Höhenzug. Sie setzen sich aus dünnplattigen, mehr violett gefärbten Feldspatsandsteinen zusammen.

Ihre radiologischen Feldmeßwerte liegen meist niedriger um 0,05 mr/h; lediglich im Hohlweg, im Zentrum der Aktivarkose-Linse, sind 0,12 mr/h gemessen worden. Die radiometrischen Auszählwerte im Labor zeigen Gehalte von 330 g/t U-Äquivalent an (Tab. 1).

13. Blatt Roßtal

Lediglich im Südwesten des Blattgebietes von Roßtal ist von FUCHS (1959) Burgsandstein auskartiert worden. Die Untergrenze liegt nach dieser Aufnahme am Südfall der Höhenzunge bei 430 m NN. Möglicherweise liegt sie unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus dem Gebiet von Schwabach um 420 m NN. Der Untere Letten konnte im weiteren Bereich des Haufbucks, der mit 452 m NN die höchste Erhebung des Blattgebietes darstellt, nicht aufgefunden werden. Dagegen ist auf seiner Kuppe die Aktivarkose (Nr. 79) in der üblichen plattigen Ausbildung angetroffen worden. Da hier früher Sandstein gebrochen wurde, sind diese Vorkommen in ihrem ursprünglichen Verband stark gestört. Ihre Höhenlage über der Untergrenze, die Fazies der Sandsteine machen die Einstufung in die Mittlere Abteilung des Burgsandsteins wahrscheinlich. Es liegen Anzeichen dafür vor, daß in der weiteren Umgebung die Aktivarkosen in bis 0,3 m mächtigen Bänken angestanden haben müssen, worauf Bausteinquader von Häusern und Mauern in Lanzendorf hinweisen. Im geophysikalischen Beitrag bei FUCHS (1959) wies der Verfasser bereits darauf hin (BERGER 1959b). Die radiologischen Feldmeßwerte erreichen mit 0,04 bis 0,08 mr/h etwa den 5- bis 10-fachen Nulleffekt. Die radiometrische Auszählung von verschiedenen Proben erbrachte Gehalte zwischen 80 und 120 g/t U-Äquivalent. Sie erscheinen niedrig und müssen unter der Berücksichtigung des Umstandes gewertet werden, daß ein beachtlicher Teil des ursprünglichen Urangelhaltes weggeführt worden ist.

14. Blatt Abenberg

Der am Haufbuck heraustretende Burgsandstein findet im Süden auf Blatt Abenberg in den Zeugenbergen Vogelbuck und Röthelbuck, östlich Brunn, seine Fortsetzung. Während im Bereich des ersteren lediglich Anzeichen eines Vorhandenseins von Urananreicherungen im Burgsandstein festgestellt wurden,

konnten nordöstlich Leipersloh (Nr. 80) und am Röthelbuck (Nr. 81) selber Aktivarkosen anstehend und als Lesesteine aufgefunden werden. Sie liegen einmal bei 430 m NN und am Röthelbuck bei 435 m. Ein Lettenausbiß ist allenthalben um 425 m NN zu beobachten. Es kann sich dabei um den Unteren Letten handeln, was in Übereinstimmung mit anderen stratigraphischen Feststellungen eigener Aufnahmen im Aurachtal bei Rudelsdorf steht. Demnach sind diese Aktivarkose-Vorkommen in die Mittlere Abteilung des Burgsandsteins einzuordnen. Bei dem Vorkommen von Leipersloh sind durch Szintillometermessungen mehrere Geländestreifen im Sandstein mit hohen Gamma-Strahlenwerten festgestellt worden, die darauf schließen lassen, daß hier verbreitet Aktivarkose-Linsen ausgebildet sind. Nähere Angaben über ihre Ausbildung können wegen mangelhafter Aufschlußverhältnisse nicht gemacht werden. Die radiologischen Feldmessungen ergaben Anzeigen bis zu 0,09 mr/h, die etwa dem 10-fachen Nullwert entsprechen.

Erst wieder im äußersten Südwesten des Blattgebietes tritt der Burgsandstein markant im Gelände hervor. So ist bei Thonhof (Nr. 94), am nördlichen Abhang des Geiersberges, in einem 2,2 m hohen Aufschluß anstehend, eine Aktivarkose-Linse erschlossen. Folgendes Profil wurde hier aufgenommen:

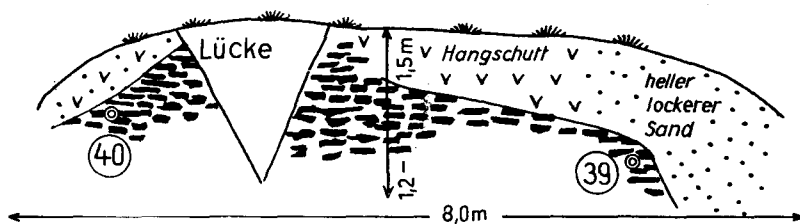


Abb. 12. Aktivarkose-Linse am Thonhof Nr. 94, Blatt Abenberg.

Diese Linse liegt in 438 m NN und ist dem Mittleren Burgsandstein zuzuordnen, da im Niveau von 455 m der Hauptletten mehrfach angeschnitten ist. Die Obergrenze des Burgsandsteins kommt bei 490 m NN zu liegen. Die Untergrenze ist entsprechend der durchschnittlichen Mächtigkeit und Geländebeobachtungen um 410 m NN zu legen. Der Untere Letten ist weiter östlich, am Drosselberg, bei etwa 400 m NN erkannt worden und beim Thonhof um 425 m NN anzunehmen. Aus diesen Feststellungen folgt, daß die Untere Abteilung des Burgsandsteins eine Mächtigkeitsabnahme auf 15 m aufweist, die Mittlere Abteilung auf 30 m zunimmt und die Obere Abteilung etwa ihre Mächtigkeit beibehält, so daß sich für den gesamten Burgsandstein wieder eine Mächtigkeit um 80 m ergibt. Weiter im Osten, am Drosselberg, sind an zwei Stellen Lesesteine von Aktivarkosen (Nr. 92) in einer Höhenlage um 430 m NN aufgefunden worden. Sie machen es wahrscheinlich, daß auch hier der Burgsandstein Urananreicherungen enthält.

Die radiologischen Feldmeßwerte liegen im Aufschluß am Thonhof max. bei 0,10 mr/h, was dem 12-fachen Nullwert entspricht. Bei der radiometrischen U-Äquivalent-Gehaltsbestimmung schwanken die Werte zwischen 115 und 155 g/t (Tab. 1).

Durch das Steinbachtal ist dieser Burgsandstein-Höhenrücken vom Abenberger Wald getrennt, in dem er sich im Nordosten wieder erhebt. An seinem flachen Südanstieg sind nördlich Untersteinbach so hohe Gamma-Strahlenwerte gemessen worden, die es wahrscheinlich machen, daß hier Aktivarkosen ausgebildet sind. Durch die schlechten Aufschlußverhältnisse und die starke Überdeckung ist das Anstehende nicht ohne aufwendige Schürfe zu erfassen. Erst an der Nordseite wurde eine äquivalente Aktivarkose-Bildung (Nr. 84 a) durch einen Waldweg angeschnitten. In entsprechender Höhenlage zum Lesesteinfundpunkt östlich Nr. 92, bei 390 m NN, ist eine bis 1,1 m mächtige Linse dichtgepackter rotvioletter bis dunkelroter, zum Teil grobkörniger und Gerölle enthaltender Aktivarkose ausgebildet. Ihre Ausdehnung konnte nicht festgestellt werden. In östlicher Fortsetzung nach dem Blattgebiet Roth sind weitere gleichartige Vorkommen festgestellt worden (S. 26). Aber auch nach Norden, über Abenberg hinaus, sind bei 370 m und bei 400 m NN Aktivarkosen (Nr. 82) aufgefunden worden. Die Obergrenze des Burgsandsteins ist bei Abenberg um ca. 425 m NN auskartiert worden.

Die Untergrenze kommt nach zwei Bohrungen der Wasserversorgung Abenberg (v. FREYBERG 1936) und unter Berücksichtigung der Bohrung Büchenbach, die von BIRZER (1958) gedeutet wurde, bei 350 m NN zu liegen. Ein leitender Lettenhorizont ist im näheren Bereich nicht aufgefunden worden. Setzt man jedoch die für dieses Gebiet ermittelten Durchschnittsmächtigkeiten der einzelnen Abteilungen des Burgsandsteins ein, ergibt sich für alle diese Aktivarkose-Vorkommen eine Einstufung in seine Obere Abteilung. Das Vorkommen bei 400 m NN am „Schneckenbuck“ reiht sich regional als Verbindungsglied zu den Vorkommen bei Leipersloh, das aber im Mittleren Burgsandstein liegt, ein und gehört der Oberen Abteilung des Burgsandsteins an.

Die radiologischen Feldmessungen erreichen im Aufschluß Anzeigen von 0,11 mr/h und sind bei Lesesteinfunden entsprechend geringer um 0,06 bis 0,075 mr/h. Das Maximum entspricht dem 12-fachen und die Lesesteinanzeigen dem 8- bis 10-fachen Nullwert.

15. Blatt Roth bei Nürnberg

Die Fortsetzung des Burgsandsteins gegen Osten in das Blattgebiet von Roth beinhalten südlich Asbach und Mäbenberg weitere Aktivarkose-Vorkommen. In dem von Asbach nach Westen führenden Weg ist nachstehendes Profil (Nr. 84) aufgenommen worden:

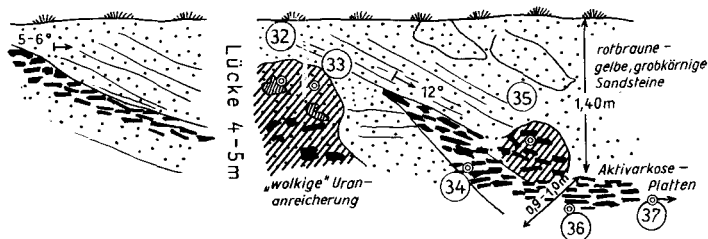


Abb. 13. Schematisches Profil durch den Aufschluß Nr. 84 bei Asbach, Blatt Roth.

In dieser etwa 2 m mächtigen Hohlwegwand fällt die eigenartige Ausbildung der Aktivarkosen auf. Ein Aktivarkoseplatten- und -scherbenhorizont, der mit 5—6% nach Norden einfällt, taucht unter den Weg ab. Nach 4—5 m ist ein violettrotes Sandsteinnest mit einzelnen Aktivarkosescherben angeschnitten, das im Liegenden eines mit etwa 12° Nord einfallenden Aktivarkoseplatten-Horizontes liegt. Seine Mächtigkeit beträgt 0,9 bis 1,0 m und er lagert muldenförmig. Er ist beiderseits des Hohlweges angeschnitten. Seine West-Ost-Ausdehnung ist bis 8 m erschlossen, dann taucht dieses Schichtpaket unter den Weg ab. Im Hangenden sind über metermächtigen, roten bis braunroten Sandsteinbänken Letten anstehend. Im Liegenden folgen gelbbraune bis rostgelbe, mürbe Sandsteine und roststreifige Sande. Die Höhenlage ist 395 m NN.

Die Obergrenze des Burgsandsteins liegt bei Mäbenberg um 425—430 m NN, während seine Untergrenze nach dem Interpolieren von Bohrerergebnissen aus der Umgebung und eigenen Geländebeobachtungen bei 350 m NN anzusetzen ist. Bei 405 m streicht ein anscheinend länger durchhaltender Lettenhorizont aus, der aber nicht dem Hauptletten entsprechen kann; dieser liegt tiefer. Somit ergibt sich, daß das Vorkommen von Asbach in die Obere Abteilung des Burgsandsteins einzustufen ist. Auf den Zusammenhang mit dem Aktivarkoseaufschluß Nr. 84 a auf Blatt Aabenberg wird besonders hingewiesen.

Die Vorkommen südlich M ä b e n b e r g (Nr. 86, 87) zeigen wiederum eine Besonderheit. In einem Hohlweg vom südlichen Ortsende nach SW liegt ein etwa 1—1,5 m mächtiger Burgsandsteinanschnitt frei. In einem 0,9 m mächtigen mürben Sandsteinpaket von rotvioletter Farbe sind über etwa 2 m Längserstreckung Knollen von Aktivarkose neben einzelnen Lettennestern beiderseits des Weges eingelagert. Im Hangenden sind mehr oder weniger gebankte Sandsteine abgelagert. Im Liegenden folgt etwa nach 3—4 m Sandstein ein 2 m Lettenhorizont, der einem Zwischenletten zu entsprechen scheint. Das Vorkommen liegt bei 400 m, die Letten um 395 m NN. Interessant ist, daß hier bei 387 m NN eine größere Aktivarkose-Linse, die an Hand von Lesesteinen auf einem Feld ausgemacht wurde, ansteht. Diese Linse besteht aus plattigen, rotvioletten Arkosen. Ihre Mächtigkeit ist nicht erschlossen, ist jedoch mit 0,5—0,8 m anzunehmen. Allen Anzeichen nach gehört sie der Oberen Abteilung des Burgsandsteins an.

Die radiologischen Feldmessungen erbrachten in den Vorkommen von Asbach Anzeigen von 0,15 mr/h, was dem 19-fachen Nullwert entspricht. Die radiometrisch ermittelten Gehalte an U-Äquivalent betragen um 130 g/t. Die Knollen bei Mäbenberg zeigen bis 0,050 mr/h, was dem 6-fachen Nullwert entspricht. Die Linse im tieferen Niveau ergaben Anzeigen bis 0,06 mr/h. Hierbei sind allerdings die Verwitterungseinflüsse, die einen Teil des Urans herausgelöst haben, zu berücksichtigen. Die im Labor erzielten Auszählwerte entsprechen einem U-Äquivalent-Gehalt von 235 g/t.

Anzeichen von weiteren Aktivarkosen sind nur noch im Nordosten, südlich S c h w a n d, in der Flur „Im Brand“ angetroffen worden. Dabei handelt es sich nur um Lesesteine, die in einer Höhenlage um 368 m NN liegen. Das Anstehende liegt möglicherweise höher und gehört der Mittleren Abteilung des Burgsandsteins an, da nach BIRZER (1958) in der Bohrung Schwand die Untergrenze des Burgsandsteins bei 350 m NN anzusetzen ist. Die Feldmeßwerte liegen in den Lesesteinen zwischen 0,05 und 0,07 mr/h, entsprechen demnach einem etwa 6- bis 8-fachen Nulleffekt und einem U-Äquivalent-Gehalt von 235 g/t.

16. Blatt Allersberg

Die Lesesteinfunde im Nordosten des Blattgebietes von Roth hängen ohne Zweifel mit den Vorkommen von Aktivarkosen zusammen, die in östlicher Fortsetzung auf dem Blattgebiet von Allersberg, bei Harrlach, aufgefunden wurden. Nicht weniger als 13 Einzelvorkommen von Aktivarkose-Bildungen (Nr. 62—74) konnten hier fixiert werden. Die Aufschlußverhältnisse sind zum Teil so, daß Angaben über Ausmaß und Ausbildung gemacht werden können. Das Anstehende westlich Harrlach und zahlreiche Lesesteinfunde liegen in einer Höhe zwischen 360 und 370 m NN. Die Fundstellen nordwestlich vom Ort sind um 380 m NN. In gleicher Höhenlage liegt auch das südlichste Vorkommen, etwa 1,5 km südlich Harrlach. Die stratigraphischen Verhältnisse sind durch eigene Geländeaufnahmen und insbesondere durch die Deutung der Bohrungen von Allersberg, Uttenhof und Pyrbaum durch BIRZER (1958) eindeutig. Danach liegt die Obergrenze des Burgsandsteins bei Harrlach um 410 m NN. Die Untergrenze ist nirgends erschlossen, ergibt sich aus den Bohrungen bei etwa 330 m NN. Der Hauptletten streicht in einer Mächtigkeit von mindestens 10 m (südlich Harrlach) um 375 m NN aus und pendelt gering gegen Norden. Diese Feststellungen decken sich im Prinzip mit den Angaben von BIRZER (1958), der den Hauptletten in Bohrungen mit etwa 18 m Mächtigkeit anführt. Zusammenfassend ergeben sich somit für den Burgsandstein des Blattgebietes von Allersberg folgende Mächtigkeitsverhältnisse:

Obere Abteilung: . . .	30—22 m	
Hauptletten: . . .	10—19 m	
Mittlere Abteilung: . . .	12—15 m	Gesamtmächtigkeit
Unterer Letten: . . .	4—11 m	etwa 80 m
Untere Abteilung: . . .	um 15 m	

Die Obergrenze fällt innerhalb des Blattgebietes von Nord nach Süd von 410 auf 380 m NN. Im gleichen Maße die Untergrenze von 330 auf 300 m NN. Der Burgsandstein ist gegen Harrlach aufgesattelt. Nach diesen Gegebenheiten gehören alle aufgefundenen südlichen und westlichen Vorkommen der Mittleren Abteilung des Burgsandsteins an und sind wenige Meter im Liegenden des Hauptletten ausgebildet. Die 3 nördlichen Vorkommen (Nr. 62—64) liegen im Oberen Burgsandstein. Auffallend ist bei verschiedenen Vorkommen, daß die Urananreicherung hier in Gesteinsbänken mit unterschiedlicher Mächtigkeit auftritt. Ansonsten treten auch plattige Aktivarkose-Linsen auf. Bisher sind Anreicherungen nur in rotvioletten bis dunkelroten Feldspatsandsteinen festgestellt worden. Im Aufschluß Nr. 67 sind erstmals auch helle Sandsteine als radioaktiv erkannt worden. Die Mächtigkeit der Vorkommen schwankt zwischen 0,5 und 1,2 m. Der Aufschluß 67, etwa 1,5 km westlich Harrlach, zeigt in mehrerlei Hinsicht eine optimale Ausbildung. Über 100 m Längserstreckung, etwa 40 m größte Breite und 1,2 m Mächtigkeit, konnten bisher in keinem Vorkommen festgestellt werden (Abb. 14).



Abb. 14. Dichtgepackte Aktivarkosen im Aufschluß Nr. 67, westlich Harrlach, Blatt Allersberg.

Anders ist dagegen die Ausbildung im Aufschluß 72, südlich Harrlach.

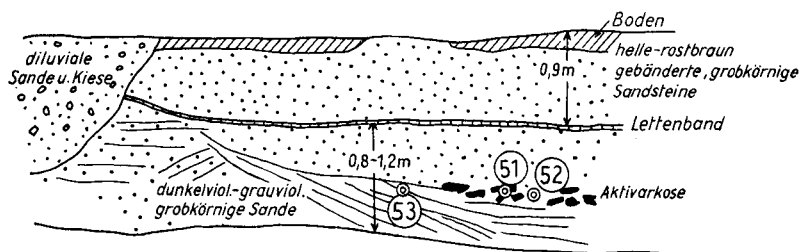


Abb. 15. Aufschlußprofil Harrlach Nr. 72.

Die Aktivarkosescherben und -knollen liegen hier vereinzelt in schräggeschichteten, dunkel-violetten bis grauen, grobkörnigen Sandsteinen, die mürb sind. Gegen Westen sind sie von diluvialen Bildungen abgeschnitten, die wohl dem nahegelegenen Geislachgraben angehören. SALGER hat sich für die mineralischen Untersuchungen hier mehrere Proben entnommen (S. 63).

Auf den Zusammenhang mit dem großen Verbreitungsgebiet von Aktivarkosen auf Blatt Feucht (S. 20), bei Sperberslohe, wird ausdrücklich hingewiesen.

Die radiologischen Feldmessungen erbrachten Szintillationsanzeigen, die entsprechend den guten Aufschlußverhältnissen zwischen 0,08 und 0,18 mr/h hoch liegen. Der maximale Meßwert ist im MP 51 mit 0,20 mr/h erzielt worden. Während sich die ersten den bisherigen einordnen, fällt das Maximum mit dem 25-fachen Nulleffekt aus dem üblichen Rahmen. Die radiometrischen Auszählwerte zeigen Schwankungen zwischen 105 g/t und 340 g/t U-Äquivalent, wie aus der Tabelle 1 zu ersehen ist. Die höchsten Gehalte sind in Lesesteinen südlich Harrlach gemessen worden.

17. Blatt Heideck

Von Allersberg setzt sich nach Süden und Südwesten der Burgsandstein fort. Während auf dem Blattgebiet von Hilpoltstein, das GRUSS (1958) geologisch bearbeitet hat und auf dem insbesondere der Burgsandstein untergliedert dargestellt worden ist, keine Aktivarkosen aufgefunden wurden, sind in westlicher Fortsetzung, zwischen Wallersau und Röttenbach, mehrfach wieder uranhaltige Bildungen im Burgsandstein erkannt worden (Nr. 88—90). Sie liegen im „Eichig“ und im „Röttenbacher Wald“. Letztere (Nr. 89) bilden eine 0,5 bis 0,8 m mächtige Aktivarkose-Linse, deren Begrenzung nicht angeführt werden kann. Dieses Vorkommen liegt in ca. 390 m NN. Im Aufschluß 88 wurde eine eigenartige Bildung von Aktivarkosen festgestellt. Folgendes Profil wurde aufgenommen:

4. 2 m helle, rötlich- und rostgebänderte Sandsteine, plattig verwitternd und kleine Gerölle enthaltend.
3. 2,5 m heller-gelblicher, grobkörniger Sandstein, gebankt.
2. $\pm 0,1$ —0,6 m sandige, violette Letten und Sand, eingelagert einzelne Nester mit Bruchstücken von Aktivarkosen und Sandstein, Aktivknollen.
1. 2 m helle, gebankte Sandsteine.

Im Detail zeigt ein solches Nest aus der Schicht 2 des Profils folgendes Bild:

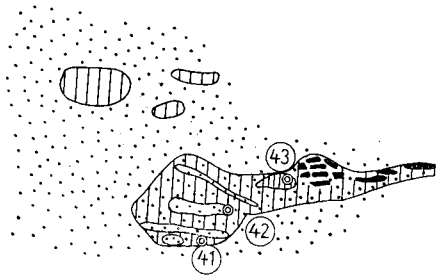


Abb. 16. Lettenlinse mit Aktivarkosen im Aufschluß Nr. 88, Blatt Heideck.

Diese Ausbildung ist nicht einmalig in dieser Gegend. Das Vorkommen liegt in einer Höhe von ca. 420 m NN. Bezüglich der Einstufung in die Schichtfolge ergeben sich gewisse Schwierigkeiten. Nach Aufnahmen des Verfassers liegt hier die Obergrenze des Burgsandsteins um 430 m, was mit der Abgrenzung von BIRZER (1958) aus den Bohrungen Kiliansdorf und Pleinfeld übereinstimmt. Ein unmittelbarer Zusammenhang mit einem leitenden Lettenhorizont ist in diesem Gelände nicht festzustellen. Erst ca. 1 km südlich ist ein Ausbiß von einer über weite Strecken durchhaltenden Lettenlage in einer Höhe um 405 m NN auskartiert worden. Möglicherweise handelt es sich dabei um den Hauptletten. Unter Berücksichtigung der Mächtigkeiten der einzelnen Abteilungen in der weiteren Umgebung und dieser letzten Feststellung liegen diese Bildungen in der Oberen Abteilung des Burgsandsteins. Das Vorkommen Nr. 89 in der plattig-knolligen Ausbildung ist der Mittleren Abteilung zuzurechnen, da ein um 380 m NN erkennbarer Letten als Unterer Letten zu identifizieren ist. Ergänzend wäre zur Lagerung des Burgsandsteins zu bemerken, daß sich hier über ein Gebiet von etwa 10 km eine fast horizontale Lagerung andeutet.

Die radiologischen Feldmeßwerte sind in den nesterartigen Bildungen um 0,03 mr/h niedrig. Das Vorkommen (Nr. 81) zeigt den üblichen Wert der plattigen Fazies bis 0,17 mr/h. Er entspricht dem 20-fachen Nulleffekt. Die radiometrische Analyse mehrerer Proben ergibt Gehalte von 340 g/t U-Äquivalent.

18. Blatt Spalt

Die Bildungen des Burgsandsteins auf Blatt Spalt stehen im Osten einerseits mit denen von Heideck und im Norden andererseits mit denen von Blatt Abenberg im Zusammenhang. Vereinzelt sind darin an mehreren Stellen Aktivarkosen angetroffen worden, so bei Pleinfeld, zwischen Ramsberg und Langlau, bei Unterbreitenlohe und nordwestlich Spalt.

An der „Weinstraße“, 1,4 km nordwestlich Pleinfeld (Nr. 104), ist in einer Höhe von 395 m NN eine 0,5 m mächtige Aktivarkose-Linse angeschnitten. Die Ausbildung ist hier plattig, die Ausdehnung ist nicht festgestellt worden. In östlicher Fortsetzung wurde in „Brambach“ eine 0,3 m mächtige, plattige Linse ähnlicher Art prospektiert, so daß in diesem Gebiet möglicherweise noch weitere Aktivarkosen ausgebildet sein können. Die Obergrenze des Burgsandsteins liegt nach eigenen Aufnahmen bei Ramsberg um 430 m NN. Die gleiche Höhe etwa ergibt sich durch Aufrechnung der von BIRZER (1958) ge deuteten Bohrung Pleinfeld. Ein Leitletten ist in der Nähe nirgends erkannt worden. Berücksichtigt man jedoch die Verhältnisse äquivalenter Bildungen auf Blatt Heideck, ist die Einstufung in die Obere Abteilung des Burgsandsteins wahrscheinlich. In etwa der gleichen Höhenlage und Ausbildung befindet sich eine Aktivarkose südlich Ramsberg Nr. 106.

Zwei Aktivarkose-Vorkommen zwischen Ramsberg und Langlau (Nr. 105 und 107) zeigen ein anderes Aussehen und liegen in 430 m NN. In einer Sandgrube (Nr. 107) ist folgendes Profil aufgeschlossen:

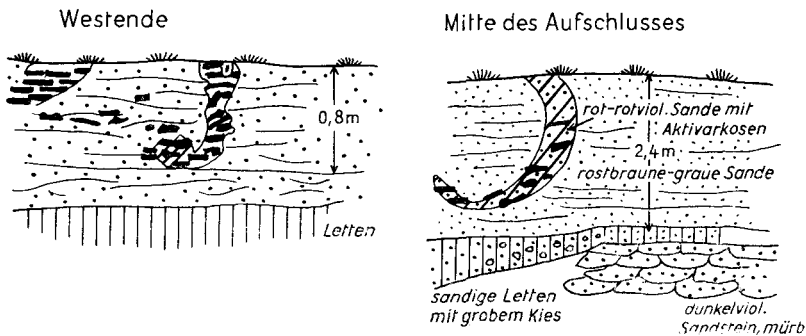


Abb. 17. Aktivarkose-Bildungen bei Langlau, Aufschluß Nr. 107, Blatt Spalt.

Entsprechend der vorstehenden Angaben bezüglich der Obergrenze des Burgsandsteins müßten diese Vorkommen nicht mehr dem Burgsandstein angehören. Die Geländebegehung zeigt jedoch, daß die Obergrenze des Burgsandsteins am Fuße des Weißen Berges bei 450 m NN anzusetzen ist. Demnach verläuft zwischen Ramsberg und dem Weißenberg eine Störung, deren Sprunghöhe etwa 20 m beträgt, deren Verlauf jedoch nicht angeführt werden kann. Setzt man die Durchschnittsmächtigkeit unter diesen Umständen ein, so ergibt sich mit großer Wahrscheinlichkeit für diese Vorkommen eine Zuordnung zur Oberen Abteilung des Burgsandsteins, obwohl kein Zusammenhang mit dem Hauptletten erkannt wurde.

Bei Unterbreitenlohe (Nr. 91), am Ostrand des Kartenblattes, ist durch einen Hohlweg eine 0,6 m mächtige Aktivarkose-Bildung angeschnitten.

Hier sind dunkelrote Platten und Knollen nesterartig in einem braungelben Sandstein eingelagert. Im Hangenden stehen gelbe bis gelbbraune Sandsteine an. Das Liegende wird von hellen, rostgebänderten Sandsteinen gebildet. In unmittelbarer Nähe befindliche Sandsteinbrüche erbringen keine Hinweise auf derartige Anreicherungen. Das Vorkommen liegt bei ca. 390 m NN und lagert dem Hauptletten auf, der am jenseitigen Hang bei etwa 390 m NN ausstreicht. Somit gehört dieses Vorkommen der Oberen Abteilung des Burgsandsteins an. Wegen der ungünstigen Aufschlußverhältnisse können keine anderen Angaben gemacht werden.

Erwähnt sei noch ein Vorkommen, das in einem Hohlweg nordwestlich von Spalt (Nr. 93) ausfindig gemacht wurde. In hellrostbraunen, grobkörnigen, plattig verwitterten Sandsteinen sind mit 0,2 bis 0,4 m Mächtigkeit Aktivarkosen eingeschaltet. Sie liegen bei 410 m NN und lagern entgegen den anderen Vorkommen des Blattgebietes unter dem Hauptletten.

Die radiologischen Feldmessungen ergaben Szintillationswerte in den linsigen Bildungen von 0,04 bis 0,07 mr/h. Lediglich im Aufschluß Unterbreitenlohe stieg die Anzeige bis auf 0,11 mr/h. Die ersten Werte entsprechen etwa dem 5- bis 8-fachen Nulleffekt. Das Maximum dem 14-fachen. Aus den entsprechenden radiometrischen Auszählwerten (Tab. 1) ist zu ersehen, daß sich die Gehalte der Proben aus den einzelnen Vorkommen zu den Feldmeßwerten nicht proportional verhalten. Der Grund liegt darin, daß die Bedingungen bei der Feldvermessung ungleich sind und demnach die Szintillationswerte verfälscht erscheinen. Die radiometrische Analyse erbringt Gehalte, die zwischen 100 g/t und 480 g/t liegen, wobei die höchsten im Vorkommen Unterbreitenlohe gemessen wurden.

19. Blatt Gunzenhausen

Aus der Umgebung von Spalt und aus dem Nordosten von Abenberg verbreitet sich nochmals der Burgsandstein im Blattgebiet von Gunzenhausen und erreicht im Süden des Gebietes den Jurarand. Jener nimmt etwa die Hälfte des Blattgebietes ein, wovon allerdings große Teile von diluvialen Bildungen überdeckt sind, so daß nur in einem Drittel des Gebietes der Burgsandstein zutage liegt.

Nördlich von Gunzenhausen sind in einer Höhenlage von etwa 440 m NN mehrere Aktivarkose-Linsen (Nr. 109—112) anstehend oder auf den Feldern als Lesesteine aufgefunden worden. In einer verfallenen Grube ist eine derartige Linse in einer Mächtigkeit von 1,2 m in Form von dichtgepackten Platten eines dunkel- bis violettroten Feldspatsandsteins erschlossen. Ihre Ausdehnung beträgt nach radiologischen Messungen etwa 40×30 m. In unmittelbarer Nachbarschaft ist eine ähnlichen Ausmaßes festgestellt worden. Gegen Osten und Nordwesten sind auf den Feldern gleichartige Bildungen zu erkennen. In der Umgebung dieser Fundstellen streicht im Niveau von 448 m NN ein Letten aus, der nach dem Abstand von der Obergrenze des Burgsandsteins und nach den festgestellten Mächtigkeitsverhältnissen nur als Zwischenletten anzusprechen ist. In etwa 430 m NN wurde mehrfach ein Lettenausbiß im Gelände angetroffen, der dem Hauptletten entspricht. Im gleichen Niveau ist in der Bohrung Gunzenhausen 3 (BIRZER 1958) der Hauptletten erbohrt worden. Demnach gehören diese Vorkommen eindeutig in die Obere Abteilung des Burgsandsteins und sind nach dem Liegenden und Hangenden gesichert in das stratigraphische Schema eingehängt.

Dieser Burgsandsteinhöhenzug wird im Nordosten durch den Erlbach in einem schmalen Tal eingeschnitten und gewährt damit einen Einblick in seinen Aufbau. So konnten bei Seitersdorf wieder mehrfach Aktivarkose-Vorkommen (Nr. 100—102) aufgefunden werden. Sie liegen hier in einer Höhe um 460 m. Alle Anzeichen sprechen dafür, daß sie hier der Oberen Abteilung des Burgsandsteins eingelagert sind, zudem im unmittelbaren Bereich der radioaktiven Anomalien allenthalben der Hauptlettenausstrich erkannt wurde. Die Ausmaße der einzelnen Linsen konnten nicht festgestellt werden. Auf Grund von Lesesteinfunden, z. B. am Stixenhof, erscheint ein Radius von 20 bis 30 m möglich. Die Ausbildung ist auch hier meist plattig; untergeordnet findet man abgerollte Sandsteinknollen vor. Gegen Westen sind gleichartige Urananreicherungen noch möglich, da in einer Entfernung von etwa 1,2 km in einer Sandgrube (Nr. 100) im gleichen Niveau eine Aktivarkose-Linse erschlossen ist. Ihr Profil wird hier wiedergegeben.

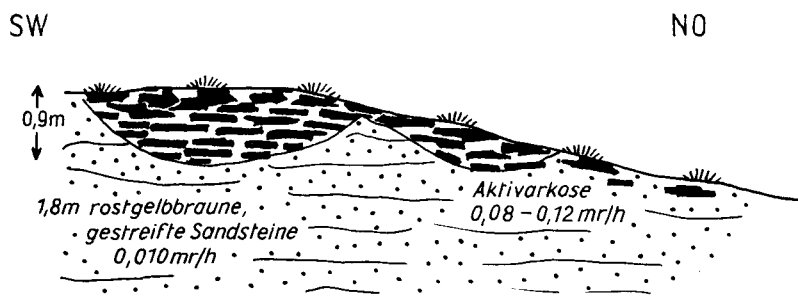


Abb. 18. Aktivarkose-Linsen in der Sandgrube westlich Haundorf, Blatt Gunzenhausen Nr. 116.

4. 0,3 m helle Sande mit Sandsteinplattenresten.
3. 0,9 m helle, mittelförnige bis grobkörnige Sandsteine, plattig, mit rotvioletten Sandsteinen und Lettenlinsen.
2. 2,5 m Lücke.
1. 0,4 m rotviolette, grüngefleckte Letten, auskeilend mit 0,2 m erschlossenen Aktivarkose-Platten.

Im weiteren Ausstrich des Burgsandsteins gegen Westen sind bei Haundorf und Lindenhühl über 2,5 km Erstreckung öfter Lesesteine gefunden worden, die allem Anschein nach in der Umgebung anstehenden Aktivarkosen entstammen. In einem Hohlweg bei Haundorf konnten in 2,3 m mächtigen, rotbraun gestreiften, lockeren Sanden anstehende Aktivarkose-Scherben aufgefunden werden. Sie liegen in einer Höhe von etwa 455 m NN und werden von mächtigen rotgrauen Letten überlagert, die noch mehrfach entlang des Hanges ausstreichen. Da es sich hierbei mit großer Wahrscheinlichkeit um den äquivalenten Zwischenletten, wie bei den Vorkommen nördlich Gunzenhausen, handelt, gehören diese strahlenden Feldspatsandsteinspartien der Oberen Abteilung an. Etwa 1,2 km westlich Haundorf sind in einer Sandgrube (Nr. 116) in einem tieferen Niveau, bei 430 m NN, wiederum zwei Linsen von Aktivarkosen von $\pm 0,9$ m Mächtigkeit angeschnitten.

Obwohl hier kein Zusammenhang mit einem der leitenden Lettenhorizonte im Burgsandstein festgestellt werden konnte, liegt dieses Vorkommen unter Berücksichtigung der absoluten Höhenlage und der Mächtigkeit der einzelnen

Burgsandsteinglieder in seiner Mittleren Abteilung. Weitere Vorkommen von Aktivarkosen sind östlich von Eichelberg abgesetzt, deren Einstufung weniger problematisch ist. In einem Aufschluß am nordöstlichen Ortsende sind in einem stillgelegten Sandsteinbruch mächtige Letten erschlossen, die um 450 m NN ausstreichen. Dies ist der Zwischenletten, der in diesem Bereich durchhaltend ist. In einer Höhenlage von 425—430 m NN ist ein tieferer Lettenhorizont ausgebildet, der über größere Strecken hin aushält und der der Wasserstauer der örtlichen Brunnen ist. Versumpfung in der Umgebung machen seine aushaltende Verbreitung nach Süden und Osten wahrscheinlich, so daß man darin den Haupt-Letten sehen kann. Zwischen diesen beiden Leitletten liegen zwei Vorkommen am Fischhaus (Nr. 113, 114), östlich von Eichelberg, die mit 0,3—0,4 m Mächtigkeit im Punkt 114 erschlossen sind. Mit diesen Fundstellen ist die Verbindung zu den Vorkommen nördlich von Gunzenhausen hergestellt, die im gleichen Niveau liegen. Damit ist nördlich von Gunzenhausen ein Gebiet von etwa 18 km² aufgefunden worden, in dem in mehr oder weniger großen Abständen 18 Einzelvorkommen von anstehender Aktivarkose (einschließlich Lesesteinfundpunkte) in der Mittleren und Oberen Abteilung des Burgsandsteins ausgebildet sind.

Ergänzend sei noch erwähnt, daß am nordöstlichen Stadtrand von Gunzenhausen bei Bauarbeiten Aktivarkosen in einer Höhenlage um 430 m NN, also im Niveau der Mittleren Abteilung, zutage gefördert wurden. Abseits der bisher beschriebenen Vorkommen sind in der Sandgrube des Herrn Kränzlein (Nr. 121), südwestlich Streudorf, in etwa 2,2 m mächtigen, hellen, grobkörnigen Sanden vereinzelte Aktivarkose-Brocken, z. T. in Nestern angereichert, aufgefunden worden. Es erscheint fraglich, ob sie hier anstehend oder eingeschwemmt sind. Dieses Vorkommen liegt in 445 m NN.

Die radiologischen Feldmessungen erbrachten unterschiedliche Szintillationsanzeigen, die, wie schon mehrfach angeführt, jeweils von den Aufschlußverhältnissen abhängen. In den anstehenden linsigen Bildungen wurden 0,06 bis 0,12 mr/h gemessen, was dem 8- bis 15-fachen Nulleffekt entspricht. An einer kopfgroßen Aktivarkose-Knolle aus dem Vorkommen Nr. 102, südlich Seitersdorf, sind 0,16 mr/h gemessen worden. Die radiometrische Analyse ergab dafür einen Gehalt von 1960 g/t U-Äquivalent, der das bisherige Maximum darstellt. Ansonsten schwanken die Gehalte zwischen 128 g/t und 1960 g/t, wie die Tabelle 1 zeigt.

20. Blatt Ornbau

Mehr als die Hälfte des Blattgebietes von Ornbau wird von Bildungen des Burgsandsteins eingenommen. Im Altmühltal werden sie durch diluviale Sedimente überdeckt und im Süden tritt bereits der Jura mit Liasbildungen ins Blattgebiet. Im Burgsandstein sind auch hier wieder mehrfach Aktivarkosen aufgefunden worden. Südlich von Ornbau, auf der Höhe von Arberg, ist in einem Aufschluß bei Gothendorf (Nr. 122) die Aktivarkoseausbildung zu studieren. Es zeigt sich hier folgendes Profil:

5. 0,3 m Boden.
4. 1,1 m rostbrauner, gebänderter Sand und mürber Sandstein, mittelkörnig.
3. 0,8 m Aktivhorizont, der am südöstlichen Bruchende eine 0,3—0,6 m mächtige Aktivarkosebank beinhaltet, die auskeilt, aber Aktivarkose-Scherben und -Nester sind allenthalben darin durchhaltend.
2. ± 0,5 m dunkelvioletten Letten.
1. 0,9 m rostbrauner, gebänderter Sandstein.

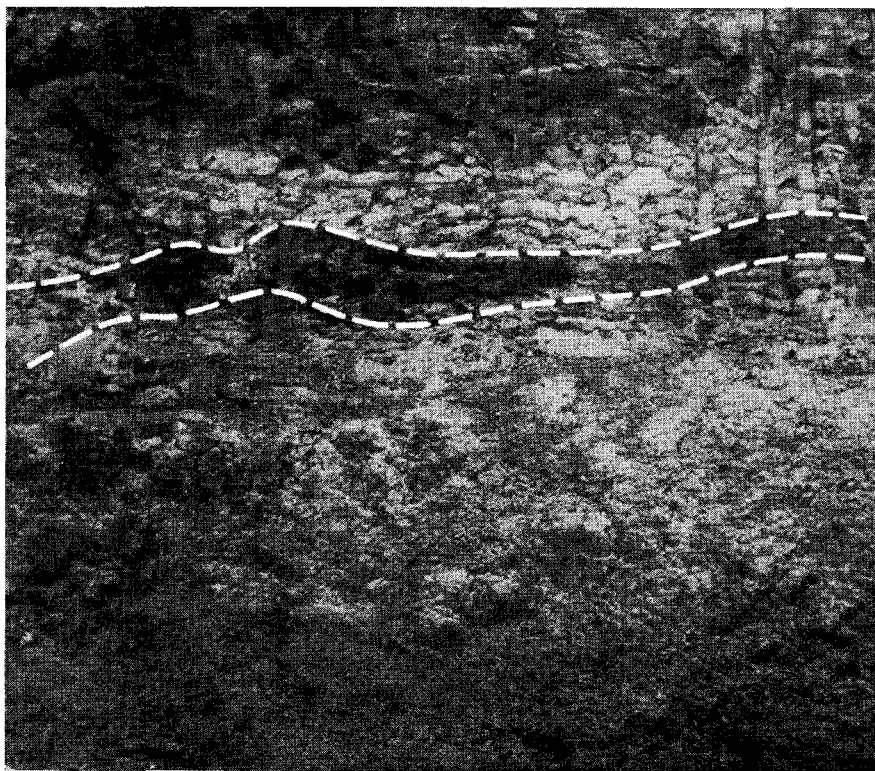
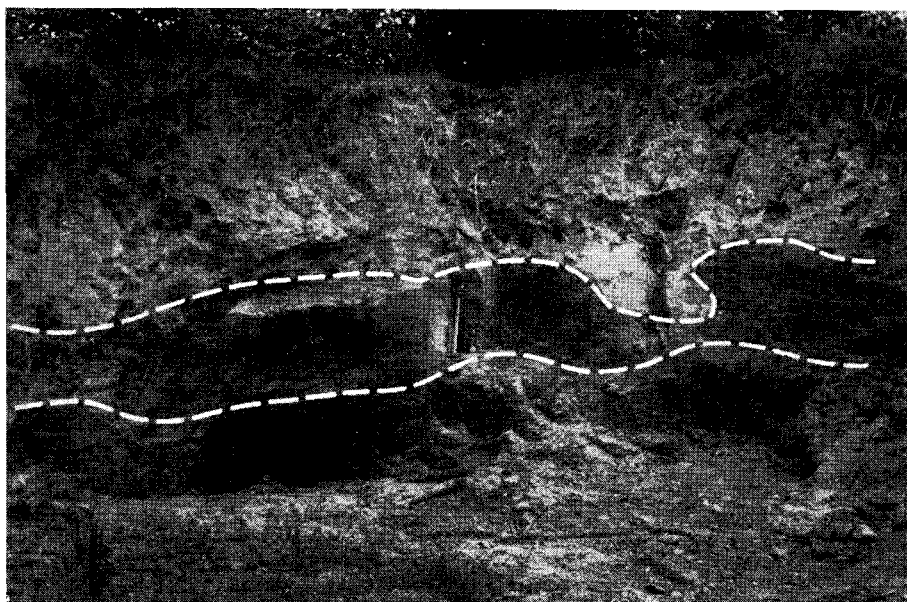


Abb. 19 u. 19a. Die Sandgrube bei Gothendorf, Nr. 122, Blatt Ornbau. Der weiß abgegrenzte Horizont beinhaltet Uran-Anreicherungen in Form von Aktivarkosebänken und weniger verfestigten Sandsteinlagen.

Die Obergrenze des Burgsandsteins liegt am südlich gelegenen Spiegelberg bei 480 m NN. Im Niveau von 425 m NN beißen, an mehreren Stellen erkannt, grüne, rote und violette Letten aus, die nach dem Anbringen der Mächtigkeiten des Nachbargebietes dem Unteren Letten entsprechen. Das Vorkommen Nr. 122 liegt bei 430 m NN und ist demnach der Mittleren Abteilung zuzuordnen. Für den Hauptletten ist ein Ausstrich in einer Höhe um 450 m NN anzunehmen. Die Verfolgung des Aktivhorizontes gegen Westen verlief ohne Erfolg. Dabei konnte aber eine Störung wahrscheinlich gemacht werden, die generell von Großlellenfeld über Goldbühl ins Burgsandsteingebiet des „Unteren Waldes“ streicht. Die Sprunghöhe ist mit etwa 20 m anzugeben.

Im weiteren Ausstrich des Burgsandsteins konnten erst wieder auf dem nordwestlichen flachen Abfall der „Östlichen Heide“ Aktivarkose-Bildungen (Nr. 123—217) festgestellt werden. In einer Höhenlage um 440 m NN sind hier in zwei Aufschlüssen in hellen, grobkörnigen, kreuzgeschichteten Sanden vereinzelte Aktivarkose-Nester aufgeschlossen. Im Aufschluß 123 wurde eine Platte im Ausmaß von $1,0 \times 0,5 \times 0,2$ m aufgefunden. Stellenweise sind in gleicher Höhe dunkelrotviolette Lettennester den Sandsteinen eingeschaltet. Diese Art von Bildungen sind mit Unterbrechungen über fast 2 km verfolgt worden. Leitende Letten sind im Bereich dieser Urananreicherungen nicht festgestellt worden. Jedoch werden solche in einer Höhenlage um 438 m NN auf Grund von typischen Geländemerkmale, wie Versumpfung, Quellaustritte u. a. vermutet. Sie sind dann als Hauptletten anzusprechen, was auch den Mächtigkeitsverhältnissen innerhalb des Burgsandsteins entspräche und durch die im Hangenden angetroffenen Gesteinsfazies gestützt wird.

Am jenseitigen Hang, am Unteren Brunner Weiher (N. 127), ist in einem Sandsteinbruch folgendes Profil erschlossen:

3. $\pm 0,5$ m helle, mittelkörnige Sandsteinbank.
2. $\pm 1,2$ m rote, grüngestreifte Letten, sandig.
1. 5—6 m helle, weißgraue Sandsteinbank, fest, mit einzelnen Lettennestern und grobkörnigen Lagen. An der Obergrenze darin eine $\pm 0,6$ m Lage mit Aktivarkoseplatten, -scherben und -knollen.

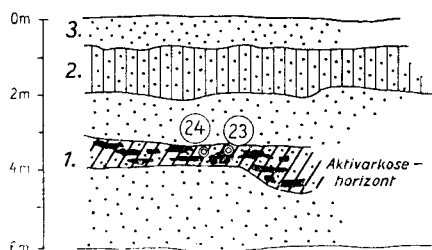


Abb. 20. Aktivarkosen im Sandsteinbruch am Brunner Weiher (Nr. 127), Blatt Ornbau.

Dieser Bruch ist in einer Höhenlage um 452 m NN. Nach allen Gegebenheiten gehören seine Bildungen der Oberen Abteilung des Burgsandsteins an. Es liegt wohl an den Aufschlußverhältnissen, daß in diesem Abschnitt der Burgsandsteinverbreitung keine weiteren Urananreicherungen aufgefunden werden konnten.

Im Gebiet nordöstlich von Beyerberg wurden im Punkt Nr. 129 und 130 anstehende Aktivarkose-Linsen aufgefunden. Ihre Höhenlage beträgt etwa

467 m NN und damit gehören diese Fundstellen ohne Zweifel der Oberen Abteilung des Burgsandsteins an. Nach dem Abstand von der Obergrenze, die hier bei 490 m NN in einem nahen Bruch erschlossen ist und auch am Hang nördlich Beyerberg verfolgt wurde und nach dem Ausstrich der Hauptletten, etwa 3 m im Liegenden der Aktivarkose-Linse, erscheint die Einstufung hinreichend gesichert. Im weiteren Verlauf der Höhenlinie 645 m sind im Nordwesten von diesen Linsen Lesesteine von Aktivarkosen aufgefunden worden, die ein anstehendes Vorkommen wahrscheinlich machen. Der Hauptletten liegt hier um 460 m NN und stützt die vorgemachten Angaben.

Die radiologischen Feldmeßwerte sind im Aufschluß Nr. 122 mit 0,11 mr/h am höchsten. In den Vorkommen mit vereinzelt Aktivarkose-Platten der „Östlichen Heide“ liegen sie um 0,03 bis 0,05 mr/h. Im Bruch Nr. 127 erreicht die Anzeige Szintillationswerte der gleichen Intensität. Die Linsen der Oberen Abteilung, nördlich Beyerberg, haben eine geringe Gamma-Strahlung von 0,030 mr/h an der Oberfläche, die in einem 0,6 m tiefen Schurfloch schnell bis 0,11 mr/h ansteigt. Die radiometrische Analyse erbringt für die einzelnen Vorkommen recht unterschiedliche Werte (siehe Tabelle 1) von 74 bis 425 g/t.

21. Blatt Feuchtwangen Ost

Ähnliche Vorkommen von Urananreicherungen, wie nördlich von Beyerberg, sind im Verbreitungsgebiet des Burgsandsteins auf Blatt Feuchtwangen Ost aufgefunden worden, wo dieser etwas mehr als die Hälfte des Gebietes einnimmt. Südwestlich und westlich von Burk wurden in einer Höhenlage zwischen 470 und 480 m NN über eine Länge von etwa 1,5 km vier Vorkommen von Aktivarkosen teils anstehend, teils durch Lesesteine vermutbar, festgestellt. Die Ausbildung ist unterschiedlich: überwiegend sind hier einzelne Aktivarkose-Scherben in sandigen und leetigen Partien des Burgsandsteins eingelagert. Nach einer Geländeaufnahme liegt in der Umgebung seine Obergrenze um 490 m NN. Nach Wasserbohrungen von Oberkemmatten, die BIRZER (1958) bearbeitet hat, liegt dort die Obergrenze um 450 m NN, so daß von hier gegen Nordosten mit einer Aufsattelung zu rechnen ist. Eine Beziehung zwischen den Urananreicherungen und Leitletten ist nicht festzustellen, jedoch allein nach den Mächtigkeitsverhältnissen und der absoluten Höhenlage gehören diese Vorkommen der Oberen Abteilung des Burgsandsteins an.

Im Gebiet von nördlich Oberkemmatten und Langfurth sind in einer Meereshöhe um 440 m NN über eine Ausdehnung von 1,2 km horizontbeständige Aktivarkose-Linsen prospektiert worden. So wird eine derartige Linse durch die Straße Dinkelsbühl—Burk (Nr. 138), nordöstlich der Neumühle, angeschnitten. Ihr Durchmesser beträgt etwa 30 m, die Mächtigkeit mindestens 0,6 m. Ähnlich in der Ausbildung ist die Linse in einer Sandgrube (Nr. 137) an der abzweigenden Straße nach Langfurth. Im Ort selber sind beim Straßen- und Hausbau im nördlichen Ortsteil gleiche Aktivarkosen gefunden worden. Es liegen hier durchwegs plattige, dunkelviolette Feldspatsandsteine vor. Nach der Auswertung der Bohrungen von Oberkemmatten (BIRZER 1958) und nach eigenen Geländeerkenntnissen ist die Obergrenze des Burgsandsteins in diesem Bereich um 450 m NN anzusetzen. Demnach gehören diese Aktivarkose-Linsen der Oberen Abteilung des Burgsandsteins an.

Im Blattgebiet von Feuchtwangen Ost erreicht der Burgsandstein die westliche Grenze seines Verbreitungsgebietes in Franken, während er gegen Süden noch bis an den Jurarand ansteht.

Die radiologischen Feldmessungen erbringen eine Gamma-Strahlung, die sehr unterschiedliche Werte aufweist. In aufgeschlossenen linsigen Vorkommen wurden bis 0,08 mr/h gemessen, obwohl der Durchschnittswert zwischen 0,03 und 0,06 mr/h liegt. Damit ist hier die Intensität der Gamma-Strahlung nach den Feldmeßwerten mit dem 4- bis 8-fachen Nullwert niedrig. Die radiometrische Analyse ergab U-Äquivalentgehalte zwischen 85 und 205 g/t.

22. Blatt Weiltingen

Vom Blatt Feuchtwangen Ost streicht der Burgsandstein gegen Südwesten über Dinkelsbühl hinaus und erreicht im Blattgebiet von Weiltingen den Jura- rand, wo auf den Hochflächen von Halsbach—Sinnbronn—Weiltingen und südwestlich Veitsweiler bereits Lias-Bildungen anstehen. In Bezug auf die Lagerung zeichnen sich selbst bei einer übersichtsmäßigen Auswertung interessante Ergebnisse ab. Vergleicht man nämlich die Höhenlage der Abgrenzungen des Burgsandsteins, wie sie bisher für alle bearbeiteten Blattgebiete herausgestellt wurde, innerhalb des Blattgebietes und des östlichen Anschlußblattes Wassertrüdingen, so ist zu erkennen, daß sich im Westen um Dinkelsbühl ein Muldenrand mit einem starken Einmulden nach SO und NO andeutet. Die Obergrenze des Burgsandsteins liegt nach der Auswertung von Bohrungen durch BIRZER (1958) in Dinkelsbühl um 505 m NN, bei Oberkemmatten, im Nordosten davon, um 450 m NN und in der Bohrung Wassertrüdingen wahrscheinlich bei 440 m NN. Dazu muß allerdings bemerkt werden, daß diese nach dem Anbringen einer wahrscheinlichen Gesamtmächtigkeit von 70 m konstruiert worden ist. Nach eigenen Geländeaufnahmen liegt die Oberkante des Burgsandsteins nördlich Willburgstetten bei 460 m NN und steigt südlich davon wieder auf 480 m NN an. In den Jahren 1953 und 1958 sind bei Aufhausen und Gerolfingen zwei Wasserbohrungen niedergebracht worden, nach deren Auswertung m. E. die Obergrenze bei etwa 375 m NN oder etwas höher zu liegen kommt¹⁾. Hier dürfte auch die tiefste Stelle dieser Mulde liegen, die bereits von HÄNEL (1932) erkannt wurde und von CARLÉ (1955) als Hesselberg-Mulde in die Südwestdeutsche Großscholle eingebaut worden ist. Die dort angeführte Absenkung von etwa 90 m reicht nach den hier ausgeführten Beobachtungen nicht aus und liegt um 120 m an den tiefsten Stellen. Es darf ergänzend noch hinzugefügt werden, daß diese Niveauunterschiede entlang der Obergrenze des Burgsandsteins nicht durch Mächtigkeitsschwankungen erklärt werden können, da sich auch seine Untergrenze gleichsinnig verhält. Um die Ausführungen bei der Beschreibung der Einzelvorkommen besser zu verstehen, erschien es notwendig, die Lagerungsverhältnisse im größeren Rahmen zu erläutern.

Am südlichen Blattrand im Aufschluß Nr. 140, etwa 2 km südwestlich Greiselbach, steht an der Oberfläche einer Sandgrube eine 0,4 bis 0,6 m mächtige Aktivarkose-Ablagerung an. Sie ist zum Teil schon abgebaut und als Schotter-Sand-Material auf den Wald- und Fuhrwegen der Umgebung zu finden. In ihrer Umgebung sind, durch Szintillationsmessungen wahrscheinlich gemacht, noch zwei weitere gleichartige Vorkommen von Aktivarkosen ausgebildet. Wegen des starken Bodenbewuchses sind sie nicht erschürft worden. Ihre Längserstreckung ist mit ca. 50 bis 80 m in NW—SO-Richtung prospektiert worden. Die Sand-

¹⁾ Die Profile der Bohrungen sind dem Verfasser von Kollegen Dr. G. ANDRES, Bayerisches Landesamt für Wasserversorgung und Gewässerschutz, zur Verfügung gestellt worden, wofür herzlichst gedankt wird.

grube liegt in einer Höhe von 475 m NN. In einer Höhenlage von 460 m NN sind mehr oder weniger durchhaltende Letten ausgebildet, die aber allen Gegebenheiten nach nicht dem Hauptletten zu entsprechen scheinen. Nach verschiedenen Anzeichen im Gelände (Quellhorizont, Versumpfung) streicht dieser in der Umgebung um 445 m NN aus. Da für die Obere Abteilung des Burgsandsteins eine Mächtigkeit von etwa 35 m einschließlich des Hauptletten anzunehmen ist (vgl. BIRZER 1958), gehört das Vorkommen Nr. 140, südwestlich Greiselbach, der Oberen Abteilung an.

Ein gut erschlossenes Vorkommen von Aktivarkosen ist in einem kleinen Bergkuppenanschnitt südöstlich *Wolfsbühl* (Nr. 139) erschlossen. In einer Höhenlage von 470 m NN ist folgendes Profil angeschnitten:

2. 1,2 m rotviolette, muldenförmig gelagerte, plattige Aktivarkose.
1. 1,5 m rostbraunrote, gebänderte, grobkörnige Sandsteine mit einzelnen Quarzgeröllen.

Das Liegende dieses Vorkommens zeigt eine ähnliche Ausbildung wie im Punkt 140. Am Fuße der Anhöhe, in etwa 445 m NN, ist ein Lettenhorizont angeschnitten, der als Hauptletten anzusprechen ist. Bringt man die Mächtigkeiten der einzelnen Abteilungen, wie sie mehrfach durch die Auswertung der Bohrungen in der Umgebung durch BIRZER (1958) wahrscheinlich gemacht worden sind, in Ansatz, erscheint die Einstufung des Vorkommens bei *Wolfsbühl* in die Obere Abteilung des Burgsandsteins gerechtfertigt.

In etwa 1,3 km westnordwestlicher Richtung vom Vorkommen Nr. 140 sind im „*Espan*“ an der Flanke seiner höchsten Erhebung (479 m NN) zahlreiche Lesesteine aufgefunden worden, die es wahrscheinlich machen, daß hier eine Aktivarkose-Bildung (Nr. 141) ansteht. Im Niveau von etwa 645 m NN beißen mehrfach mächtige Lettenlagen aus, die dem Hauptletten zu entsprechen scheinen. Somit liegt auch dieses Vorkommen in der Oberen Abteilung des Burgsandsteins.

Mit diesen Vorkommen sind die südlichsten des gesamten Arbeitsgebietes beschrieben. Im Osten liegt der Burgsandstein noch mehr oder weniger flächenhaft bis in das Gebiet von *Weißenburg* zutage. Ob darin auch Urananreicherungen eingeschaltet sind, kann nicht gesagt werden, denn diesbezügliche Untersuchungen müssen hier noch angestellt werden.

Die radiologischen Feldmeßwerte unterscheiden sich in den beiden Linsen. Im Vorkommen von südwestlich Greiselbach wurden bis 0,1 mr/h gemessen. Die Aktivarkosen bei *Wolfsbühl* zeigten bis 0,14 mr/h an. Dieser Wert entspricht dem 17-fachen Nulleffekt und liegt damit hoch. An den Lesesteinen im „*Espan*“ sind 0,045 mr/h gemessen worden. Die radiometrischen Auszählwerte erbringen einen U-Äquivalent-Gehalt von 85 g/t bis 360 g/t.

III. Zur Paläogeographie der uranhaltigen Sandsteine

Zu diesem Fragenkomplex können vom Verfasser nur wenige neue Erkenntnisse beigetragen werden, obwohl über den Burgsandstein selber eingehende zusammenhängende Studien paläogeographischer Art aus jüngerer Zeit nicht vorliegen. Bereits THÜRACH (1888, 1899) und v. GÜMBEL (1894) geben mehr oder weniger zusammenfassende Schilderungen der paläogeographischen Verhältnisse des Burgsandsteins im Rahmen der Bearbeitung des Keupers in Nordbayern. Sie erkennen das heutige Verbreitungsgebiet des Burgsandsteins als Teil einer Bucht, die vom Alten Gebirge, dem Vindelizischen im Süden und dem Ostbayerischen im Osten, umrahmt wird. Gegen West und Nordost geht sie ins

offene Meer über. Das Sedimentmaterial wird innerhalb des Arbeitsgebietes in der Hauptsache aus dem Süden und Südosten geschüttet. Neuere Arbeiten von KNETSCH (1928), WASSERSTEIN (1933) u. a. befassen sich speziell mit petrogenetischen Problemen unter anderem auch mit solchen im Burgsandstein und ziehen daraus paläogeographische Schlüsse. In jüngster Zeit sind insbesondere für Teile des Arbeitsgebietes durch Untersuchungen von HAARLÄNDER (1955, 1961), SCHNITZER (1960) und im Verlauf der neuen geologischen Kartierungen durch das Bayerische Geologische Landesamt wertvolle Erkenntnisse zur Paläogeographie des Burgsandsteins gewonnen worden.

Das Untersuchungsgebiet bildet einen Ausschnitt aus jenem Raum, für den KNETSCH in KNETSCH, DEGENS, WELTE und REUTER (1960) den großen paläogeographischen Rahmen absteckt. Es wird von Elementen begrenzt, die sich schon in früher erdgeschichtlicher Zeit abzeichnen und sich in verschiedener Hinsicht gegen die Keuperzeit hin mit zunehmender Intensität bemerkbar machen. Hierbei ist besonders an die Gammesfelder Barre zu denken, die vom heutigen nördlichen Riesrand in nordwestlicher Richtung bis etwa an das Mainknie bei Ochsenfurt zungenförmig vorstößt und damit die Westgrenze des Sedimentationsraumes, der das Arbeitsgebiet betrifft, bildet. Weiter im Süden und im Osten, als es das heutige Verbreitungsgebiet des Burgsandsteins vermuten läßt, liegt das Vindelizische Gebirge und der Bayerische-Oberpfälzer Wald als seine Süd- und Ostgrenze.

Das Keuperbecken Süddeutschlands gliedert THÜRACH (1888) nach faziellen Gesichtspunkten in drei Zonen: 1. eine randliche, 2. eine mittlere Keuperzone und 3. eine äußere. Im Verlauf der Grenzlinien wären nach neueren Erkenntnissen für verschiedene Unterglieder des Keupers im einzelnen Korrekturen anzubringen. Jedoch kann im Prinzip diese Dreiteilung beibehalten werden. Die Abgrenzung zwischen der randlichen und mittleren Zone verläuft quer durch das Arbeitsgebiet aus dem Raum von SW Ansbach gegen Nürnberg und von da hinaus in Richtung Kulmbach. Somit liegt der nördliche Teil des Arbeitsgebietes bereits in der mittleren Zone, während der südliche der Randzone angehört. Zusammenfassend darf aber herausgestellt werden, daß innerhalb des Burgsandsteins regional wohl gewisse Unterschiede in der Körnung, im Bindemittel und in der Festigkeit der Sedimente auftreten, daß sich aber im großen und ganzen im gesamten Untersuchungsbereich die Zusammensetzung des Burgsandsteins wenig ändert. Somit ist die sandige Fazies des Burgsandsteins, die sogenannte „Nürnberger Fazies“, nicht nur auf die Umgebung von Nürnberg beschränkt, sondern tritt im gesamten Verbreitungsgebiet im südlichen Mittelfranken bis an den Jurarand, etwa zwischen Weißenburg im Osten und Dinkelsbühl im Westen, auf. Das oftmals als Beweis herangezogene sekundäre Sedimentationsgefälle ist nach einer vergleichenden Betrachtung im gesamten Arbeitsgebiet nicht augenfällig, obwohl besonders im Unteren Burgsandstein im südlichen Bereich öfter grobkörnige Lagen, mehrfach und größere Gerölle und Kiese den Sedimenten eingelagert sind. Jedoch erst eine systematische, gezielte Untersuchung könnte hierfür Beweise erbringen. Diese angedeutete Änderung ist wohl in erster Linie auf örtliche Besonderheiten zurückzuführen, die einmal im Liefergebiet selber und zum anderen in den Gegebenheiten des Sedimentationsraumes zu suchen sind. In diesem Zusammenhang muß auch auf die Gliederung des Burgsandsteins in der „Nürnberger Fazies“ eingegangen werden. Bis zu der

grundlegenden Arbeit von HAARLÄNDER (1955) war die Dreiteilung des Burgsandsteins, die THÜRACH (1888) im nördlichen Franken vorgenommen hat, in diesem Bereich nicht durchführbar. HAARLÄNDER (1955) stellte auf Grund einer fleißigen, detaillierten Aufnahme des Burgsandsteins im Gebiet von Röttenbach, nordwestlich Erlangen, eine Gliederung in drei Abteilungen auf, die sich nach eigenen, im Vorstehenden ausgeführten Aufnahmen auf das gesamte Burgsandsteinverbreitungsgebiet in Franken übertragen läßt. Auch BIRZER (1958) wendet die Unterteilung nach durchhaltenden Lettenhorizonten zur Deutung von zahlreichen Bohrprofilen mit Erfolg an. Schon dadurch wird die oben erwähnte Feststellung bezüglich der gering unterschiedlichen Gesteinszusammensetzung oder keines merklichen Fazieswechsels erhärtet. Daß das Material des Burgsandsteins aus dem Süden bzw. Südosten transportiert worden ist, kann heute nicht mehr bezweifelt werden. In neuerer Zeit haben KNETSCH, DEGENS usw. (1960) und SCHNITZER (1960) dies hinreichend wahrscheinlich gemacht. Auch eigene Messungen der Schüttung ergaben diese bevorzugte Richtung für den Antransport. Neben Feldspatsandsteinen stellen Lettenhorizonte, die eine maximale Mächtigkeit von 18 m erreichen (BIRZER 1958), den Hauptanteil der Gesteine. Gelegentlich sind untergeordnet mergelige Lagen, dolomitische Bildungen und Hornsteine diesen eingelagert. Dies sind durchwegs Abtragungsreste des Alten Gebirges, das im Sandsteinkeuper nach der Anschauung von KNETSCH (1928, 1960) u. a. eine stärkere Hebungstendenz bzw. das Becken eine intensivere Absenkung erfährt. Der unsortierte Gebirgsschutt wird von mehrfach wirksam gewordenen trockenen und feuchten Transportkräften in ausgebreiteten Schuttfächern in das Becken verfrachtet. Episodische Überflutungen, die sich mitunter über lange Zeiträume gehalten haben, gewaltige Schlammfluten, ein zeitweise wirksames Flußsystem und auch äolische Kräfte gestalten die so rasch in horizontaler und vertikaler Richtung wechselnde Sedimentation und erschweren damit eine vernünftige Abgrenzung von verschiedenen Faziesbereichen innerhalb eines größeren Komplexes. Die vorgenannten Faktoren, die sich in der Kreuzschichtung, in den ausgedehnten Lettenschmitzen, -bändern oder -nestern andeuten und in rinnenartigen Auswaschungen mit Kieslagen an ihrer Basis äußern, gehören einem Klima an, das zwischen arid und semiarid zu denken ist. Insgesamt betrachtet liegt im Verbreitungsgebiet des heutigen Burgsandsteins eine küstennahe Zone — der Südrand etwa 100 km entfernt — vor uns, die mehrmals trocken gelegt wird und die von Mündungstrichtern, fluviatilen Rinnen und episodischen Tümpeln sehr variierender Lebensdauer durchsetzt wird. Besondere Erwähnung verdient die Fazies des Burgsandsteins im Wendelsteiner Höhenzug, die in ihrer Art aus dem Gesamtbild herausfällt. Diese Modifikation wird aber erst durch einen sekundären Vorgang hervorgerufen. DORN (1926) und KNETSCH (1928) führen dafür hydrothermale Vorgänge an. Eine neuere gründliche Bearbeitung dieser Besonderheit durch v. GEHLEN (1956) spricht sich ebenso für eine sekundäre, hydrothermale Entstehung der „Quarzite“ aus. Die Auffindung von Aktivarkosen im Wendelsteiner Höhenzug ist mit ein Beweis für eine primär normale Fazies, die in keiner Weise aus dem Rahmen fällt. Die Verkieselung hat erst postgenetisch in unterschiedlichem Maße die Feldspatsandsteine in die „Quarzite“ umgewandelt.

Als erster nahm WASSERSTEIN (1933) sedimentpetrographische Untersuchungen an Burgsandsteinproben aus dem Gebiet zwischen Nürnberg und Weißenburg in Bayern vor und suchte

somit aus lithologischer Sicht Erkenntnisse zu seiner Paläogeographie beizubringen. Er stellt dabei fest, daß die Schwermineralführung des Burgsandsteins zwischen Nürnberg und dem Jurarand im Süden ziemlich konstant bleibt und somit ein Liefergebiet als wahrscheinlich anzunehmen ist. Bei Nürnberg erst treten Komponenten hinzu, die einem zweiten Schüttungskegel anzugehören scheinen.

SCHNITZER (1960, 1961) untersuchte aus dem gesamten Vorkommen des Burgsandsteins in Franken weitmaschig genommene Proben der Oberen Abteilung des Burgsandsteins auf seine Schwermineralzusammensetzung und kommt dabei zu dem vorläufigen Ergebnis, daß das gesamte Arbeitsgebiet einer Zirkon-Rutil-Monazit-Provinz angehört und sich in den Akzessorien wesentlich von denen des Gebietes der Randfazies des Keupers, also dem Gebiet zwischen dem Ostrand des Jura und dem Alten Gebirge unterscheidet. Er schließt danach auf zwei verschiedene Schuttkegel, deren erster sich vom Vindelizischen Land ableitet und deren zweiter vom Alten Gebirge im Osten stammt. Nach den Ergebnissen der Prospektion kann ein Teil seiner Vermutungen, in Bezug auf die Höffigkeit Urananreicherungen aufzufinden, generell gesehen, bestätigt werden, wenn auch in einzelnen Teilen des Vindelizischen Schuttkegels keine Aktivarkosen aufgefunden wurden, die nach den Gegebenheiten für ihn als charakteristisch gelten dürfen. Das trifft zu für das Gebiet von nördlich Bamberg gegen Westen bis Hofheim, für den Raum Hirschau und die Umgebung von Hilpoltstein, die alle dem Vindelizischen Kegel angehören und keine Aktivarkosen beinhalten. Inwieweit die Urananreicherungen in der Dolomitischen Arkose bei Lichtenfels (WELTE 1962) diese Regel durchbrechen, kann hier nicht untersucht werden. In diesem Zusammenhang ist nur herauszustellen, daß Aktivarkosen im verbleibenden Verbreitungsgebiet des Burgsandsteins nicht aufgefunden worden sind. Vielleicht erbringen Untersuchungen von Schwermineralspektren, denen ein engmaschiges Probeentnahmenetz zugrundeliegt, dafür eine Klärung. Beide Autoren, WASSERSTEIN und SCHNITZER, versuchen nach den Schwermineralkomponenten auf das Ausgangsgestein rückzuschließen und vermuten, daß es für den Vindelizischen Fächer hauptsächlich Granite mit einem gewissen Anteil „metamorpher Areale“, (SCHNITZER 1960) sein müßten.

Im Rahmen dieses paläogeographischen Abrisses sollen noch kurz die tektonischen Verhältnisse gestreift werden. Das Untersuchungsgebiet stellt im Sinne CARLÉS (1955) einen Teil der Südwestdeutschen Großscholle dar, die sich im Osten des Fränkischen Schildes ausbreitet. Das wichtigste tektonische Element ist hier der herzynisch streichende Ansbacher Scheitel mit dem Colmberger Schild, als seiner höchsten Erhebung. Jener erstreckt sich etwa bis ins Gebiet von Kelheim a. d. Donau. Durch mehrere Spezialarbeiten (u. a. v. FREYBERG 1936, 1954) und die geologische Neuaufnahme des Gebietes zwischen Ansbach und Rothenburg (HAUNSCHILD 1955, 1961 a, 1961 b, 1962) sind die tektonischen Verhältnisse in Mittelfranken näher bekannt geworden. Großräumig gesehen sind Verbiegungen das hervorragende Bewegungselement. Untergeordnet deutet sich auch Bruchtektonik an, die meist nur geringe Sprunghöhen aufweist — maximal bis 30 m auf Blatt Leutershausen (HAUNSCHILD 1962) —, die aber im Sandsteinkeuper schwer zu fassen ist. Auf Einzelheiten dieser Art ist hier nicht einzugehen. Aus der Bearbeitung des Burgsandsteins ergibt sich jedenfalls, daß der Sedimentationsraum der Burgsandsteinzeit kein oder nur ein geringes Relief besessen haben kann. Diese Feststellung folgt aus der Tatsache, daß die Mächtigkeit des

Burgsandsteins in seinem gesamten Verbreitungsareal innerhalb des Arbeitsgebietes einigermaßen konstant bleibt. Wären damals schon ausgeprägte Reliefunterschiede vorhanden gewesen, hätten diese eine entsprechende Schwankung in der Mächtigkeit mit sich gebracht. Im heutigen tektonischen Bild zeigen sich jedoch mehrfach Mulden und Sättel, die z. B. in der Hesselberg-Mulde (vgl. S. 37) nach den Lagerungsverhältnissen im Burgsandstein eine Absenkung von ca. 120 m erkennen lassen. Diese Verformungen müssen demnach erst nach der Burgsandsteinzeit erfolgt sein und können mit der Heraushebung des Fränkischen Schildes, insbesondere mit dem Ansbacher Scheitel (CARLÉ 1955) und der Heraushebung des Alten Gebirges in Zusammenhang stehen. Die wirksamsten Phasen waren in dieser Hinsicht wohl die austrische, vielleicht auch schon die jungkimmerische, die nach CARLÉ (1955) einen Teil der Verformungen bewirkt haben kann, obwohl auch bis in die junge Zeit z. B. im Nürnberger Becken (WAGNER 1929, RÜCKERT 1931/32, v. FREYBERG 1943 u. a.) merkliche Bewegungen nachgewiesen wurden.

Wenn auch durch die Uranprospektion für die Paläogeographie des Burgsandsteins keine wesentlichen und wenig neue Erkenntnisse beigebracht worden sind, konnten solche anderer Verfasser regional erweitert und für das Arbeitsgebiet als geltend bestätigt oder als unwahrscheinlich abgetan werden. Dies gilt insbesondere für die Transportrichtung der Sedimente, für die Zusammensetzung des Gesteins selber und im untergeordneten Maße für die Lagerungsverhältnisse.

IV. Zur Genese der uranhaltigen Sandsteine

In den bisherigen Ausführungen standen die örtlichen Besonderheiten und Einzelheiten der Aktivarkose-Bildungen im Vordergrund. Im folgenden sollen nun aus der Zusammenschau, aus speziell geologischer Sicht unter verschiedenen Gesichtswinkeln genetische Fragen erörtert werden. In der Beilage sind alle aufgefundenen Aktivarkose-Bildungen entsprechend ihrer stratigraphischen Zugehörigkeit markiert. Daraus ist zu ersehen, daß die Vorkommen der Mittleren und der Oberen Abteilung des Burgsandsteins regellos in seinem Verbreitungsgebiet liegen. Scheinbar konzentrieren sich die Aktivarkosen des Oberen Burgsandsteins im äußeren, bogenförmigen Ausbiß. Jene der Mittleren Abteilung liegen an der Innenseite des Bogens bzw. in den noch erhaltenen Burgsandsteininseln, wenn sie auch gelegentlich, z. B. im Gebiet südlich Röthenbach/Pegnitz und bei Harrlach, in den Außenrand übergreifen. Auf Grund dieser scheinbaren Ordnung darf nicht auf verschiedene Schüttungskegel mit unterschiedlichem Sedimentmaterial geschlossen werden: denn nach den Ergebnissen der Prospektion zeigt es sich, daß die Auffindung der uranangereicherten Feldspatsandsteine eine Funktion der Aufschlußverhältnisse ist. Im äußeren Bogen steht überwiegend der Obere Burgsandstein an und somit konnten auch nur darin die Aktivarkosen aufgefunden werden. Im Inneren des Bogens und in den inselartigen Restgebieten des Burgsandsteins ist meist nur seine Mittlere Abteilung noch erhalten und auch hierin sind solche Aktivarkosen festgestellt worden. Auf Grund der vorgefundenen Verhältnisse an mehreren Stellen, wo in unmittelbarer Nachbarschaft Aktivarkosen sowohl in der Mittleren als auch in der Oberen Abteilung angetroffen wurden, kann vermutet werden, daß auch im äußeren Bogen im Liegenden der aufgefundenen Urananreicherungen, in der nicht erschlossenen Mittleren Abteilung, auch solche zur Ausbildung kamen. Dafür bieten sich die

Gebiete von Zeckern—Hemhofen auf Blatt Röttenbach, Röttenbach/Pegnitz, Harrlach und Aenberg an. Von den im Arbeitsgebiet aufgefundenen 142 Vorkommen gehören etwa 25 % der Mittleren Abteilung des Burgsandsteins an, während 75 % in der Oberen Abteilung liegen. Alle Vorkommen stehen in einem engen Zusammenhang mit einem Lettenhorizont, meist mit einem Leitletten, was nicht nur bei der Geländeaufnahme beobachtet worden ist, sondern sich auch bei der stratigraphischen Auswertung ergab. Etwa die Hälfte aller Vorkommen der Oberen Abteilung liegen 5—10 m über dem Hauptletten und etwa $\frac{1}{5}$ lagern diesem direkt auf. Die Aktivarkosen des Mittleren Burgsandsteins sind in der Mehrzahl wenige Meter unter dem Haupt-Letten sedimentiert. In diesem Zusammenhang wäre noch kurz auf die heutige Höhenlage der Vorkommen einzugehen. Vergleicht man die Abgrenzungen des Burgsandsteins, so fällt auf, daß die meisten Aktivarkosen in tektonischen Hochlagen aufgefunden wurden. Im Abschnitt III ist wahrscheinlich gemacht worden, daß zur Zeit der Sedimentation der Untergrund keine ausgeprägte Morphologie aufgewiesen haben kann. Daraus ergibt sich, daß die vorstehende Feststellung mit der Genese in keinem Kausalzusammenhang steht, sondern wieder nur mit der Erschlossenheit des heutigen Geländes zusammenhängt. In einer früheren Arbeit des Verfassers (BERGER 1959b) wurde als Arbeitshypothese die Vermutung geäußert, daß die Urananreicherungen möglicherweise mit einer „alten Landoberfläche“ in Zusammenhang stehen. Dieser Gedanke ist nicht so zu deuten, daß die Uranlösungen nachträglich in das zu Tage anstehende Gestein einer seit langem bestehenden „alten“ Landoberfläche, wie sie z. B. in Teilen des Arbeitsgebietes im Tertiär bestanden hat, eingedrungen sind, sondern vielmehr, daß zur Bildungszeit des jeweiligen Burgsandsteinhorizontes oder kurze Zeit danach, regional beschränkte Teile trocken fielen und als Sedimentoberflächen, teilweise von Tümpeln oder Endseen bedeckt, zu Tage lagen.

Bei der Aufnahme der meisten Aufschlüsse ist zu erkennen, daß die Aktivarkosen innerhalb des Schichtverbandes im großen gesehen konkordant liegen, was HAARLÄNDER und SCHNITZER (1961) auch für die Funde im Gebiet von Erlangen beschreiben. Selbst bei einer Schrägschichtung passen sie sich ihr an. Vereinzelt eingeschaltete Aktivarkosen (Scherben, Knollen) unterbrechen lediglich die Schichtung. Somit ist von geologischer Seite eine syngenetische Entstehung erwiesen. Vorstehende Beobachtung macht es wahrscheinlich, daß die Urananreicherung im allgemeinen während der Diagenese stattgefunden hat (vgl. SALGER S. 80). Versucht man nun der Ausbildung nach die Aktivarkose-Vorkommen zu klassifizieren und danach Gesetzmäßigkeiten zu finden, ergibt sich folgende Möglichkeit:

1. Die Aktivarkosen sind überwiegend in *plattiger* Form ausgebildet, wobei die Platten meist gleiche Ausmaße von etwa Handtellergröße aufweisen. Sie liegen mehr oder weniger dicht gepackt und zeigen sich im Anschnitt muldenförmig (vgl. Abb. 18) abgesetzt.
2. In einzelnen Aufschlüssen ist die Aktivarkose *bankig* ausgebildet, wobei die Bänke eine Mächtigkeit bis 0,3 m erreichen. Sie sind anscheinend nicht so selten, wie man das nach den aufgefundenen Verhältnissen annehmen muß, denn mehrfach sind solche Aktivarkose-Bänke zu Quadern gehauen an Bauten festgestellt worden.

3. An verschiedenen Stellen ist die Urananreicherung in Knollen und Scherben erfolgt. Als Begleiterscheinung tritt hierbei oftmals eine Infiltration des Nebengesteins mit Uran auf, die flecken- oder „wolkenartig“ ist und sich schon in einer Verfärbung des umgebenden Gesteins äußert. Dieser Typ von Urananreicherung ist mehr oder weniger hoch über einer Letten-schmitze oder einem Zwischenletten ausgeschieden. Für seine Bildung waren allem Anschein nach die bestimmenden Faktoren nicht ausreichend, um eine optimale, linsenförmige Ablagerung zu erzielen. Diese Art könnte als Anfangs-stadium der Aktivarkose-Bildung bezeichnet werden.

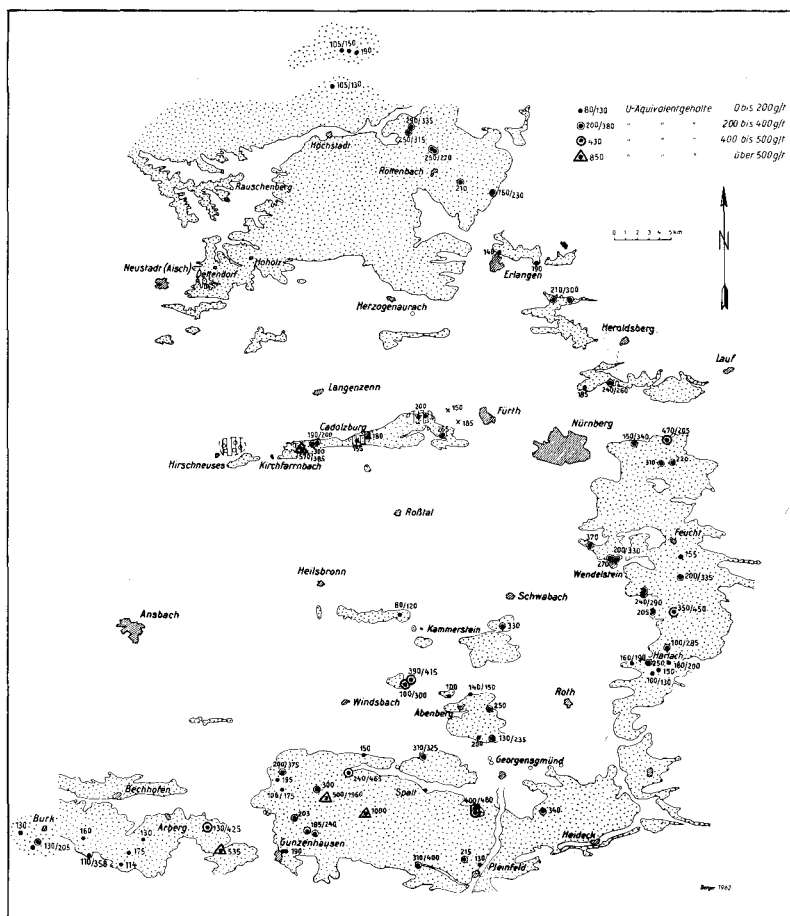


Abb. 21. Übersichtskarte zur Verteilung der U-Konzentration.

Als Fazit der Auswertung in Bezug auf den Typ ist somit herauszustellen, daß sich weder in regionaler noch in stratigraphischer Hinsicht eine spezifische Art von Aktivarkose-Bildungen abzeichnet.

Endlich sollten noch die Gehalte und die Konzentration der einzelnen Vorkommen im Zusammenhang betrachtet werden. Aus der Vielzahl radiometrischer Bestimmungen, aus der in der Tabelle 1 eine Auswahl zusammengestellt wurde,

ist zu ersehen, daß die U-Äquivalent-Gehalte nicht nur untereinander sehr verschieden sind, sondern auch innerhalb eines Vorkommens sehr variieren können. Trägt man die ermittelten Gehalte zu den entsprechenden Vorkommen auf einer Übersichtskarte ein (Abb. 21), so zeigt sich, daß weder nach dem stratigraphischen Niveau, noch in regionaler Hinsicht eine Regel in der Verteilung zu erkennen ist. Es läßt sich nach den insgesamt vorliegenden Aufschlußverhältnissen weder für einzelne Vorkommen, noch für das Ganze ein Durchschnittsgehalt an U-Äquivalent errechnen. In diesem Zusammenhang muß noch kurz auf die Probenahme eingegangen werden. Im Allgemeinen ist von der gesamten Aufschlußwand eine Schlitzprobe in üblicher Weise genommen worden. Sie erbringt den Durchschnittswert. Daneben wurden radiometrische Messungen an Knollen oder an im Aussehen herausfallenden Proben vorgenommen, die meist einen beträchtlich höheren Gehalt an U-Äquivalent erbracht haben (vgl. Probe MP 1, Blatt Ornau). Daraus ist zu folgern, daß die Konzentrationsgrade sehr unterschiedlich sind, was einleuchtend erscheint, wenn man die mannigfaltigen Komponenten bedenkt, die bei der Genese zusammengewirkt haben. Als Tatsache ist der Übersicht zu entnehmen, daß die maximalen Gehalte in einem Handstück von Punkt 102, nordöstlich Gunzenhausen, mit 1960 g/t U-Äquivalent festgestellt wurden. Demgegenüber zeigt das größte erschlossene Vorkommen im Punkt 67 bei Harrlach (S. 27) einen entsprechenden Gehalt von 155 bis 195 g/t. Oftmals liegen die radiometrisch ermittelten U-Äquivalent-Gehalte noch darunter, wie aus der Tabelle 1 zu entnehmen ist. Ein g e s c h ä t z t e r Durchschnittsgehalt von 250—300 g/t U-Äquivalent ist insgesamt für den uranhaltigen Burgsandstein wahrscheinlich. Er liegt damit noch unter den von HAARLÄNDER und SCHNITZER (1961) angeführten Werten von Zeckern, zwischen Röttenbach und Adelsdorf. Da neben den Gehalten auch die Ausdehnung der Urananreicherungen im Burgsandstein nicht erfaßt werden konnte, muß eine Vorratsberechnung, wie sie die beiden vorgenannten Verfasser für ihr bearbeitetes Gebiet vorgenommen haben, vernünftigerweise unterbleiben. Somit ist auch aus der Konzentration und ihrer Verteilung im gesamten Verbreitungsgebiet kein erhellendes Moment zur Genese zu finden.

Im vorstehenden wurde versucht, aus verschiedener Sicht eine Regel oder zumindest eine Tendenz für die Genese der Aktivarkose nach geologischen Gegebenheiten zu erkennen. Übereinstimmend ergibt sich jedoch, daß im einzelnen nach dem bisherigen Erkenntnisstand, in einer gewissen Parallelität zur Fazies, die genetischen Momente sehr verworren liegen. Zur Genese der Urananreicherungen können daher auf Grund der Geländeaufnahme und ihrer Auswertung nur wenige Fakten geliefert werden. Die syngenetische Entstehung ist bereits im vorstehenden erläutert worden. Darüber haben sich auch KNETSCH, DEGENS usw. (1960) und HAARLÄNDER und SCHNITZER (1961) für ihren Bereich ausgelassen und kommen zum gleichen Ergebnis. Ein großes Gewicht ist in dieser Hinsicht den Erkenntnissen von ABELE und SALGER im folgenden Teil dieser Arbeit beizumessen (S. 80). Zusammenfassend zeichnet sich nach dem bisher Erkannten folgendes Bild für die Genese ab: Zu verschiedenen Zeiten während des Mittleren und Oberen Burgsandsteins wurden die bereits abgelagerten, jedoch von der Diagenese noch nicht erfaßten Sedimente, von uranhaltigen Lösungen im gesamten Arbeitsgebiet durchströmt. Sie können als Grund- oder als Oberflächenwasser aufgetreten sein. Unter bestimmten optimalen geochemischen Be-

dingungen ist dann in den Mineralkornzwischenräumen und in prädestinierten Partien des Sedimentes das Uran aus der Lösung abgefangen worden und wurde nach und nach konzentriert. Der schon als Sedimentbestandteil vorhandene Apatit übernimmt hierbei die Hauptfunktion. Auf die Möglichkeit, ob er dabei schwammartig gewirkt hat oder ob das Uran mit dem in Lösung befindlichen Apatit gleichzeitig abgesetzt wurde, wird sich SALGER im mineralogischen Teil dieser Arbeit auseinandersetzen. Die vielen nebeneinander wirkenden Faktoren, die notwendig sind, um das Uran abzufangen, können allein von geologischer Seite nicht erkannt werden. Neben chemischen und mineralogischen Faktoren wirkten ohne Zweifel auch klimatische und sedimentologische bei dem komplexen Vorgang der Genese mit. Nach den Gegebenheiten der Geländeaufnahme ist es am wahrscheinlichsten, daß sich die Aktivarkosen beim Eintrocknen von \pm kleinen Endseen und Tümpeln, die ohne erkennbare Regel zu verschiedenen Zeiten und damit in unterschiedlichem Niveau bestanden, gebildet haben. Der schon mehrmals herausgestellte Zusammenhang mit Lettenlagen ist hierfür bedeutungsvoll. Für die Art und die Größe der Aktivarkose-Bildungen waren weniger die Konzentration der Lösungen als klimatische, zeitliche und sedimentologische Faktoren ausschlaggebend. Ein von HAARLÄNDER und SCHNITZER (1961) angeführter Zusammenhang zwischen der Bildung von Aktivarkosen mit Flußrinnen ist im gesamten Untersuchungsgebiet mit den zahlreichen Vorkommen nicht zu erkennen. Die weitflächige Verbreitung der Aktivarkose spricht für die bereits im paläogeographischen Teil wahrscheinlich gemachte ungestörte, \pm horizontale Lagerung des seinerzeitigen Sedimentationsgebietes. Die uranhaltigen Lösungen, die ihren Erzhalt aus granitischen Gesteinen des Vindelizischen Landes gelöst haben, konnten sich daher wenig behindert in der großen Bucht des Vorlandes weitflächig bewegen oder stagnieren. Ob dort selbst Uranminerale in Form von Gängen oder anderen Konzentrationen, wie sie im Gebiet von Nabburg—Wölsendorf heute angeschnitten sind (TEUSCHER und BUDDE 1957, ZIEHR 1957), angestanden haben und durch die Lösungen „verwässert“ im Vorland sekundär sedimentiert wurden, kann nicht ausgesagt werden. Wie bei den meisten Bildungen der Erdkruste, spielen bei der Genese der Aktivarkosen mehrerlei Umstände zusammen.

In Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der Aktivarkose-Bildungen läßt sich zusammenfassend sagen, daß diese sowohl nach ihren durchschnittlichen Gehalten, als auch nach ihrer absetzigen Lagerung und ihren jeweils kleinen Mengen nach heute geltenden Gesichtspunkten nicht bauwürdig sind. Ihre Erforschung ist jedoch durchgeführt worden, um keine Möglichkeit zur Auffindung von Uranerzlagerstätten auszulassen und erst durch diese Untersuchung ist ihre Unbauwürdigkeit festgestellt worden. Die Vorkommen von Aktivarkosen sind auf jeden Fall als Reserve zu betrachten.

V. Zusammenfassung

Im Rahmen der Uranprospektion in Bayern sind im Burgsandstein Mittelfrankens allenthalben Urananreicherungen in Feldspatsandsteinen der Mittleren und Oberen Abteilung aufgefunden worden, die als Aktivarkosen bezeichnet werden. Im speziellen geologischen Teil werden die einzelnen Vorkommen erläutert und ihre stratigraphische Einstufung vorgenommen. An einer Auswahl von Aktivarkose-Bildungen werden die näheren Verhältnisse der Lagerung, der Form und der Ausdehnung ausgeführt. Die Feldmeßwerte der Radioaktivität und die

Ergebnisse der radiometrischen Analyse ergänzen diese Angaben. Einleitend werden kurz die angewandten Meßmethoden zur Feststellung der radioaktiven Strahlungsintensität und des Uran-Äquivalent-Gehaltes ausgeführt.

Für das gesamte Arbeitsgebiet wird ein paläogeographisches Bild entworfen. Die Keuperbucht wird während der Burgsandsteinzeit durch mehrfach wechselnde periodisch wirkende trockene und nasse Transportkräfte mit den Abtragungsresten des Vindelizischen Landes aufgefüllt, was schon seit langem bekannt ist und unter anderem durch Schwermineraluntersuchungen von WASSERSTEIN (1935), SCHNITZER (1960, 1961) und durch Messungen der Schüttungsrichtung erneut wahrscheinlich gemacht wird. Die Begrenzung dieses Raumes wird von Elementen gebildet, die sich seit langer erdgeschichtlicher Zeit abzeichnen: das alte Gebirge im Süden und Osten und die Gammesfelder Barre im Westen. Die überwiegend sandige Fazies ist auch im Gebiet südlich Nürnberg bis an den Jurarand im Süden vorhanden. Die von HAARLÄNDER (1955) vorgenommene Gliederung der „Nürnberger Fazies“ läßt sich im gesamten Untersuchungsgebiet anwenden. Die aus dem Rahmen fallende Fazies des Burgsandsteins im Wendelsteiner Höhenzug wird von mehreren Bearbeitern von sekundären Einflüssen abgeleitet. Nach den Verhältnissen in den Aktivarkose-Bildungen kann diese Ansicht bestätigt werden. Ein kurzer Überblick wird über die tektonischen Verhältnisse gegeben und herausgestellt, daß zur Zeit der Burgsandsteinbildung eine ausgeprägte Morphologie unwahrscheinlich ist. Die heute erkennbaren Verbiegungen sind nachburgsandsteinisch und hängen wahrscheinlich mit der Heraushebung des Ansbacher Scheitels und einer verstärkten Hebung des Alten Gebirges zusammen. Die austrische Gebirgsbildung ist hierbei maßgeblich beteiligt.

In Bezug auf die Genese der Aktivarkosen lassen sich nur wenige geologische Fakten anführen. Die Konzentration der Bildungen der Oberen Abteilung am äußeren Rand des bogenförmigen Verbreitungsgebietes und der der Mittleren Abteilung in seinem inneren Bereich ist lediglich durch die Aufschlußverhältnisse bedingt. Die Ausbildung von zusätzlichen Aktivarkose-Vorkommen im bisher nicht erschlossenen Niveau der Mittleren Abteilung im äußeren Bogen liegt im Bereich des Möglichen. Auf Grund der konkordanten Lagerung der Aktivarkosen im Schichtverband ist auf eine syngenetische Bildung zu schließen. Der Typ der Urananreicherungen zeigt keine bevorzugten Bereiche weder in regionaler, noch in stratigraphischer Hinsicht. Die Bedeutung der Lettenlagen für die Genese ist herausgestellt worden. Zusammenfassend werden die Aktivarkose-Bildungen als Abscheidungen aus Endseen, episodischen Tümpeln oder des Grundwassers gedeutet, die uranhaltige Lösungen mitführten. Dem Apatit kommt hierbei eine ausschlaggebende Wirkung zu. Klimatische und sedimentologische Faktoren waren für die Bildung wichtiger als die Konzentration der Lösungen. Das Uran ist aus granitischen Gesteinen des Vindelizischen Landes gelöst worden, was auch durch die Schwermineralspektren (SCHNITZER 1960, 1961) wahrscheinlich gemacht wird.

Zusammenhängende größere Lagerstätten mit bauwürdigen Uran-Konzentrationen sind mit dieser Untersuchungsarbeit nicht aufgefunden worden, was umso bedeutungsvoller ist, da die Aktivarkosen im Burgsandstein die reichsten Uran-Gehalte in den Sedimentgesteinen Nordostbayerns aufweisen.

VI. Schriftenverzeichnis

- BAIER, J. J.: *Oryktographia Norica*. — Nürnberg 1708. Herausgegeben von B. v. FREYBERG, Erlanger geol. Abh., H. 29, Erlangen 1958.
- BERGER, K. BR.: Radiometrische Messungen und deren Auswertung für die Geologie im Blattgebiet von Röttenbach. — Geol. Bl. NO-Bayern, **9**, Erlangen 1959. — [1959 a].
- Die radiometrische Vermessung auf Blatt Roßtal. Beitrag in FUCHS, B.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6631 Roßtal. München 1959. — [1959 b].
 - Die radiometrische Vermessung auf Blatt Erlangen Nord. Beitrag in Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000 Nr. 6332 Blatt Erlangen Nord. München. — [in Vorbereitung].
- BIRZER, F.: Bohrprofile aus dem Keuper im südlichen Franken und der angrenzenden Oberpfalz. — Erlanger geol. Abh., H. 26, Erlangen 1958.
- CARLÉ, W.: Bau und Entwicklung der Südwestdeutschen Großscholle. — Beih. Geol. Jb., **16**, Hannover 1955.
- DORN, P.: Geologie des Wendelsteiner Höhenzuges bei Nürnberg. — Z. deutsch. geol. Ges., **78**, Berlin 1926.
- Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Erlangen Süd, München 1930.
 - Paläogeographie der Riesbarre. — N. Jb. Mineral. usw., Abt. B, Beil.-Bd. **77**, Stuttgart 1937.
- FREYBERG, B. v.: Die Randfazies des Mittleren Keupers in Mittelfranken (Auswertung von Tiefbohrungen). — S.-Ber. Phys.-mediz. Soz. Erlangen, **67** (1935/36), Erlangen 1936.
- Die Randfazies des Gipskeupers, insbesondere der Benker Sandstein in Franken. — Erlanger geol. Abh., H. 11, Erlangen 1954.
 - 25 Jahre geologische Forschung in unserem fränkischen Arbeitsgebiet. — Jahrbuch der Fränkischen Forschung, **20**, Kallmünz/Opf. 1960.
- FUCHS, B.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6531 Fürth. München 1955.
- Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6532 Nürnberg. München 1956.
 - Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6632 Schwabach. München 1957.
 - Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6631 Roßtal. München 1959.
 - Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6030 Heilsbronn. München 1961. — [1961 a].
 - Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6730 Windsbach. München 1961. — [1961 b].
- FÜCHTBAUER, H.: Sedimentpetrographische Untersuchungen in der kontinentalen Trias der Bohrung Scherstetten I. — *Geologica Bavarica*, Nr. 24, München 1955.
- GEHLEN, K. v.: Sekundär-hydrothermale Mineralisation im Bursandstein des Wendelsteiner Höhenzuges. — Geol. Bl. NO-Bayern, **6**, Erlangen 1956.
- GRUSS, H.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6833 Hilpoltstein. München 1958.
- GÜMBEL, C. W. v.: Kurze Erläuterungen zu dem Blatte Bamberg (Nr. XIII) der Geognostischen Karte des Königreichs Bayern 1 : 100 000. Cassel 1887.
- Kurze Erläuterungen zu dem Blatte Neumarkt (Nr. XIV) der Geognostischen Karte des Königreichs Bayern 1 : 100 000. Cassel 1888.
 - Kurze Erläuterungen zu dem Blatte Ansbach (Nr. XVII) der Geognostischen Karte des Königreichs Bayern 1 : 100 000. Cassel 1891.
 - Geologie von Bayern. Bd. I/II, Cassel 1894.

- HAARLÄNDER, W.: Geologie des Blattes Röttenbach. — Erlanger geol. Abh., **13**, Erlangen 1955.
- HAARLÄNDER, W. & SCHNITZER, W. A.: Geologie und Lithologie des uranführenden Burgsandsteins von Erlangen und Umgebung. — Erlanger geol. Abh., **37**, Erlangen 1961.
- HAUNSCHILD, H.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6629 Ansbach Nord. München 1961. — [1961 a].
- Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6729 Ansbach Süd. München 1961. — [1961 b].
- Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6628 Leutershausen. München 1963.
- HÄNEL, R. Geologische Untersuchungen im Hesselberggebiet. — Zulassungsarbeit Erlangen 1932. — [Maschinenschrift].
- KNETSCH, G.: Der Keuper in der bayerischen Oberpfalz. — N. Jb. Mineral. usw., Abt. B, Beil.-Bd. **61**, Stuttgart 1929.
- KNETSCH, G., DEGENS, E., WELTE, D. & REUTER, H.: Untersuchungen und Schlüsse zur Verteilung von Strahlungsträgern in Sedimenten Frankens. — Glückauf, H. 3, Düsseldorf 1960.
- KNETSCH, G. & SPRENGLER, E.: Strahlungsmessungen an sedimentären Gesteinen Unterfrankens. — N. J. Geol. Pal., Mh. 1958, Stuttgart 1958.
- KRUMBECK, L.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Erlangen Nord. München 1931.
- LANG, M.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Bamberg Süd Nr. 6131. München 1939.
- REUTER, L.: Abriß der Geologie von Bayern r. d. Rh. Abt. IV. München 1927.
- ROLL, A.: Der unmittelbare Nachweis des Vindelizischen Rückens unter der süddeutschen Molasse. — Geol. Rdsch., **40**, Stuttgart 1952.
- RÜCKERT, L.: Zur Flußgeschichte und Morphologie des Rednitzgebietes. — S.-Ber. Phys.-mediz. Soz., **63/64** (1931/32), Erlangen 1933.
- SCHNITZER, W. A.: Entfärbungshöfe in den Lehrbergsschichten des Zenngrundes. — Geol. Bl. NO-Bayern, **3**, Erlangen 1953.
- Der Schwermineralgehalt der Randfazies des fränkischen Mittleren Keupers in Tiefbohrprofilen. — Erlanger geol. Abh., H. 11, Erlangen 1954.
- Sedimentpetrographische Untersuchungen in der ostbayerischen Trias. — Ber. Geol. Ges. DDR, **5**, Berlin 1960.
- Profilkorrelierung mittels radiometrischer Messungen im Keuper von Bayreuth. — Geol. Bl. NO-Bayern, **11**, Erlangen 1961.
- SCHNITZER, W. A. & HAARLÄNDER, W.: siehe HAARLÄNDER.
- SCHUSTER, M.: Abriß der Geologie von Bayern r. d. Rh. VI. Abt. München 1928.
- TEUSCHER, E. O. & BUDDE, E.: Emanationsmessungen im Nabburger Flußspatrevier. — Geologica Bavarica, H. 35, München 1957.
- THÜRACH, H.: Übersicht über die Gliederung des Keupers im nördlichen Franken. — Geogn. Jh., 1888, **1**, Cassel 1888 sowie 1889, **2**, Cassel 1889.
- WAGNER, G.: Berg und Tal im Triasland von Schwaben und Franken. — Erdgesch. u. landeskd. Abh. Schwaben u. Franken, **4**, Öhringen 1922.
- Junge Krustenbewegungen im Landschaftsbild Süddeutschlands. — Erdgesch. u. landeskd. Abh. Schwaben u. Franken, **10**, Öhringen 1929.
- WASSERSTEIN, B.: Zur Petrogenesis des Burgsandsteins zwischen Nürnberg und Weißenburg i. B. — N. Jb. Mineral. usw., Abt. B, Beil.-Bd. **70**, Stuttgart 1933.
- ZIEHR, H.: Uranvorkommen in Bayern. — Atomwirtschaft, **2**, Düsseldorf 1957.

Tabelle 1

**Zusammenstellung der radiometrischen Auswertung von
Aktivarkose-Proben**

Lfd. Nr.	Fundort mit Aufschluß-Nr.	Gesteinsausbildung	radiom. Auszahl- wert cpm	U-Äquivalent- Gehalt g/t	Bemerkung
Blatt A ben berg					
1	Straße Wolfsau— Leipersloh MP 13x	d'rote Arkose	2156 2032 2161	415 390 415	Lesestein
2	nw Leipersloh MP 14, Aufschluß Nr. 81 (Beilage 1)	d'rote Arkose	1903	365	Lesestein
3	ö Brunn MP 21, Nr. 80	rotviol. Arkose, plattig	532 568 534	100 110 100	anstehende Linse
4	ö Brunn MP 21xx	d'rotviol. grbr. mkg Arkose	1548 1512 1124	300 290 215	Schotter u. Gerölle (Restschutt)
5	ö Kammerstein MP 49	d'rote Arkose	1110 1127	215 220	Lesestein
6	nw A ben berg Hohlweg MP 79, Nr. 83	rotviol. mkg Arkose	532	100	
7	nö A ben berg Feld MP 93, Nr. 82	violrote, plattige Arkose	750 723	145 140	große Linse im Feld
8	ö Thonhof MP 150, Nr. 94	rotviol. plattige Arkose-Linse	a) 801 789 b) 595 601 c) 150 128	155 150 115 115 30 25	liegender Sand
9	ssö Beerbach MP 172	d'rotviol., grob- bis mkg Arkose	1695 1705	325 325	Lesestein
10	nö Untersteinbach MP 190, Nr. 92	rotviol. Arkose	1031 958	200 185	
11	sö Kleinabenberg MP 198, Nr. 85	d'rotviol. plattige Arkose-Linse	1327 1381	255 265	
Blatt A delsdorf					
12	sö Adelsdorf MP 15	d'rote Arkosen, plattig	1654 1510 1601 1751 1751 1528	320 290 310 335 335 295	Lesesteine aus dem Vorkommen Zeckern

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Fundort mit Aufschluß-Nr.	Gesteinsausbildung	radiom. Auszahl- wert cpm	U-Äquivalent- Gehalt g/t	Bemerkung
13	Straßenkreuzung Adelsdorf—Zeckern Nr. 5	rotviol. plattige Arkosen	1331 1401	255 270	
14	n Adelsdorf— Hofseeweiher MP 106	d'rote Arkose	1182	230	Lesestein
Blatt Allersberg					
15	nw Altenfelden MP 28	d'rotviol. plattige Arkose	672 690 609 630 512 541 473	130 135 115 120 100 105 90	anstehend
16	s Harrlach MP 45, Nr. 73	d'rotviol. Arkosescherben	1152 1121 1105 1092 1797 923	220 215 215 210 340 180	Lesesteine Schlitzprobe
17	s Harrlach MP 47, Nr. 71	viol. dünnplattige Arkosen	766 781	150 150	
18	nw Harrlach MP 49, Nr. 66	rote u. rotviol. Arkoseplatten	1267 1396 1375 1285 1401	245 270 265 245 270	
19	w Harrlach MP 52, Nr. 69	d'rotviol. mkg Arkosen	851 852	165 165	
20	w Harrlach Aufschluß Nr. 67	helle u. rotviol. mkg Arkosen	495 483 397 458	195 190 155 180	wenig helle Flecken helle Arkose Schlitzprobe
21	ö Harrlach MP 165, Nr. 65	mürbe rotviol. Sande rotviol. feste Arkosen	403 420 953 961 1040	80 80 185 185 200	
22	nw Straßmühle MP 168, Nr. 63	d'rotviol. Arkosereste	526 1023 1278 1474	100 195 245 285	Schlitzprobe knollige Bildung

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Fundort mit Aufschluß-Nr.	Gesteinsausbildung	radiom. Auszahl- wert cpm	U-Äquivalent- Gehalt g/t	Bemerkung
Blatt Bamberg Süd					
23	n Waizendorf MP 109, Nr. 1	violrote, plattige Arkose	264	105	
			783	150	
			715	140	
			271	105	
24	nö Waizendorf Feld MP 111, Nr. 2	viol. dünnplattige Arkosen	486	195	Linse im Feld anstehend
			976	190	
Blatt Erlangen Nord					
25	Ebersbach— Wellucken (Kreuz) MP 46	d'rotviol. bankige Arkosen	647	240	Lesesteine
26	Erlangen—Burgberg MP 1, Nr. 13	rotviol. gk Arkose, ± mürb helle, gkg Sande	275	110	Linsenrand Scherben
			355	140	
			124	50	Innenlinse
			128	55	
27	s Spardorf Steinbruch MP 64, Nr. 14	d'rote, plattige Arkose	482	190	
28	w Ebersbach	rotviol. bankige Arkose	798	165	Bauschutt vom Geogr. Institut Erlangen
29	Kleinseebach MP 190, Nr. 12	d'rote-rotviol. Arkosescherben	537	210	Schlitzprobe
			1032	200	
			1197	230	
			410	160	Knolle
			1020	195	
Blatt Erlangen Süd					
30	Dornberg MP 24, Nr. 20 MP 25	d'rote, bankige Arkosereste	1087	210	Lesestein
			1540	295	
31	nö Buchenbühl Autobahn-Einschnitt MP 61, Nr. 19	d'rote, plattige Arkose	1272	245	
			1289	245	
32	nö Buchenbühl Aufschluß Nr. 18	d'rote-violrote Arkoselinse d'rote Scherben	1374	265	
			1294	250	
			1284	245	
			1265	245	
33	w Buchenbühl MP 79 a, Nr. 21	violrote, plattige Arkose	972	185	

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Fundort mit Aufschluß-Nr.	Gesteinsausbildung	radiom. Auszahl- wert cpm	U-Äquivalent- Gehalt g/t	Bemerkung
Blatt Feucht					
34	sö Feucht MP 7, Nr. 46	d'rote Arkose- knollen	709	155	Anreicherung in Nestern
35	Schwarzenbruck MP 10, Hohlweg Nr. 48	d'rote Arkose- knollen	921	200	
36	Schwarzenbruck a. d. Schwarzach MP 11, Nr. 47	rotviol. Arkose- platten	1557 1037	335 225	
37	sw Dürrenhembach MP 20	d'rote, plattige Arkose	1735 2086	380 455	Oberfläche einer Linse
38	Dürrenhembach Bachriß MP 23, Nr. 59	d'rote-violrote Arkose	1628	355	Schlitzprobe
39	s Sperberslohe MP 30, Nr. 55	rotviol., plattige Arkose	957	205	
40	nw Sperberslohe MP 44, 53	rotviol., plattige Arkose	1313	295	
41	sw Sperberslohe Nr. 57	viol.-d'rote Arkoseplatten	1297 1163 1091 1151	285 245 240 245	
Blatt Feuchtwangen Ost					
42	n Oberkemmatten MP 108, Aufschluß Nr. 138	rote-rotviol., plattige Arkose	663	130	
43	w Burk MP 133, Nr. 134	d'rote Arkose- scherben	741	160	
44	sw Burk—Sandgrube MP 139, Nr. 137	d'rote Arkose- scherben	1061 998	205 190	
45	sw Burk-Sandgrube MP 139	d'rotviol. Arkose	483	105	Lesestein
46	Burk MP 144	d'rote Arkose- platte	697	150	Lesestein
Blatt Fürth					
47	Burgfarnbach MP 58, Nr. 32	d'rote Arkose	389 368 382	160 145 150	
48	Cadolzburg Aussichtsturm, Nr. 24	d'rote, gk Arkose	933	180	

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Fundort mit Aufschluß-Nr.	Gesteinsausbildung	radiom. Auszählwert cpm	U-Äquivalent-Gehalt g/t	Bemerkung
49	Egersdorf MP 22	rotviol. Arkose	597	130	Lesestein
50	Cadolzburg Festwiese MP 16, Nr. 23	rote-viol., plattige Arkose	721	155	
51	s Burgfarrnbach MP 58	d'roter Arkose- rest	952	185	Lesestein
52	s Seukendorf MP 38, Nr. 31	d'rote Arkose- restplatte	922	200	
53	Stadtwald Fürth Sophiengrund, Nr. 30	d'rote Arkose	1223	265	
54	Rennstraße im Stadtwald MP 62	d'rote-violrote Arkosereste	1107	215	Lesestein
55	s Steinbach— Kühbruck MP 98	rotviol., gk Arkose	680	230	Restschutt
Blatt Gunzenhausen					
56	nw Gunzenhausen	rotviol. Arkose- reste	343 330	151 145	Altmühl-Schotter
57	s Seitersdorf „Grundlos“, Nr. 101	d'rote Arkose, gk, dicht, plattig Geröll	1126 2946 4244 3322 3550	497 1295 1960 1490 1600	anstehend abgerolltes Anstehendes
58	nw Obererlbach MP 69, Nr. 95	d'rotviol., plattige Arkose	634 558 379 1050	280 247 167 465	
59	n Lindenbühl MP 88, Nr. 96	rotviol. Arkose, plattig-scherbig	491 390 846	217 172 375	
60	w Haundorf „Himmelreich“, Nr. 116	d'rote, plattige Arkose	240 397	106 175	Schlitzprobe
61	w Wald, Sandgrube „Kränzlein“, Nr. 121	d'rote, einzelne Arkosereste, gk	1219	535	? eingeschwemmt in hellen, gk Sand
62	nö Gunzenhausen Aufschluß Nr. 111	d'rote, plattige Arkose	420	185	Schlitzprobe

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Fundort mit Aufschluß-Nr.	Gesteinsausbildung	radiom. Auszahl- wert cpm	U-Äquivalent- Gehalt g/t	Bemerkung
63	s Geislohe Waldweg Nr. 110 MP 147	d'rote Arkose	287	127	Oberfläche einer Aktivarkose
64	s Geislohe, Feld, Nr. 111	blaßrotviol. Arkose	541	240	Aktivlinse im Feld
65	nw Brand Nr. 112	blaßviol., plattige Arkose	311	137	angewitterte Oberflächenprobe
66	nö Eichenberg Aufschluß Nr. 100 MP 157	rotviol. Arkose, plattig	675	300	
67	n Eichenberg MP 159, Nr. 99	d'rote Arkose	440	195	
68	ö Eichelberg— Fischhaus, Nr. 113	d'rote, plattige Arkose	456	203	Oberfläche einer Linse
69	w Höhberg MP 170/2	d'rote Arkose- restplatte	420 378	185 169	
70	nö Gunzenhausen Siedlung MP 172, 173, Nr. 120	rotviol., dünn- plattige Arkose	444 416 443	196 182 196	Proben aus Baugruben
Blatt Heideck					
71	„Röttenbacher Wald“ MP 81, Nr. 89	rote-d'rote Aktivarkose	1779 1763	340 340	
Blatt Höchstadt/Aisch					
72	n Mühlhausen	rotviol. Sandstein- u. Arkoseknollen	540 541 706	105 105 135	„wolkige“ Uran- anreicherung
Blatt Langenzenn					
73	s Stinzendorf MP 1, Nr. 27	d'rote, plattige Arkose	431 509	190 210	Schlitzprobe
74	s Keidenzell	d'rote, plattige Arkose	927	200	
75	Druidenstein MP 2, Nr. 28	rotviol. Sandstein m. einzelnen Arkoseknollen	852	185	„wolkige“ Uran- anreicherung
76	Klosterholz MP 3, Nr. 26	d'rote Arkose- platten	1546 1751	300 335	
77	nw Deberndorf— Friedrichsberg	d'rotviol., plattige Sand- steine	1504	290	

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Fundort mit Aufschluß-Nr.	Gesteinsausbildung	radiom. Auszählwert cpm	U-Äquivalent-Gehalt g/t	Bemerkung
78	Hochstraße Aufschluß Nr. 29	d'rotviol. Arkosescherben	1386	570	Arkose in Nestern angereichert
79	Hochstraße Aufschluß Nr. 29	d'rotviol. Arkosescherben	852	385	auf Letten liegend
Blatt Ornau					
80	n Ehrenswinden Aufschluß Nr. 127 Brunnenweiher	d'rote Arkose- knollen- u. -scherben	196 306	74 114	
81	osö Birkach Aufschluß Nr. 128 MP 64	violrote Arkose- platte u. Reste	366	137	einzelne Reste in gk Sandstein eingeschwemmt
82	sö Birkach	violrote Arkose	467	175	
83	nö Beyerberg MP 89, Nr. 129	violrote Arkose, dünnplattig	959 312 294	358 116 111	Linsenanschnitt
84	nö Beyerberg MP 90, Nr. 130	viol., dünn- plattige Arkose	376 218	140 82	Linse im Feld
85	w Oberkönigshofen MP 98	d'rote, plattige Arkose	420	156	Lesestein aus dem Anstehenden
86	Gothendorf Aufschluß Nr. 122 MP 1	d'rotviol. Arkose, z. T. bankig, z. T. als Platten	566 310 1000 310	240 130 425 130	
Blatt Röthenbach/Pegnitz					
87	nö Fischbach— Waldweg MP 89, Nr. 39	d'rote, dünn- rote, dünnplattige Arkose	1083 1136 1112	210 220 215	
88	n Fischbach MP 101, Nr. 41	d'rote u. blaßrote dünnplattige Arkose	1696 1599 827 893	325 310 160 170	Weganschnitt d'rote Arkose d'rote Arkose
89	Nordhang Schmausen- buck MP 113, Hohlweg, Nr. 33	d'rote, plattige Arkose	1234 1211 1259 1220 1230 1041	240 235 240 235 235 200	
90	„Drei Höhen“ MP 124	d'rote Arkose- platte	1567 2445	300 470	Lesestein

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Fundort mit Aufschluß-Nr.	Gesteinsausbildung	radiom. Auszahlwert cpm	U-Äquivalent-Gehalt g/t	Bemerkung
91	„Drei Höhen“ Aufschluß Nr. 36 MP 127	d'rote, plattige Arkose	1061 1057	205 205	Schlitzprobe
92	n Behringsdorf MP 141	d'rotviol. Arkose	1939 1466	375 280	Lesestein
Blatt Röttenbach					
93	Maßholderknock MP 15, Nr. 9	rote Arkose, mürb	550	210	Linse im Sandstein
94	w Hemhofen—Acker MP 21, Nr. 8	d'rote, gk verwitterte Arkose	159	65	Ackerkrume, Wert unterschwellig
95	Hemhofener Weg	d'rotviol. Arkose	1057	390	Lesestein
96	Schulhaus Zeckern Nr. 6	d'rote, plattige Arkose	1242 1301	240 250	vgl. HAARLÄNDER u. SCHNITZER (1961)
97	n Zeckern Kapelle, Nr. 5	d'rote Arkose	1647 1517	315 295	vgl. HAARLÄNDER u. SCHNITZER (1961)
Blatt Roßtal					
98	„Haufbuck“ Nr. 79	rotviol., plattige, gk Arkose	220	120	
99	Lanzendorf MP 113	d'rote, gk, poröse Arkose	168	70	Quader an Häusern
Blatt Roth					
100	s Mäbenberg MP 4, Nr. 87	rotviol., gefleckte Knollen von Arkose	1089	235	Knollen eingeschaltet in Sandstein
101	w Asbach—Hohlweg MP 10 a, Nr. 84	rotviol. Arkose, dünnplattig	610	130	Anstehendes
102	sö Schwand	mürbe, rotbr.-rote Arkosen, verwittert	1083	235	Boden
Blatt Spalt					
103	nw Pleinfeld MP 8, Nr. 104	d'rote, plattige Arkose	335 532	130 200	
104	sw Unterbreitenlohe MP 24, Nr. 91	d'rote Arkose- knollen u. -platten	1223 2147 2091	480 415 400	

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Fundort mit Aufschluß-Nr.	Gesteinsausbildung	radiom. Auszahl- wert cpm	U-Äquivalent- Gehalt g/t	Bemerkung
105	sö Unterbreitenlohe MP 31	d'rotviol. Arkose	275 529	110 115	
106	w Ramsberg MP 58 a, Nr. 107	d'rote Arkose, z. T. Knollen, gk	1696 2127	310 400	Knollen
107	ssw Fünfbronn MP 138	violrote, rauhe Arkose	4758	1030	Lesestein
108	nö Schnittling MP 132, Nr. 93	violrote, plattige Arkose	547 477 1117 1182	215 190 215 225	
Blatt Schwabach					
109	s Uigenau MP 20, Nr. 75	viol., dünn- plattige Arkose	1501	330	Lesesteine von anstehender Linse
110	n Wendelstein Aufschluß am Bahnhof MP 86, Nr. 45	d'rote, plattige, g-mgk Arkose	1116 1108 618 527 600	215 195 245 210 235	Anstehendes
111	Langenlohe MP 100, Nr. 42	rote-rotviol., dünnplattige Arkose	1695	370	
112	Wendelsteiner Höhenzug MP 105, Nr. 43	rote-bunte Arkoseknollen	1038 1216	220 270	
Blatt Weiltingen					
113	sw Greiselbach— Sandgrube MP 44, Nr. 140	d'rote, plattige u. bankige Arkose	674 643 961 608	130 125 185 115	Schlitzprobe
114	sw Wittenbach MP 51, Nr. 141	rotviol. Arkose, dicht	445	85	
115	Wolfsbühl— Sandgrube MP 93, Nr. 139	d'rote-viol., plattige Arkose u. Knollen	794 1867 1213 616	150 360 235 120	Knolle, fk, Schlitzprobe

B. Zur Chemie und Mineralogie der Aktivarkosen

GUSTAV ABELE und MATTHIAS SALGER

Inhalt

I. Einleitung	59
II. Die Untersuchungen und ihre Ergebnisse	59
1. Die Ursache der Strahlung	59
2. Der Apatit als Uranträger	59
3. Beziehungen des Urangehaltes der Proben und des Apatits zu Chemismus, Morphologie und Fluoreszenz des Apatits	69
4. Oxydationszustand des Urans	74
5. Zur Petrographie der Aktivarkosen	75
III. Bemerkungen zur Genese der Aktivarkosen	80
IV. Methoden	84
V. Schrifttum	89

I. Einleitung

Die chemischen und mineralogischen Untersuchungen hatten das Ziel, den Träger der vom Geologen gemessenen Strahlung zu identifizieren und aus der Art seines Vorkommens Schlüsse auf die Genese zu ziehen. Sie stellen eine Gemeinschaftsarbeit von Chemiker (ABELE) und Mineralogen (SALGER) dar. Den Großteil der chemischen Untersuchungen sowie die Abfassung des methodischen Teils besorgte G. ABELE, die übrigen Untersuchungen und die Ausarbeitung der Teile I, II und III lag bei M. SALGER.

II. Die Untersuchungen und ihre Ergebnisse

1. Die Ursache der Strahlung

Die Strahlung der Aktivarkosen wird überwiegend durch Uran erzeugt. Die Thoriumstrahlung fällt nicht ins Gewicht. Das wird bewiesen durch die gute Übereinstimmung von chemischen und szintillometrisch bestimmten Urangehalten, durch Strahlungsanalysen (Kombination von Filter- und Szintillometermessungen) und durch die leichte Löslichkeit des Strahlungsträgers.

2. Apatit als Uranträger

In allen untersuchten Proben wurde kein selbständiges Uranmineral gefunden. Obwohl der Großteil der Proben stark eisenoxydhaltig ist, wird das Uran nicht, wie vielfach vermutet, von diesem sorbiert. Das wird begründet durch folgende Beobachtungen:

1. Es ist unmöglich, durch neutrale Mittel (etwa konzentrierte Kochsalzlösung) Uran in Lösung zu bringen.
2. Durch vorsichtige Reduktion mit Na-Dithionitlösungen kann Eisen in Lösung gebracht werden, ohne daß der Urangehalt des Rückstandes abnimmt.
3. Mit $n/_{100}$ HNO_3 kann der Uranträger in Lösung gebracht werden, ohne daß das Eisenoxyd merklich angegriffen wird (kein Fe in der Lösung).
4. Es gibt auch Vorkommen von Uransandsteinen, die weiß sind.
5. In lockeren Proben gelingt eine Anreicherung des Urans durch Fraktionieren. Die Fraktion mit dem höchsten Urangehalt ($6\text{--}20\ \mu$) hat einen relativ zu den Feintonfraktionen $< 6\ \mu$ und $< 2\ \mu$ geringen Eisengehalt.

Dagegen ist in allen uranhaltigen Sandsteinen Apatit enthalten. Die sauren Uranauszüge der Proben enthalten immer Phosphorsäure. Dieses Zusammengehen von Phosphorsäure und Uran berechtigt zu der Annahme, daß das Uran am oder im Apatit gebunden ist.

a) Chemische Zusammensetzung

Die reinste Apatitprobe, die von einer Gesamtprobe durch Fraktionierung abgetrennt werden konnte, ist die Fraktion $6\text{--}20\ \mu$ einer Probe aus der Umgebung von Fürth, die Herr Dr. ZIEHR entgegenkommenderweise zur Untersuchung zur Verfügung stellte. Die chemische Analyse brachte folgendes Ergebnis:

Tabelle 1

Chemische Zusammensetzung der Probe Fürth $6\text{--}20\ \mu$

Glühverlust	2,72 %	(1,14 % CO_2 + 1,58 % H_2O)
HNO_3 -Unlösliches	12,92 %	
Lösliches: R_2O_3	0,50 %	
CaO	46,20 %	
MgO	0,51 %	
Alkalien	0,33 %	(berechnet als Na_2O)
U_3O_8	0,07 %	
P_2O_5	33,42 %	
SO_3	0,08 %	
Cl_2	0,03 %	
F_2	3,19 %	
	<u>99,97 %</u>	

Durch mehrstündiges Erhitzen auf 300°C werden 0,3 % Wasser ausgetrieben. Vom Rest entfallen ca. 1 % auf Kristallwasser von Glimmer, Kaolinit und Eisenhydroxyd. Die übrigen 0,28 % werden nach GRUNER als gebundene OH-Gruppen angesehen. Von den 1,14 % CO_2 entfallen maximal 0,1 % auf freies Karbonat. Das übrige ist an Apatit gebunden. Das HNO_3 -Unlösliche besteht aus Quarz, Orthoklas, Kaolinit und Muskowit. R_2O_3 besteht weit überwiegend aus Eisenoxyd. Die Alkalien stammen zum Teil vom Abbau des Feldspats und Glimmers durch den Säureauszug. Legt man die Tabelle von THIEBAUT bei CORRENS zugrunde, dürfte der daraus stammende Alkalienanteil ungefähr 0,05 % ausmachen, so daß für den Apatit noch 0,28 % bleiben. In der folgenden Tabelle sind die Analysenwerte des reinen Apatits, sowie die daraus berechneten Ionenverhältnisse angegeben.

Tabelle 2

Chemische Analyse und Ionenverhältnisse des Apatits Fürth 6—20 μ

	Gew.-%	$\frac{\text{Gew.-%} \cdot 10}{\text{Mol. Gew.}}$	Ionenverhältnisse	
CaO	54,30	9,684	9,684	Ca
MgO	0,56	0,139	0,139	Mg
Na ₂ O	0,33	0,053	0,106	Na
U ₃ O ₈	0,08	0,001	0,003	U
P ₂ O ₅	39,30	2,766	5,532	P
SO ₃	0,09	0,010	0,010	S
Cl	0,04	0,013	0,013	Cl
F	3,74	1,968	1,968	F
H ₂ O	0,33	0,183	0,366	OH
CO ₂	1,22	0,277	0,277	C
	99,99			

Beim Vergleich der Ionenverhältnisse mit der Formel für Fluorapatit $\text{Ca}_{10} \text{F}_2 (\text{PO}_4)_6$ ist zu sehen, daß ein starkes Defizit an P_2O_5 besteht. Auch Ca und F sind nicht voll besetzt. Nach BEEVERS & MC INTYRE ist das Defizit an Ca korreliert mit dem Fluordefizit und weist auf eine unvollständige Struktur hin, in der teilweise die Kanäle im hexagonalen Gitter nicht von Fluor besetzt sind und dann auch die drei an Fluor gebundenen Ca-Stellen leer sind. Der CO_2 -Gehalt des Apatits reicht nicht aus, um das P_2O_5 -Defizit durch Substitution von P durch C zu decken; etwa die Hälfte des Restes bleibt unbesetzt. Der Anteil an freien P-Stellen beträgt ca. 3%, d. h. von 100 P-Stellen sind drei unbesetzt und etwa 5% sind von C besetzt. Das durch die Substitution von P durch C entstandene Ladungsungleichgewicht wird durch Ersatz von O^{--} durch OH^- gedeckt.

Die folgende Tabelle 3 zeigt die chemischen Analysen von U-haltigen Sandsteinproben aus Vorkommen, die gut aufgeschlossen sind. In den ersten 5 Spalten erscheinen die am Gestein analytisch bestimmten P_2O_5 -, U-, F- und CO_2 -Werte; in den drei letzten Spalten ist U, F und CO_2 auf den Apatit umgerechnet. Als Grundlage wurde der P_2O_5 -Gehalt von Fluorapatit verwendet (42,3%).

Daß das nicht ganz der Wirklichkeit entspricht, ist aus der oben angeführten Gesamtanalyse zu entnehmen. Der Bezug auf einen einheitlichen P_2O_5 -Wert ist aber trotzdem berechtigt, weil er die einzig mögliche Vergleichsgrundlage für die Analysen darstellt.

Die Zusammenfassung dieser Analysen gibt für die Apatite folgende Werte von U, F und CO_2 :

$$\text{U} = 0,02\text{—}0,47\text{ ‰}, \text{F} = 3,7\text{—}5,3\text{ ‰}, \text{CO}_2 = 0,7\text{—}2,5\text{ ‰}.$$

Zum Vergleich seien die Werte der Gesamtanalyse von Apatit Fürth nach Umrechnung auf 42,3% P_2O_5 angegeben:

$$\text{U} = 0,07\text{ ‰}, \text{F} = 3,9\text{ ‰}, \text{CO}_2 = 1,3\text{ ‰}.$$

Tabelle 3
Ergebnis der chemischen Bestimmungen an Bursandsteinproben

Die Werte für 100 % F-Apatit wurden folgendermaßen berechnet:

$$U_{Ap.} = \frac{U \text{ exp.}}{P_2O_5 \text{ exp.}} \cdot 42,3. \text{ Das gleiche gilt für } F_{Ap.} \text{ und } CO_2 \text{ }_{Ap.}$$

Aufschl.-Nr. in der Über- sichtskarte	Proben-Bezeichnung	U g/t	P ₂ O ₅ %	F %	CO ₂ % Gesamt	an Apatit	U % auf 100 % F-Apatit	F % auf 100 % F-Apatit	CO ₂ % auf 100 % F-Apatit	Gesteinsausbildung
23	Cadolzburg Burg	90	11,7	1,23	0,47	0,46	0,032	4,35	1,66	rote, harte, grobk. Knolle
24	Cadolzburg Festwiese 5	8	3,9	0,37	0,10	0,07	0,009	4,02	0,76	roter, bröseliger Sdst.
24	Cadolzburg Festwiese 5	12	3,1	0,38	0,11		0,016	5,20		roter, kompakter Sdst.
24	Cadolzburg Festwiese 7	90	9,8	0,88	0,35	0,23	0,039	3,80	0,99	roter, harter Sdst.
26	Druidenstein 2	40	5,5	0,57	0,26	0,26	0,031	4,40	2,00	rote Dentriten
29	Hochstraße 2	190	22,0	2,05	0,84	0,80	0,037	3,94	1,54	roter, harter, feink. Sdst.
29	Hochstraße 2*	296	17,7	1,55	0,66	0,63	0,071	3,70	1,50	helle, grobk. Knolle
29	Hochstraße 3*	101	10,3	0,96	0,36	0,33	0,042	3,94	1,35	rote, mittelk. Knolle
29	Hochstraße 4*	277	20,3	1,71	0,76	0,72	0,058	3,56	1,50	rote, mittelk. Knolle
29	Hochstraße 5*	208	17,4	1,41	0,55	0,53	0,051	3,43	1,30	rote, mittelk. Knolle
29	Hochstraße Bhrg. 46	400	27,36	2,50	1,35	1,29	0,062	3,88	2,00	rote, feink. Knolle
30	Sophiengrund 1	110	9,03				0,052			roter, grobk. Sdst.

Anmerkung: Die zweistelligen P₂O₅-Werte sind gravimetrisch, die einstelligen kolorimetrisch bestimmt.

Tabelle 3 (Fortsetzung)

Aufschl.-Nr. in der Über- sichtskarte	Proben-Bezeichnung	U g/t	P ₂ O ₅ %	F %	CO ₂ % Gesamt	an Apatit	U % auf 100 % F-Apatit F % CO ₂ %	Gesteinsausbildung
30	Sophiengrund 3	100	8,10	0,73	0,20	0,20	0,052 3,82 1,04	roter, grobk. Sdst.
30	Sophiengrund 6	118	8,23	0,84	0,24		0,061 4,34	roter, grobk. Sdst.
43	Schwabach 105	150	14,10	1,40			0,045 4,20	roter, grobk. Sdst.
45	Schwabach 86 A	180	16,07	1,64			0,047 4,32	roter, grobk. Sdst.
45	Schwabach 86 B	136	10,91	1,09			0,053 4,23	heller, grobk. Sdst.
46	Feucht 7	190	10,6	1,33	0,46	0,45	0,076 5,31 1,79	roter, grobk. Sdst.
48	Feucht 11; 48	116	8,29	0,81	0,30	0,27	0,059 4,14 1,38	roter, grobk. Sdst.
48	Feucht 11; 49	120	10,40	1,10	0,43	0,38	0,049 4,37 1,55	roter, grobk. Sdst.
48	Feucht 11; 50	108	7,02	0,78	0,24		0,065 4,70	roter, grobk. Sdst.
67	Allersberg 53 A	126	12,88	1,20	0,50	0,46	0,041 3,94 1,51	rot u. weiß gefl. Sdst.
67	Allersberg 53 B	126	11,80	1,17	0,53		0,045 4,18	roter, mittelk. Sdst.
67	Allersberg 53 C	100	10,21	1,06	0,42		0,041 4,40	heller Sdst.
72	Allersberg 47	79	2,79	0,51	0,27	0,20	0,119 7,75 3,03	braune, harte Knolle
84	Roth 10; 32	116	12,05	1,29	0,45	0,44	0,041 4,50 1,54	rote, grobk. Knolle
84	Roth 33	16	2,78	0,31	0,09		0,024 4,67	diffus, bröselig
84	Roth 34	24	3,76	0,45	0,12		0,027 5,10	schichtig, bröselig
84	Roth 35	27	3,03	0,45	0,11		0,038 6,30	Knolle im feink.-diffusen
84	Roth 36	5	0,89	0,18	0,04		0,024 8,60	grobk., diffus

Tabelle 3 (Fortsetzung)

Aufschl.-Nr. in der Über- sichtskarte	Proben-Bezeichnung	U g/t	P ₂ O ₅ %	F %	CO ₂ % Gesamt an Apatit	U ⁰ / ₀ auf 100 % F-Apatit F % CO ₂ %	Gesteinsausbildung
84	Roth 37	12	2,81	0,37	0,05	0,018 5,60	grobk., diffus
86	Roth 4; Rinde	136	10,75	1,09	0,45	0,053 4,27	heller, grobk. Sdst. } Knolle
86	Roth; Durchschnitt	196	15,31	1,57	0,73	0,054 4,34 2,02	roter, grobk. Sdst.
86	Roth 31	198	22,52	2,16	0,90	0,037 4,08 1,67	Knolle in roten Letten
85	Abenberg 198	224	11,20	1,18	0,50	0,084 4,50 1,88	rote, harte, grobk. Knolle
94	Abenberg 150; 39	88	6,76	0,69	0,25	0,055 4,30 1,57	rote, harte, grobk. Knolle
94	Abenberg 150; 39	64	4,91	0,58	0,21	0,055 5,00 1,82	rot, diffus
94	Abenberg 150; 40	62	5,17	0,59	0,21	0,051 4,80 1,72	rot, diffus
93	Spalt 132	160	12,9	1,47	0,60	0,052 4,82 1,57	hellroter, mittelk. Sdst.
93	Spalt 132	150	11,0	1,22	0,37	0,058 4,70 1,35	dunkelroter, mittelk. Sdst.
104	Spalt 8	90	4,6	0,60	0,10	0,083 5,08 0,92	dunkelroter, plattiger Sdst.
91	Spalt 24	290	17,8	2,04	0,73	0,069 4,83 1,73	rote, mittelk. Knolle
107	Spalt 58a	250	7,0	0,85	0,33	0,151 5,13 1,93	rote, harte, grobk. Knolle
107	Spalt 58a	120	7,2	0,69	0,20	0,070 4,05 1,12	roter, diffuser Sdst.
105	Spalt 156	90	8,0	0,92	0,22	0,048 4,85 0,66	helle Knolle
100	Gunzenhausen 157	656	9,19	1,09	0,52	0,304 5,02 2,40	rote Knolle
109	Gunzenhausen 146a	132	12,31	1,17	0,32	0,045 4,02 1,10	rote Knolle
109	Gunzenhausen 146b	80	7,78	0,75	0,23	0,043 4,07 1,25	roter, lockerer Sdst.

Tabelle 3 (Fortsetzung)

Aufschl.-Nr. in der Über- sichtskarte	Proben-Bezeichnung	U % g/t	P ₂ O ₅ %	F %	CO ₂ % Gesamt an Apatit		auf 100 % F-Apatit U % F % CO ₂ %		Gesteinsausbildung	
110	Gunzenhausen 149	120	12,6	1,51	0,61	0,59	0,040	5,08	1,98	hellroter, mittelk. Sdst.
113	Gunzenhausen 165	130	11,0	1,20	0,33	0,28	0,050	4,62	1,08	d'roter, mittelk., platt. Sdst.
120	Gunzenhausen 172a	100	13,9	1,46	0,56	0,54	0,030	4,44	1,64	roter, dünnplattiger Sdst.
120	Gunzenhausen 172c	110	15,0	1,51	0,50	0,41	0,031	4,24	1,16	roter, dünnplattiger Sdst.
121	Gunzenhausen 138	400	8,6	0,94	0,40	0,40	0,197	4,62	1,97	rote, grobk., harte Knolle
102	Gunzenhausen 63	1630	14,64	1,66	0,88	0,83	0,472	4,80	2,40	rote, grobk., harte Knolle
4	Höchstadt 40	98	7,05	0,67	0,25	0,25	0,059	4,02	1,50	rote, mittelk., harte Knolle
139	Weitingen/Wolfsbühl	263	29,5	2,50	1,03	0,98	0,038	3,60	1,40	rote, feink., harte Knolle
127	Ornbau 57; 23	76	12,31	1,17	0,40	0,39	0,026	4,03	1,38	rote, grobk. Knolle
127	Ornbau 57; 24	7	4,40	0,38	0,09	0,09	0,007	3,66	0,87	roter, lockerer Sdst.
122	Ornbau 1; 25	164	13,08	1,27	0,61	0,58	0,053	4,10	1,97	roter, bankiger Sdst.
122	Ornbau 1; 26a	75	8,23	0,85	0,24	0,21	0,039	4,38	1,24	weißrote Knollen
122	Ornbau 1; 26b	22	2,30	0,26	0,04	0,04	0,040	4,75	0,73	diffuser Hof um Knolle
122	Ornbau 1; 27	84	8,68	0,80	0,28	0,27	0,041	3,90	1,35	weiche Knollen
18	Erlangen Süd 62; 44	90	5,87	0,52	0,18		0,065	3,75		rote Linse
18	Erlangen Süd 62; 45	188	8,32	0,69	0,30		0,090	3,50		rote Linse
18	Erlangen Süd 62; 46	161	6,83	0,75	0,30		0,072	4,66		rote Scherben

b) Röntgenographische Daten

Die Gitterkonstanten des Apatits wurden durch Zählrohraufnahmen der 0002 und der 30 $\bar{3}$ 0-Linie mit gefilterter Kupferstrahlung bestimmt. Als Bezug für die Winkelmessung diente die Hauptquarzlinie bei $2\vartheta = 26,66^\circ$ für Cu K α . Für die Bestimmung wurde nach vorsichtigem Mörsern der Siebdurchgang $< 60\ \mu$ benutzt. In den meisten Fällen enthielten diese Proben genug Quarz. In einigen Fällen wurde Quarz von 6–20 $\mu\ \phi$ zugemischt.

Nach einer Übersichtsbestimmung der meisten Proben wurden die 16 repräsentativsten ausgesucht und an ihnen durch Meßreihen (je 5 Messungen eine Meßreihe) eine Verfeinerung der Konstantenbestimmung durchgeführt. Zur Winkelmessung wurde nicht das Maximum, sondern nach dem Vorschlag bei NEFF der Schwerpunkt der Linie benützt. Dieser fällt bei symmetrischen Profilen mit dem Maximum zusammen. Er liegt in $h/3$ der Schwerelinie, die durch die Verbindung der Linienmitten bei verschiedenen Ordinatenhöhen gebildet wird. Die Ermittlung der Gitterkonstanten lieferte folgende Werte:

$$a_0 = 9,348 \pm 0,0007 - 9,365 \pm 0,0008\ \text{\AA}$$

$$c_0 = 6,884 \pm 0,0009 - 6,904 \pm 0,0025\ \text{\AA}$$

c) Morphologie

Die Apatite wurden in zwei verschiedenen Formen beobachtet:

1. als Einzelkristalle,
2. als feinkörnige Aggregate.

1. Einzelkristalle

Die folgenden drei Abbildungen sind Mikroaufnahmen von Streupräparaten mit Phasenkontrasteinrichtung und Zimtöl ($n = 1,584$) als Einbettungsmittel. Die Apatite erscheinen auf Grund ihrer höheren Lichtbrechung dunkelgrau. Daneben sieht man weiße oder hellgraue Körner: Quarz und Feldspat (weiß), Muskowit und Kaolinit (hellgrau). Die großen runden schwarzen Gebilde sind Aggregate, die mit Eisenoxyd verkrustet sind. Die Apatite von Cadolzburg Festwiese enthalten häufig weiße Einschlüsse, auf die später näher eingegangen wird.

Auf den Abbildungen sind folgende Apatitformen zu sehen:

1. hexagonale Täfelchen (große Mehrzahl),
2. Leisten (vereinzelt),
3. hexagonale Tafeln im Stadium des Zusammenwachsens aus kleineren Einheiten (nur Abb. 3).

Die Blättchen haben unterschiedliche Größe; auf Abb. 1 erreichen sie maximal 0,008 mm, auf Abb. 2 0,012 mm und der große zusammengesetzte Kristall auf Abb. 3 in der Mitte erreicht 0,020 mm. Auch die Dicke ist verschieden. Sie kann auf den Abbildungen aus der Schärfe der Kristallbegrenzung geschlossen werden. Die dicksten Kristalle sind auf Abb. 3 (unscharfe Grenze). Relativ dünne

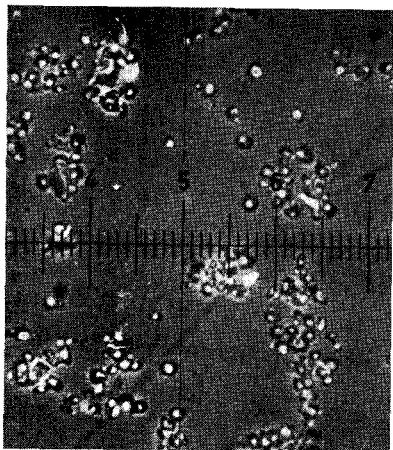


Abb. 1. Cadolzburg/Festwiese, Probe Nr. 5; weicher, aber kompakter U-Sandstein, Fraktion 6—20 $\mu \phi$ (geglüht).

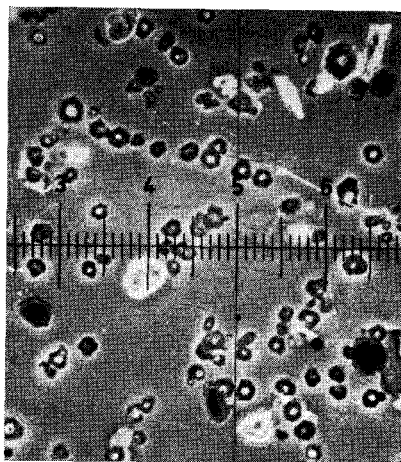


Abb. 2. Cadolzburg/Festwiese; weicher, bröckeliger U-Sandstein, Fraktion 6—20 μ .

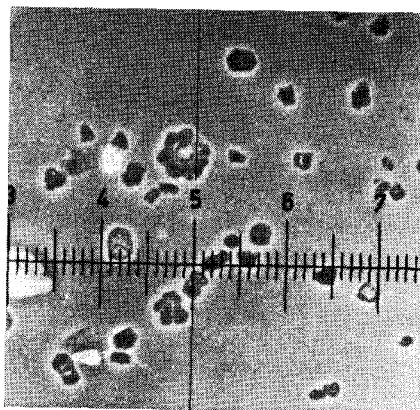


Abb. 3. Fürth (ZIEHR), 6—20 $\mu \phi$. Ein Teilstrich des Maßstabes entspricht 0,0037 mm.

flache Blättchen zeigen Abb. 1 und 2. Durch vorsichtiges Drücken des Deckgläschens gelingt es manchmal, eine Senkrechthstellung der Täfelchen zu erzwingen und die Dicke zu messen. Sie beträgt 0,0005—0,001 mm. Die hexagonalen Täfelchen zeigen keine Doppelbrechung. Es sind also Basisformen der hexagonalen Säule. Dagegen zeigen die Leisten schwache Doppelbrechung. Der Charakter der Längserstreckung ist positiv. Die Haupterstreckung steht demnach senkrecht zur Prismenachse der Apatite. An den Leisten wurden folgende optische Daten bestimmt:

n_w	1.624—1.627
n_e	1.619—1.622
A	0.005

Die angegebenen Unterschiede beziehen sich auf verschiedene Kristalle. Doch zeigen auch die Kristalle in sich an verschiedenen Stellen unterschiedliche Lichtbrechungswerte, nur sind sie nicht so stark. Bei den hexagonalen Basisformen nimmt häufig die Lichtbrechung zonar nach außen zu. Die Übergänge in den Prismen sind fließend.

Die hellen Kerne vieler Apatittäfelchen in Abb. 1 und 2 stellen nach chemischen, mikroskopischen, röntgenographischen und DTA-Untersuchungen Sphäroide von feinfaserigem Apatit dar, die meist kleine Kriställchen von Karbonat oder Eisenoxyd enthalten. Die niedrige Lichtbrechung der Kerne ist keine Folge von erhöhtem Wassergehalt; denn aus Abb. 1 ist zu sehen, daß auch das Glühen der Probe die Lichtbrechungsunterschiede zwischen Kern und Randzone der Kristalle nicht beseitigt hat. Sie wird wahrscheinlich durch Luft in Feinsporen verursacht. Diese Erscheinung ist häufig beschrieben. Die Kerne sind leichter löslich als die Außenzonen der Apatite.

2. Apatitaggregate

In allen untersuchten Proben wurde der Apatit nicht nur als Einzelkristall, sondern auch in Form von Aggregaten beobachtet. Das Mengenverhältnis zwischen Aggregaten und Einzelkristallen ist in den einzelnen Vorkommen verschieden. Die Aggregate können unterteilt werden in

- a) feinkristalline
Korngröße unter 0,001 mm,
- b) grobkristalline mit Übergangsformen
zum Einkristall
Korngröße bis 0,020 mm.

Als Anschauungsmaterial seien zwei maßstäbliche Zeichnungen gebracht, die mit dem Zeichenspiegel angefertigt wurden.

Abbildung 4 zeigt ein Beispiel für feinkörnige Aggregate. Das Einzelkorn ist so klein, daß es höchstens als feiner Punkt hätte gezeichnet werden können und deshalb weggelassen wurde.

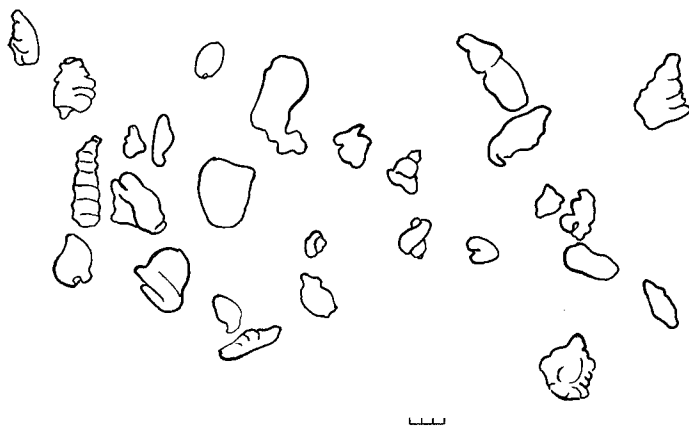


Abb. 4. Feinkristalline Apatitaggregate, Sophiengrün Nr. 1; 1 Teilstrich = 12,5 μ .

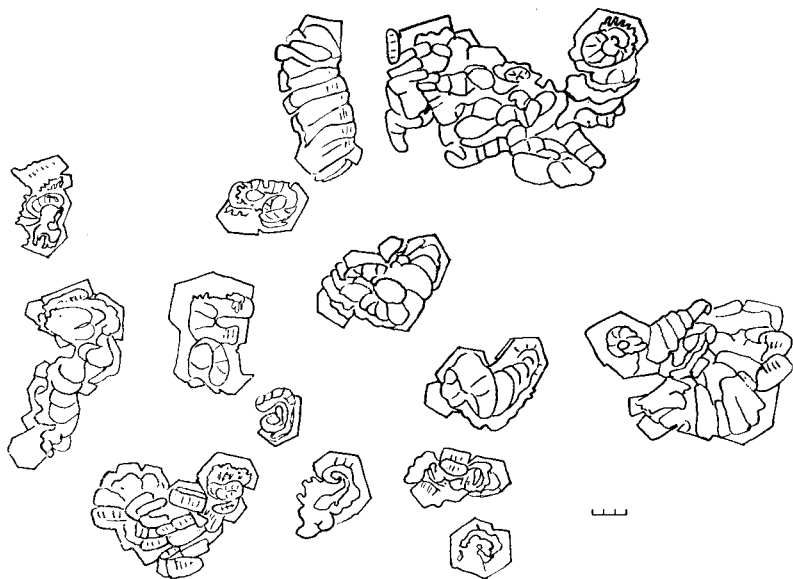


Abb. 5. Grobkristalline Apatitaggregate, Allersberg 53; 1 Teilstrich = $3,7 \mu$.

In Abbildung 5 werden grobkörnige Aggregate gezeigt. Sie stellen meist spirale Anordnungen von etwa $5-6 \mu$ großen Leisten dar, aus denen am Rande häufig hexagonale Täfelchen wachsen.

d) Fluoreszenz

Die Apatitsandsteine zeigen schwache, fleischfarbene bis braune Fluoreszenz. Die Farbe wird durch Eisenoxyd häufig verdeckt oder verändert. Zwei Proben von Einzelkristallen wurden im Fluoreszenzmikroskop betrachtet. Die Eigenfluoreszenz ist sehr schwach. Die Farbe ist weiß bei Anwendung von Blaulicht. Die Kristalle fluoreszieren im ganzen. Lokale Aufhellungen wurden nicht beobachtet.

3. Beziehungen des Urangehalts der Proben und des Apatits zu Chemismus, Morphologie und Fluoreszenz des Apatits

a) P_2O_5 -, F- und CO_2 -Gehalt der Proben

Als Grundlage der folgenden Überlegungen und Diagramme diente Tabelle 3. Die Diagramme Nr. 1, 2 und 3 zeigen die Beziehungen zwischen Urangehalt und Phosphorsäure, Fluor- und Karbonatgehalt der Proben. Mit steigendem P_2O_5 -, F- und CO_2 -Gehalt nimmt auch das Uran zu. Die Streuung ist erheblich. Die Gemeinsamkeit der Beziehungen zum Uran ist eine Folge der chemischen Verknüpfung von F, CO_2 und P_2O_5 im Apatit und zeigt, daß das Uran an Karbonatfluorapatit gebunden ist.

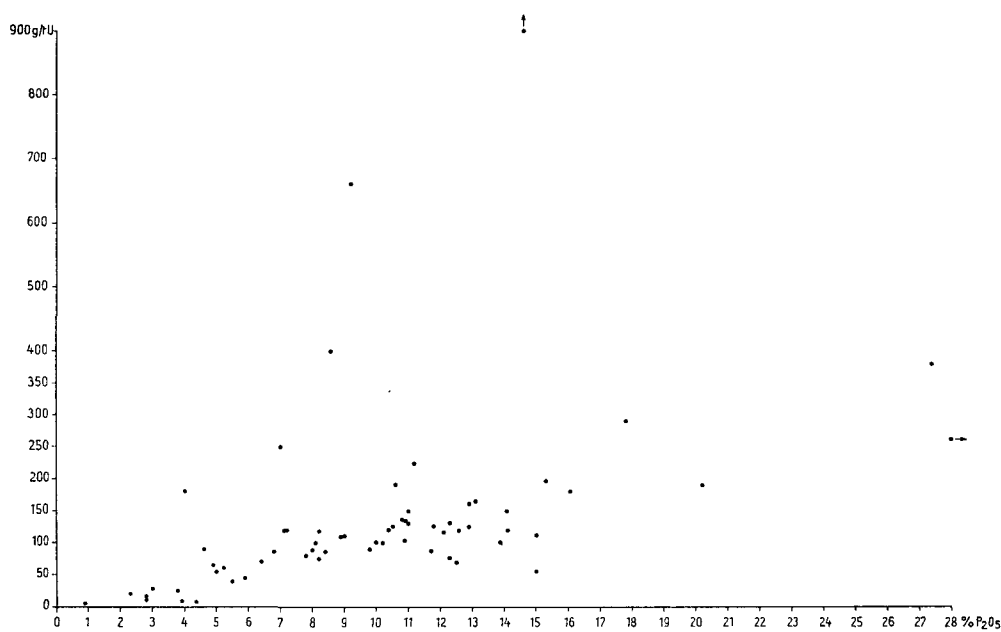


Diagramm Nr. 1. Beziehung zwischen Uran- und P_2O_5 -Gehalt der Proben.

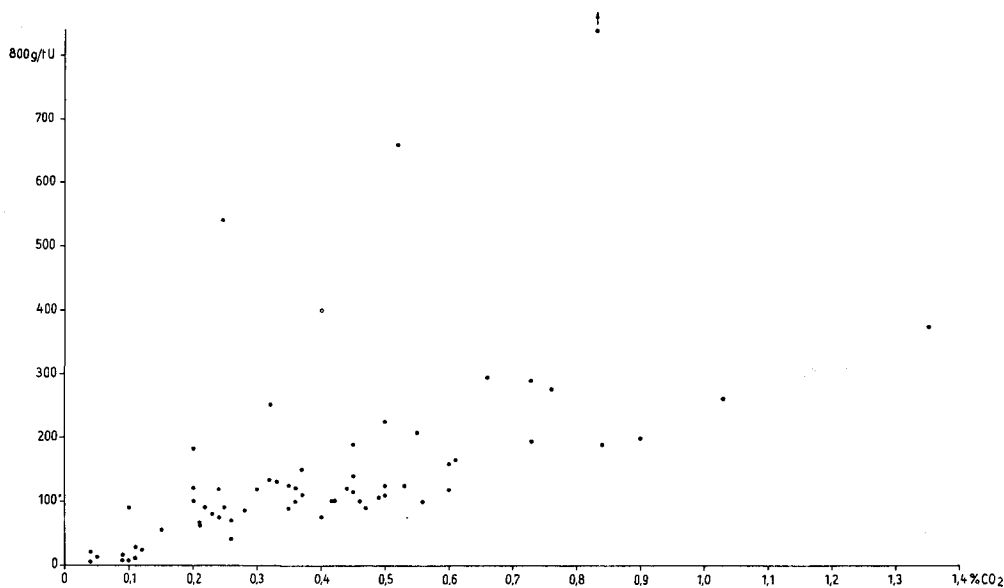


Diagramm Nr. 2. Beziehung zwischen Uran- und CO_2 -Gehalt der Proben.

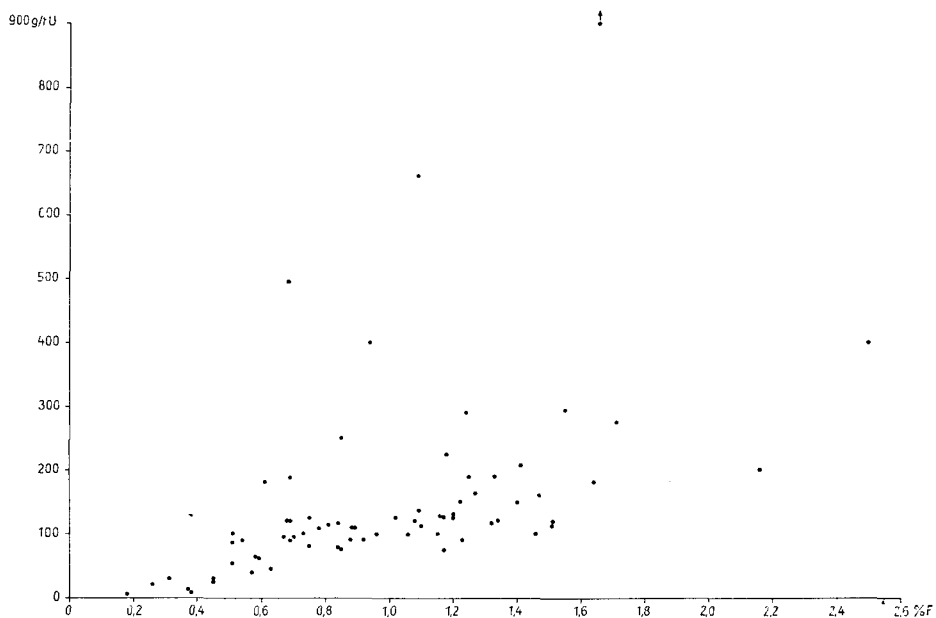


Diagramm Nr. 3. Beziehung zwischen Uran- und Fluorgehalt der Proben.

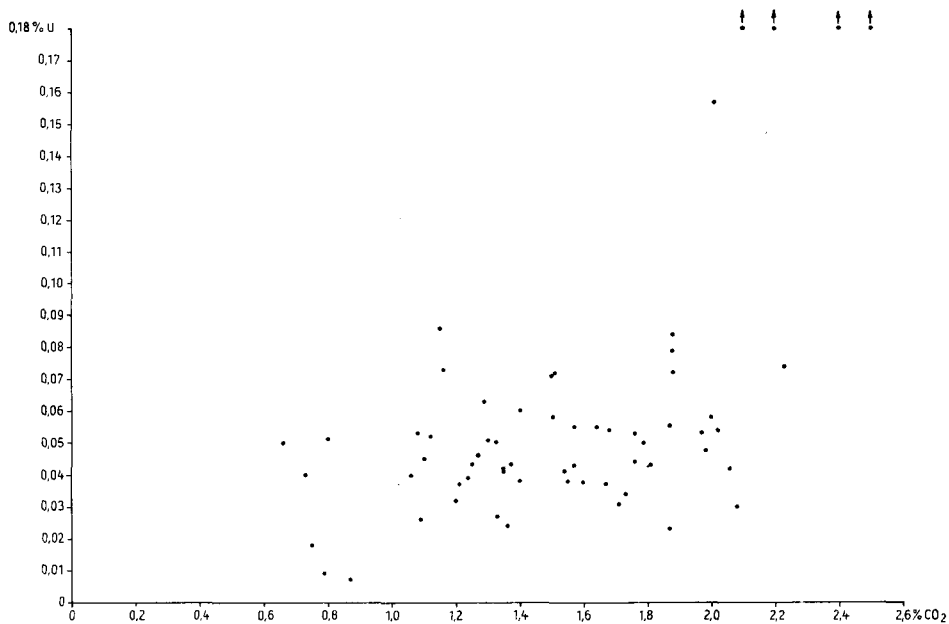


Diagramm Nr. 4. Beziehung zwischen CO₂- und U-Gehalt der Apatite.

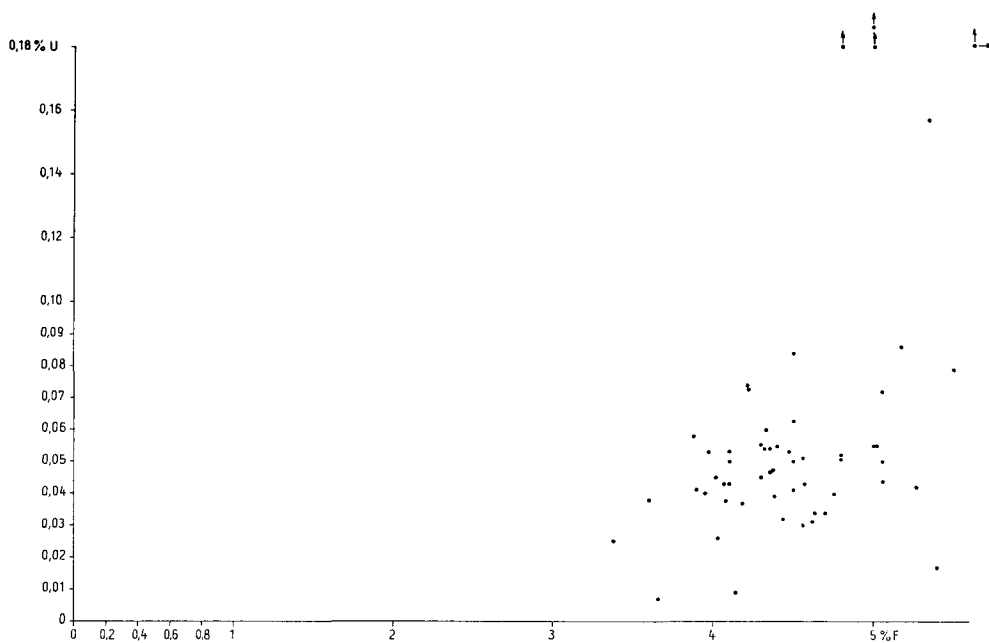


Diagramm Nr. 5. Beziehung zwischen F- und U-Gehalt der Apatite.

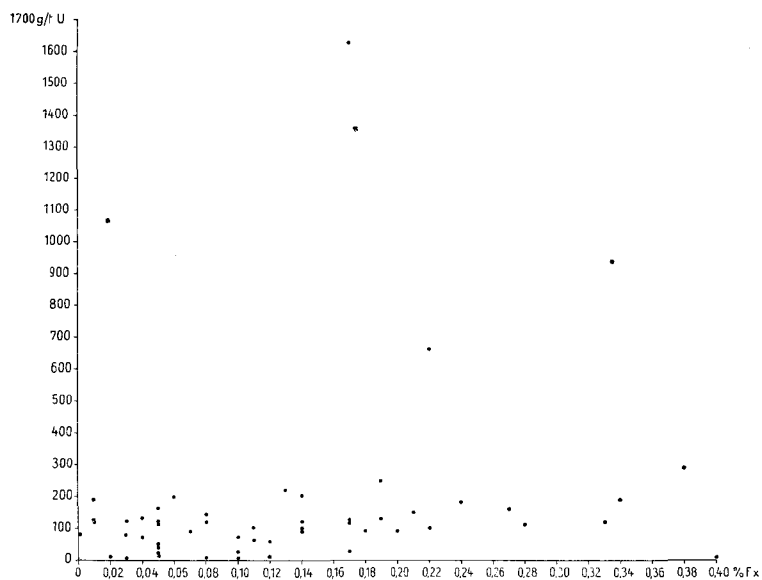


Diagramm Nr. 6. Beziehung zwischen Fx- und U-Gehalt der Apatite.

a 2) F- und CO₂-Gehalt des Apatits

Vergleicht man in Tabelle 3 die drei letzten Spalten, welche die auf Fluorapatit berechneten Werte von U, F und CO₂ zeigen, so ergeben sich die Diagramme Nr. 4, 5 und 6. Alle Diagramme zeigen, daß keine allgemeine Beziehung zwischen Karbonat-, Fluor- und Urangehalt des Apatits besteht. Man kann allenfalls eine Tendenz der Form herauslesen, daß die höchsten Urangehalte nur bei sehr hohen Fluor- und Karbonatgehalten vorkommen. Diese Tendenz ist bei Karbonat ausgeprägter als bei Fluor. In Diagramm Nr. 6 ist der den normalen Fluorgehalt von Fluorapatit übersteigende Fluorgehalt (Fx) gegen den Urangehalt aufgetragen. $Fx = F - (0,089 + \frac{CO_2}{P_2O_5}) P_2O_5$. Die Formel für die Berechnung des überschüssigen Fluors ist der Arbeit von SHELDON entnommen. Nach HENDRIK & HILL soll das überschüssige Fluor an den Kristalloberflächen adsorbiert sein. Zwischen Uran und überschüssigem Fluor sollte eine Beziehung bestehen, wenn auch das Uran adsorptiv an die Kristalloberflächen gebunden ist. Aus Diagramm Nr. 6 ist klar zu sehen, daß eine solche Beziehung nicht existiert.

b) Morphologie

Bei der Betrachtung der Apatitformen zeigen sich folgende Beziehungen zum Urangehalt:

1. Allgemein enthalten überwiegend tafelförmige Apatite wie in Abb. 1 und 2 wenig Uran.
2. Bei Variation innerhalb eines Vorkommens sind die Apatite mit weniger Uran größer und vollkommener ausgebildet.
3. Die uranreichen Apatite enthalten viel Aggregate. Der Apatit ist meist leistenförmig oder unregelmäßig körnig.

Innerhalb eines Vorkommens lassen sich die absoluten Größen der Apatitkristalle in Beziehung zum Urangehalt setzen, zwischen verschiedenen Vorkommen ist das nicht möglich. (Ein Beispiel: Der mittlere Durchmesser der Apatite von Cadolzburg Festwiese Probe 5 beträgt ca. 6—8 μ , ihr Urangehalt ca. 0,02 %, in Ornbau 1 Probe 27 ca. 15 μ , U ca. 0,04 %.)

Daraus kann zweierlei abgeleitet werden:

- Der U-Gehalt ist
1. kristallisationsabhängig,
 2. eng an örtliche Gegebenheiten geknüpft.

Von diesen beiden Faktoren scheint der zweite stärker wirksam zu sein; denn gerade bei den uranreichsten Proben ist keine Beziehung zwischen der Form und Größe der Kristalle und dem Urangehalt zu finden. Bei den ärmeren Apatiten sind, wie oben angegeben, strenge Relationen auf Varianten innerhalb eines Vorkommens beschränkt.

Die Kristallisationsabhängigkeit des Urangehaltes kann durch Verlust von Uran im Laufe der Umkristallisation gedeutet werden. Untersucht man nämlich von der gleichen Probe getrennt die Aggregate und die Einzelkristalle, was sich bei gut kristallisierten Proben wie Cadolzburg Festwiese durch Fraktionieren leicht machen läßt, so kann man beobachten, daß die Uran-Konzentration in den Aggregaten um 60 % höher ist. Bei den in Abb. 1 und 2 gezeigten Apatiten mit Kernen ist der Urangehalt der Kerne dreimal so hoch wie der der Außenzonen.

c) Fluoreszenz

Bei der im Abschnitt II beschriebenen Fluoreszenz der Proben konnte keine Beziehung zum Urangelalt gefunden werden. Durch Vergleich der Fluoreszenz von Einzelkristallen des uranärmsten und uranreichsten Apatits im Fluoreszenzmikroskop wurde die Möglichkeit der Verursachung durch Uran nachgeprüft. Die beiden Kristallproben zeigten keinen Unterschied in der Intensität der Fluoreszenz, obwohl die Urangelhalte um den Faktor 50 auseinandergehen. Damit dürfte erwiesen sein, daß die Fluoreszenz nicht durch Uran hervorgerufen wird.

4. Oxydationszustand des Urans

Die Beantwortung der Frage, ob das Uran in vier- oder sechswertigem Zustand im Apatit vorliegt, ist entscheidend für den Platz, den es im oder am Apatit einnimmt. U^{4+} kann auf Grund seines fast identischen Ionenradius (0,97 Å) Ca (II) (0,99 Å) im Apatitgitter ersetzen. Das sechswertige Uran tritt in Lösung immer als Uranylion UO_2^{2+} auf und kann nach ALTSCHULER auf Grund seiner Größe die Kanäle des hexagonalen Netzwerks nicht passieren. Es ist chemisorptiv an der Oberfläche als $UO_2 \cdot HPO_4$ gebunden.

Obwohl bei den vorliegenden Proben der starke Eisenoxydgehalt sowohl eine nachträgliche Veränderung des ursprünglichen Oxydationszustandes erwarten ließ als auch durch Oxydation während der U^{4+} -Bestimmung den vielleicht zu erwartenden U^{4+} -Gehalt erheblich verringerte, wurden einige Bestimmungen probiert.

Die Bestimmungen wurden nach der von CLARK, ZALMAN & ALTSCHULER ausgearbeiteten Methode durchgeführt. Der Apatit wird in 1,5 m Orthophosphorsäure bei 5° C gelöst. Aus der Lösung wird nach Filtration das U(IV) mit 6%iger Cupferron-Lösung unter Benützung von Titandioxyd als Sammler ausgefällt und fluorimetrisch bestimmt.

Die Bestimmungen brachten folgende Werte:

Tabelle 4
Oxydationszustand des Urans

Probe	U IV g/t	U gesamt g/t	$\frac{U \text{ IV} \cdot 100}{U \text{ gesamt}}$	U IV am Apatit %
Ornbau 1 Nr. 25	38	164	23	0,012
Ornbau 1 Nr. 26a	28	75	37	0,014
Ornbau 1 Nr. 26b	3	22	14	0,006
Ornbau 1 Nr. 27	40	208	19	0,008
Abenberg 198	48	224	21	0,018
Roth 4	50	212	24	0,013
Cadolzburg Nr. 7				
Festwiese	17	106	16	0,006
Cadolzburg Nr. 5				
Festwiese	3,7	10	37	0,003
Spalt 58a, Knolle	6,3	210	3	0,005
Gunzenhausen 157	58	656	9	0,027
Gunzenhausen 63	50	1200	4	0,019

Die röntgenfluorimetrisch bestimmten Fe_2O_3 -Gehalte bewegen sich zwischen 3 und 10%. Da das Eisenoxyd in jedem Fall in gewaltigem Überschuß gegenüber Uran vorhanden ist und in sehr fein verteilter Form vorliegt, muß nach den Erfahrungen von CLARK & ALTSCHULER mit einer weitgehenden Oxydation des vierwertigen Urans durch den Kontakt von gelöstem Uran und Eisenoxyd während der Analyse gerechnet werden. Die wirklichen U (IV)-Gehalte dürften etwa das Doppelte der bestimmten betragen. Bei den uranärmeren Proben unter 0,1% U sind also 30—70% des Gesamturangehaltes in vierwertigem Zustand vorhanden, bei den drei reichen Proben nur 6—20%. Trotzdem haben die beiden reichsten Proben die höchste Konzentration von U (IV) im Apatit. Bei der Umkristallisation (Vergleich Ornbau 25 mit 26 a und 27) scheint das vorhandene U (IV) nicht oxydiert, sondern nur teilweise zusammen mit U (VI) weggeführt zu werden. Bei Probe 26 a kann sogar auf eine verstärkte U (VI)-Wegfuhr geschlossen werden. Die Proben Ornbau 1 Nr. 26 b und Cadolzburg Festwiese Nr. 5 wurden auf Grund ihres geringen Gesamturan- und U (IV)-Gehaltes und der dadurch bedingten großen Unsicherheit von U IV/U gesamt nicht berücksichtigt.

Da keine wesentliche Änderung des Oxydationszustandes während der Umkristallisation beobachtet wurde, sind die heute bestimmten Wertigkeitsverhältnisse auch für die Zeit der Entstehung der Urankonzentration im wesentlichen gültig.

5. Zur Petrographie der Aktivarkosen

a) Mineralbestand und Struktur

Die U-haltigen Sandsteine haben im allgemeinen bis auf den Zement die gleiche Zusammensetzung und Struktur wie die umgebenden uranfreien Sandsteine. Diese sind grobkörnige, gut bis mäßig sortierte, feldspatreiche, mäßig kaolinisierte Sandsteine. Das Korngrößenmaximum liegt in den Fraktionen zwischen 0,4 und 1 mm Durchmesser. Der 50%-Durchgang (mittlere Korngröße) schwankt zwischen 0,4 und 0,7 mm, der Sortierungskoeffizient zwischen 1,25 bis 2,0 mm (1 = beste Sortierung). Vergleicht man die Summenkurven mit den bei SINDOWSKI angegebenen, könnte man die Sandsteine am ehesten dem Schelfbereich zuordnen.

Die Schwermineralanalyse zeigt in Übereinstimmung mit HAARLÄNDER & SCHNITZER die Assoziation Zirkon, Turmalin, Rutil, Monazit. Im Profil Hochstraße ist diese Vergesellschaftung nur in der hangenden Bank (Probe 1) vorhanden; darunter tritt in den tonigen Sanden neben Zirkon Granat auf. Diese Proben befinden sich nach BERGER an der Grenze zum Unteren Bursandstein.

Der Zement unterscheidet die uranhaltigen von den uranfreien Sandsteinen. Bei den uranfreien ist der Zementgehalt ($< 60 \mu$) unter 10%. Er besteht überwiegend aus Kaolinit, untergeordnet aus Glimmer, Feldspat und Quarz. Bei den uranhaltigen Sandsteinen ist der Zementgehalt wesentlich größer. Er liegt zwischen 20 und 40%. In der Sonderausbildung der feinkörnigen Knollen und Schwarten geht er über 50% hinaus. Er besteht in roten Proben etwa zur Hälfte aus dem oben analysierten Fluor-Karbonatapatit, zur anderen Hälfte aus Hämatit, Glimmer und Kaolinit. In hellen Uransandsteinen ist an Stelle von Hämatit Kaolinit stärker am Zement beteiligt.

Um ein Bild über Kornformen und Struktur der Sandsteine zu geben, seien aus dem zahlreichen Material das Dünnschliffbild eines mäßig apatithaltigen Sandsteins und die Schliffzeichnung eines apatitfreien Sandsteins gegeben.



Abb. 6. Schliff Nr. 4457, Cadolzburg/Festwiese, Probe Nr. 7; roter, plattiger, uranhaltiger Sandstein.



Abb. 7. Schliff Nr. 4458, Cadolzburg/Festwiese, Probe Nr. 1; streifiger, heller, uranfreier Sandstein.

Beschreibung Schliff Nr. 4457: In einem opaken, nur an einigen kleinen Stellen leicht aufgehellten Zement liegen Körner von Quarz und Kalifeldspat. Der Quarz erscheint teilweise in lappigen, buchtigen Formen. Der Feldspat ist entlang der Spaltrisse merklich korrodiert. Die Risse von Quarz und Feldspat sind oft mit Zement gefüllt. Die Mineralkörner grenzen häufig nicht aneinander, sondern schwimmen frei im Zement.

Ergänzend zu dieser Schliffbeschreibung wurden im übrigen hier nicht gezeigten Schliffmaterial von uranhaltigen Sandsteinen folgende Beobachtungen gemacht: Die durch das beigemengte Eisenoxyd verursachte Dunkelfärbung des Zements ist nicht überall so intensiv wie auf dem hier gezeigten. Sie variiert je nach Vorkommen, aber auch innerhalb einer Probe und eines Schliffes. Die Verteilung des Oxyds in eisenärmeren Proben ist meist wolkig, unregelmäßig, doch wurden auch höhere Konzentrationen in Form von Höfen um stark korrodierten Feldspat beobachtet. Der Apatit im Zement ist meist so feinkörnig, wie er an den etwas aufgehellten Stellen in der Nähe der großen Pore im linken unteren Feld des gezeigten Schliffes erscheint. In einigen Vorkommen, besonders denen von Ornau 57, sieht man ihn auch in Form von ca. 10—20 μ großen Leisten und Blättchen. Darauf soll später eingegangen werden.

Neben Apatit und Hämatit wurde in den Interstitialräumen häufig Kaolinit in wurm- und fächerförmigen Aggregaten sowie feinkörniger Quarz beobachtet. Vereinzelt kann man in großen Alveolen neu gesproßte idiomorphe Feldspäte und weitergewachsene Quarzkörner finden (Gunzenhausen 63). Alle diese Minerale werden von Apatit umgeben. Nur in den Schliffen von Ornau 57 sind Interstitialräume zu sehen, die ausschließlich von Kaolinit und feinkörnigem Quarz ausgefüllt sind.

Schliff Nr. 4458: Kornformen ähnlich wie in 4457. Auch hier berühren sich die Körner häufig nicht, doch ist der Zwischenraum nicht so groß. Der feinkörnige Zement besteht hauptsächlich aus Kaolinit.

Aus dem Vergleich der beiden Schliffe kann man schließen, daß in der Richtung der Korrosion des primären Mineralbestandes kein Unterschied besteht; nur das Ausmaß und die Art des Zements ist verschieden.

Da keine qualitativen Strukturunterschiede zu beobachten sind, müssen die quantitativen gut unterbaut werden. Zu diesem Zweck wurden alle Schliffe mit Integrationsokular integriert. Dabei wurde nur unterschieden zwischen den das Skelett bildenden Mineralkörnern und dem Zwischenraum, der sich zusammensetzt aus dem Porenraum und dem mit Zement erfüllten Interstitialraum.

Zwischenraum in apatitfreien Sandsteinen	31—34 %
Zwischenraum in apatithaltigen Sandsteinen	42—56 %.

b) Gesteinsausbildung und Urankonzentration

Die uranhaltigen Sandsteine wurden in drei Ausbildungsformen beobachtet:

1. knollig a) grob- bis mittelkörnig,
 b) feinkörnig,
 c) tonig,
2. plattig bis bankig,
3. diffus.

Faßt man die in Tabelle 3 gegebenen Werte nach diesen Gesichtspunkten zusammen, so ergibt sich folgende Zusammenstellung:

Tabelle 5
Gesteinsausbildung und Urangehalt

Gesteins- ausbildung	P ₂ O ₅ ‰	U g/t	U ‰	F ‰	CO ₂ ‰
1a	3,0—15,3	27—1630	0,026—0,470	4,02—5,34	1,10—2,50
1b	22,0—29,5	190—400	0,038—0,062	3,60—4,10	1,40—2,00
1c	22,5	198	0,037	4,08	1,67
2	8,1—14,1	84—180	0,037—0,055	3,95—5,27	1,06—2,06
3	2,8—7,8	7—80	0,002—0,055	3,66—5,0	0,73—2,08

Zu 1a) In der grob- bis mittelkörnigen, knolligen Ausbildung werden die höchsten Urangehalte sowohl im Gestein als auch im Apatit erreicht. Die Konzentrationen von Uran und Phosphorsäure variieren sehr stark zwischen den einzelnen Proben. Der Apatit ist in den Knollen meist fein- bis mittelkörnig. Nach dem Vorherrschen von Aggregaten und Leistenformen ist die Umkristallisation noch nicht weit fortgeschritten. Eine Ausnahme bilden die Knollen von Ornbau 57 und Ornbau 1, in denen die Kristallisation schon bis zur Ausbildung von tafelförmigem Apatit gelangt ist.

Zu 1b) Von drei Stellen ist die Ausbildung feinkörniger Knollen bekannt, von den Aufschlüssen Hochstraße (Probe 2) und Weiltingen und von der Bohrung 46 nahe dem Aufschluß Hochstraße. Die Situation im Profil Hochstraße ist dem Profil bei BERGER zu entnehmen; in dem Aufschluß bei Weiltingen liegen die Knollen vereinzelt in den grobkörnigen plattigen Aktivarkosen (Aufschlußbeschreibung siehe BERGER). Die völlig andersartige Ausbildung gegenüber den grobkörnigen Knollen zeigt Abb. 8.

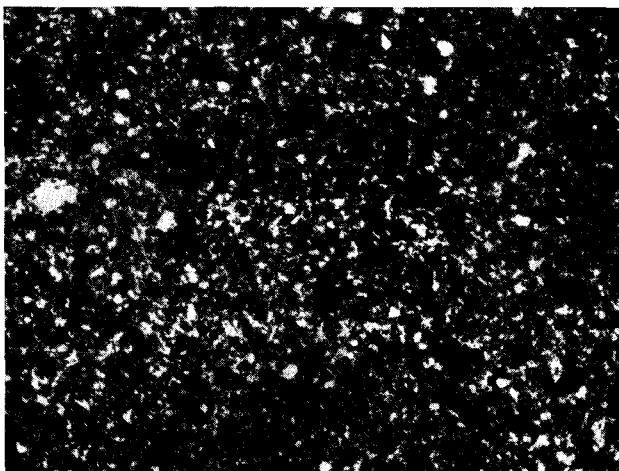


Abb. 8. Schliff Nr. 4460, Hochstraße, Probe Nr. 2; roter, feinkörniger, sehr harter uranhaltiger Sandstein.

Eine Unterscheidung von Skelett und Zement ist nicht mehr möglich; denn die Korngröße des Apatits liegt in der gleichen Größenordnung wie die der säureunlöslichen Bestandteile ($< 100 \mu$). Diese bestehen überwiegend aus Muskowit und Muskowit-Illit. Quarz und Feldspat sind mengenmäßig untergeordnet.

Im Apatit- und Urangelhalt sind die drei Proben einander recht ähnlich. Der Phosphorgehalt ist gegenüber den grobkörnigen Knollen sehr hoch. Der Urangelhalt des Apatits beträgt in Weiltingen und Hochstraße 0,038%, in der Knolle der Bohrung 46 0,062%. Diese Knolle hat gegenüber den anderen einen extrem feinkörnigen Apatit.

Zu 1c) Nur an einer Stelle wurden Knollen im Letten gefunden. In Mebenberg (Aufschluß Nr. 86) kommen neben bis zu 5 cm dicken Knollen im Sandstein auch in einem nur einige Zentimeter mächtigen roten Lettenband bis zu 1 cm dicke, unregelmäßig geformte Knollen vor. Sie sind eindeutig im Letten entstanden; denn eine Störung des Verbandes ist nicht zu beobachten. Das Lettenband zeigt häufig auf der Oberseite weißgrüne Stellen, an denen durch Stau der Sickerwässer das Eisen reduziert wurde. Die Knollen sind sehr hart. Innen sind sie verschieden. Die einen sind dicht und von der roten Farbe der Letten. Andere zeigen Risse, in deren Umgebung die rote Farbe merklich ausgebleicht ist. Die Risse sind mit grobkristallinem Hämatit gefüllt. Eine Verbindung nach außen ist vorhanden. Diese Bleichungszonen dürften ähnlich wie beim Letten auf reduzierende Sickerwässer zurückzuführen sein. Aus der Tabelle ist zu entnehmen, daß der Chemismus der Lettenknollen der gleiche ist wie der der übrigen feinkörnigen Knollen.

Zu 2) Die bankigen und plattigen Arkosesandsteine bilden die größten Vorkommen. Die Struktur der Gesteine ist die gleiche wie bei den grobkörnigen Knollen. Die Phosphorsäure- und Urangelhalte streuen nicht stark. Urankonzentrationen im Gestein über 200 g/t werden nicht erreicht. Der Urangelhalt der Apatite ist dem der Apatite der feinkörnigen Knollen ähnlich. Die Streuungen scheinen weniger durch den Kristallisationsgrad als durch das Vorkommen bedingt zu sein.

Zu 3) Die von BERGER oben beschriebene diffuse Ausbildung wurde beobachtet

1. in der Form selbständiger wolkiger Gebilde von einigen Metern Ausdehnung. Die Abgrenzung gegen die uranfreie Arkose ist unscharf (Ornbau 1);
2. in der Form von dendritenartigen Gebilden im sonst uranfreien Sandstein (Druidenstein);
3. in der Form von Höfen um Knollen oder Platten.

Alle Gesteine dieser Ausbildung sind weich und bröselig. Das ist eine Folge des geringen Apatitgehaltes. Die Urankonzentration des Gesteins geht nicht über 100 g/t hinaus. Der Urangelhalt des Apatits schwankt stark, er übersteigt aber nie den einer von ihm umschlossenen festen Partie. Im allgemeinen hat der Apatit harter Knollen oder Platten einen höheren Urangelhalt als der des ihn umgebenden diffusen Hofes. Dann ist aber auch der Kristallisationsgrad des Apatits im Hof besser als in der festen Partie. Gleichheit des Urangelhaltes des Apatits in Knolle und Hof wurde nur bei mürben Knollen beobachtet. In diesen Fällen ist auch der Kristallisationsgrad gleich.

III. Bemerkungen zur Genese der Aktivarkosen

Mit Ausnahme der seltenen Spezialausbildung der feinkörnigen Knollen unterscheiden sich die Aktivarkosen von ihrem Nebengestein schon durch die Kornverteilungskurve.

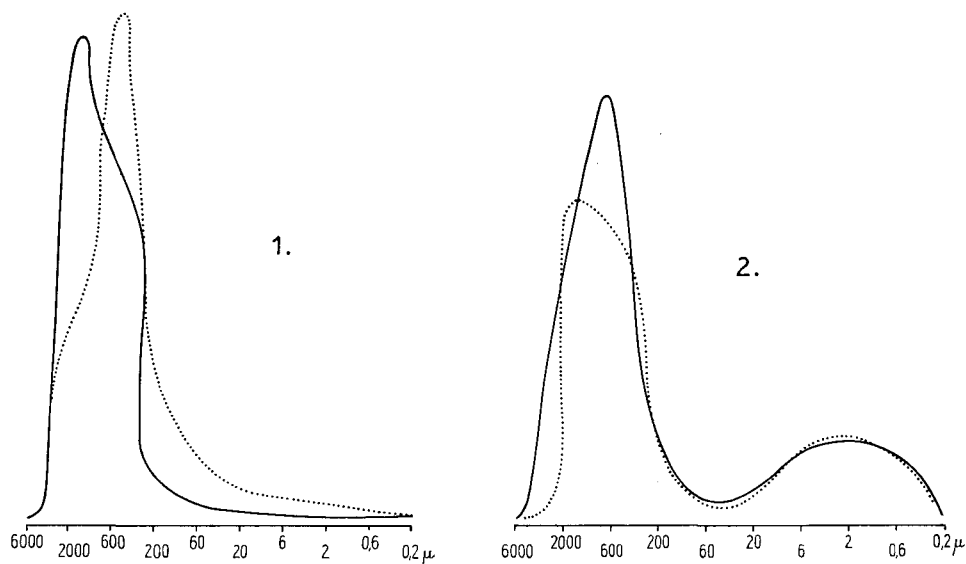


Abb. 9. Kornverteilungskurven:

- | | |
|---|--------------|
| 1. Cadolzburg/Festwiese Nr. 4 (—) | } uranfrei |
| Cadolzburg/Festwiese Nr. 3 (.....) | |
| 2. Cadolzburg/Festwiese Nr. 5 weich (—) | } uranhaltig |
| Cadolzburg/Festwiese Nr. 5 hart (.....) | |

Die apatithaltigen Sandsteine haben ein Nebenmaximum im Feinkornbereich, das bei den apatitfreien fehlt. Dieses ausschließlich auf die Phosphate zurückzuführende Nebenmaximum wird als Beweis gegen die synsedimentäre Entstehung — gemeinsamer Transport und Sedimentation von den das spätere Gesteinsskelett bildenden groben Körnern und den feinen Zementkörnern (Apatit) — betrachtet. Derartige Kornverteilungen entstehen nachträglich im sedimentierten Material durch Umlagerung von Feinteilchen (Verdichtungs-horizonte in Böden), durch Auflösung von groben Körnern und Ausfällung einer feinerkörnigen Phase aus der Lösung (Kaolinisierung in situ), durch Ausfällung von Mineralen aus der Porenlösung (Ortstein). Auch Organismen verändern das ursprüngliche Sediment durch Umlagerung, Absatz von Stoffwechselprodukten und durch die Überreste ihrer Hartteile. Als Phosphatlieferanten sind vor allem Knochen, Brachiopodenschalen, Conodonten und Koprolithen bekannt. Den drei erstgenannten organischen Resten zuzuordnende Formen wurden nicht gefunden. Dagegen verleitet das Aussehen der in Abbildung 4 und 5 gezeigten Apatit-aggregate leicht zu der Meinung, daß es sich um Koprolithen handeln könne. Die folgenden Dünnschliffbilder zeigen aber, daß derartige Formen auf rein anorganische Weise bei der Umkristallisation von fein- zu grobkörnigem Apatit entstehen.

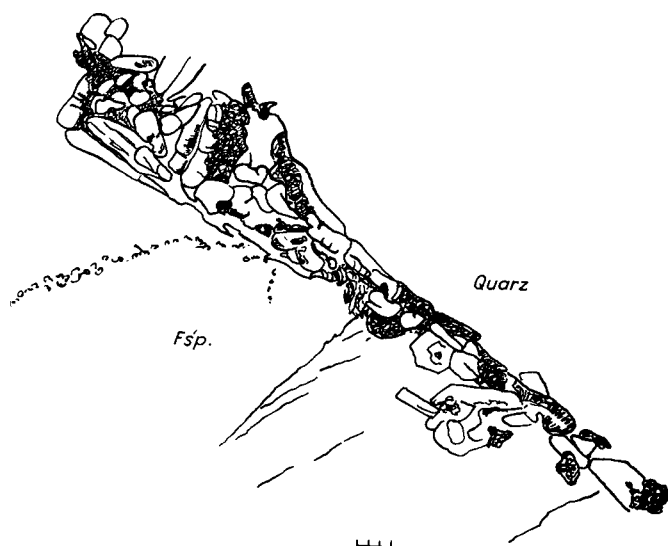


Abb. 10. Schliff Nr. 5664, Ornbau 57 (1 Teilstrich = $3,7 \mu$); Phosphorlösungen dringen an einer Korngrenze (Quarz-Feldspat) vor und kristallisieren aus.



Abb. 11. Schliff Nr. 5664, Ornbau 57 (1 Teilstrich = $12,5 \mu$); Kristallisation von Apatit in einem mit Kaolinit erfüllten Hohlraum. Kaolinit punktiert. Auf dem unteren Teil der Zeichnung ist der durch zwei Striche begrenzte Teil der Unterkante in größerem Maßstab gezeichnet (1 Teilstrich = $3,7 \mu$).

Es läßt sich folgende Kristallisationsfolge des Apatit ableiten:

1. Ausfällung eines sehr feinkörnigen, mit Eisenoxyd vermengten Apatits (dunkle, feinkörnige Partien auf der Zeichnung).
2. Durch Sammelkristallisation entstehen unregelmäßig wurmförmige Kristallaggregate. Das Eisenoxyd wird großenteils in Zwickel abgedrängt.
3. Aus ihnen entstehen durch weitere Sammelkristallisation hexagonale Tafeln. Diese bilden die stabile Endform, wie auf der nächsten Abbildung zu sehen ist.

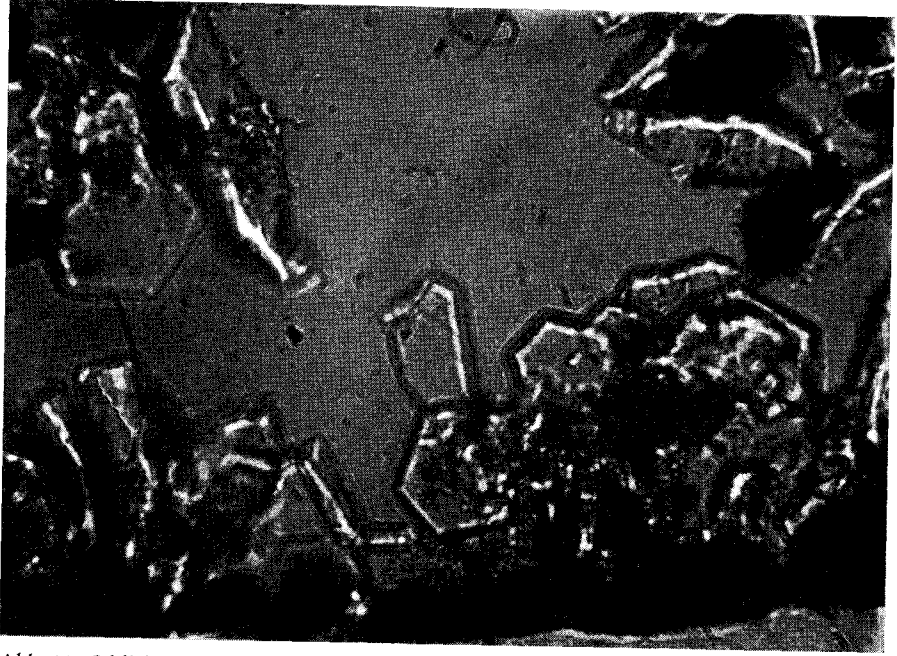


Abb. 12. Schliff Nr. 5664, Ornbau 57; Ausbildung von Apatittafeln an der Wand eines Poren-
hohlraums. Vergrößerung 400 fach.

Nach dem bisher Gesagten ist zu schließen, daß das Phosphat in anorganischer Lösung in das Gestein eingewandert ist und hier ausgefällt wurde. Einen Hinweis auf die Beschaffenheit der Lösungen gibt das Uran. Es kommt in bedeutender Menge in vierwertiger Form im Apatit vor. Die Fixierung des Urans aus Lösungen nach Bildung der Phosphatanreicherungen kann nicht in großem Ausmaß angenommen werden. Das läßt sich aus der Konzentration des Urans am Apatit herleiten. Wäre das Uran erst nachträglich in den Apatit eingedrungen, so müßte die Konzentration am Apatit in den Außenzonen von harten Knollen und in den durchlässigeren Partien (diffusen Zonen, weichen Knollen) wesentlich größer sein als im Innern der Knollen oder in festen Partien. Das ist nicht der Fall. Meist ist der Urangehalt der Apatite in durchlässigeren Partien geringer, im höchsten Fall gleich den von ihm umschlossenen oder benachbarten festen Partien. Das Uran muß also im wesentlichen zusammen mit der Bildung der Apatite an diese gebunden worden sein. Die Gegenwart von $U(IV)$ und P_2O_5 fordern eine mindestens schwach saure und reduzierende Lösung. Ober-

flächenwässer sind daher unwahrscheinlich. Die Lösungen gehören zum Grundwasserbreich.

Für die Fällung des Phosphats aus der Lösung lassen sich grundsätzlich zwei Möglichkeiten denken:

1. Fällung durch Überschreiten der Sättigungskonzentration,
2. Fällung durch Erhöhung des pH-Wertes.

Die erste Art könnte man sich vorstellen beim kapillaren Aufstieg von Grundwasser oder an der Grundwassergrenze durch häufiges Austrocknen und Wiederbenetzen. Im zweiten Fall würde im Aufschluß eine linienhafte Verteilung des Phosphats zu sehen sein, wie sie von den durch Eisen- und Manganschwarten markierten fossilen Grundwasserhorizonten zur Genüge bekannt sind. Dem entsprechen die beobachteten Formen in keiner Weise. Diese sind vielmehr meist linsig bis bankig. Nur in einem Aufschluß (Allersberg 47) ist ein Zusammenhang von Phosphatanreicherung und Grundwasserhorizonten zu sehen. Beim kapillaren Aufstieg könnten die bei den Phosphatsandsteinen beobachteten Ablagerungsformen entstehen. Fragwürdig ist vor allem, wo die sicher in bedeutend größerer Menge mitausgefallenen Karbonate geblieben sind.

Die zweite Art der Fällung hat ihren Grund in der Erhöhung des pH-Wertes der Lösung im Kontakt mit Karbonaten. Solche wurden häufig in winzigen Körnchen (ca. $1\ \mu\ \phi$) im Zentrum von Apatitkristallen beobachtet. Auch in den Kernen der Kristalle auf Abb. 1 und 2 wurden sie gefunden. Sie werden als Reste ehemals häufigerer Karbonate gedeutet. Die wahrscheinlichste Erklärung für die Konzentration der Phosphate in den Aktivarkosen dürfte demnach die Fällung an Karbonaten sein. Die heute vorliegenden Formen der Phosphatsandsteine sind dann Abbilder der ehemaligen Karbonatverteilung, erweitert und variiert durch den Einfluß der Konzentration der Phosphorsäure und die auf engem Raum stark wechselnde Fließgeschwindigkeit des Grundwassers als Folge der unterschiedlichen Durchlässigkeit der Sandsteine. Die Karbonate sind wahrscheinlich durch Entweichen von Kohlensäure aus der Lösung in oberflächlichen Pfützen und Tümpeln ausgefallen. Auch der Eisen-gehalt der Phosphate dürfte großenteils schon aus dieser Zeit stammen (Einschlüsse von Eisenoxyd in feinkörnigen Apatiten). Ein Teil der bei den Aktivarkosen beobachteten Erweiterung der Interstitialräume geht schon auf die Wirkung der bikarbonatischen Wässer vor der Karbonatfällung zurück. Das Karbonatmineral ist auf Grund der kleinen Größe und der geringen Konzentration ($< 0,01\%$) nicht mit Sicherheit zu bestimmen. Es scheint Dolomit zu sein. Der zur Phosphatisierung benötigte Zeitraum läßt sich nur im großen Rahmen festlegen. Nimmt man mit KNETSCH einen vom vindelizischen Festland nach Norden gerichteten Lösungsstrom an und faßt die dolomitische Arkose als nördliche Fazies des mittleren Burgsandsteins im Nürnberger Raum auf, so ergibt sich folgendes Bild:

Aus dem Lösungsstrom wird im südlichen und zentralen Teil des Burgsandsteinbeckens an den verstreut und unregelmäßig sich bildenden Karbonaten die Phosphorsäure und mit ihr der Großteil des Urans als uranhaltiger Karbonatfluorapatit ausgefällt. Die Grundwässer sind in diesem Teil noch zu sauer, um eine Karbonatfällung zu ermöglichen. Auf seinem Weg nach Norden verarmt auf Grund der Ausfällung von Apatit das Grundwasser an Phosphorsäure

und Uran. So kommt es am Nordende des Beckens bei der Eindampfung der Endseen nur noch zur Abscheidung der schwach uranhaltigen dolomitischen Arkose. (Daß diese auch noch Lösungen von Osten bezog, soll hier unberücksichtigt bleiben.) Ein solcher Mechanismus fordert das Vorhandensein von Phosphaten vor und während der Ablagerung der dolomitischen Arkose. Man muß daher die Phosphatsandsteine als syngenetische Bildungen ansehen.

Das Bild der Aktivarkosen wurde im Lauf der Zeit durch Umkristallisation, kleine Umlagerungen und stellenweise Bleichung etwas verändert. Bei diesen Vorgängen wurde Uran und Apatit weggeführt. Der verschwundene Apatit findet sich diffus verteilt als Spuren im uranfreien Sandstein. In Bleichungszonen wurde eine Verminderung des Uran- und Apatitgehaltes um die Hälfte beobachtet.

Zusammenfassung

Der Strahlungsträger im Burgsandstein ist Uran. Es ist in vierwertiger Form im Apatit an Stelle von Kalzium und an der Oberfläche chemisorptiv in sechswertiger Form als $\text{UO}_2 \text{HPO}_4$ gebunden. Der Apatit ist ein Karbonatfluorapatit mit wechselnden Gehalten an CO_2 und Fluor. Die niedrigste Urankonzentration am Apatit beträgt 0,007%, die höchste 0,472%. Die höchsten Urankonzentrationen kommen in Knollen vor, die niedrigsten in diffusen Formen. Bei den mittleren Urankonzentrationen ist etwa die Hälfte des Urans vierwertig, bei den höchsten nur bis 20%. Auswaschungsverluste wurden in Bleichungszonen und bei der Umkristallisation beobachtet. Eine Änderung des Oxydationszustandes während der Umkristallisation ist nicht zu bemerken. Als wahrscheinlichste Deutung für die Bildung der Uranvorkommen wird die Fällung der in sauren reduzierenden Grundwässern gelösten Phosphate und des Urans an karbonathaltigen Sandsteinen angesehen. Die Phosphate sind syngenetisch.

IV. Methoden

1. Bestimmung des Urans

Die Bestimmung des Urans erfolgte sowohl nach der fluorometrischen als auch nach der polarographischen Methode.

Die fluorometrische Analysenmethode

Sie beruht auf der Messung der überaus empfindlichen Fluoreszenz, die Uransalze hervorrufen, wenn man sie mit einem Fluorid-Karbonatgemisch schmilzt und die erkaltete Schmelze mit UV-Licht bestrahlt.

Die Intensität der Fluoreszenz ist der Menge des anwesenden Urans proportional. Diese Beziehung bildet die Grundlage für den quantitativen Urannachweis.

Die Fluoreszenz wird in ihrer Intensität durch verschiedene Elemente gestört. So können Cu, Pb, Co, Ni, Mn, Cr die Fluoreszenz um mehr als 10% reduzieren.

Zur Beseitigung der Störelemente wurde die von GRIMALDI und Mitarbeitern (1954, S. 51—68) ausgearbeitete Extraktionsmethode angewandt. Bei diesem Verfahren wird das Uran durch Aethylazetat von den störenden Lösungsgenossen getrennt.

Das Aethylazetat, das beim Ausschütteln der salpetersauren Aufschlußlösung das ganze Uran aufnimmt, wird verbrannt, der Rückstand zur Trockene verdampft und verglüht. Der Glührückstand wird mit dem Fluoridgemisch verschmolzen und die erkaltete Schmelze fluorometriert.

A n a l y s e n v o r s c h r i f t

Zunächst muß die Probe aufgeschlossen werden.

Da das Uran im Burgsandstein an Apatit gebunden ist, erweist sich der Aufschluß mit kalter verdünnter HNO_3 als ausreichend. Enthalten die Proben sehr geringe Uranmengen, dann erzielt man mit $\text{HF} + \text{HNO}_3$ höhere Werte. Mit $\text{HF} + \text{HNO}_3$ geht das Gestein vollständig in Lösung. Der Aufschluß ist klar und ohne Bodensatz. Nachstehende Tabelle zeigt das Analysenergebnis von 7 Proben, die sowohl mit verd. HNO_3 als auch mit $\text{HF} + \text{HNO}_3$ behandelt wurden.

Bezeichnung der Probe	Uran g/t		P_2O_5 in %	
	HNO_3	$\text{HF} + \text{HNO}_3$	HNO_3	$\text{HF} + \text{HNO}_3$
Ornbau 57				
Nr. 24	6.5	11.5	4.34	4.40
Roth 4				
Knollendurchschnitt . .	212	196	15.25	15.35
Gunzenhausen 146				
Nr. 28a knollig . . .	132	132	12.44	12.31
Nr. 28b locker . . .	80	80	7.66	7.78
Gunzenhausen 157				
Nr. 129	668	656	9.56	9.16
Roth 4				
Nr. 31	198	195	22.52	22.64
Roth 10				
Nr. 32	116	115	12.05	12.05

Aufschluß mit verd. HNO_3 : 1 g der feingepulverten Probe wird in einen 50 ccm-Meßkolben gebracht, mit 15 ml HNO_3 1:1 versetzt und mit dest. Wasser auf 50 ml aufgefüllt. Vor der Bestimmung läßt man die Probe über Nacht absetzen.

Aufschluß mit $\text{HF} + \text{HNO}_3$: 1 g der feingepulverten Probe wird in eine Platinschale eingewogen und zur Entfernung von Sulfiden und organischer Substanz verglüht. Dann versetzt man die Probe mit etwas verd. HNO_3 und ca. 30 ml HF und läßt über Nacht stehen. Tags darauf vertreibt man die HF auf dem Wasserbad durch mehrmaliges Abrauchen mit HNO_3 . Der Abdampfrückstand wird mit 15 ml HNO_3 1:1 und ca. 20 ml Wasser über kleiner Flamme in Lösung gebracht und in einem 50 ml-Meßkolben bis zur Marke aufgefüllt.

Verfahren nach dem Aufschluß: 10 ml der klaren, HNO_3 -sauren Lösung werden in einen 100 ml-Schüttelzylinder pipettiert. Dazu gibt man 19 g pulverisiertes $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \times 9 \text{H}_2\text{O}$, das man durch Einstellen des Zylinders in heißes Wasser auflöst. Nach dem Abkühlen gibt man 20 ml Aethylazetat zu und schüttelt 1 Minute lang kräftig durch. Das Uranyl nitrat geht vollständig in das Aethylazetat, während die störenden Ionen in der wässrigen Phase zurückbleiben.

Nach der Trennung der organischen und wässrigen Phase werden aus der oberen Aethylazetatschicht ca. 15 ml herauspipettiert und in einen Erlenmeyer filtriert.

Davon werden 10 ml, die bei 1 g Einwaage 0,1 g Probe entsprechen, auf zweimal in eine kleine flache Platinschale gebracht, in der auch nachher die Herstellung des Schmelzkuchens stattfindet. Das Aethylazetat wird angezündet und verbrannt. Zur Kühlung stellt man das Platinschälchen auf ein Tondreieck in eine große Porzellanschale und gießt so lange Wasser in die Porzellanschale, bis rund die Hälfte des Platinschälchens vom Kühlwasser umspült wird.

Nach dem Abbrennen des Aethylazetats wird der im Schälchen verbleibende Flüssigkeitsrest auf dem Wasserbad zur Trockene eingedampft und der Rückstand über freier Flamme verglüht. Zum Glührückstand gibt man 2,5 g Fluoridgemisch und schmilzt den Tiegelinhalt zunächst unter lebhaftem Schwenken über kleiner Flamme. Durch das Schwenken wird das Uran auf die ganze Schmelzmasse gleichmäßig verteilt, außerdem werden die an der inneren Schalenwand emporgekrochenen Lösungsrückstände vollständig von der Schmelze aufgenommen. Anschließend bringt man Schälchen samt Schmelze in einen Muffelofen und erhitzt 8—10 Minuten auf 650° C. Nach dem Erkalten wird der Schmelzkuchen fluorimetriert.

Schmelzen und Fluorimetrieren wird an der gleichen Probe ein- bis zweimal wiederholt und bei nicht konstanten Werten der jeweils höchste Fluoreszenzwert genommen.

Die Fluoreszenz ist von der Art des Schmelzvorganges stark abhängig. Es ist unbedingt notwendig, daß beim Schmelzen die gleichen Bedingungen eingehalten werden und daß Form und Dicke des Schmelzkuchens immer gleichmäßig ausfallen. Nur so können gut reproduzierbare Werte erhalten werden.

Die Platinschälchen, in denen die Schmelzen angefertigt wurden, hatten einen oberen Durchmesser von 38 mm, einen unteren Durchmesser von 35 mm, 10 mm Höhe und 4 mm Rand (siehe J. MAY & M. H. FLETSCHER, 1954, S. 103).

Zur Messung der Fluoreszenz diente ein Durchlicht-Fluorimeter, das von der Fa. Püsl, München, nach dem amerikanischen „Transmissions-Fluorimeter Model V“ (M. H. FLETSCHER, J. MAY & J. ANDERSON, 1954, S. 93—95) nachgebaut wurde.

Mit diesem Gerät sind noch Urangehalte von 0,0001 % = 1 g Uran pro Tonne bestimmbar.

Den Urangehalt der Proben ermittelt man aus Eichkurven, die aus einer Reihe von Testschmelzen mit bekannten U-Gehalten hergestellt werden.

Herstellung der Testschmelzen. Da die Testschmelzen nur sehr geringe Mengen Uran enthalten sollen, stellt man sich wässrige Eichlösungen von Uranylнитrat mit 0,001 und 0,01 mg Uran pro ml her. Diese Gehalte entsprechen bei 1 g Probe und 10 ml Aufschlußlösung 10 und 100 g U/t.

Von diesen Eichlösungen pipettiert man eine entsprechende Menge in die Pt-Schälchen, dampft sie auf dem Wasserbad zur Trockene ein und verschmilzt sie, wie früher beschrieben, mit 2,5 g Fluoridgemisch zunächst über freier Flamme und dann im Muffelofen bei 650° C.

Bei Gesteinsproben mit über 200 g U pro Tonne wird entweder die Einwaage verringert (0,5 g; 0,250 g) oder die Bestimmung mit kleineren Mengen des HNO₃-Aufschlusses (5 ml, 2,5 ml) durchgeführt.

Genauigkeit der Methode. Der mittlere Fehler der Einzelbestimmung ist bei niedrigen Uranwerten (bis ca. 20 g U/t) etwa $\pm 25\%$, bei steigendem Gehalt verringert er sich auf etwa $\pm 5\%$.

Herstellung des Fluoridgemisches. Das Fluorid-Alkalikarbonatgemisch muß sehr homogen sein, sonst liefert die fluorimetrische Methode schlecht übereinstimmende Werte.

Nach M. H. FLETSCHER (1954, S. 61) werden 9 Teile NaF + 45,5 Teile Na_2CO_3 + 45,5 Teile K_2CO_3 in einer Reibschale fein pulverisiert. Hierauf schmilzt man das Gemisch in einer Platinschale über dem Bunsenbrenner. Während des Schmelzens hält man die Platinschale in kreisender Bewegung, um ein inniges Vermischen der 3 Komponenten zu erreichen. Nach dem Abkühlen wird der Schmelzkuchen in einem Porzellanmörser zerkleinert und pulverisiert.

Nach jedem neuen Fluoridgemisch sind die Eichkurven neu aufzustellen.

Die polarographische Bestimmungsmethode

Wie bei der fluorimetrischen, so muß auch bei der polarographischen Bestimmungsmethode das Uran durch Extraktion mit organischen Lösungen von den störenden Elementen getrennt werden. Als Extraktionsmittel benützt man ein Gemisch aus Tributylphosphat und Benzin zu gleichen Volumenteilen.

Die im folgenden wiedergegebene Arbeitsvorschrift, nach der die Bestimmungen ausgeführt wurden, stammt von der Bundesanstalt für Bodenforschung in Hannover (W. HARRE 1959).

2 g der staubfein zerriebenen und bei 130°C getrockneten Probe werden in eine kleine Porzellanschale eingewogen und zur Zerstörung der organischen Substanz im Muffelofen bei 800°C geglüht.

Nach dem Abkühlen wird die Probe mit 10 ml konz. HNO_3 übergossen und über Nacht bei mäßiger Wärme zur Trockene verdampft.

Der Rückstand wird mit 5 ml 4,7 n HNO_3 heiß aufgenommen und unter Dekantieren in einen 50 ml-Tropftrichter filtriert, der mit 2 g Aluminiumnitrat beschickt ist. Der Rückstand wird nochmals mit 5 ml konz. HNO_3 abgeraucht, mit 5 ml 4,7 n HNO_3 heiß aufgenommen und wie vorher in den Tropftrichter filtriert.

Nach dem Abkühlen wird mit 5 ml Extraktionslösung etwa 1 Minute kräftig geschüttelt. Nach Trennung der Phasen wird die untere, wässrige Phase abgelassen und verworfen. Anschließend wird die organische Phase noch zweimal mit je 5 ml 4,7 n HNO_3 gewaschen, die HNO_3 abgelassen und verworfen.

Aus der organischen Phase wird das Uran anschließend zweimal mit je 5 ml 20%iger Ammoniumazetatlösung rückextrahiert, wobei jeweils etwa 1 Minute kräftig geschüttelt wird.

Die Azetatlösungen, die nun das ganze Uran enthalten, werden eingedampft, die Ammoniumsalze vorsichtig abgeraucht und der Rückstand kurze Zeit bei $600\text{--}700^\circ\text{C}$ geglüht.

Der Glührückstand wird mit einigen Tropfen Überchlorsäure durchfeuchtet, abgeraucht und mit 2 ccm Säuremischung (41,5 ml konz. H_2SO_4 + 256 ml konz. HClO_4 + H_2O ad 1000 ml) aufgenommen.

Diese Lösung kann dann polarographiert werden.

Die Eichkurve für die polarographische Uranbestimmung stellt man auf, indem man Bodenproben mit bekannten Urangelhalten nach obiger Vorschrift analysiert.

Das benützte Gerät war der Kathodenstrahl-Polarograph K 1000 der Fa. Southern Instruments Computer Division, Camberley, Surrey, England.

2. Bestimmung der Phosphorsäure

Die Bestimmung der Phosphorsäure erfolgte gravimetrisch und kolorimetrisch. Gravimetrisch nach dem üblichen Verfahren von Woy, als Magnesiumpyrophosphat nach vorangegangener doppelter Fällung als Ammoniumphosphormolybdat (F. P. TREADWELL, II. Band, 1935, S. 371—372). Kolorimetrisch erfolgte die Bestimmung nach SCHEEL, durch Reduktion von Phosphormolybdat mit Monomethyl-p-amidophenolsulfat (B. LANGE, 1952, S. 256—258).

Die nach beiden Methoden durchgeführten Analysen stimmten gut überein.

3. Bestimmung des Fluors

Es wurde die Methode von WILLARD & WINTER angewandt (H. H. WILLARD, O. B. WINTER: Ind. Engng. Chem. Analyt. Edit. 5, 7/10, 1933). Man bestimmt das Fluor volumetrisch durch Titration mit Thoriumnitratlösung und Na-Alizarinsulfonat als Indikator.

Arbeitsvorschrift aus dem Handbuch der analytischen Chemie, Band VII a I, Verlag Springer 1950:

1 g der zu untersuchenden Probe bringt man in einen 250 ml-Destillierkolben, gibt dazu einige Siedesteinchen, 10 ml 60% HClO_4 und soviel Wasser (ca. 20 ml), daß die Lösung bei 110° C oder darunter siedet. Der Kolben wird durch einen doppelt durchbohrten Gummistopfen verschlossen. Durch die eine Bohrung führt ein Thermometer, durch die andere ein 100 ml-Tropftrichter. Thermometer und Tropftrichter müssen in die Flüssigkeit eintauchen. An das Ableitungsrohr des Destillierkolbens wird ein kleiner Kühler angesetzt. Das Destillat kann in einem offenen Gefäß (Erlenmeyerkolben) aufgefangen werden.

Die Destillation wird über freier Flamme oder auf dem Sandbad ausgeführt, zunächst bis der Siedepunkt auf 135° C angestiegen ist, dann läßt man langsam Wasser durch den Tropftrichter in die Flüssigkeit einfließen, so daß der Siedepunkt von etwa 135° C eingehalten wird. Man setzt die Destillation solange fort, bis das Fluor überdestilliert ist. Das ist gewöhnlich bei 50—60 ccm Destillat der Fall. Zur Sicherheit führt man eine Nachdestillation mit gleichem Volumen durch.

Bestimmung des Fluors im Destillat. Sie erfolgt durch Titration mit einer eingestellten 0.01 n Th $(\text{NO}_3)_4$ -Lösung. Das anwesende Fluor wird als Thoriumfluorid gefällt. Endpunkt der Titration bei Umschlag des Indikators von Gelb in Rosa.

Das fluorhaltige Destillat wird mit dem gleichen Raumteil Alkohol versetzt. Es soll dann einen Raum von 50—60 ml einnehmen. Dann fügt man 3 Tropfen des Indikators (0,05 %ige wässrige Lösung von alizarinsulfosaurem Natrium) hinzu und stumpft eventuell übergangene Perchlorsäure mit einigen Tropfen

verd. NaOH ab. Dann setzt man einige Tropfen HCl (1 : 50) zu, bis die Lösung rein gelb ist und titriert mit der 0.01 n Thoriumnitratlösung bis zum Auftreten einer schwachen Rosafärbung.

4. Bestimmung der Kohlensäure

1. Bestimmung der Gesamtkohlensäure

Sie erfolgte auf nassem Wege durch direkte Bestimmung des Kohlendioxyds. Aus 1 g Substanz wird die Kohlensäure durch verd. HCl vertrieben, an Natronasbest gebunden und gewogen. Apparatur und Methode nach H. LUX, 1949, S. 154—157.

2. Bestimmung der Apatitkohlensäure

Nach einer Arbeit von RINDELL 1910 und SILVERMAN, FUYAT & WEISER 1952 dient als Lösungsmittel eine halbmolare wässrige Lösung von Triammoniumcitrat. In diesem Lösungsmittel ist Calcit (CaCO_3) verhältnismäßig leicht, Fluorapatit und Karbonatfluorapatit kaum löslich.

Material	Löslichkeit in g/100 ml Lösung
CaCO_3	0.66 g \pm 0.060
Fluorapatit (Thorango, Mexiko)	0.014 g \pm 0.000
Karbonatfluorapatit (Staffel, Deutschland)	0.012 g \pm 0.003

Die Triammoniumcitratlösung wird hergestellt durch Titration von chemisch reinem Diammoniumcitrat mit Ammoniumhydroxyd bis zu pH 8.1 ± 0.1 . Die Löslichkeit wird bestimmt durch Zugabe von 100 ml Lösung zu 1 g gepulverte Probe in einer Glasstopfen-Flasche. Die Mischung bleibt 24 Stunden bei Zimmertemperatur stehen, zwischendurch wird geschüttelt, dann filtriert und nachgewaschen. Im Rückstand wird nach 1. die an Apatit gebundene Kohlensäure bestimmt.

V. Schrifttum

- ALTSCHULER, Z. S., CISNEY, E. A. & BARLOW, J. H.: X-ray evidence of the nature of carbonat-apatite (abs.). — 19. Internat. Geol. Congr., Algiers, Comptes rendus, sec. 11, fasc. 11, p. 9, 1953.
- ALTSCHULER, Z. S., CLARKE, R. S. JR. and YOUNG, E. J.: Geochemistry of uranium in apatite and phosphorite. — Geol. survey professional paper 314-D, Washington 1958.
- BEEVERS, C. A. and MCINTYRE, D. B.: The atomic structure of fluorapatite and its relation to tooth and bone material. — Mineralog. Mag., **27**, No. 194, p. 254—257, 1946.
- CLARKE, R. S. JR. and ALTSCHULER, Z. S.: Determination of the oxydation state of uranium in apatite and phosphorite deposits. — Geochimica et Cosmochimica Acta, **13**, p. 127—142, 1958.
- CORRENS, C. W.: Die Sedimentgesteine. In: BARTH-CORRENS-ESKOLA: Die Entstehung der Gesteine, Berlin 1939.
- FLETSCHER, M. H.: A Study of critical factors in the "direct" fluorimetric determination of uranium. — Collected papers on methods of analysis for uranium and thorium. — Geol. survey bulletin 1006, Part 8, p. 51—68, Washington 1954.

- FLETSCHER, M. H., MAY, I. and ANDERSON, J. W.: The design of the Model V transmission fluorimeter. — Collected papers on methods of analysis for uranium and thorium. — Geol. survey bulletin 1006, Part 12, p. 93—95, Washington 1954.
- FLETSCHER, M. H., MAY, I. and SLAVIN, M.: A transmission fluorimeter for use in the fluorimetric method of analysis for uranium. — Collected papers on methods of analysis for uranium and thorium. — Geol. survey bulletin 1006, Part 11, p. 85—92, Washington 1954.
- GRIMALDI, F. S. and LEVINE, H.: The visual fluorimetric determination of uranium in low-grade ores. — Collected papers on methods of analysis for uranium and thorium. — Geol. survey bulletin 1006, Part 6, p. 43—48, Washington 1954.
- GRUNER, J. W. and Mc CONNEL, D.: The problem of the carbonat-apatites. The structure of francolite. — Z. Kristallographie, **97**, S. 208—215, 1937.
- HAARLÄNDER, W. & SCHNITZER, W. A.: Geologie und Lithologie des uranföhrnden Burgsandsteins von Erlangen und Umgebung. — Erlanger Geol. Abh., H. 37, Erlangen 1961.
- HARRE, W.: Die Bestimmung des Urans in Böden (0,5—500 g/t) und in natürlichen Wässern (0,2—200 mg/t). — Bericht über einen am 18. 11. 1958 in München gehaltenen Vortrag.
- HENDRIKS, S. B. and HILL, W. L.: The nature of bone and phosphate rocks. — Nat. Acad. Sci. Proc., **36**, p. 731—737, 1950.
- HERTEL, L.: Die Genauigkeit der polarographischen und fluorimetrischen Uranbestimmung. — N. Jb. Mineral., Mh., H. 1, S. 12—21, Stuttgart 1962.
- KÄSS, W.: Konkretionäre Phosphatanreicherungen in SW-Deutschland. — Mitt. u. Arbeiten aus d. geol.-mineralog. Inst. d. TH Stuttgart, Neue Folge, Nr. 21, Stuttgart 1954.
- KNETSCH, G., DEGENS, E., WELTE, D. & REUTER, H.: Untersuchungen und Schlüsse zur Verteilung von Strahlungsträgern in Sedimenten Frankens. — Glückauf, **96**, 1960.
- LANGE, B.: Kolorimetrische Analyse, S. 256—257, Weinheim 1952.
- LUX, H.: Praktikum der quantitativen anorganischen Analyse, S. 154—157, München 1949.
- MAY, I. and FLETSSCHER, M. H.: Battery-powered fluorimeter for the determination of uranium. — Collected papers on methods of analysis for uranium and thorium. — Geol. survey bulletin 1006, Part 13, p. 97—104, Washington 1954.
- NEFF, H.: Grundlagen und Anwendung der Röntgen-Feinstruktur-Analyse, München 1959.
- PFEFFER, P.: Erfahrungen bei der Bestimmung des Urans auf fluorometrischem Wege. — Notizbl. Hess. Landesamt Bodenforschung, **85**, S. 425—427, Wiesbaden 1957.
- SHELDON, R. P.: Geochemistry of uranium in Phosphorites and black shales of the Phosphoria formation. — Geol. survey Bulletin 1084-D, Washington 1959.
- SILVERMAN, S. R., FUYAT, K. R. and WEISER, J. D.: Quantitative determination of calcite associated with carbonate-bearing apatites. — Am. Mineralogists, **37**, p. 211—222, 1952.
- SINDOWSKI, K. H.: Die synoptische Methode des Kornkurven-Vergleiches zur Ausdeutung fossiler Sedimentationsräume. — Geol. Jb., **73**, S. 235—275, Hannover 1958.
- TREADWELL, F. P.: Lehrbuch der analytischen Chemie, Bd. II, S. 371—373, Leipzig und Wien 1935.

Die Verbreitung des Burgsandsteins und der Aktivarkosen in Mittelfranken

