

ISSN 0077-6025 Natur und Mensch	Jahresmitteilungen 1991	Seite 41 - 50	Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V. Gewerbemuseumsplatz 4 · 8500 Nürnberg 1
------------------------------------	----------------------------	------------------	--

Helmut May

Zur Geologie des NE-Quadranten des Blattes 5930 Ebern der Topographischen Karte von Bayern (1:25000); Kartierung und Erläuterungen unter besonderer Berücksichtigung sedimentologischer und geophysikalischer Aspekte

Einleitung

Der vorliegende Beitrag ist ein Auszug aus meiner Diplomarbeit, die 1984-1985 am Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Würzburg erarbeitet wurde. Er beinhaltet den größten Teil der geophysikalischen Untersuchungen des Arbeitsgebietes, das im südöstlichen Teil des 1974 gegründeten "Naturpark Haßberge" liegt. Die anzutreffende Schichtenfolge im Kartiergebiet reicht vom Mittleren Burgsandstein bis zum Lias α . Ein stratigraphisches Normalprofil ist der Abbildung 1 zu entnehmen.

Radiometrie

In den Jahren zwischen 1956 und 1962 wurde vom Bayerischen Geologischen Landesamt, mit finanzieller Unterstützung des Bundesministeriums für Atomenergie und Wasserwirtschaft, der nordbayerische Raum radiometrisch untersucht. In diesem Zusammenhang konnten erstmals Urananreicherungen in den nordbayerischen Sedimentgesteinen nachgewiesen werden (BERGER 1959, 1962, 1970). In der Folgezeit zeigte sich durch weitere Untersuchungen (KNETSCH et al. 1960, SCHNITZER 1961, ABELE et al. 1962, SPRENGLER 1962), daß besonders im Bereich des Burgsandsteins z.T. erhebliche Anreicherungen an Uran vorhanden sind. SCHNITZER (1961) konnte erstmals durch radiometrische Messungen in Spülproben von Bohrungen Profilkorrelationen vornehmen, wodurch die prinzipielle Tauglichkeit des Einsatzes radiometrischer Messungen für stratigraphische Zwecke innerhalb des Keupers nachgewiesen war.

Im Bereich des Arbeitsgebietes wurden durch SPRENGLER (1962) zahlreiche Messungen vorgenommen.

Die durchgeführten Messungen hatten im wesentlichen drei Zielsetzungen. Zum ersten sollten Uranvorkommen prospektiert werden. Zum zweiten sollte generell die spezielle Gesteinsradioaktivität untersucht werden, was drittens darauf abzielte, radiometrische Messungen und Stratigraphie zu verknüpfen. Ausgehend von den bisherigen Untersuchungen wurde auch innerhalb der vorliegenden Arbeit versucht, Abhängigkeiten zwischen Stratigraphie, Lithographie und radioaktiver Strahlung innerhalb des Arbeitsgebietes aufzuzeigen.

Gerätebeschreibung

Verwendete Geräte:

1. Feldszintillometer der Firma geo-Metrics, Kalifornien; Modell GR-101A
2. Gamma-Spektrometer der Firma Frieseke & Höpfner GmbH, Typ FHT 128A

Funktionsprinzip

Die Aussendung von Lichtenergie im sichtbaren und UV-Bereich durch auf bestimmte Materialien auftreffende Strahlung wird als Szintillation bezeichnet. Der Szintillator kann fest, flüssig oder gasförmig sein. Bei den beiden Meßgeräten wird als Szintillator ein durch Thorium aktivierter Natrium-Jodid-Kristall eingesetzt. Die im Kristall einfallende Strahlung verliert durch Comptoneffekt, Paarbildung und K-Einfang längs ihrer Bahn, auf Grund der relativ hohen Dichte des Szintillometers, praktisch ihre gesamte Energie. Die Zahl der von einem ionisierten Teilchen oder Gamma-Quant ausgelösten Photonen ist zu seiner Energie proportional. Der durch die Strahlung erzeugte Lichtblitz gelangt durch eine Linse auf die Photokathode des Sekundärelektronenvervielfachers (Multiplier).

Die dort ausgelösten Elektronen werden durch ein System hintereinandergeschalteter Anoden wiederum vervielfacht. Deren Signal wird über einen Verstärker registriert.

Das Feldmeßgerät mißt die gesamte einfallende Gamma-Strahlung, ohne Differenzierung des jeweiligen Energiegehaltes. Das Gamma-Spektrometer nutzt die zuvor erwähnte Proportionalität zwischen Photonenzahl und Strahlungsenergie aus. Dazu besitzt das Gerät eine Anzahl unterschiedlicher Kanäle. In jedem Kanal wird nur die Strahlung eines engen Energieintervalls erfaßt. Eine Häufung der Strahlung in bestimmten Kanälen läßt Rückschlüsse auf die Art des Strahlungsträgers zu. Die gemessenen Strahlungsspektren lassen sich auf einem im Gerät eingebauten Oszillographen abbilden. Im vorliegenden Fall wurden die Spektren durch einen an das Spektrometer angeschlossenen Plotter registriert und anschließend zu Blockbildern zusammengestellt (Abb. 3 u. 4).

Beeinflussende Faktoren

Radiometrische Messungen, speziell im Gelände, werden durch zahlreiche Faktoren beeinflusst.

Der Null-Effekt oder "Background" ist die Summe aus kosmischer Strahlung, Strahlungsintensität des umgebenden Untergrundes, dem Radon-Effekt und der Gerätestrahlung. Das Verhältnis von kosmischer Strahlung zur Strahlung des Untergrundes wird durch die Geometrie des Geländes bestimmt. Der Anteil der kosmischen Strahlung ist auf einer ebenen Fläche höher als in Geländevertiefungen, in denen die Strahlung des Untergrundes zunimmt.

Der Null-Effekt ist als der wichtigste Störfaktor sowohl bei Feld- als auch bei Labormessungen zu betrachten. Er besagt, daß nicht nur die Strahlung eines eng begrenzten Meßpunktes registriert wird, sondern die gesamte Strahlung des umgebenden Areals. Im Gelände ist deshalb auf stets gleiche Geometrie und im Labor zusätzlich auf gleichbleibende Probenmengen zu achten.

Diffundierendes, radioaktives Radon der Uran- und Thorium-Zerfallsreihen verursacht den

Radon-Effekt. Die Gerätestrahlung kann als Gerätekonstante betrachtet werden und beeinflußt Relativmessungen nur gering.

Radioaktive Strahlung wird längs ihrer Bahn absorbiert. Sie ist also abhängig vom Abstand des Strahlers zum Meßgerät und dem dazwischenliegenden Medium. Schwierig wird die Beurteilung der Absorptionsrate, sobald Überdeckungen unbekannter Mächtigkeiten vorliegen.

Ein letzter Faktor ist die Frage nach dem radioaktiven Gleichgewicht. Es besagt, daß in einem abgeschlossenen System nur jeweils so viel Tochtersubstanz zerfällt, wie im gleichen Zeitraum Muttersubstanz zerfällt. Wird das System geöffnet, können Substanzen zu- bzw. abgeführt werden, was eine Störung des Gleichgewichts zur Folge hat. Da die Uran- und Thoriumzerfallsreihen durch die Strahlungen ihrer Tochtersubstanzen gekennzeichnet sind, kann eine derartige Störung zu Fehlinterpretationen führen.

Gamma-Spektrometrie

Die spektrometrischen Messungen sollten die in den Gesteinen vorhandenen Strahlungsträger identifizieren. Um die Auswirkungen des Massen-Effekts möglichst konstant zu halten, wurde auf eine gleichbleibende Probenmenge von 500 g geachtet. Die reine Meßzeit betrug bei allen Proben 80 min.

Die Energieeichung des Spektrometers erfolgte, entsprechend den drei natürlichen Strahlungsträgern Uran, Thorium und Kalium 40, mit einer Pechblendenprobe, einem Thoriumpräparat und Kaliumchlorid. Wie aus den Standardspektren nach ADAMS & GASPARINI (1970) (Abb. 2) ersichtlich, besitzt jedes dieser drei Elemente, einschließlich seiner Zerfallssubstanzen, markante Strahlungsmaxima (Peaks). Die zur Identifizierung der Ausgangselemente verwendbaren Peaks sind:

40Kalium:	1,46 MeV	
Uran:	1,76 MeV	(214Bi)
Thorium:	2,62 MeV	(208Tl)

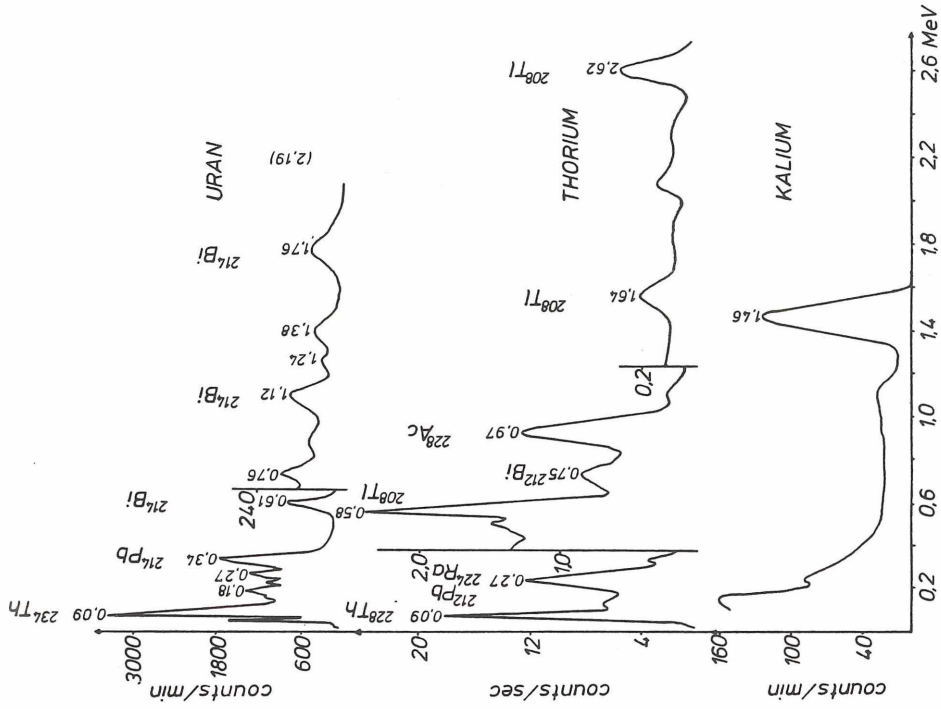


Abb. 2: γ -Spektrum von Uran, Thorium, Kalium nach ADAMS und GASPARINI (1970)

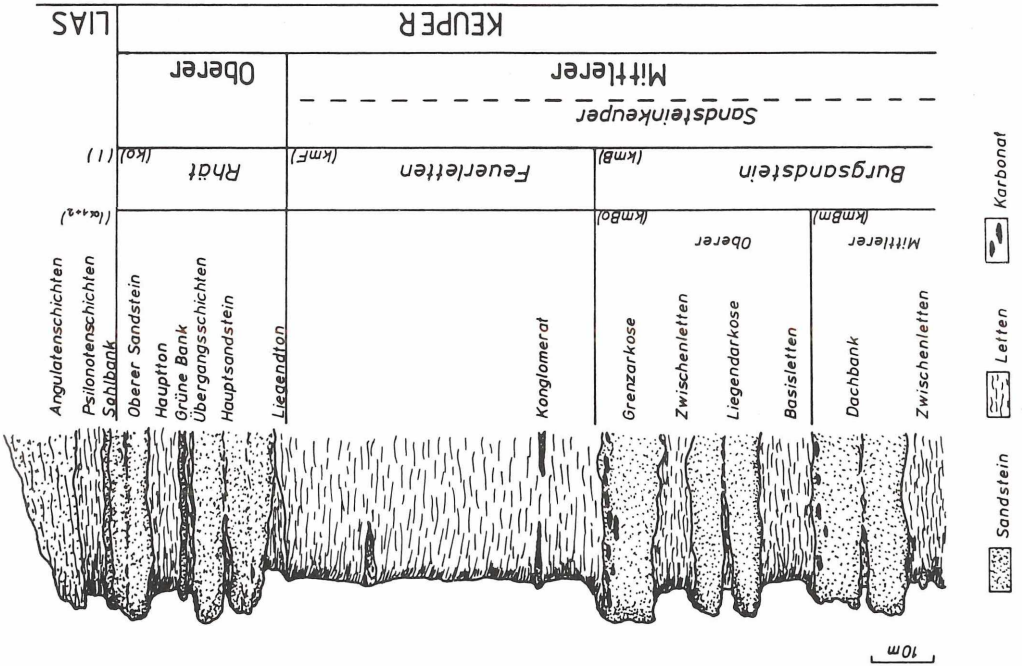


Abb. 1: Stratigraphisches Normalprofil im Kartiergebiet

Durch den Vergleich der Standardspektren mit den Spektren der Eichproben konnten die Strahlungsmaxima der Eichproben rechnerisch ihrem jeweiligen Energiegehalt zugeordnet werden. Insgesamt wurden 19 Sandsteinproben und 16 Lettenproben aus dem im Arbeitsgebiet vorhandenen stratigraphischen Bereich vom Mittleren Burgsandstein bis zum Lias α_{1+2} gemessen. In den Abbildungen 3 und 4 wird versucht, anhand von Blockbildern relative Strahlungsunterschiede in Abhängigkeit zur stratigraphischen Stellung der Proben aufzuzeigen. Dazu wurden unterschiedliche Empfindlichkeitsstufen der Spektrometeranzeige und verschiedene Spektrenausschnitte gewählt.

Ergebnis

Durch den Vergleich der Spektren läßt sich eine generell höhere Strahlung der Letten gegenüber den Sandsteinen erkennen. Die höhere Strahlung wird durch Kalium verursacht, was durch zwei Beobachtungen erkennbar wird. Zum einen ist der markante Peak der Kaliumstrahlung (1,46 MeV) bei den Letten höher als bei den Sandsteinen (Abb. 3, Blockbild 2). Zum anderen beschränkt sich die Strahlungszunahme, mit Ausnahme des 1,46 MeV-Peaks, auf den niedere-nergetischen Bereich der Gamma-Strahlung. Peaks der Uran- und Thoriumzerfallsreihen zeigen im höherenergetischen Bereich keine Strahlungszunahme von den Letten zu den Sandsteinen.

Eine Abhängigkeit der 40K-Strahlungsintensität der Letten (Abb. 3, Blockbild 1) von der jeweiligen stratigraphischen Stellung ist nicht erkennbar.

Demgegenüber fällt bei den Sandsteinen (Abb. 3, Blockbild 3) ein Rückgang des 40K-Peaks (1,46 MeV) im Rhät gegenüber dem liegenden Burgsandstein und dem hangenden Lias auf. Lediglich die stratigraphisch höchste Probe des Rhät erreichte annähernd die 1,46 MeV-Intensität des Lias.

Markante Unterschiede der Kaliumstrahlung einzelner Proben des Mittleren und Oberen Burgsandsteins (Abb. 3, Blockbild 3) lassen

keine in ihrer Strahlung typischen Horizonte erkennen, da Gesteine des gleichen stratigraphischen Horizontes unterschiedliche Strahlungswerte der 40K-Strahlung aufweisen.

Die Thoriumreihe wird, außer durch den für die Eichung benutzten Thallium-208-Peak (2,62 MeV), noch durch weitere Peaks markiert. Im energiearmen Bereich der Gamma-Quanten tritt ein Maximum bei 0,27 MeV, verursacht durch Blei und Radium, deutlich hervor. Dieser Peak erscheint, wie im Blockbild 6 (Abb. 4) zu erkennen ist, bei allen Sandsteinen. In den Spektren der Letten (Abb. 4, Blockbild 5) ist dieser Peak nur schwach angedeutet, was nur z.T. auf den unterschiedlichen Maßstab der beiden Blockbilder zurückzuführen ist.

Der 0,09 MeV-Peak, der in allen Spektren gut ausgebildet ist, wird sowohl von der Thorium- und Uranreihe als auch durch Röntgenbremsstrahlung verursacht. Maßgebend für die Anwesenheit des Thoriums ist der relative Unterschied der beiden eben beschriebenen Peaks, was durch die Standardspektren (Abb. 2) verdeutlicht wird. Somit spielt der unterschiedliche Maßstab in den Blockbildern 5 und 6 (Abb. 4) nur eine untergeordnete Rolle. Dieser relative Unterschied ist in den Spektren der Sandsteine deutlich geringer als in den Spektren der Letten. Dies deutet einen höheren Thoriumgehalt der Sandsteine gegenüber den Letten an. Das Vorhandensein von Thorium auch in den Letten, wenn auch in geringeren Mengen als in den Sandsteinen, zeigt das Blockbild 4 (Abb. 4). Hier ist eine Erhöhung des 2,62 MeV-Peaks sichtbar. Das Blockbild 4 zeigt keine Abhängigkeit zwischen der stratigraphischen Zugehörigkeit der Lettenproben und der Thoriumstrahlung.

Die Anwesenheit von Uran wird in erster Linie durch drei markante Peaks des Wismut 214 (0,61 MeV, 1,12 MeV, 1,76 MeV) und durch Blei 214 (0,34 MeV) angezeigt (Abb. 2). Von diesen Peaks konnte nur das 1,12 MeV-Maximum in mehreren Sandsteinen (Abb. 3, Blockbild 3) und in einigen Letten als gesichert nachgewiesen werden. Der 1,76 MeV-Peak ist, bei der empfindlichsten Einstellung des Spektrometers, in den

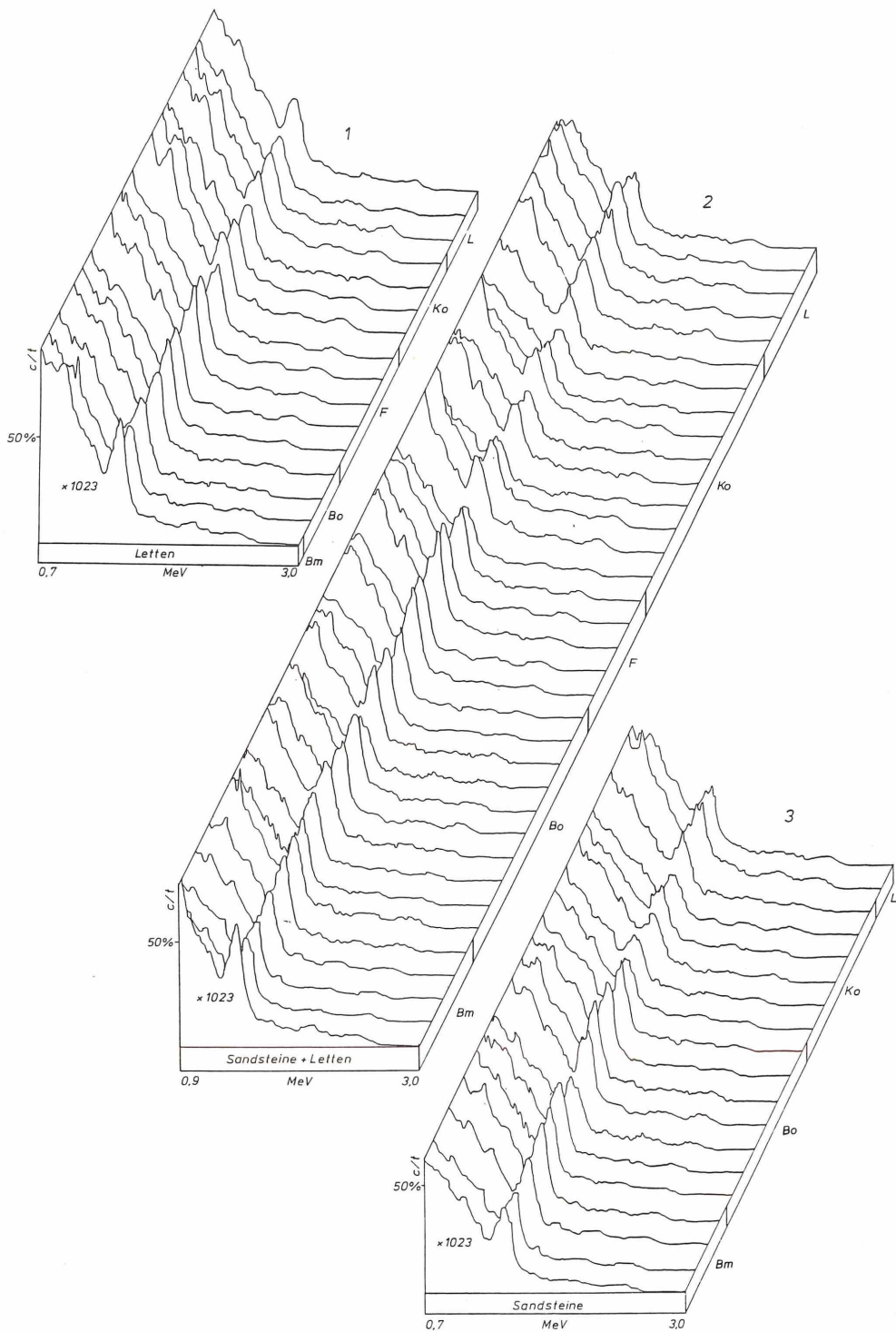


Abb. 3: Vergleich der γ -Spektren unterschiedlicher Fazies in stratigraphischer Abfolge

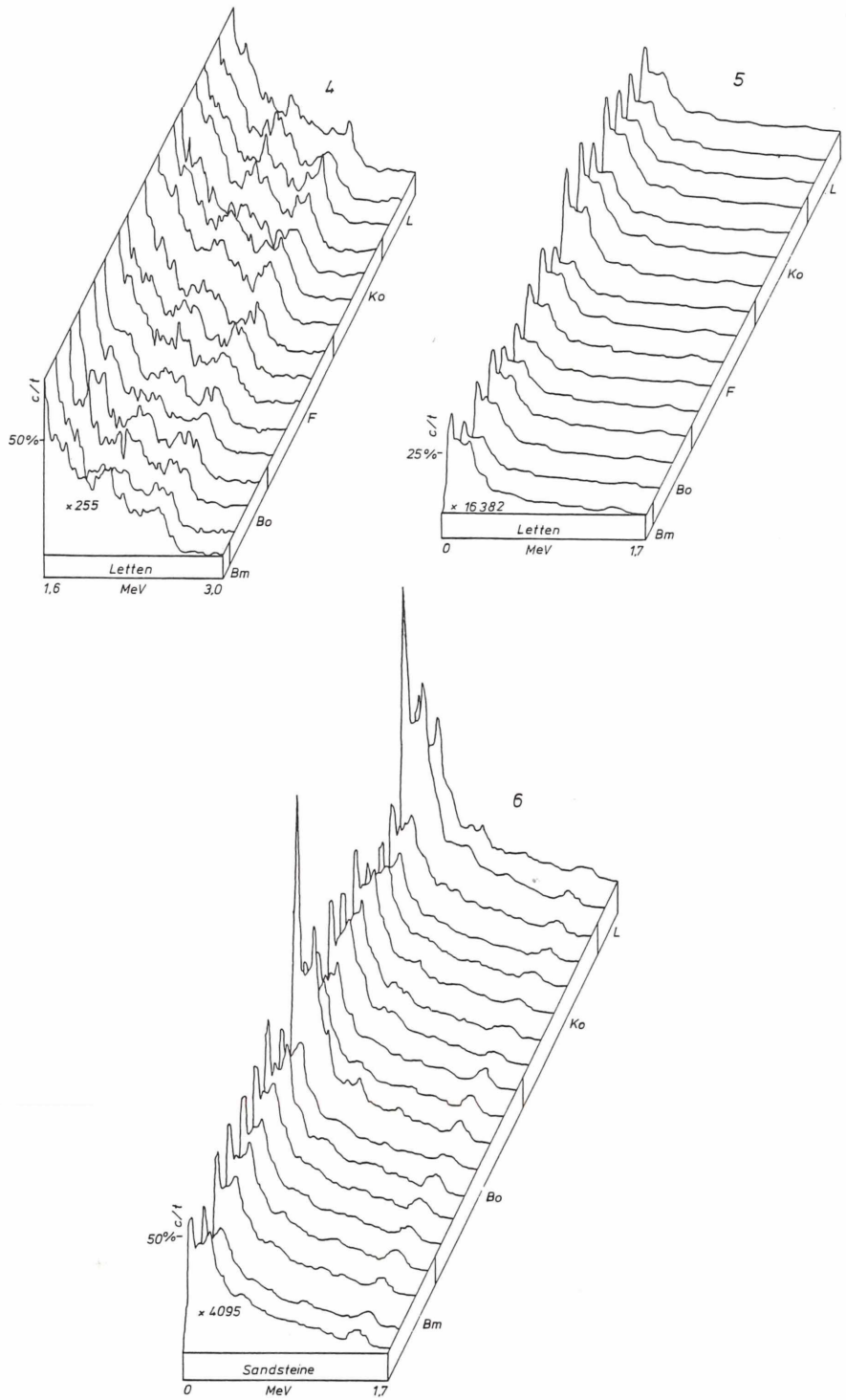


Abb. 4: Vergleich der γ -Spektren unterschiedlicher Fazies in stratigraphischer Abfolge

Spektren der Letten (Abb. 4, Blockbild 4) als schwach ausgeprägtes Maximum zu erkennen. Die schwache Ausbildung der durch die Uranreihe verursachten Peaks zeigt, daß Uran in den untersuchten Proben in nur geringen, quantitativ jedoch nicht weiter bestimmten Mengen vorhanden ist.

Der niederenergetische Strahlungsbereich der Spektren läßt einige vorsichtige Aussagen in stratigraphischer Hinsicht zu. Im Blockbild 5 (Abb. 4) ist eine deutliche Zunahme der Strahlung ab dem Rhät zu erkennen. Sowohl zwischen Lias und Rhät, als auch zwischen Feuerletten, Oberem und Mittlerem Burgsandstein lassen sich keine weiteren Unterscheidungen bezüglich der Gesamtstrahlung treffen. Bei den Sandsteinen zeigt sich eine Zunahme der Strahlung im Lias. Eine allgemeine Gültigkeit dieser Feststellung ist jedoch durch die geringe Zahl der Proben nicht gesichert. Die Strahlung der übrigen Sandsteinproben ist, mit Ausnahme einer Probe des Oberen Burgsandsteins, relativ ausgeglichen.

Herkunft der Strahlung

Thorium und Uran sind in erster Linie an Akzesorien gebunden. Uran kann darüberhinaus auch an Kristalloberflächen, Korngrenzen und in Flüssigkeitseinschlüssen, z.B. des Minerals Zirkon, gebunden sein. Für den Thoriumgehalt können die Minerale Monazit, der Zirkon und auch der Apatit verantwortlich gemacht werden (SCHÖN 1983). Die 40K-Strahlung wird hauptsächlich durch den Tongehalt der Gesteine hervorgerufen. Nach SCHNITZER (1961) steigt die Aktivität der Gesteine mit zunehmender Korngröße und dadurch bedingter Zunahme des tonigen Bindemittels. Ebenso konnte DACHNOV (1975, in SCHÖN 1983) eine Abhängigkeit zwischen ansteigender Aktivität und Zunahme des Tongehaltes feststellen. Aus diesem Befund läßt sich auch die höhere 40K-Strahlung der Letten gegenüber den Sandsteinen erklären.

Geländemessungen

Im Arbeitsgebiet wurden vier Geländeprofile (Abb. 5 u. 6) aufgenommen. Die erfaßte Schicht-

folge reicht vom Zwischenletten des Mittleren Burgsandsteins (Basis Profil 3) bis in den Lias α (Top Profil 4). Die einzelnen Meßpunkte liegen, ohne Berücksichtigung der Hangneigung, in einem Abstand von zwei Metern auf der Geländeoberfläche. Um Profilvergleiche (Abb. 5) vornehmen zu können, mußten die Abstände der Meßpunkte auf einen einheitlichen Höhenmaßstab umgerechnet werden. Dadurch sind Stauungen und Spreizungen in einigen Profilschnitten zu erklären. Das für die Messungen benutzte Feldszintillometer ist in seiner Funktionsweise schon vorgestellt worden. Dem Vorteil der Handlichkeit und des geringen Gewichts des Gerätes ist der Nachteil der kurzen Integrationszeit der eintreffenden Strahlung entgegenzustellen. Dadurch wird die Ablesegenauigkeit und somit die Auswertbarkeit der Meßdaten herabgesetzt. Um zu große Streuungen der Meßwerte auszugleichen, wurden die Werte mit Hilfe eines Computers "geglättet".

Ergebnis

Innerhalb des Burgsandsteins konnten, in Anlehnung an die Ergebnisse der Gamma-Spektrometrie, nur allgemeine Faziesänderungen zwischen toniger bzw. sandiger Ausbildung erkannt werden. Charakteristische Leithorizonte konnten bei der Anzahl der durchgeführten Messungen nicht beobachtet werden. Die stratigraphische Zuordnung der mit Hilfe der Radiometrie untergliederten Schichten konnte nur durch zusätzliche Geländebefunde vorgenommen werden.

Im Profil 3 (Abb. 5) wurde der obere Bereich des Zwischenletten im Mittleren Burgsandstein gerade noch durch die Messungen erfaßt. Am Übergang zur Dachbank des Mittleren Burgsandsteins beginnt die Strahlung abzunehmen. Eine Grenzziehung zwischen Mittlerem und Oberem Burgsandstein ist im Profil 3 nur bedingt möglich. Der stark schwankende, aber stetige Anstieg der Strahlung an der vermuteten Basis des kmBo (Abk. k = Keuper; m = Mittlerer; B = Burgsandstein; o = Oberer) läßt auf eine Zunahme des Tongehaltes gegenüber der Dachbank des kmBm schließen. Ein typischer Basis-

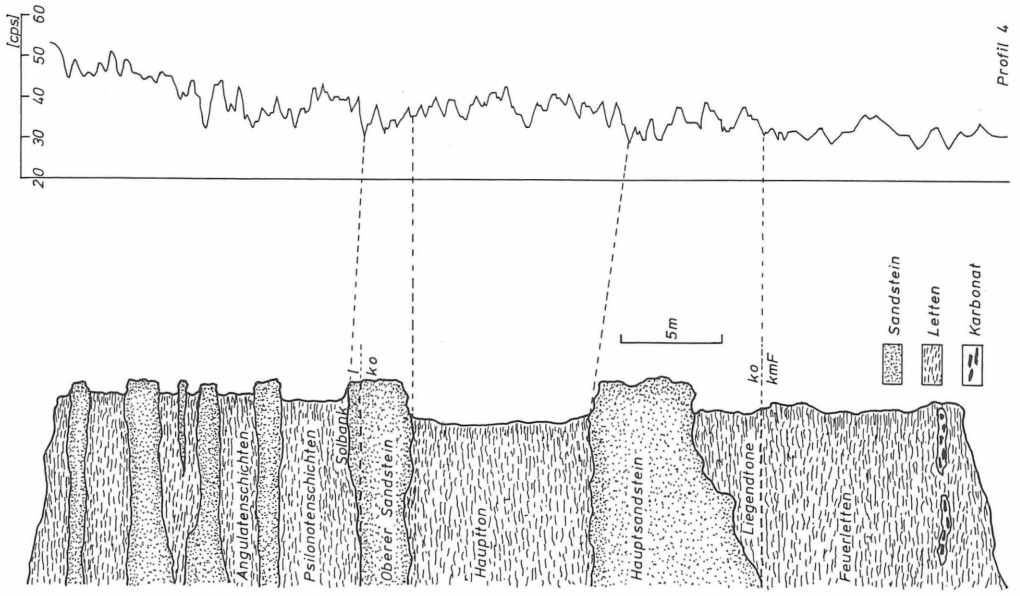


Abb. 6: Geländeprofil von Feuerletten bis Lias α

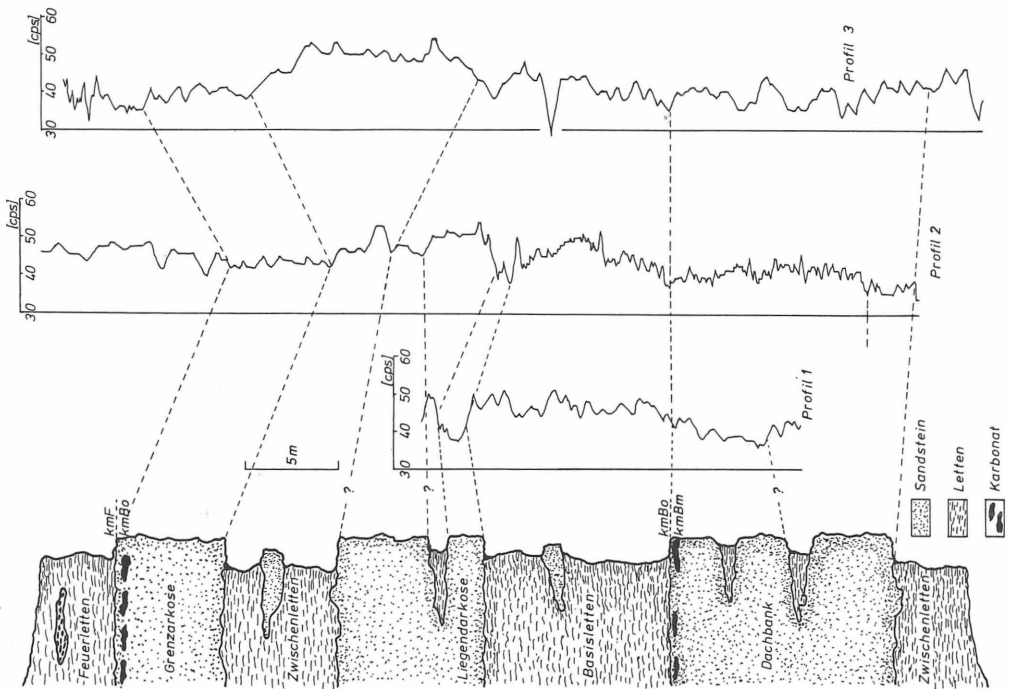


Abb. 5: Geländeprofile vom Mittleren Buntsandstein bis Feuerletten

letten des kmBo liegt in diesem Profil nicht vor. Der vorübergehend starke Strahlungsabfall im mittleren Bereich des Profils ist durch ein knapp unter der Oberfläche verlaufendes Kanalisationsrohr verursacht worden. Durch das Fehlen des Basisletten war es nicht möglich, eine Liegendarkose auszugliedern. Der Zwischenletten und die darauffolgende Grenzarkose konnten gut unterschieden werden. Der Übergang vom kmBo zum Feuerletten ist durch einen geringfügigen Strahlungsabfall angezeigt. Im Hangenden dieser Grenze schwankt die Strahlung sehr stark.

Die Messungen des Profils 2 (Abb. 5) beginnen in der Aue des Hinterbaches. Die geringe Strahlung der Aue steigt mit dem Einsetzen der Dachbank des kmBo geringfügig an. Die Grenze Mittlerer - Oberer Burgsandstein ist eindeutig festlegbar. Der Basisletten des kmBo setzt sich durch deutlichen Strahlungsanstieg von der Dachbank des kmBo ab. Die Profillinie des Basisletten besitzt eine auffällig bauchige Struktur. Diese Erscheinung könnte lithographische Veränderungen innerhalb des Basisletten widerspiegeln.

Eine sehr geringmächtige, niedrigstrahlende Schicht trennt den Basisletten vom Zwischenletten des kmBo. Anhand des Profils kann eine Gliederung des Zwischenletzens in vier Abschnitte vorgenommen werden. Ein unterer Letten wird durch eine geringstrahlende, vermutlich weniger tonige Einschaltung von einem oberen Zwischenletten getrennt. Auf den oberen Letten folgt ein ebenfalls weniger toniger Horizont mit geringer Strahlung. Diese Interpretation konnte durch Geländebefunde bestätigt werden.

Die Grenzarkose ist wiederum durch Strahlungsabfall markiert. Im Gegensatz zum Profil 3 beginnt im Profil 2 die Strahlung an der Grenze kmBo - Feuerletten geringfügig zu steigen. Diese gegensätzliche Erscheinung kann wie folgt erklärt werden. Das Profil 2 wurde auf einer freien Ackerfläche aufgenommen, auf der keine Überdeckung durch Löß, Hangschutt etc. vorhanden war. Demgegenüber wurden die Messungen des Profils 3 ausschließlich im Wald durchgeführt. In der Nähe dieses Profils konnte die Grenze kmBo - Feuerletten in einem frisch ange-

legten Entwässerungsgraben festgelegt werden. Wie an der Stauchung der Profilkurve im Bereich des Feuerletzens zu erkennen ist, besitzt das Gelände oberhalb der Dachbank des kmBo nur noch geringe Neigung. Dadurch ist der Feuerletten durch eine in ihrer Mächtigkeit nicht festlegbare Verwitterungsdecke überzogen, die für das Absinken bzw. starke Schwanken der Strahlung verantwortlich gemacht werden kann.

Das Profil 1 beginnt in der Dachbank des Mittleren Burgsandsteins. Die Grenze zum Basisletten des kmBo ist, ähnlich dem Profil 2, gut festlegbar. Im Gegensatz zum Profil 2 besitzt der Basisletten in diesem Profil eine relativ ebene Profillinie, woraus auf eine recht einheitliche Lithologie geschlossen werden kann. Basisletten und Zwischenletten werden auch hier durch eine geringstrahlende Schicht, die als Liegendarkose angesprochen werden kann, getrennt. Die geringe Mächtigkeit der Liegendarkose in den Profilen 1 und 2 kann z.T. auf Schichtverschleppungen zurückgeführt werden, da beide Profile auf Ackerflächen angelegt waren. Allgemein wird in den drei bisher beschriebenen Profilen die schon im stratigraphischen Teil (in diesem Auszug nicht vorhanden) erwähnte horizontale und vertikale Unstetigkeit des Burgsandsteins bestätigt.

Das Profil 4 (Abb. 6) beginnt im mittleren Feuerletten und endet im Lias α . Bis in den unteren Bereich des Lias wurden die Messungen im Wald, die übrigen Messungen auf freiem Feld vorgenommen. Für die Deutung dieses Profils waren die Ergebnisse der Gamma-Spektrometrie von entscheidender Wichtigkeit. Im Blockbild 5 (Abb. 4) ist zu erkennen, daß die Letten des Rhäts stärker strahlen als der Feuerletten. Die Sandsteine des Lias zeichnen sich durch stärkere Strahlung gegenüber den Rhätsandsteinen aus (Blockbild 6, Abb. 4). Durch diese beiden Befunde scheint es gerechtfertigt, die Grenzen Feuerletten - Rhät und Rhät - Lias durch zwei markante Bereiche des Strahlungsanstieges festzulegen. Die innerhalb eines nur engen Bereichs schwankende Strahlung des Feuerletzens läßt auf einen recht einheitlichen Aufbau der Schicht schließen. Im Rhät fallen einige Abschnitte

unterschiedlicher Strahlungsintensität auf. Es wurde versucht, diese Abschnitte in die Rhätstratigraphie einzugliedern. Als Bezugspunkt diente ein bei der Ortschaft Losbergsgereuth aufgenommenes stratigraphisches Profil. Der Vergleich zwischen beiden Profilen läßt auf ein sehr geringmächtiges Mittelrhät mit Liegendtonen und Hauptsandstein schließen. Darüber folgt das Oberrhät, mit einem relativ mächtigen Hauptton und dem Oberen Sandstein. Der Hauptton tritt durch geringfügig höhere Strahlung im Profil hervor. Eine Grenzziehung zwischen Lias α_1 und Lias α_2 konnte nicht vorgenommen werden. Es hat sich gezeigt, daß radiometrische Geländeprofile unter Einbezug anderer Untersuchungsmethoden wie Gamma-Spektrometrie, Schwermineralanalyse, Quarzkornfarbenanalyse und der Geländebefunde (auf die letzten drei Punkte konnte in diesem Auszug nicht eingegangen werden) als aufschlußreiche Ergänzung des geologischen Gesamtbildes des Arbeitsgebietes anzusehen sind.

Literaturverzeichnis

- ABELE, G., BERGER, K., SALGER, M. (1962): Uranvorkommen im Burgsandstein Mittelfrankens. - *Geologica Bavarica*, Nr. 49; München.
- ADAMS, J.A.S & GASPARINI, P. (1970): Gamma-ray spectrometry of rocks. - Elsevier Publishing Company; Amsterdam, London, New York.
- BERGER, K. (1959): Radiometrische Messungen und deren Auswertung für die Geologie im Blattgebiet von Röttenbach. - *Geol. Bl. NO-Bayern*, 9, S. 167-184; Erlangen.
- BERGER, K. (1962): Die Uranvorkommen im Burgsandstein Mittelfrankens. - *Geologica Bavarica*, Nr. 49, S. 3-58; München.
- BERGER, K. (1970): Die Radiometrische Vermessung. - In: JANETZKO, P. & ROLLOF, A., Erl. zur geol. Karte, 1:25000 Blatt 5931 Ebsfeld; München (Bayer. Geol. Landesamt).
- KNETSCH, G., DEGENS, E., WELTE, D., REUTER, H. (1960): Unters. und Schlüsse zur Verteilung von Strahlungssträgern in Sedimenten Frankens. - *Glückauf* 96, Heft 3.
- SCHNITZER, W.A. (1961): Profilkorrelierung mittels radiometr. Messungen im Keuper von Bayreuth. - *Geol. Bl. NO-Bayern*, 11, S. 89-101; Erlangen.
- SCHÖN, J. (1983): *Petrophysik*; Stuttgart (Ferdinand Enke Verlag).

Anschrift des Verfassers:
Dipl.-Geologe Helmut May
Rugierstraße 6
8500 Nürnberg 40

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Natur und Mensch - Jahresmitteilungen der naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg e.V.](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [1991](#)

Autor(en)/Author(s): May Helmut

Artikel/Article: [Geoökologische Untersuchungen zur natürlichen Kiefernverjüngung auf einer Dolomitzuppe der Nördlichen Frankenalb 41-50](#)