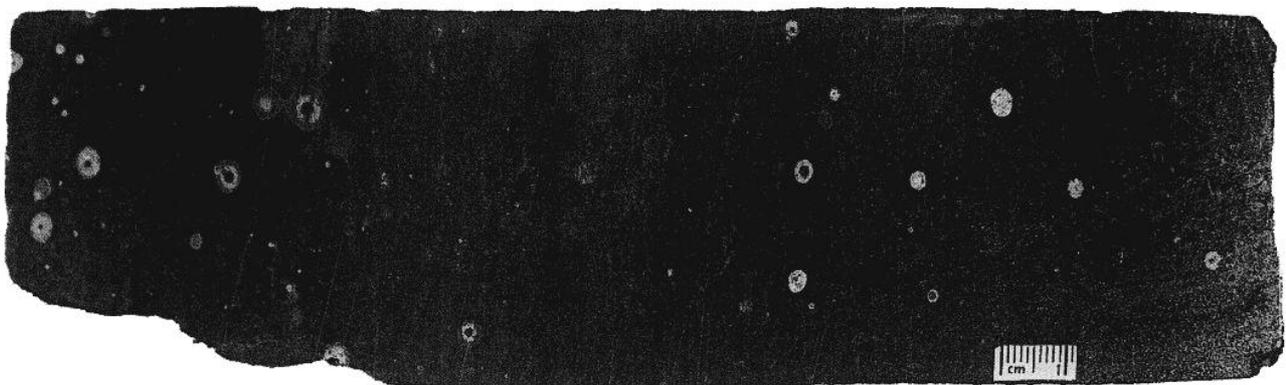
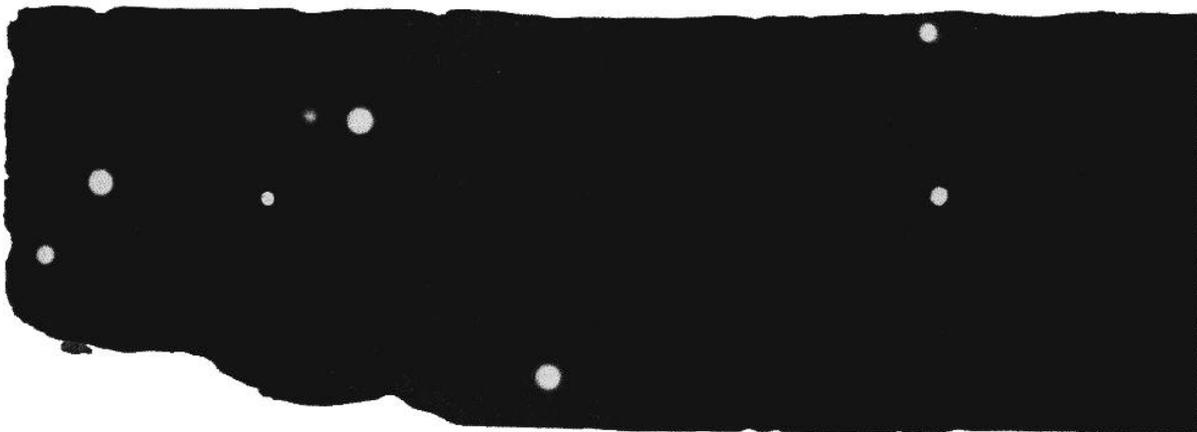
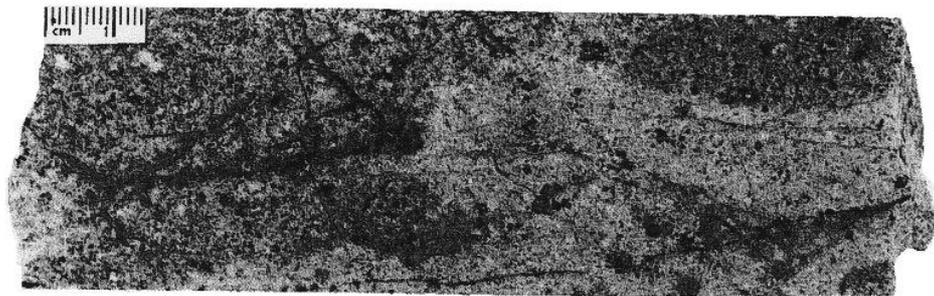
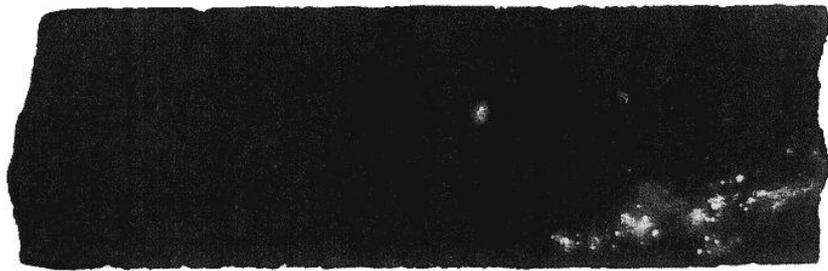


Abb. 116 (oben Autoradiographie, unten Gesteinsfoto):
Granit von Markersbach vom Ostrand der Lagerstätte, Bahra-Königsteiner Schwelle. Im Granit Erztrümchen und Bleichungen. Bohrung 2620/88, Teufe 450,9-460,0 m.



unteres Abbildungspaar:

Abb. 117 (oben Autoradiographie, unten Gesteinsfoto): Stratigraphie wie Abb. 109, Bohrung 2412/80, Teufe 128,2 m. Schluffstein, feinsandig, rotbraun als 0,7 m mächtige Lage im Basiskonglomerat. Konkretionen (?) oder detritische Kerne mit Bleichungshöfen.

Kontaktthof des Granites von Markersbach ein Uran-Bilanzers-Intervall (Abb. 118-1). Ein Meter mächtig, an dunklen massiven Hornstein gebunden, stimmte es lithologisch mit den gezeigten Erzgeröllen der Abb. 111 und 112 überein. In benachbarten Bohrungen (Bl. Nr. 2620/88, Nr. 2622/88, Nr. 2442/82) wurden auch im granitischen Fundament der Kreide geringmächtige Intervalle mit Radioaktivitäten nach der Bohrlochmessung bis 300 $\mu\text{R/h}$ und Urangelhalten nach der chemischen Analyse bis 300 g/t angetroffen (Abb. 118-2). Auch dieser, in Abb. 116 gezeigte Granit ist durch die Bindung des Urans an seine Trümer dem Geröll der Abb. 114 zum verwechseln ähnlich.

Andererseits deutet die Konzentrierung der Radioaktivität der Hornstein- und Grauwackengerölle auf ihre randlichen Teile auf eine sekundäre Vererzung hin. Auch an den Geröllen selbst vorgenommene Untersuchungen bestätigen ihren primären Erzcharakter nicht. Sowohl ihr radioakti-

ves Gleichgewicht (Ra/U) wie die Werte des Konzentrationsverhältnisses von Uran-238 zu seinem Endzerfallsprodukt Blei-206 sind stark zugunsten von Uran verschoben. Beide Befunde lassen auf eine sehr junge Vererzung in situ schließen. Das Alter der im Liegenden der Kreide erbohrten Vererzung im Granit beträgt nach der U-Pb-Bestimmung 50 Millionen Jahre (Tab. 20-X), so daß sich von dieser Vererzung das gezeigte und wenigstens 90 bis 100 Millionen Jahre alte Geröll der Abb. 114 nicht herleiten läßt.

Somit befinden sich die geologischen und radiogeochemischen Untersuchungsergebnisse zum metallogenetischen Charakter der Gerölle im Widerspruch. Je nach zu teilendem Standpunkt muß man das Geröll-Uran entweder, wie auch das mit ihm verbundene Seifenzinn, als U_1 der polymetallischen Basisanomalie oder als infiltratives U_2 dem 3. Erzhorizonte zuordnen.

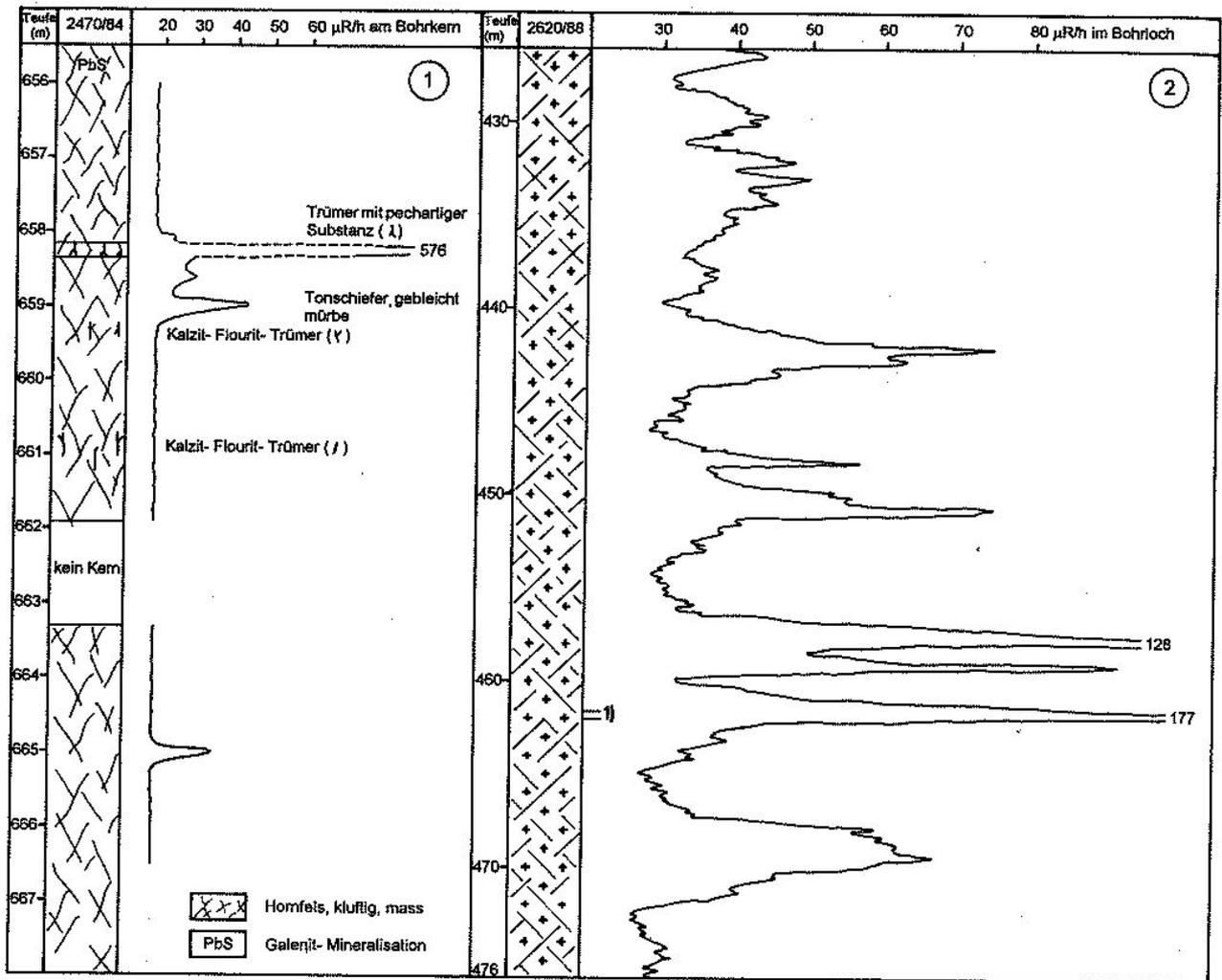


Abb. 118: Beispiele für Anreicherungen von Uran im Kreidefundament im Umfeld der Lagerstätte Königstein. (1) Bohrung im Exokontakt des Markersbacher Granites an der Westlausitzer Störung nördlich Zwiesel, (2) Bohrung im Markersbacher Granit am Ostrand der Lagerstätte mit Probenahmepunkt zu Abb. 116 (1).

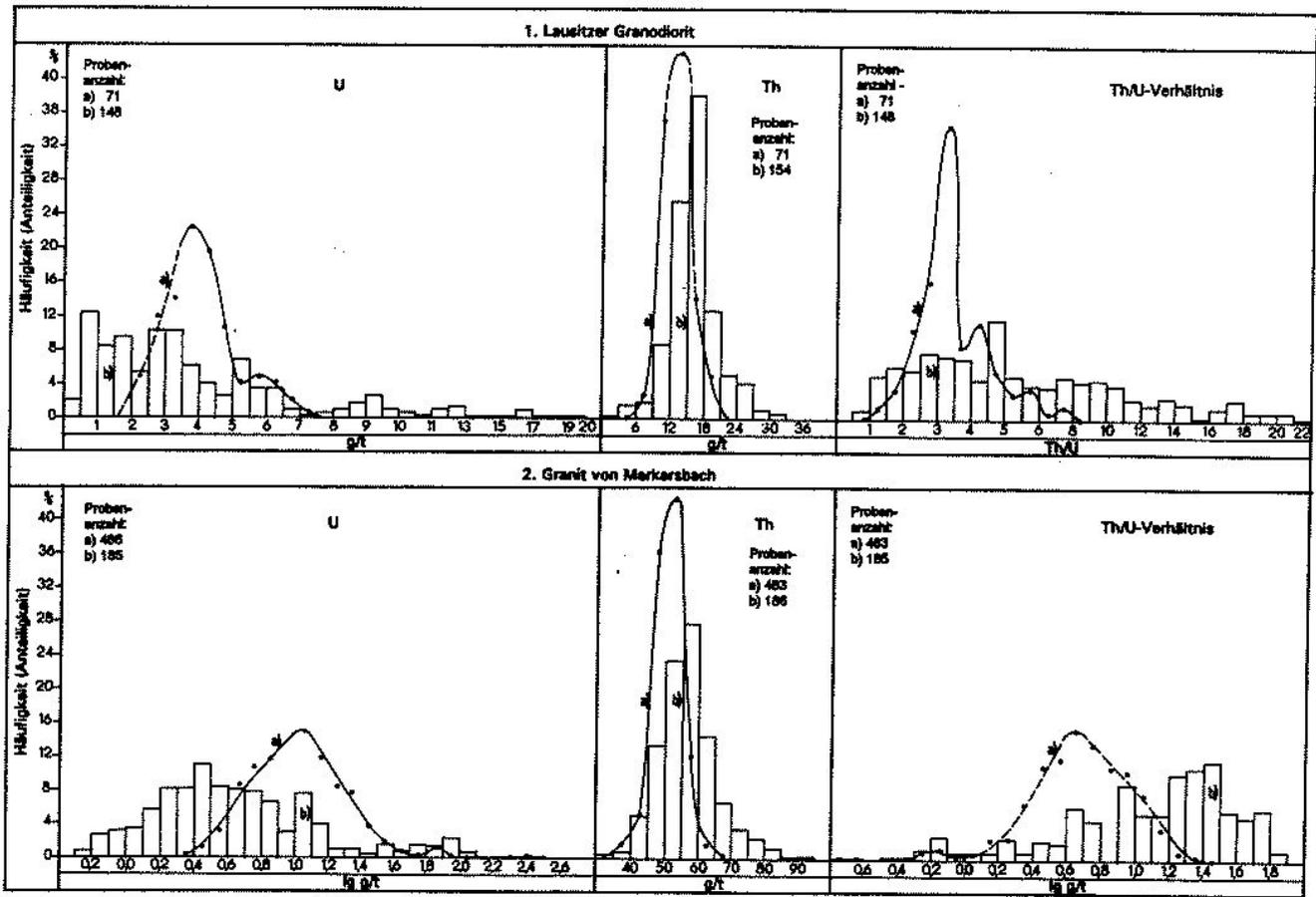


Abb. 119: Statistische Verteilung von Uran und Thorium im unverwitterten Grundgebirge (jeweils Kurve a) und im verwitterten Grundgebirge (Säulendiagramm b)

5.4 Grundgebirgische Verwitterungskruste und sedimentäre geochemische Migrationsbarriere als korrespondierende Objekte der Auslaugung und Anreicherung von Uran

Mit der makrochemischen wurde auch die mikrochemische Zusammensetzung der präcenenen Verwitterungskruste vergleichend zum unveränderten Ausgangsgestein und unter besonderer Berücksichtigung von Uran und Thorium an der Lagerstätte untersucht. Beide Elemente wurden nach ihren Hintergrundgehalten je im primär normal beschaffenen und stofflich zersetztem Grundgebirge überprüft. Die erhaltenen Werte wurden statistisch aufbereitet in vergleichenden Diagrammen sowie in geochemischen Profilen durch die Verwitterungszone dargestellt.

Das statistische Ergebnis zeigt die Häufigkeitsverteilung der Einzelwerte der Gehalte von Uran und Thorium je für unverwittert frischen und verwitterten Granit und Granodiorit unter Kreidebedeckung in der Pirnaer Paläosenke (Abb. 119). Aus dieser Verteilung geht eine erweiterte

Streubreite bzw. Dispersion der Einzelwerte beider Elemente in der jeweiligen verwitterten Gesteinsvarietät hervor. Bei Uran ist die Zerstreuung stärker als bei Thorium ausgeprägt. Außerdem ist zu erkennen, daß im Vergleich mit der unverwitterten Varietät die Häufigkeitsmaxima bei Uran in Richtung niedrigerer und bei Thorium in Richtung höherer Werte verschoben sind. Dementsprechend nimmt das Konzentrationsverhältnis beider Elemente (Th/U) in der Verwitterungskruste seine höchsten Werte an. Die nach den Verteilungsdiagrammen ermittelten Durchschnittsgrößen belegen, daß im Prozeß der Verwitterung der Untergrundspiegel des Urans im Granodiorit von 3,9 auf 2,6 und im Markersbacher Granit von 10,1 auf 3,7 g/t abgesunken ist. Bei Thorium steigt er dagegen von 13,7 auf 16,1 bzw. von 50,6 auf 56,8 g/t an. Danach beträgt der Verlust an Uran in den beiden verwitterten Gesteinsarten 33 bzw. 63 % und der Zuwachs an Thorium 12 bzw. 24 %. Die Veränderung geht mit einer Vergrößerung der Standardabweichung (S) und des Variationskoeffizienten (V) für beide Elemente um das fast Doppelte ihrer Ausgangswerte einher (Tab. 14). Im Anstieg dieser Werte drückt sich die mit dem Zerfall der primären Mineralasso-

Tab. 14: Statistische Parameter für Uran und Thorium im präcenoman verwitterten und unverwitterten Grundgebirge der Pirnaer Paläosenke

Gestein	U			Th			Th/U				
	n	X g/t	S	n	X g/t	S	n	X	S	V	
Granodiorit	frisch	66	3,9	0,88	71	13,0	2,7	20,8	3,35	0,93	27,8
	verwittert	121	2,6	1,59	155	16,1	4,4	27,3	7,56	4,62	61,1
Granit von Markersbach	frisch	477	lg 1,005	lg 0,266	486	50,6	4,7	9,3	lg 0,69	lg 0,26	1,82
	verwittert	172	lg 0,57	lg 0,389	187	56,8	8,9	15,7	lg 1,17	lg 0,38	2,40

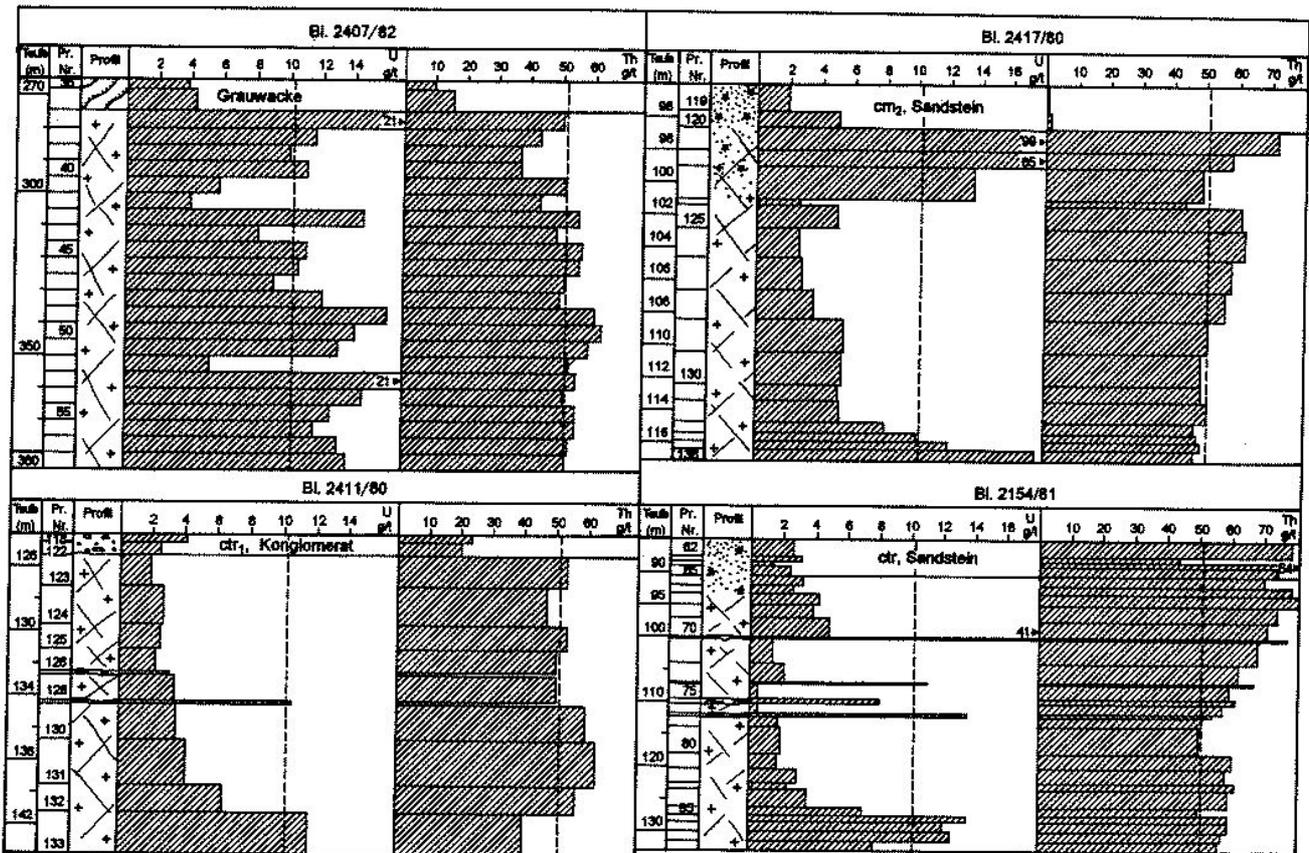
S: Standardabweichung; V: Variationskoeffizient

ziationen verbundene Dispersion der chemischen Elemente in der präcenomanen Verwitterungskruste aus. Der festgestellte Uranverlust wirkt sich quantitativ am wirkungsvollsten für Ausgangsgesteine mit einer Uranspezialisierung wie z. B. im Falle des Markersbacher Granites aus. Beträgt nach den vorliegenden Daten der durchschnittliche Uranverlust pro Tonne verwitterten Gesteins im Granodiorit z. B. 1,3 g, liegt er im Granit mit 6,4 g fünfmal so hoch.

Die im einzelnen überprüften Verwitterungsprofile des Granites zeigen im Vergleich mit Thorium die selektive Auslaugung des Urans im geometrischen Bezug (Abb. 120). Die Konzentrationen beider Elemente verändern sich im Profil in Abhängigkeit ihres Abstandes von der Oberkante des Granites unter der Kreidediskordanz. Die niedrigsten Werte für Uran, bis ca. 1 g/t und weniger, verbunden mit den höchsten für Thorium bis 80 g/t und darüber, sind im allgemeinen für die Oberkante des Granites kennzeichnend. Nach der Tiefe nimmt das Uran allmählich zu und das Thorium etwas ab. Je nach örtlicher Mächtigkeit der Verwitterungszone stellt sich im Granit nach etwa 15-20 Metern der für beide Komponenten normale geochemische Untergrundspiegel wieder ein. Im Falle einer sekundären Wiederanreicherung von ausgelaugtem Uran an geringmächtigen Vertonungsstellen im Granit oder einer Aufprägung des 2. Erzhorizontes auf seine Oberkante ist das Verwitterungsprofil komplizierter und unregelmäßiger ausgebildet (Abb. 120, Bl. Nr. 2154/81, Bl. Nr. 2417A/81).

In den Bohrloch-Gamma-Meßprofilen hebt sich das Urandefizit in der Verwitterungskruste nicht hervor. Es wird durch den vorhandenen Thoriumüberschuß annähernd kompensiert. Die an Uran verarmte Zone wurde von den meisten Bohrungen des dichtgeknüpften Erkundungsnetzes nur an- aber nicht durchbohrt und durch die bergmännischen Auffahrungen ebenfalls nur stellenweise gänzlich aufgeschlossen. Aus diesem Grund wurde diese Zone nur punktuell lokal, nicht aber flächendeckend dokumentiert und ihr struktureller Bau nur unvollkommen erfaßt. Die Mächtigkeit der Zone hängt, wie eingangs schon vermerkt, von der Morphologie der präsedimentären Landoberfläche und der tektonischen Beanspruchung des Grundgebirgsstockwerkes ab. An den Flanken und axialen Teilen der ausgegliederten cenomanen Zuflußsenken und in Bereichen mit intensivierter Grundgebirgszerklüftung wurden gewöhnlich höhere, über den von der präsedimentären Abtragung stärker betroffenen Hochlagen des Grundgebirges hingegen meist geringere Intensitäten und Profilmächtigkeiten der Uranerauslaugung registriert.

Aus an unverwittertem Granit vorgenommenen mineralchemischen Bestimmungen geht hervor, daß dessen summarischer Urangehalt nicht, wie häufig angenommen, nur auf seine Akzessorien beschränkt ist, sondern sich auch



gestrichelte Linien kennzeichnen die Clarks beider Elemente für den Granit

Abb. 120: Verteilung von Uran und Thorium in präenoman verwitterten und unverwitterten Profilen des Granites von Markersbach

auf seine mineralischen Hauptkomponenten und dadurch verhältnismäßig gleichmäßig im Gestein verteilt. Eine untersuchte Großprobe Markersbacher Granites mit einem Gesamtgehalt an Uran von 8,1 g/t setzte sich nach Gewichtsanteilen zu 93 % aus Quarz und Feldspat, 5 % Biotit und 1,9 % unmagnetischen Schwermineralen zusammen. Die durchschnittlichen Urangehalte der 3 Fraktionen betragen entsprechend je 4,6, 19,5 und 100 g/t. Danach sind Feldspat und Quarz mit 5,1 g bzw. 62,9 %, der Biotit

mit 1,1 g bzw. 13,7 % und die Schwerminerale mit 1,9 g bzw. 23,3 % am summarischen Urangehalt des Granites beteiligt (Tab. 15). Diese Zahlen besagen, daß bei der chemischen Verwitterung ca. 77 % des granitischen Hintergrundurans bei der Zersetzung der Feldspäte und Glimmer leicht und frühzeitig der Auslaugung unterliegt. Nur ein geringer Rest verbleibt noch weiter in den beständigen Schwermineralen [31].

Tab. 15: Verteilung des Urans auf die Minerale im Markersbacher Granit, nach W. A. POLYKARPOVA 1971 [31]

Minerale	Größenklassen Siebdichte (mesh)	Anteil am Granit in Gewichts%	U-Gehalt (g/t) im Mineral	U-Gehalt (g/t) im Gestein	Anteil der Minerale am U-Gehalt des Granits
Feldspat und Quarz	> 60	20	4,0	0,80	62,9 %
	- 60	12	3,6	0,43	
	- 100	14	3,6	0,50	
	- 150	47	7,2	3,38	
Summe		93		5,11	
Biotit	> 60	0,3	16	0,05	13,8 %
	- 60	1,1	13	0,14	
	- 100	1,6	13	0,21	
	- 150	2,0	36	0,72	
Summe		5,0		1,12	
Schwerminerale unmagnetisch		1,89	100	1,89	23,3 %

Im Granit und Granodiorit gemeinsam vertreten und eng miteinander verbunden bei Werten ihres Konzentrationsverhältnisses von durchschnittlich 2,6-4,9 (Tab. 12 V), wird das Uran bei der Gesteinsverwitterung größtenteils vom Thorium getrennt. Beide Elemente gehen unter den veränderten Bedingungen der hypergenen Zone ihre eigenen unterschiedlichen Wege. Diese zeichnen sich in der Paläosenke nicht allein in der voredimentären kontinentalen Verwitterungskruste, sondern ebenso klar darüber, in der auflagernden cenomanen Schichtenfolge ab. Das unterschiedliche Verhalten von Uran und Thorium im sedimentären Milieu geht deutlich aus ihren Konzentrations- und Verteilungsverhältnissen in den untersuchten Profilen hervor.

Das Konzentrationsverhältnis (Th/U) ist im Vergleich zum unterlagernden und umrahmenden Granit in den Erzhorizonten der Lagerstätte zugunsten von Uran, im Erz-Nebengestein hingegen, wie in der liegenden Verwitterungszone, zugunsten von Thorium verschoben. Die Häufigkeits-Verteilungsdiagramme der Werte für das Th/U-Verhältnis weisen in den terrestrischen Ablagerungen der Zuflußsenken "Breite Heide", „Bahra-Kirchberg“ und „Langenhennersdorf“ auf diese Element-Differenzierung deutlich hin (Abb. 121-I). Die den Diagrammen zugrunde liegenden Durchschnittswerte des Verhältnisses (Th/U) ergeben für den Granit 4,9, für den 3. Erzhorizont 0,6-0,7 und für dessen Hangend- und Liegendsschichten 7,9-9,6 (Tab. 16). Die Werte drücken, auf den Granit be-

zogen, die Überernährung der Erzintervalle mit Uran in Verbindung mit einer entsprechenden Unterernährung der Hangend- und Liegendsschichten aus.

Der mit 9,6 angegebene Durchschnittswert von Th/U kennzeichnet die Stufe der rotbunten Basisschichten im Liegenden der Erzintervalle. Diese Ablagerungen stehen der beschriebenen Verwitterungskruste räumlich und in der Farbtonung am nächsten. In ihrem geochemischen Profil ist das Uran nicht durchgängig, der Regel entsprechend, mit jeweils niedrigeren Gehalten auf die sandigen und höheren auf die schluffig-tonigen Schichten, sondern auch umgekehrt verteilt. Während an solchen Profilabschnitten seine Hintergrundkonzentrationen im Sandstein 5-20 g/t erreichen, betragen sie in den zwischenlagernden rotbunten Peliten nur 2-10 g/t. Hier gehen sie mit hohen Werten für Thorium bis zu 80 und maximal 126 g/t einher. Das Th/U-Verhältnis nimmt demzufolge Werte von 10 bis 25 und in extremen Fällen bis 50 an (Abb. 121-II, Tab. 17). Wollte man diese Abnormität mit der Auslaugung von Uran aus dem schluffigen Sediment erklären, müßten davon die zwischenlagernden, vom Grundwasser durchflossenen Sandsteine noch intensiver betroffen worden sein. Das aber schließen die analytischen Befunde aus. Deshalb ist es richtiger anzunehmen, daß es sich bei diesen Schluffen um aus der granitischen Grundgebirgsumrahmung abgetragene und in die Paläosenke verfrachtete präcenenomane, durch Auslaugung an Uran verarmte thoriureiche Verwitterungskruste handelt.

Tab. 16: Mittelwerte für Uran, Thorium und das Th/U-Verhältnis in Profilabschnitten des terrestrischen Cenoman und im granitischen Grundgebirge

Bereiche	Stratigraphie	Proben (n)	U g/t	Th g/t	Th/U
Zuflußsenke "Breite Heide"	See-Sumpf-Serie: ctr ₃	136	11	56	7,9
	Erzintervalle im Liegenden: ctr _{3/2}	150	260	53	0,6
Zuflußsenke "Bahra-Kirchberg"	Rotbunten Basisschichten (ctr ₁)	118	9	54	9,6
	Erzintervalle im Hangenden (ctr ₂)	113	197	62	0,7
Grundgebirge	Granit von Markersbach: Paläosenke	486	10,1	51	4,9
	Granit von Markersbach: Südrand der Senke	99	13,1	40,1	2,6

Tab. 17: Werte der Th/U-Verhältnisse in Schluffsteinlagen der rotbunten Basisschichten (ctr₁)

Lfd. Nr.	Bl. Nr.	PrNr	g/t		Th/U	Lfd. Nr.	Bl. Nr.	PrNr	g/t		Th/U
			U	Th					U	Th	
1	2163/81	115	4,5	57	12,7	12		107	3,2	69	21,6
2		122	4,1	64	15,6	13		109	6,8	81	11,9
3	2420/80	84	5,7	62	10,9	14	2413/80	41	5,3	73	13,8
4		86	7,1	75	10,6	15		52	3,4	42	12,4
5	2152/70	64	4,6	71	15,4	16		54	4,4	47	10,7
6		72	4,3	47	10,9	17		2469/80	88	2,2	117
7	2455/80	75	5,0	112	22,4	18		90	4,2	88	21,0
8		77	6,3	98	15,6	19		1716	49	6,9	126
9	81	4,8	79	16,4	20	56	4,5		71	15,8	
10	83	3,3	83	25,2	21	60	5,5		69	12,5	
11	91	3,6	81	22,5	22	62	6,6		66	10,0	

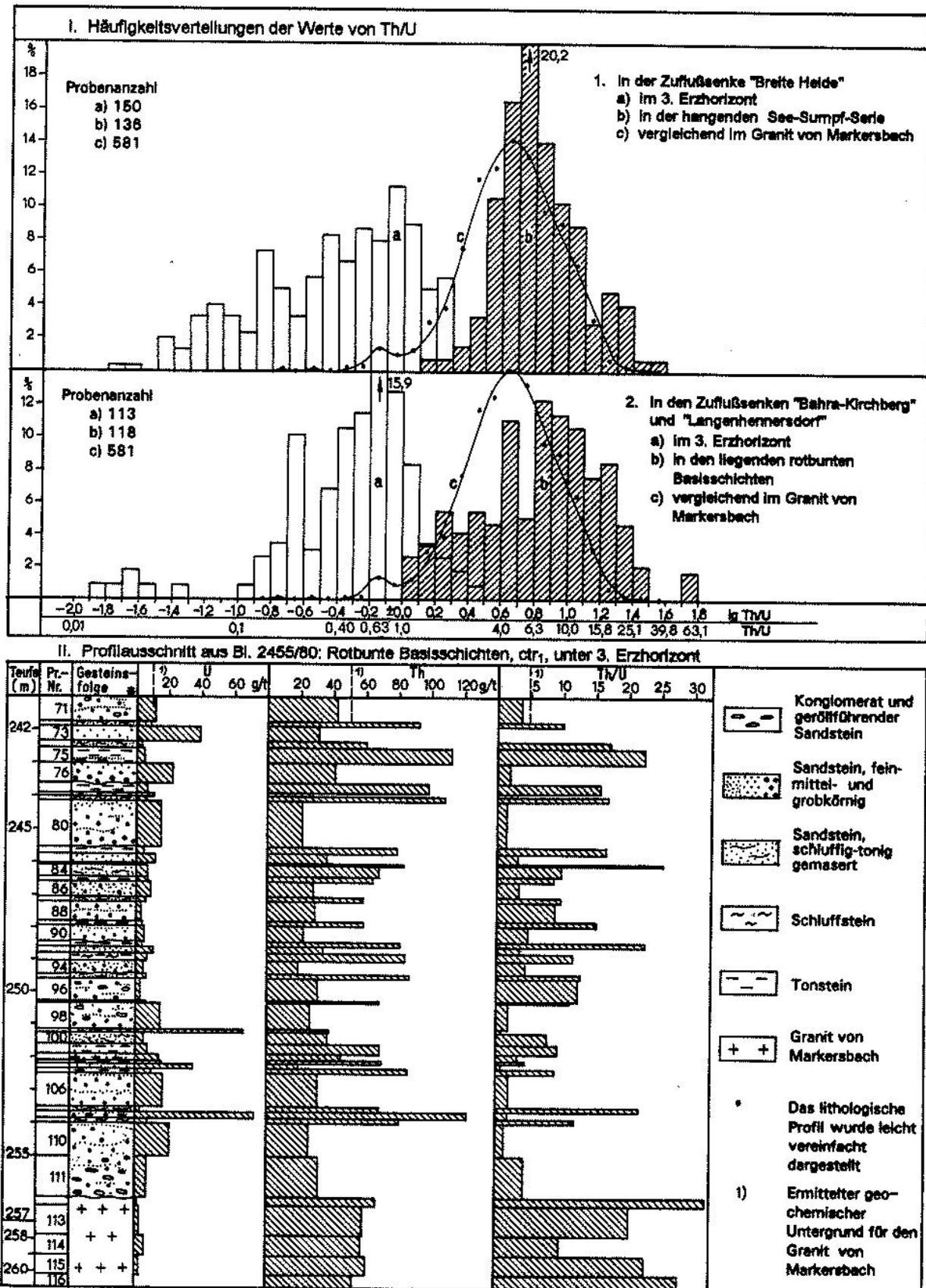


Abb. 121: Streubereich der Werte für das Konzentrationsverhältnis von Thorium und Uran im terrestrischen Cenoman, Umfeld der Lagerstätte Königstein

Das Verteilungsverhältnis von Uran und Thorium ist, ihren Konzentrationsverhältnissen entsprechend, ebenfalls charakteristisch ausgebildet. Die Bereiche der Maximalanreicherung von Uran und Thorium sind im Grundriß voneinander getrennt. So sind im Niveau des 3. Horizontes der Lagerstätte die Uranerzflächen zur weiter randlich gelegenen Zone der maximalen Thoriumführung beckenwärts verschoben. Die Schwerpunkte beider sich gegenseitig überlappender Bereiche befinden sich bis zu 2 Kilometer voneinander entfernt. Die Uranvererzung ist der sich beckenwärts abschwächenden Thorium-führenden Polymetallanomalie aufgeprägt. Dabei ist im Unterschied zum Thorium, das als Begleiter des U-1 Urans die gesamte terrestrische Schichtenfolge gleichmäßig und nur bis zum maximal Fünffachen seines normalen Hintergrundgehaltes angereichert durchsetzt, das U-2 Uran hochkonzentriert an einzelne Teilabschnitte des Profils gebunden. In den durch diese Vererzungen gelegten geochemischen Bohrloch-schnitten heben sich beide Arten der Elementverteilung voneinander ab. Auf der Grundlage der beckenwärts allmählich absinkenden Hintergrundkonzentration für Thorium und U-1 steigen die Werte für das infiltrative U-2 zunächst allmählich und danach sehr stark an. Dahinter fallen sie, noch in den Grenzen der ausgegliederten Basis-anomalie, jäh bis auf ihr Hintergrundniveau ab. Diese Entwicklung wurde nach den Daten von Tab. 18 in Abb. 122 zu veranschaulichen versucht. Die dazu für das U-2 angegebenen Werte bedeuten die Summe der Meterpro-

zente (U-2 x m) aller Intervalle des terrestrischen Profilabschnittes mit einem Konzentrationsverhältnis Th/U von <1 in den untersuchten Bohrungen. Sie dienen als ein Maß für die lokal veränderliche Vererzungsintensität. Die Schnitte belegen den infiltrativen, die polymetallische Basisanomalie überprägenden Charakter des Erzurans. Sie bestätigen darüberhinaus die cenomane Schichtenfolge in ihrer Funktion als wirksame geochemische Barriere für das ihr aus den Grundwasserleitern in Lösung zugeführte Uran. Sie sind als Musterbeispiel auch für weitere Tafelgebirgsabschnitte aus Zechstein, Buntsandstein und Tertiär anführbar, die sich in der Umrahmung des Erzgebirgsantiklinoriums und an entfernteren geologischen Strukturen als geochemische Migrationsbarrieren betätigen.

Der Unterschied in der Verteilung von Thorium und Uran, wie er in den obigen Vergleichen klar zum Ausdruck kommt, ist auf entsprechende Abweichungen in den chemischen Eigenschaften beider Elemente zurückzuführen. Unter magmatischen Bedingungen gemeinsam im vierwertigen Zustand vorliegend und daher in ihren Reaktionen einander analog, vermag es das Uran im Gegensatz zu Thorium, unter exogenen Bedingungen in den sechswertigen Ladungszustand überzugehen. Unter der Bildung komplexer Ionen, wie z. B. des Uranylkomplexes $[UO_2(CO_3)_3]^{4+}$, geht es im oxidierenden Milieu in Lösung und wandert mit den Untergrundwässern aus seinen Mutterge-

Tab. 18: Bohrprofile durch die geochemische Barriere des terrestrischen Cenoman, 3. Erzhorizont der Lagerstätte (siehe Abb. 122)

1. Profil: Längs Zuflußsenke "Bahra-Kirchberg", von Süd nach Nord								
Bohrl. Nr.	Probenzahl	Mächtigkeit des ctr (m)	g/t		Ø Th	Summarische Mächtigkeit der Intervalle mit U ₂ ** (m)	Σ Meterprozent der Intervalle mit U ₂	Bemerkungen
			Ø U ₁ *	Ø Th	Ø U ₁			
2469/80	73	27,92	17,6	47,1	2,7	2,15	0,047221	* Mittelwerte der Urangehalte aller Proben mit Konzentrationsverhältnissen Th/U ≥ 1,0, angenommen als Hintergrunduran. ** Intervalle mit Werten des Th/U-Verhältnisses < 1,0. Uran als erzbildendes Infiltrationselement ausgegliedert Σ Meterprozent (U ₂ %x Meter) kennzeichnet die Vererzungsintensität
2411/80	64	30,20	11,6	29,6	2,6	9,13	0,060889	
2152/80	81	32,20	9,3	30,5	3,3	8,10	0,096552	
2420/80	90	41,15	13,1	26,3	2,0	18,07	0,107300	
2110/79	64	40,10	13,1	27,5	2,1	21,22	0,796351	
2714	47	40,50	12,1	26,9	2,2	17,44	0,143892	
2431/80	66	36,30	9,1	28,4	3,1	6,07	0,037220	
2168/81	79	36,45	7,3	19,9	2,7	0,28	0,001198	
2424/80	60	40,47	3,8	16,1	4,2	0,0	0,0000	
329	31	27,35	2,1	12,8	6,1	0,0	0,0000	
392E	24	25,28	2,3	13,6	5,9	0,62	0,000471	
2. Profil: Längs Zuflußsenke "Schacht 387-Forsthausweg", von SE nach NW								
Bohrl. Nr.	Probenzahl	Mächtigkeit des ctr (m)	g/t		Ø Th	Summarische Mächtigkeit der Intervalle mit U ₂ ** (m)	Σ Meterprozent	
			Ø U ₁ *	Ø Th	Ø U ₁			
1716	50	22,25	13,2	43,3	3,3	2,10	0,028378	
1694	30	15,90	nb	nb	nb	15,90	0,955350	
2127/80	65	14,53	10,7	54,0	5,1	0,0	0,0000	

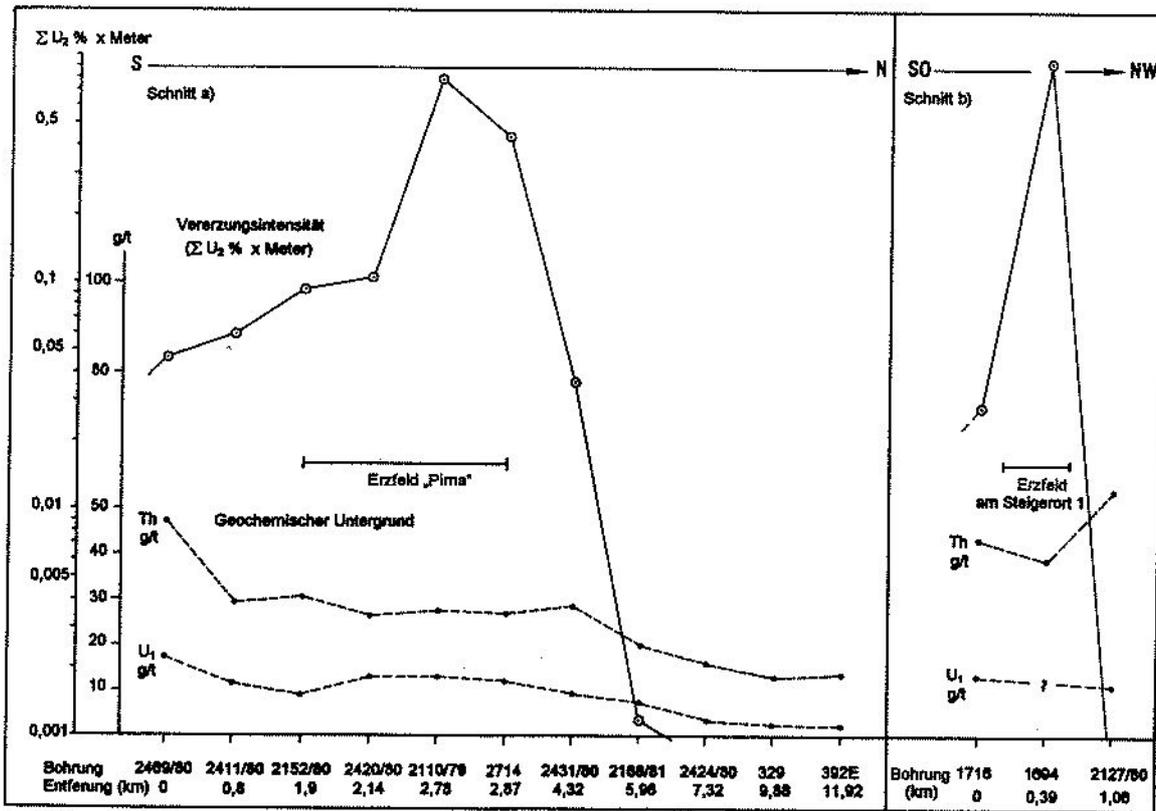


Abb. 122: Verteilungsverhältnis von Th und U im Schnitt durch den 3. Erzhorizont. Werte aus Tab. 18
 Schnitt a: Bohrungen im terrestrischen Cenoman entlang der Zuflusssenke „Bahra-Kirchberg“
 Schnitt b: Bohrungen entlang der Zuflusssenke „Schacht 387-Forsthausweg“

steinen aus. Darüberhinaus geht es auch wasserlösliche organische Komplexverbindungen ein. Das Uran wird unter solchen Bedingungen aus dem verwitternden Grundgebirge in das System der Grundwasserzirkulation und mit ihr in das angrenzende sedimentäre Schichtensystem überführt. An dessen reduzierenden und adsorbierenden Migrationsbarrieren wird es erneut in den vierwertigen und unlöslichen Zustand versetzt, aus der wässrigen Lösung ausgeschieden und auf den Barrieren angereichert. Dagegen überwindet das Thorium die ihm zur Erreichung des löslichen sechswertigen Zustandes höher gesetzte Hürde nicht. Es verbleibt im Unterschied zum abwandernden Uran im gemeinsamen Primärgestein und reichert sich in ihm noch etwas an.

In der Fachliteratur werden die Elemente des Periodischen Systems nach ihrem Migrationsverhalten im exogenen Stoffkreislauf in Elemente mit einer generell hohen, mäßigen und geringen, und in solche mit einer in Abhängigkeit von den physiko-chemischen Bedingungen veränderlichen Beweglichkeit unterteilt. In dieser Hinsicht zählen Natrium, Calcium und Magnesium zu den migrierfreudigsten, andere wie Aluminium, Titan und Zinn dagegen zu den trägsten Elementen im exogenen Geschehen. Buntmetalle wie Cu, Co, Ni, Pb und Zn ordnen sich je nach den vor-

herrschenden äußeren Bedingungen in die Gruppe der leicht- oder schwerbeweglichen Elemente ein. Wegen ihrer milieuhängigen Doppelleigenschaft pflegt man sie auch als "Kontrastelemente" zu bezeichnen [13].

Von den in die Untersuchungen einbezogenen Komponenten gehört das Thorium der Gruppe der unlöslichen und migrationsträgen Elemente, das Uran hingegen der Gruppe der "Kontrastelemente" an. Uran ist unter oxidierenden Bedingungen vergleichbar hochlöslich und beweglich wie Natrium, Calcium und Magnesium, unter reduzierenden hingegen entsprechend unlöslich und träge wie Aluminium, Titan, Thorium und Zinn.

Die im Profil des Lagerstättengebietes festgestellte Verteilung der genannten Elemente stimmt mit ihrem Verhalten unter exogenen Bedingungen überein. Während z. B. im Profilabschnitt der präcenomanen Verwitterungszone das Uran gemeinsam mit Na₂O, CaO und MgO zu den am intensivsten ausgelaugten chemischen Bestandteilen gehört, verbleibt das Thorium, wie aus den Abb. 100 und 120 ersichtlich, bei den schwererlöslichen Rückstandskomponenten SiO₂, Al₂O₃ und TiO₂. In der hangenden cenomanen Schichtenfolge drücken sich die Unlöslichkeit von Thorium und das Kontrastverhalten von Uran zum ei-

nen in der Existenz der thoriumhaltigen Basisanomalie und zum anderen in den ausgebildeten Uranerzlagern aus. Der komplette Verbleib von Thorium und der nur teilweise des Urans in ihrem Ausgangsgestein bei der chemischen Verwitterung bedingt die vollständige Verfrachtung des ersteren und partielle des letzteren im Schweb der Oberflächenwässer. Beide Elemente werden aus der Grundgebirgsumrahmung in die Paläosenke geschwemmt und bilden gemeinsam mit weiteren Metallen die syndesimentäre polymetallische Basisanomalie. Die im Schweb des Zuflußsystems mitgeführte Menge an Uran hängt von der jeweiligen Abtragungsgeschwindigkeit und dem Intensitätsverhältnis von chemischer und mechanischer Verwitterung ab. Sie stellt eine zeit- und klimaabhängige Größe dar. Der bis zu 2/3 seines Hintergrundgehaltes betragende auslaugbare Teil des Urans aus der Grundgebirgsumrahmung dient zur Anlage der beschriebenen Erzhorizonte.

Im Profil der Lagerstätte zeigt sich dieser Zusammenhang in der Gegensätzlichkeit der mikrochemischen Konzentrationsverhältnisse von unterlagernder präcenenar Verwitterungskruste und überlagernden Erzhorizonten an. Die Konzentrationsfaktoren der Elemente beider Objekte, je auf unverwittertes Ausgangs- bzw. unvererztes Nebengestein bezogen, verhalten sich zueinander umgekehrt proportional. Die aus der Verwitterungskruste am intensivsten ausgelaugten Elemente sind am höchsten und die

aus ihr nicht abgeführten Komponenten am geringsten in den Erzhorizonten angereichert. Jedoch zeichnet sich diese Beziehung nicht allgemeingültig ab. Bei dem analytisch am zuverlässigsten bestimmten Uran und Thorium sowie bei Molybdän ist sie eindeutig nachweisbar. Bei den übrigen, spektralanalytisch untersuchten Elementen Sn, Be, Cu, Ni, As und V ist sie dagegen nur angedeutet. Bei Pb und Zn ist sie überhaupt nicht festzustellen. So wurden nach den erhaltenen Analyseergebnissen Blei und Zink aus der granitischen und granodioritischen Verwitterungskruste nicht oder nur unbedeutend ausgelaugt und kommen in den Erzhorizonten dennoch im Mittel um das Zwei- bis Vierzehnfache angereichert vor. Es ist anzunehmen, daß solche Elemente noch von anderen Ausgangsquellen als dem hier unterstellten Granit abstammen. In diesem Zusammenhang wurde bereits weiter oben auf den Exo-Kontakt der Markersbacher Granites in der südwestlichen Umrahmung der Paläosenke hingewiesen. In und an der Lagerstätte bildet die Verwitterungskruste an der Diskordanz zwischen Grund- und Tafelgebirgstockwerk, in bezug auf Uran eine ausgeprägte Negativ-Anomalie. Diese und die Erzhorizonte verhalten sich zueinander wie die Spender und Empfänger des Urans. Verwitterungskruste und Erzlager bilden in diesem Sinne einander zugehörige geochemische Gegenpole in der Schichtenfolge. Der Zusammenhang wurde in Abb. 123 nach Werten von Tab. 12 dargestellt.

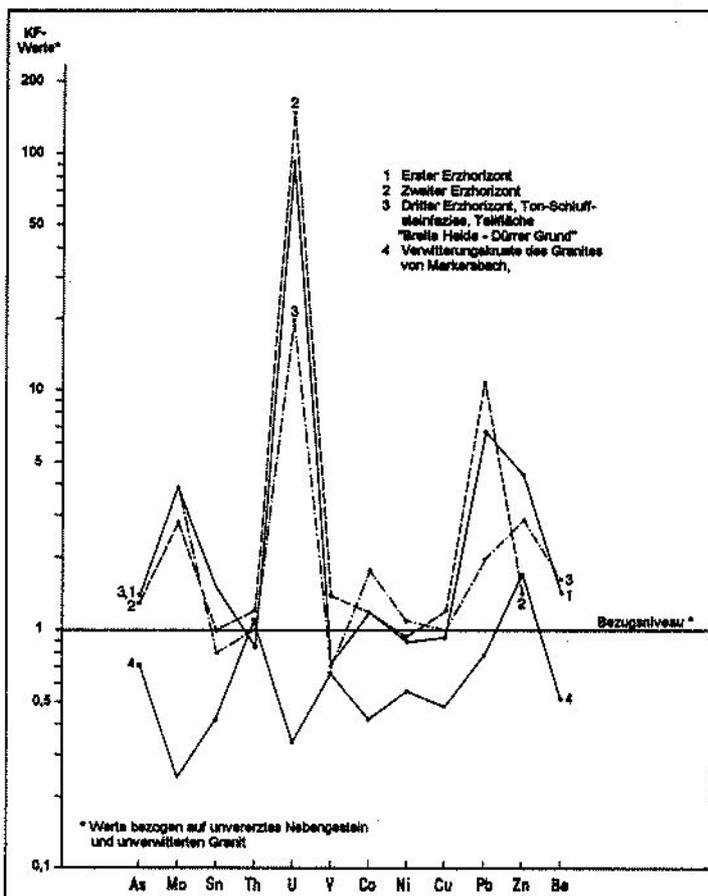


Abb. 123:
Konzentrationsfaktoren (KF) von Elementen in der Lagerstätte Königstein und im unterlagernden, verwitterten Grundgebirge. Werte nach Tab. 12.

Aus den vergleichend an Grund- und Deckgebirge durchgeführten Untersuchungen läßt sich zusammenfassend die Schlußfolgerung ziehen, daß die überprüften Elemente innerhalb des vererzten cenomanen Profilabschnittes in den für sie nach exogenen Bedingungen zu erwartenden Konzentrations- und Verteilungsverhältnissen vorliegen. Das Uran ist in das aus der Grundgebirgszerstörung hervorgegangene sedimentäre System der Um- und Neuverteilung der chemischen Elemente organisch einbezogen. Es ist in diesem System, seinem spezifischen Migrationsverhalten gemäß, und mit den übrigen Elementen übereinstimmend, hypergengerecht verteilt. Die Komponenten höchster Löslichkeit wie Natrium, Calcium und Magnesium wurden aus der Verwitterungskruste ausgetragen und abgeführt. Sie wurden in die sedimentären Neubildungen nicht nennenswert mit einbezogen. Die Elemente minimaler Beweglichkeit wie Aluminium, Silizium, Titan und Thorium sind dagegen in beiden Profilabschnitten verblieben. Das Kontrastelement Uran unterlag der Auslaugung und Abfuhr im grundgebirgischen und seiner Wiederabscheidung und Anreicherung im deckgebirgischen Profilabschnitt.

Im Ergebnis der geochemischen Untersuchungen des Kapitels erweisen sich somit die Erzkörper der Lagerstätte ihrem Nebengestein zwar als infiltrativ aufgeprägt. Aus einer hypotetischen Quelle herzuleitende Fremdkörper sind sie danach aber nicht. Gemeinsam mit den sie umgebenden Ablagerungen aus denselben Primärgesteinen im Ergebnis deren mechanischer und chemischer Zersetzung hervorgegangen, bilden sie im Ergebnis einer totalen stofflichen Umverteilung einen integrierenden Bestandteil der neugebildeten Schichtenfolge.

6 Die übrigen Uranvorkommen in der Elbtalkreide

Die unbedeutenden Uranvorkommen aus den übrigen Paläosenken befinden sich in einer zur charakterisierten Lagerstätte analogen geologischen Position. Sie sind, wie diese, an die cenomane Stufe der Kreide gebunden und dicht über der Diskordanz zum Grundgebirge ausgebildet. In der Abb. 1 gekennzeichnet, handelt es sich um folgende Kleinvorkommen:

1. Das Vorkommen von Niederau bei Meißen (b)
2. Das Vorkommen von Leuteritz bei Dresden (c)
3. Das Vorkommen von Hausdorf bei Schlottwitz (f)
4. Das Vorkommen von Rosenthal (j)
5. Das Vorkommen von Hinterhermsdorf in der hinteren Sächsischen Schweiz (k)

Das Vorkommen Niederau besteht aus über eine 5,5 km² große Fläche verstreuten Uran-Einzelanomalien im nord-westlichen Teil der Dresdener Paläosenke. Die Anomalien

wurden durch 28 Bohrungen im Umfang von insgesamt 1668 Bohrmeter in einem Aufschlußnetz von 1600 x 800 bis 800 x 400 Metern erkundet. Im Ergebnis der Überprüfung wurden 3 Teilflächen mit maximalen Radioaktivitäten in der uranföhrnden Schichtenfolge von je 125-310 µR/h nach den Bohrlochmessungen ausgegliedert. Die Anomalien liegen 30-100 Meter unter der Oberfläche. Sie verlaufen in Dach und Sohle des Unterquader-Sandsteins, der in diesem Bereich der Senke dem Meißener Syenit auflagert. Im Dach des Sandsteins sind die Anomalien an graufarbige glaukonitische, teils pyritartige Schluffe gebunden, die zum Hangenden in den Labiatuspläner übergehen. In der Sandstein-Sohle wurden sie in nur schwacher Ausprägung in der präcenomanen syenitischen Verwitterungsdecke festgestellt. Auf je eine Teilfläche bei Meißen (ca. 0,75 km² mit den Bohrungen Nr. 239, Nr. 537 und Nr. 282), Niederau (Bohrungen Nr. 547, Nr. 237 und Nr. 542) und Coswig (Bohrungen Nr. 235 und Nr. 7H) beschränkt, übersteigen die Urangelhalte und Mächtigkeiten der anomalen Intervalle bei Meißen nicht 0,016 % und einen Meter und bei Niederau und Coswig nicht 0,027 % und 0,65 Meter [47].

Das Vorkommen Leuteritz befindet sich weiter im Südosten in derselben Senke nahe ihrer westlichen Grundgebirgsumrahmung. Es nimmt in einer Tiefenlage von 20-80 Metern eine etwa 250 000 m² große Fläche nahe des zutage austreichenden Kreidefundamentes ein. Das Vorkommen wurde durch die Bohrungen Nr. 262, Nr. 248, Nr. 249 und Nr. 275 aufgeschlossen und im Netz von 400 x 100 bis 400 x 50 Meter erkundet (Abb. 124-125). Die Urananreicherungen sind an eine 4-6 m mächtige sandig-tonige Wechsellagerung terrestrischer Credneriensichten gebunden, welche, wie auch der Unterquader von Niederau, Meißener Syenit überdeckt. Das Uran ist im Profil der Schichtenfolge auf organischen Kohlenstoff enthaltende Schluff- und Tonsteinlagen verteilt, welche, aufeinanderfolgend, wasserdurchlässige Sandsteinbänke voneinander trennen. Die Urangelhalte betragen in den Schluff- und Tonsteinschichten 50 bis 400 und in den Sandsteinschichten 10 bis 70 g/t. In zwei, je 0,7 und 1,3 Meter mächtigen Teilintervallen der Stufe erreicht der durchschnittliche Urangelhalt 0,028 bzw. 0,01 %. In der beidseitigen Fortsetzung des Fazieskomplexes nach Nordosten und Westen erschlossen die Bohrungen Nr. 626 und Nr. 267 nach ihren Gamma-Meßwerten je ein 1,3 und 0,9 m mächtiges Intervall mit einem Urangelhalt von 0,021 bzw. 0,011 % [47].

Das Vorkommen Hausdorf wurde in der Tharandter Paläosenke nachgewiesen. Es ist an einen Erosionsrest der Kreidetafel gebunden, der längs der Karsdorfer Störung zwischen Rabenau im Nordwesten und Schlottwitz im Südosten der osterzgebirgischen Gneisformation und ihren Porphyrgängen auflagert. Es wurde durch Schürfe und Flachbohrungen im Netz von 400 x 200 bis 200 x 100 m

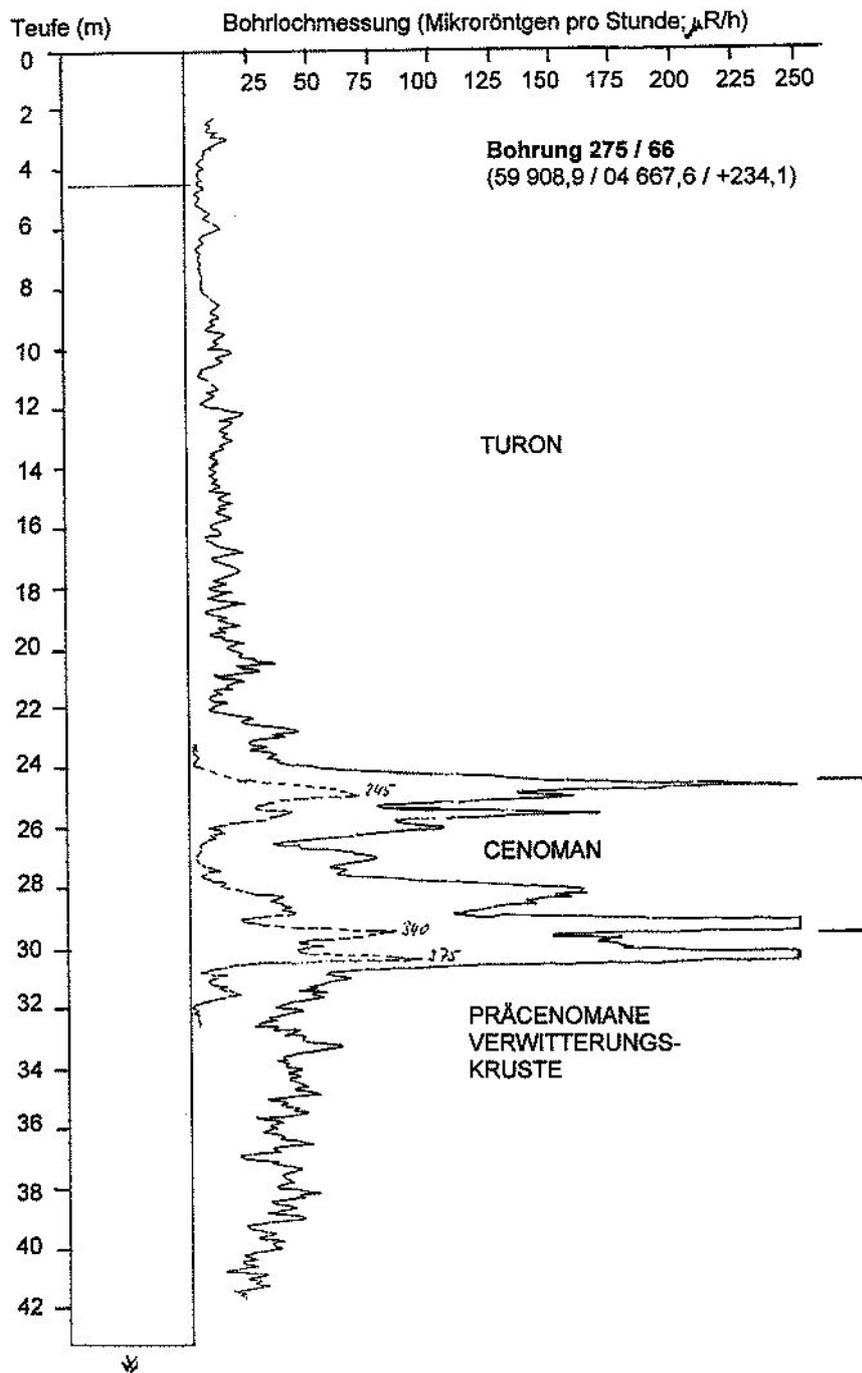


Abb. 124: Uran-Vorkommen Leuteritz, Gammamessung in Bohrung 275/66

untersucht (Bl. Nr. 972/62, 1346/62, 1347/62, 1357/62, 1360/62, 1361/62, 1362/62). Innerhalb der nach den Werten der Bohrlochmessungen konstruierten Isolinie 100 $\mu\text{R/h}$ nimmt das Vorkommen in 3-30 Metern Tiefe eine 220 000 m² große Fläche ein. In ihrem Zentrum erreicht der maximale Meßwert 475 $\mu\text{R/h}$. Das Uran ist mit Gehalten von 0,012-0,035 % auf 0,15-0,20 m starke Lagen kohlenstoffhaltiger Schluffe und Tone konzentriert [38,

47]. Die uranhaltigen Pelite unterteilen die oxidierten limonitfleckigen Sandsteinschüttungen einer bis 30 m mächtigen Folge von Crednerienschiefern. In vereinzelt Bohrungen wurden auch außerhalb dieser Teilfläche an anderen Stellen der Erosionsrestscholle, so östlich von Seifersdorf und bei Hermsdorf, Anomalien von maximal 100-300 $\mu\text{R/h}$ (Bl. Nr. 1327, Nr. 1328, Nr. 1371, Nr. 1376) angetroffen.

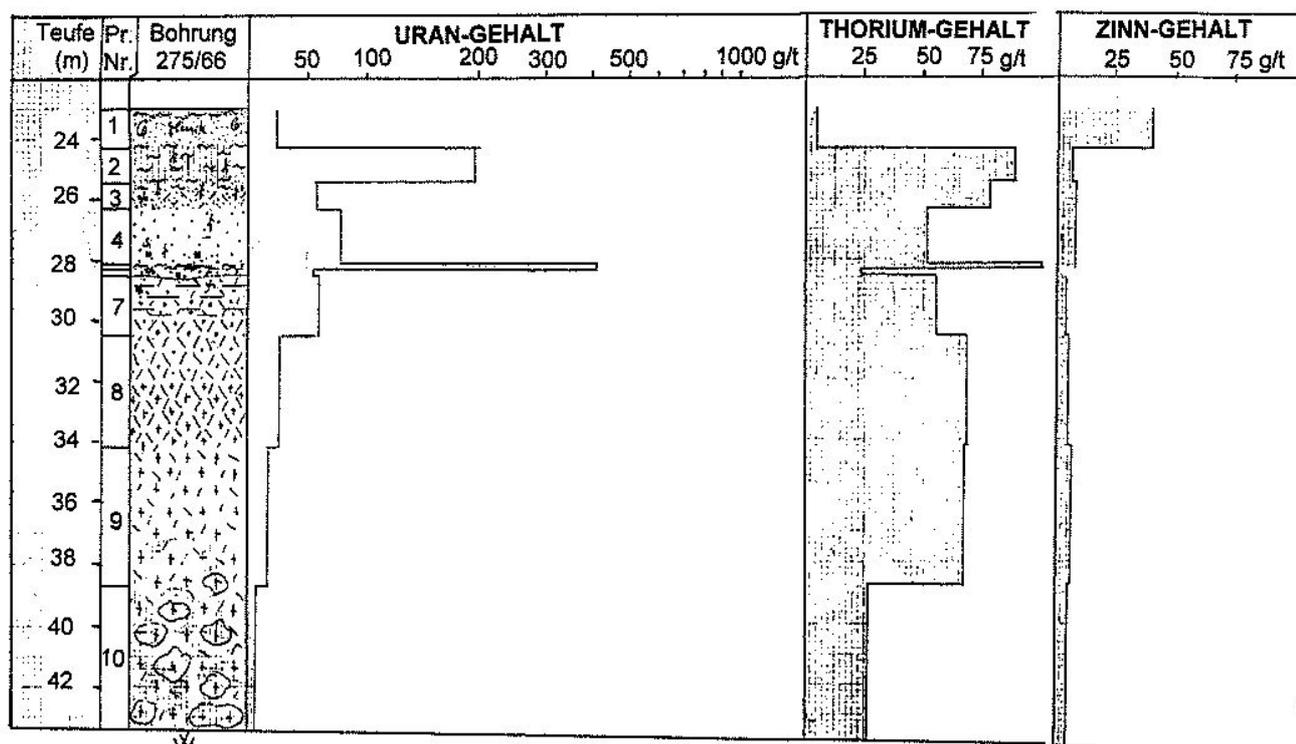


Abb. 125: Geochemisches Profil durch das Vorkommen Leuteritz, Bohrung 275/66

Das Vorkommen Rosenthal befindet sich, durch die Bahra-Königsteiner Querschwelle von der nördlich gelegenen Pirnaer Senke abgetrennt, an der Otto-Mühle in der Rosenthaler Depression. Hier nimmt es einen kleinen Teilabschnitt der wie in der Pirnaer auch in dieser Senke weit verbreiteten und mit reichlich organischer Substanz durchsetzten Crednerienschiefer ein. Das Vorkommen entspricht stratigraphisch, lithofaziell und hydrogeologisch dem 3. Erzhorizont der Lagerstätte Königstein. Die Uranführung ist im Liegenden des marin-cenomanen und turonischen Deckgebirges einer Schichtenfolge aufgeprägt, die verwittertes und z. T. kontaktmetamorphes Elbtalschiefergebirge überlagert. Die Schichtenfolge ist bis 20 m mächtig, und, wie auch in der benachbarten Lagerstätte, aufeinanderfolgend aus geröllführenden, teils rotbunten Basisschichten sowie inkohltes Pflanzenhäcksel führenden Flußauen- und brandschieferhaltigen See-Sumpf-Ablagerungen aufgebaut. Das Uran ist im Schichtenprofil bevorzugt im Dach der durchlässigen Basisschichten lokalisiert. Hier ist es diskontinuierlich über einen 8 m mächtigen Profilabschnitt der Flußauenschichten verteilt und jeweils an die kohlig-tonig-schluffigen Zwischenlagen fluviatiler Sandsteinkomplexe gebunden. Die Zwischenlagen bilden in unregelmäßigen Abständen aufeinanderfolgende, kleine absetzige, zentimeterstarke Erzintervalle mit Urangelhalten von 0,25 bis 0,38 %. Im zentralen Teil des Vorkommens verdichten sich diese Intervalle in ihrer Aufeinanderfolge und beziehen auch die Sandsteinzwischen-

lagen mit in sich ein. Sie formieren eine 73 600 m² umfassende und 0,57 m mächtige Erzlinse mit einem durchschnittlichen Urangelhalt von 0,15 %. Das Lager hat einen mit 220 Tonnen berechneten Uranvorrat und befindet sich in einer Tiefenlage von 120-180 Metern (Bl. Nr. 1001, Nr. 1034, Nr. 1032/61) [38, 47]. Das Vorkommen erstreckt sich in einer von der Querschwelle im Norden ausgehenden und weiter nach Süden streichenden Zuflußsenke. An deren westlicher Flanke lagert es unmittelbar über dem Grundgebirge, in das die Uranführung sich stellenweise hineinzuziehen scheint. Hier niedergebrachte Bohrungen (Bl. Nr. 195, Nr. 153, Nr. 601/73, Nr. 609/73) erschlossen außer in cenomanen Ablagerungen eine im Fundament an kontaktmetamorphes Schiefergebirge gebundene Uranvererzung in und unter der präcenomanen Verwitterungskruste [8].

Etwa 5 km östlich des Vorkommens Rosenthal verläuft, an einen zweiten der Königsteiner Querschwelle entspringenden Zuflußarm der Senke gebunden, die sog. "Fuchsbach-Anomalie". Die Anomalie liegt 120-180 m tief. Über eine Fläche von ca. 145 000 m² verstreut enthalten die in dieser flachen Niederung abgelagerten Crednerienschiefer einzelne, bis 0,45 m mächtige, absetzige und niveauunbeständige Intervalle mit Urangelhalten von 0,015-0,02 %. Ein Bohrloch-Meßwert von 880 µR/h mit einem nach der Meßkurve berechnetem Urangelhalt von 0,086 % in 0,35 m Mächtigkeit kennzeichnet den Zentralpunkt der Anomalie

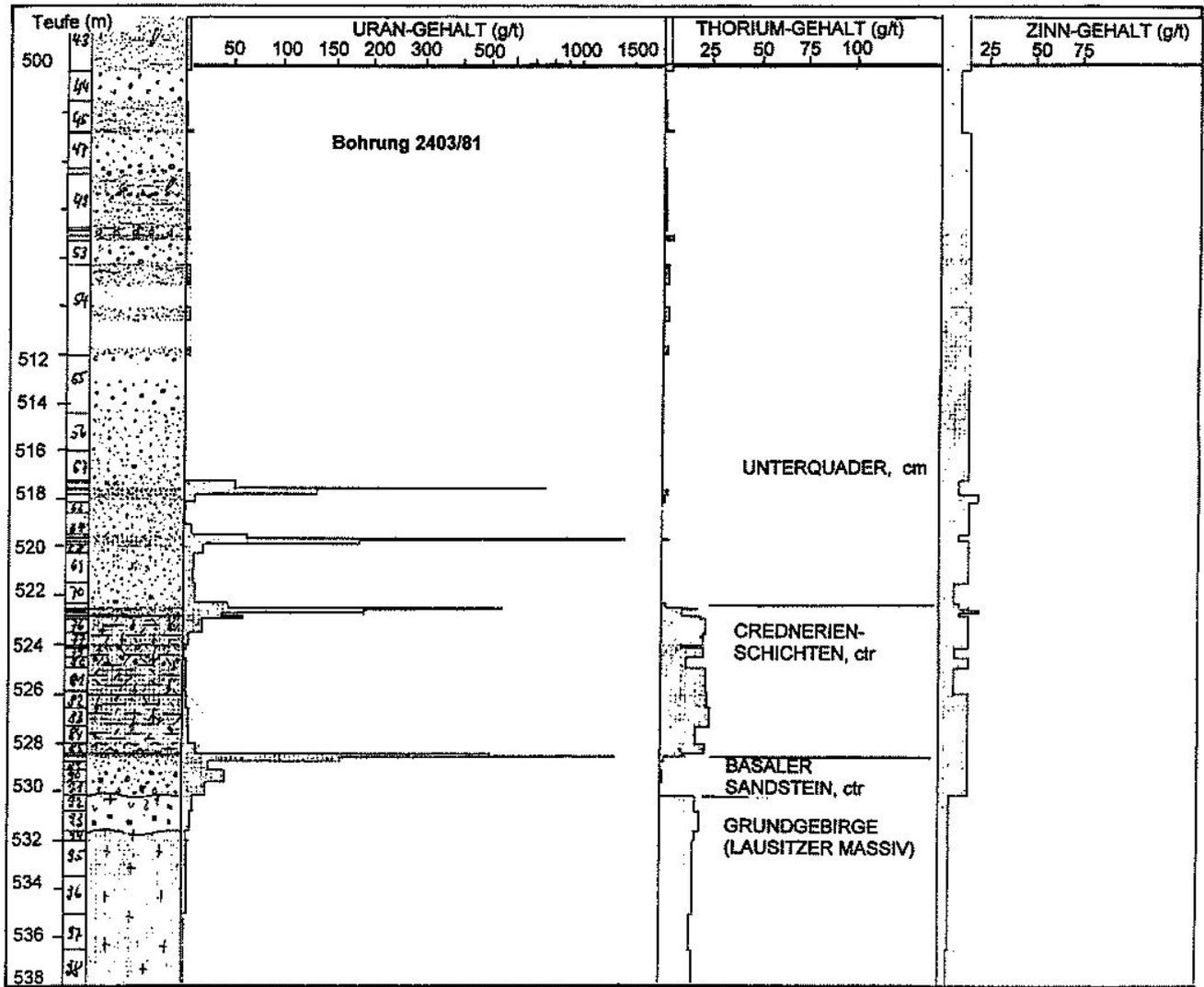


Abb. 126: Geochemisches Profil durch das Uranvorkommen Hinterhermsdorf, Bohrung 2403/81

(Bl. Nr. 1187). Nördlich der Bohrung keilen die Credneriensichten an der granitischen Querschwellen unter überlagerndem cenomanen Unterquader aus. Von da an sind die Strahlungsanomalien, die in Bohrungen bis zu maximal 290 µR/h festgestellt wurden (Bl. Nr. 1608), an die präcenomane Verwitterungskruste gebunden.

Das Vorkommen Hinterhermsdorf befindet sich in der gleichnamigen Paläosenke, in der Zone der Lausitzer Grundgebirgsüberschiebung. Es ist am Grund der Kreidetafel in 380-530 m Tiefe einer Schichtenfolge terrestrischen Cenomanes aufgeprägt, die in einer flachen nordost-

streichenden Depression Lausitzer Granodiorit und Rumburger Granit überlagert. Das lithologische Profil der Kreide besteht an der Überschiebung über dem Grundgebirge aus folgenden übereinander liegenden Ablagerungen

- | | |
|---|----------|
| 1. Credneriensichten - Basaler Sandstein | bis 18 m |
| 2. Credneriensichten - Sandiger Schluff- und Tonstein mit inkohler organischer Substanz | 7-12 m |
| 3. Unterquader-Sandstein | 60 m |
| 4. Labiatuspläner | 40 m |
| 5. Turonsandstein | 150 m |

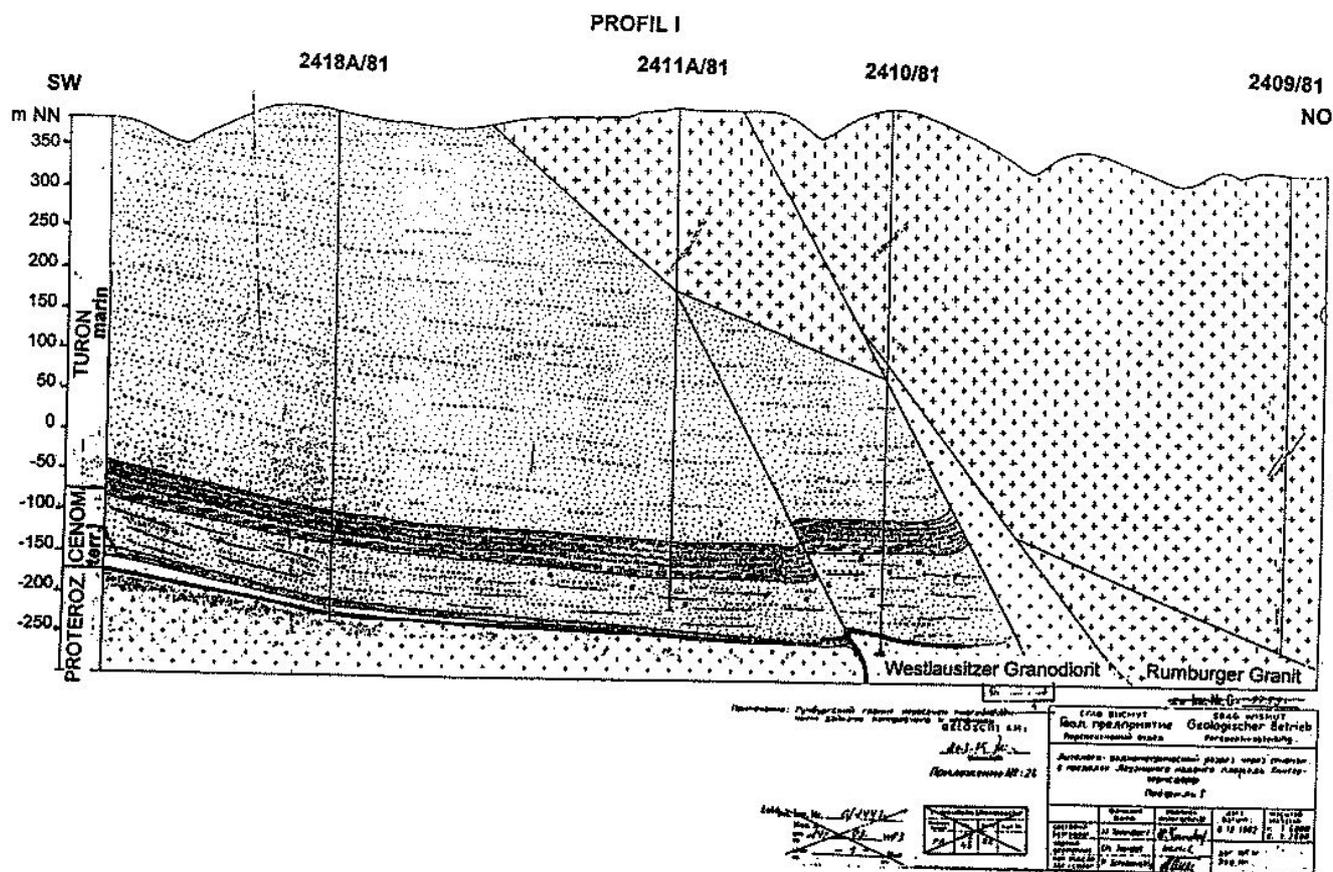


Abb. 127: Geologischer Schnitt durch das Uranvorkommen Hinterhermsdorf im Bereich der Lausitzer Überschiebung. Die Uranführung ist an das basale schluffige, terrestrische Cenoman gebunden. Unten in Bohrung 2410/81 = Basalt. Originalzeichnung mit den Geheimhaltungsstempeln.

Darüber folgt bis 300 m mächtiges aufgeschobenes kristallines Grundgebirge (Abb. 127).

Das Uranvorkommen wurde durch 11 Bohrungen aufgeschlossen. Es nimmt als radioaktive Anomalie eine 8,8 km² große Fläche ein (Bl. Nr. 452/68, Nr. 448/67, Nr. 442/67, Nr. 441/68, Nr. 2420/81, Nr. 2408/81, Nr. 2407/81, Nr. 2406/81, Nr. 2413/81, Nr. 2418A/81, Nr. 2403/81). Die in den Bohrkernen festgestellten Urananreicherungen sind auf vier jeweils zentimeter bis dezimeterstarke Teilabschnitte der cenomanen Schichtenfolge verteilt. Diese Stellen bilden die markantesten Grenzlagen der Wasserdurchlässigkeit in der Wechsellagerung. Das aushaltendste und verbreitetste Anreicherungsintervall ist an die Oberkante der sandigen Schluff- und Tonsteine (Crednerienschiefer) gebunden. Es bildet den Kontakt zum hangenden Unterquader-Sandstein. Das zweite Intervall verläuft in der Unterkante der Schluff- und Tonsteine in der Zone ihres Überganges in die liegenden Basissandsteine (Bl. Nr. 2403/81, Nr. 2406/81, Nr. 2408/81). Die beiden übrigen Intervalle wurden, in Verbindung mit den ersteren, in zwei aufeinanderfolgenden zentimeterstarken

kohlenstoffreichen Zwischenlagen im Unterquader festgestellt. Hier befinden sie sich im Abstand von etwa zwei Metern über den terrestrischen Schluffen und Tonen. Sie sind aber nur lokal entwickelt (Bl. Nr. 2403/81, Abb. 126).

Die Urangelhalte betragen in diesen vier genannten Profilstellen nach den Ergebnissen von Bohrkernanalysen 450-760 g/t und in einem extremen Fall 1,4 %. Mit wachsendem Abstand von ihren jeweiligen Sandsteinkontakten im Hangenden und Liegenden nehmen die Gehalte im Profil der sandigen Schluffe und Tone beiderseits nach unten und nach oben zügig ab. Etwa 50 cm von diesen Kontakten entfernt gehen sie in ihre normalen Hintergrundwerte von ca. 5 g/t über. Die Schichtenfolge fällt in Richtung der Überschiebung ein. Sie erreicht in der Überschiebung ihre maximale Absenkung und die Urananreicherung ihre maximalen Werte. In der Kreuzung von Paläosenke und Lausitzer Überschiebung nehmen auf einer ca. 2,3 km² großen Fläche die genannten Anreicherungsintervalle in den Bohrloch-Gamma-Meßkurven (Bl. Nr. 448/67, Nr. 2403/81, Nr. 2418A/81) maximale Strahlungsintensitäten von 530-750 µR/h an.

Im Fundament der Kreide wurden im Umfeld des Vorkommens keine an Uran spezialisierten Gesteinseinheiten nachgewiesen. Dagegen wurde eine Uranvererzung in dem auf die Kreide aufgeschobenen Teil des Lausitzer Blockes aufgeschlossen (Bl. Nr. 2409/81, Nr. 2410/81, Nr. 2411/81). Im ungekehrten Profilabschnitt der Bohrung Nr. 2410/81 zeigte die Gamma-Meßkurve zwischen 160 und 163 m Tiefe in dem auf die Kreide überschobenen Grundgebirge ein 3 m mächtiges und scharf begrenztes Intervall mit einem errechneten Urangehalt von 0,027-0,038 %. Nach den niedrigen Meßwerten für den Kaliumgehalt des Intervalles in der durchgeführten Gamma-Spektrometrie zu schließen, könnte es sich bei diesem Intervall um einen Lamprophy- oder vielleicht einen Basaltgang handeln. In der Bohrung Nr. 2411/81 wurde mit einem Gehalt von 0,015 % ein 0,28 m mächtiger Quarzporphyr-Gang in 190 m Tiefe im Abstand von 38 Metern über der unterlagernden Kreide als uranführend nachgewiesen. Die Bohrung Nr. 2409/81 erschloß östlich der Überschiebungszone in 343 m Tiefe ein dünnes, mit Pechblende mineralisiertes Trum innerhalb eines Lamprophyrganges im Rumburgker Granit.

Diese Anomalien wurden nicht weiter verfolgt und untersucht und ihr Charakter und ihre Beziehungen zur Kreidevererzung somit nicht aufgeklärt [48].

Die uranführenden Kreideablagerungen von Hinterhermsdorf werden in ihrer streichenden Fortsetzung nach Nordwesten durch die Lausitzer Überschiebung abgeschnitten. Nach Südosten erstrecken sie sich weiter über die tschechische Landesgrenze. Wahrscheinlich stehen sie mit dem auf tschechischer Seite nur 5 km entfernten Uranvorkommen von Jetricovice (Dittersbach) im Zusammenhang. Sie bilden vermutlich das Bindeglied zwischen dem sächsischen und nordostböhmischem Zweig der an die Kreideformation gebundenen Uranprovinz in der Elbe-Egertalzone.

7 Zur Geschichte der Entdeckung, Erforschung und genetischen Zuordnung der Lagerstätte

7.1 Prognose, Suche und Auffindung

Die Lagerstätte Königstein wurde im Ergebnis einer zweijährigen, systematischen Suche mit übertägigen Bohrungen im Jahr 1963 angetroffen. Zu dieser Zeit war die an den terrestrisch beeinflussten Zechstein in Ostthüringen gebundene Uranlagerstätte Culmitzsch schon weitgehend abgebaut. Eine Ausdehnung der Erkundung auf die gesamte Zone des thüringisch-nordwestsächsischen Zechsteinrandes von 1959-1962 hatte eine neue abbauwürdige Lagerstätte nicht erbracht. Um trotzdem zum Ersatz für die abgebaute Lagerstätte neue Erzvorräte des Culmitz-

scher Typs zu erschließen, war man dazu übergegangen, nun auch andere Tafelgebirgsabschnitte im sächsischen und thüringischen Raum in die Prognose einzubeziehen. Eine vergleichende Bewertung von Tafelgebirgsablagerungen in der Umrahmung des Erzgebirgs-Antiklinoriums mit Hilfe der geologischen Meßtischblätter (Maßstab 1 : 25 000) und ihrer Erläuterungen hatte ein urangeologisches Interesse erstmals auch auf die Credneriensichten der sächsischen Kreideformation gelenkt. Wurde doch, wie der produktive Zechstein, auch diese jüngere terrigene Formation nach einer großen Schichtlücke über altem verfalteten und kristallinem Grundgebirge abgelagert. Außerdem enthält sie, wie den Erläuterungen der geologischen Meßtischblätter zu entnehmen gewesen, den terrestrischen Basisschichten des Zechsteins entsprechend, ebenfalls reichlich organische Substanz. Auf ihre Uranhöflichkeit war daher schon am Ende der fünfziger Jahre durch WILZAN ausdrücklich hingewiesen worden. Die Empfehlung, sie nun gezielt zu überprüfen, wurde außerdem mit der Existenz von Uranvorkommen begründet, die in derselben Region in Steinkohlen des Döhlener Beckens bereits 1947 entdeckt worden waren.

Im Jahre 1960 gliederte die "Sächsische Geologische Erkundungsgruppe" (SGEG) der SDAG Wismut, mit Sitz in Schlema, auf sächsischem Territorium günstige geologische Strukturen für künftige Such- und Erkundungsarbeiten aus. Dabei wurde nun auch planmäßig die Kreideformation revisionsthematisch überprüft. Zunächst wurden alle vorhandenen, in Archiven aufbewahrten und in den fünfziger Jahren zur hydrogeologischen und allgemeinen geologischen Erkundung der Kreide gewonnenen Bohrkernradiometrisch kontrolliert. Dabei wurde durch F. DECKERT im Kernarchiv Freiberg (Schloß Freudenstein) in der dort eingelagerten Bohrung "Rosenthal 1/58" in den Credneriensichten ein 5 cm mächtiges Sandsteinintervall festgestellt, das, von kohligem Schluffen durchsetzt, eine anomal hohe Radioaktivität aufwies. Die chemische Analyse des kohligen Sandsteins ergab einen Urangehalt von 0,3 %. Die Bohrung diente der Untersuchung einer durch Geologen der Bergakademie Freiberg nachgewiesenen Anomalie des magnetischen Feldes. Sie war 1958 bei Rosenthal an der Otto-Mühle am Westhang der Biela niedergebracht worden.

Der Uranfund kam überraschend und erregte in Fachkreisen des Betriebes großes Interesse. Er schien die für die Kreideformation gestellte günstige Prognose zu bestätigen. Noch im 1. Halbjahr 1961 sollte daher mit systematischen Bohrungen begonnen werden. Die SGEG war beauftragt worden, ein erstes "Projekt zur Auffindung von Urankonzentrationen des Culmitzsch Typs in den Credneriensichten der sächsischen Kreide" zu erarbeiten [45]. Im April 1961 wurden die Sucharbeiten mit der Überprüfung der Urananomalie an der Otto-Mühle eröffnet, hier ein erstes Profil durch die Kreidestufe abgebohrt und die Vererzung in einem Bohrnetz von 100 x 100 Meter erkundet.

Nachdem sich wegen seiner räumlichen Begrenztheit die Unwirtschaftlichkeit dieses Vorkommens schon bald herausgestellt hatte, wurden die Bohrungen im 2. Halbjahr planmäßig weiter nach Norden in den Raum von Groß-Cotta, Pirna, Langenhennersdorf und Leopoldshain verlagert. Den bisherigen geologischen Kartierungen zufolge erstreckte sich dort, ähnlich wie im ostthüringischen Uranführenden Zechsteingebiet eine dreiseitig von älterem Grundgebirge umrahmte, aber anstelle von terrestrischen oberpermischen mit terrestrischen Crednerienschiechten ausgefüllte Senke. Hier wurden zunächst drei quer zum Streichen der Kreidetafel südwest-nordostverlaufende Bohrprofile im gegenseitigen Abstand von 3 km (die Suchprofile Nr. 2, 3 und 5) und mit Bohrlochabständen von 1 km durch die Kreideformation bis in das unterlagernde Grundgebirge gelegt (Abb. 128). Dazu wurde in Tiefen von 30 bis 337 Metern gebohrt.

Bereits mit dem 1. Bohrprofil (Profil Nr. 2) wurde in den Crednerienschiechten eine weitere Vererzung angetroffen. Sie wurde in zwei aufeinanderfolgenden Bohrungen festgestellt (Bl 1057, 1058) und mußte daher aushaltender als die von Rosenthal an der Otto-Mühle sein. Die Vererzung war in einer auffallend mächtigen Crednerienstufe an

dunkelgraue Schluff- und Tonsteinzwischenlagen von Sandsteinbänken gebunden. Die Zwischenlagen enthielten reichlich inkohltes Pflanzenhäcksel und führten das Uran hauptsächlich dispers verteilt. Es wurde als syngenetisch angereichert und aus den umgebenden Grundgebirgshochlagen mit dem Verwitterungsschutt zugeführt angenommen. Auf Klüftungsflächen von Erzproben festgestellter Uranschwärze-Belag wurde mit jüngeren Umverteilungen des Urans in der Schichtenfolge erklärt [22]. Mit dem Fortschritt der Bohrungen begann sich die Kontur der nun als „Pirnaer Paläosenke“ bezeichneten Struktur allmählich deutlicher abzuzeichnen [54] und ein Zusammenhang zwischen Paläogeographie und Uranführung in der Crednerienstufe hervorzuheben (Abb. 104). Unter Berücksichtigung dieser Beziehung wurde nun die cenomane Elbtalkreide insgesamt paläostrukturell unterteilt und zur weiteren Ausdehnung der Suche nach der Rosenthaler und Pirnaer die Dresdener, Tharandter und Hinterhermsdorfer Senke ausgegliedert. Bei Niederschöna, Tharandt und Schlottwitz wurden über Erosionsresten der Kreide, die dem erzgebirgischen Grundgebirge auflagern, Gamma- und Emanationsmessungen im Maßstab 1 : 10 000 durchgeführt. Dabei wurden in den Crednerienschiechten schwache Anomalien festgestellt.

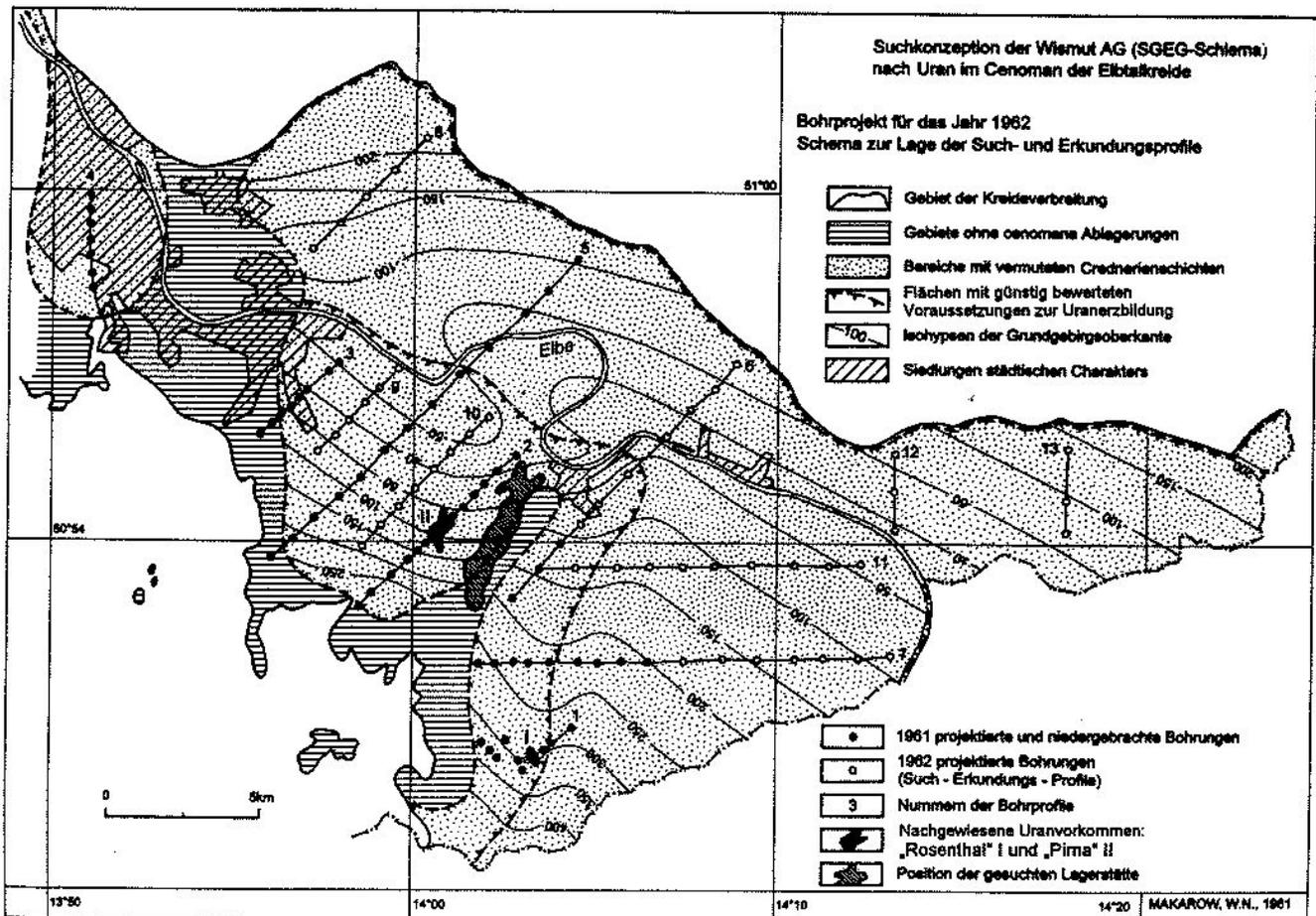


Abb. 128: Suchkonzeption der SDAG Wismut aus dem Jahr 1962

Ab 1962 wurde die Suche, den bisherigen Erfahrungen Rechnung tragend, anhand einer präzisierten Konzeption in der Pirnaer Senke intensiviert und darüber hinaus auf die gesamte Elbtalkreide ausgedehnt. Die Bohrungen wurden nach stratigraphischen, lithofaziellen und paläogeographischen Gesichtspunkten angesetzt und in den einzelnen Suchrevieren in drei aufeinanderfolgenden Etappen ausgeführt. Der ersten Etappe war die Aufgabe gestellt, in der Bohrnetzdicke von 6 bis 3x1 km vorhandene Crednerienschiefer nachzuweisen und der zweiten, das Bohrnetz an Bereichen mit festgestellten Urananomalien auf 1,5x1 km zu verdichten. Der dritten Etappe war aufgegeben, hoffige Anomalien im Netz von 400 x 400 bis 200 x 200 m zu erkunden und gegebenenfalls Erzvorräte zur weiteren Detail- und bergmännischen Erkundung auszuhalten. Nach dieser Konzeption wurde in allen 5 Senken gebohrt. In der Tharandter Senke wurde im Bereich der nachgewiesenen Emanationsanomalien das kleine und unbedeutende Uranvorkommen "Hausdorf" festgestellt.

In der Pirnaer Senke wurde indessen mit 6 Bohrmaschinen des Typs SIF-300 (Abb. 148) das Aufschlußnetz ausgedehnt und an der angetroffenen Vererzung das Netz auf ca. 400x400 m verdichtet. Im Ergebnis der Erkundung wurde die als solche bezeichnete Kleinlagerstätte Pirna mit einem errechneten gewinnbaren Uranvorrat von ca. 1915 Tonnen ausgewiesen. Die Lagerstätte wurde an die Ablagerungen eines von Süden nach Norden führenden cenomanen Flußlaufes gebunden angenommen. Trotz ihres etwa neunmal größeren Uranvorrats im Vergleich mit Rosenthal wurde sie unter den gegebenen geologischen und wirtschaftlichen Bedingungen als nicht bzw. nur in Verbindung mit noch weiteren benachbart nachzuweisenden Vorkommen gleicher Größenordnung als abbauwürdig eingestuft.

Bis zum Sommer 1962 waren durch die SGEG schon etwa 170 Bohrungen mit ca. 26 000 laufenden Metern in der Kreideformation niedergebracht. Jedoch ohne daß die Existenz einer konditionsgerechten Lagerstätte hätte nachgewiesen werden können. Zwar zeigten alle Paläosenken in ihren Profilen kleine absetzige und geringmächtige Lagen mit Urananreicherungen an. Aber sie erwiesen sich als schwach und bedeutungslos. Günstigere lithofazielle und paläogeographische Voraussetzungen zur Erzbildung, als die in der Pirnaer Depression bereits angetroffenen, wurden nirgendwo sonst in der Elbtalkreide festgestellt.

In der Pirnaer Senke selbst schienen zu dieser Zeit die Möglichkeiten eines Sucherfolges ebenfalls nahezu erschöpft. Weder setzte sich die hier erkundete Vererzung nach Norden noch nach Westen fort. In beiden Richtungen klang sie in unverändert günstiger Fazies der Wirtsgesteine allmählich oder unvermittelt aus. Nur nach Osten und Süden zeigte sie sich von einzelnen kleineren Urananreicherungen umgeben. Doch ließ in diesen Richtungen das

begrenzende Grundgebirge kaum noch faziesgünstige Crednerienschiefer in einer Verbreitung erwarten, wie das für eine Lagerstätte des gesuchten Typs für erforderlich gehalten wurde. Von speziellen lithologischen, geochemischen und metallogenetischen Untersuchungen anhand repräsentativer Bohrprofile durch das Erkundungsgebiet lagen die Ergebnisse schon vor. Aus ihnen zog man für die Kreideformation insgesamt die Schlußfolgerung, „daß bei einer Fortsetzung der systematischen Suche die Bohrungen wohl auch weiterhin auf vorhandene Urananreicherungen stoßen werden, eine Verbesserung der vorliegenden Ergebnisse aber nicht zu erwarten ist“ [15].

Unter solchen Gesichtspunkten schwanden die Hoffnungen auf einen noch möglichen Sucherfolg. Das bisher erzielte Ergebnis wurde insgesamt negativ bewertet. Von nun an herrschte die Auffassung vor, daß in der Elbtalkreide wohl die Voraussetzungen zur Herausbildung einzelner, kleiner, verstreuter, unwirtschaftlicher Uranvorkommen, etwa wie im Buntsandstein von Hirschbach und Erlau bei Schleusingen am Südwestrand des Thüringer Waldes erkundet, gegeben gewesen seien. Voraussetzungen zur Entwicklung einer Lagerstätte vom Culmischer Format, wie solche im terrestrischen Zechstein von Südtüringen verwirklicht vorlagen, wurden der Kreide nun abgesprochen. So wurde schon im August in einer Beratung zum Arbeitsplan der SDAG Wismut für 1963 mit dem amtierenden Hauptgeologen K. P. Ljaschtschenko entschieden, die Lagerstätte Pirna wegen ihres zu kleinen Erzvorrates und zu geringer durchschnittlicher Urangehalte nicht in die bergmännische Detailerkundung zu überführen. Zur Präzisierung der Kontur der Lagerstätte sollten die Bohrarbeiten zwar noch bis zum Jahresende fortgesetzt, bis dahin die Erkundung jedoch abgeschlossen und ab 1963 keine Suche in der Elbtalkreide mehr betrieben werden [24].

Indessen begann sich ganz unauffällig die Situation vor Ort zu verändern. Von in der Kleinlagerstätte noch durchgeführten Bohrungen gingen neuartige, bislang kaum wahrgenommene Vererzungsindizes aus. Die nordöstliche Flanke der Lagerstätte nahm in der Detaillierung zunehmend verschwommenere Züge an. Die erbohrten Erzintervalle wichen zum Teil im Schichtenprofil von ihren bisherigen stratigraphischen Positionen ab. Sie befanden sich in Niveaus, in die sie erfahrungsgemäß nicht hinein gehörten. Bereits im Jahr zuvor hatten einige Bohrungen des Suchprofiles Nr. 2 (Bl. 1059-1061) außer in den terrestrischen Crednerienschiefern Urananreicherungen auch weiter zum Hangenden hin, im marinen Profilabschnitt des Cenomans angetroffen. Maß man damals dieser Besonderheit wegen Geringfügigkeit noch keine Bedeutung bei, hob sich diese jetzt deutlicher und aushaltender hervor. Die bislang ausschließlich auf die Crednerienschiefer beschränkt gewesene Uranführung griff hier regelwidrig auf Sohle und Dach des litoralen Unterquadersand-

steins, d. h. auf den Wurtsandstein und den turonischen Basiston über. Diese Anomalien wurden als die Aureole einer eventuell neuartigen, von der Lagerstätte Pirna unabhängigen Vererzung mit Sitz möglicherweise weiter im Süden und Südosten interpretiert. Von vier in dieser Richtung neu angesetzten Bohrungen hatten tatsächlich zwei von ihnen je eine in Dach und Sohle des Unterquaders lokalisierte Vererzung mit Außerbilanz- und Bilanzgehalten angetroffen (Bl. 1264, Bl. 1265).

Bei der Verteidigung des Such- und Erkundungsprojektes der Wismut für 1963, die am 19.12.1962 in der Generaldirektion in Siegmarsdorf, wie jedes Jahr üblich, vor dem sog. „Rat der geologischen Sektion der sowjetischen Gruppe der technischen Hilfe“ stattfand, sollte die Elbtal-Kreide-Formation eigentlich kein Thema mehr sein. Doch der verantwortliche Geologe für das Gebiet (W. N. Makarov) hatte mit den letzten Bohrergebnissen noch einmal Mut gefaßt. Um sein zu liquidierendes Revier doch noch zu retten, forderte er, entgegen der vorherrschenden Stimmung bei der Diskussion zum erläuternden Projekt, zusätzliche Bohrumfänge zu seiner Verfügung für 1963 an. Zur Bekräftigung seiner These über die wahrscheinliche Existenz eines zweiten und möglicherweise aushaltenderen Vererzungstyps in der Paläosenke, wies er auf den „Marienborn“ von der Photopapierfabrik „Mimosa“ und dessen hohe Radonführung hin sowie auf die Lage dieser Quelle. Sie war nur 1 km nach Osten von der letzten Bohrung Nr. 1265 mit angetroffener Bilanz-Vererzung entfernt. Der Argumentation wurde von den Kritikern der Kreideerkundung widersprochen. Statt noch mehr Mittel in ein ihrer Auffassung nach sinnlos gewordenes Unternehmen zu investieren, sei es angebrachter, die Bohrungen nicht erst, wie vorgesehen, zur Jahreswende, sondern schon vor Weihnachten einzustellen. Wenigstens wären damit die anfallenden Kosten zur Aufrechterhaltung des über die Feiertage leer stehenden Pirnaer Wohnlagers einzusparen. Am Ende der Auseinandersetzung wurde dem Reviergeologen doch noch ein zusätzlicher Bohrumfang von insgesamt 2 000 laufenden Metern zur Klärung der neu aufgeworfenen Fragen bis zum kommenden Februar eingeräumt.

Mit den letzten Bohrungen für 1962 (Bl. 1235, 1237, 1238) wurde zwischen Weihnachten und Neujahr im Umfeld der Bohrung 1265 ca. 1,2 km nordöstlich des Erzfeldes Pirna eine neue zusammenhängende Vererzung angetroffen. Sie wurde, wie Abb. 129 zu entnehmen, als „Vorkommen Pirna II“ oder auch „Vorkommen Königstein“ bezeichnet und enthielt die Uranführung sowohl an den terrestrischen wie auch den marinen cenomanen Profilabschnitt gebunden. Man vermutete, daß das Vorkommen mit einem zweiten, aus Südosten anlangendem Paläozufluß im Zusammenhang stünde. Daher wurde entschieden, die zusätzlich bewilligten 2000, für 7 Bohrungen ausreichenden Bohrmeter in diese Richtung einzusetzen. Somit wurden die Bohrun-

gen (Bl. Nr. 1240, Nr. 1241, Nr. 1242, Nr. 1239, Nr. 1212, Nr. 1211, Nr. 1210) in einem letzten Versuch südöstlich Nikolsdorf, ziemlich regellos auf einer Hochebene angesetzt. Die Ebene dacht sich im Anblick von „Spanghorn“, Festung Königstein und „Quirl“ sanft auf die Täler von Biela und Leupoldshainer Bach nach Hütten zu ab. Die Bohrung Nr. 1239 wurde mit ca. 0,5 km Abstand hin zur Marienquelle („Marienborn“) hin ausgerichtet.

Die eingehenden Bohrergebnisse waren alles andere als ermutigend. Die meisten Bohrungen erfaßten kein Cenoman. Sie gerieten aus dem Turon unmittelbar in hochliegendes Grundgebirge. Die Bohrlochmessungen zeigten keine Anomalien. Die Kritiker des Programms sahen sich vollends bestätigt. Der Abbruch der Arbeiten wurde nun dringend anempfohlen. Auch der Reviergeologe sah das Unternehmen „Kreide“ für entschieden und die Würfel für gefallen an. Die plangetreue Durchführung des bestätigten Projektes bis zur letzten Bohrung betrachtete er als eine noch erforderliche Formalität.

Von den ehemals 6 Bohrbrigaden mit je einer Selbstfahr-Bohrmaschine waren zuletzt noch zwei im Revier. Während die eine Brigade (Schönherr) ihre vorletzte Bohrung tätigte, hatte die andere Brigade (Heins) mit ihrer Abschlußbohrung (Bl. Nr. 1210) am 26.01.1963 das Grundgebirge und die vorgeschriebene Endteufe von 229 m bereits erreicht. Die Bohrung war randlich der Suchrichtung, nicht wie die übrigen Bohrungen südöstlich, sondern südsüdwestlich des Vorkommens „Pirna II“ angesetzt. Sie stand etwa 300 Meter südlich Nikolsdorf am Oststrand der Nikolsdorfer Wände auf einer Bergwiese am Forsthausweg gegenüber einer Gärtnerei. Sie sollte noch bis zum Abend geophysikalisch gemessen sein. Das Wetter war unwirtlich, sehr kalt und der Brigadier entschlossen, seine Maschine bald in das ihm neu zugewiesene Bohrrevier im heimatlichen Erzgebirge zu überführen. Er mahnte die eingetroffenen Meßtechniker zur Eile an, denn das Bohrloch war nach beendeter Messung noch zu verfüllen. Doch nahm von nun an das Geschehen einen neuen Verlauf. Die Messung fiel völlig aus dem üblichen Rahmen. Die radiometrischen Meßwerte zeigten das Vorliegen einer ungewöhnlich starken und mächtigen Anomalie. Die auf 6 000 $\mu\text{R}/\text{h}$ eingestellte Empfindlichkeit der benutzten Gamma-Meßsonde reichte zur Bestimmung der Strahlungsintensität, wie das im Revier noch nicht vorgekommen war, nicht aus. Um eine Gerätestörung auszuschließen, wurde die Messung mehrere Male, doch mit stets demselben Ergebnis wiederholt. Sich der möglichen Bedeutung des Falles für das Gebiet und die SDAG schon halbwegs bewußt und verunsichert zugleich, stellten die Techniker (P. Wiczorek, H. Bjarsch) die weiteren Messungen ein. Bis aus Schlema neue Anweisungen eingegangen wären, gaben sie entgegen des widersprechenden Bohrbrigadiers das Bohrloch nicht zur Verfüllung frei.

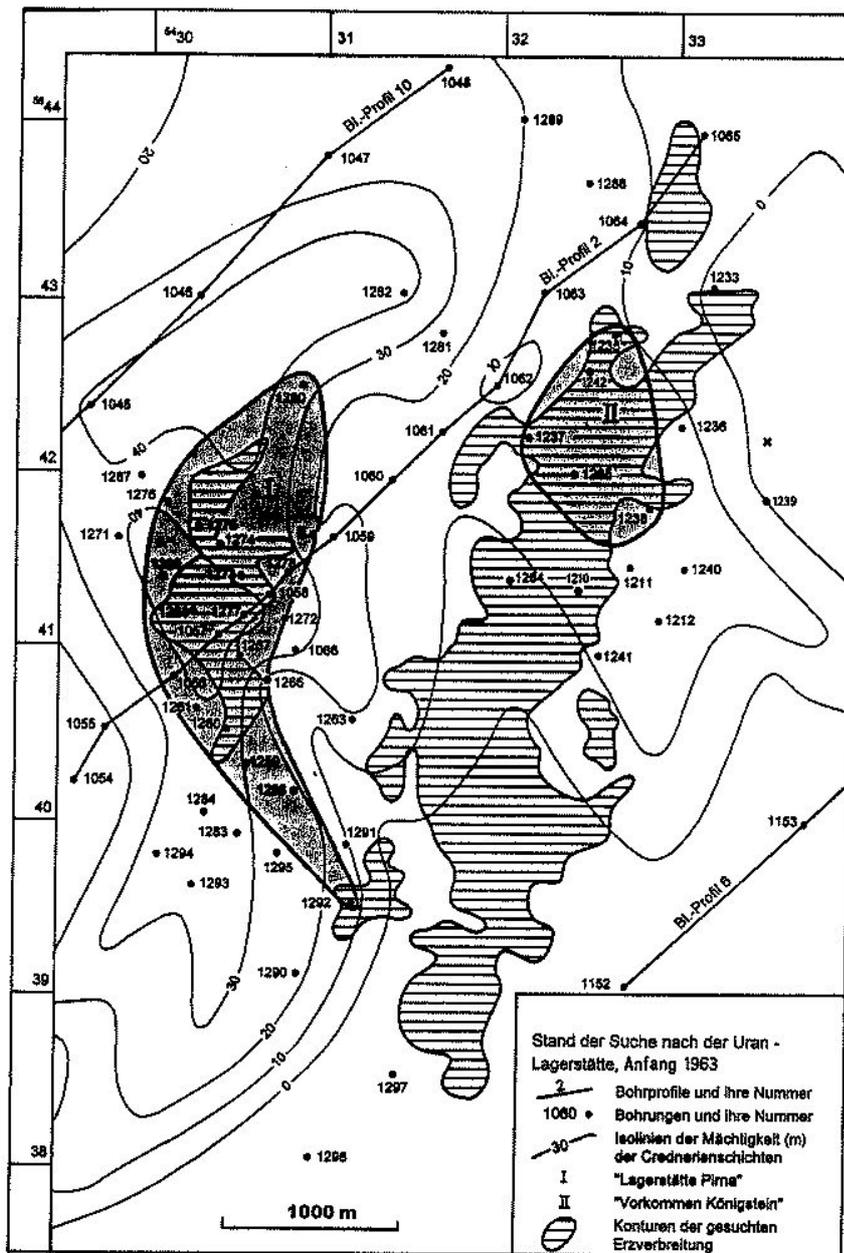


Abb. 129:
Stand der Lagerstättensuche Ende
Januar 1963

Durch den verständigten Oberbohrmeister des Reviers (J. Hering) wurde noch in der Nacht der Leiter der Betriebsabteilung in Schlema (J. Gürtler) von der neuen Situation unterrichtet. Schon am frühen Morgen traf dieser mit dem Reviergeologen (M. N. Makarov), dem Geophysiker (U. N. Lukin) und dem stellvertretenden Hauptgeologen der Wismut (K. Feirer) an der Bohrung ein, um sich selbst an Ort und Stelle zu informieren. Die Messung wurde nun mit einer neueingestellten Sonde wiederholt und die Radioaktivität der Anomalie auf einem radiometrischen Hintergrund von 5-10 $\mu\text{R/h}$ zu maximal 11 500 $\mu\text{R/h}$ bestimmt. Danach wurde der ausgelegte Bohrkern überprüft und in Dach und Sohle des Unterquaders je ein starkes Erzintervall festgestellt (Abb. 130). Nach einer kurzen Be-

ratung im Bohrwagen wurde beschlossen, beide noch vorhandenen Bohrbrigaden im Revier zu belassen, zur Absicherung des Befundes die Bohrung zu wiederholen und zur Ausschließung einer punktuellen Zufälligkeit das Umfeld der Anomalie mit Bohrungen im 50-Meterabstand zu erkunden. Von Makarov, der erregt und mit gespannter Erwartung die Fahrt in das Suchgebiet angetreten hatte, wird erzählt, daß er sich von der Beratung ständig zum ausgelegten Bohrkern hingezogen fühlte, mit großer Genugtuung mittels Geigerzähler und Hammer den Bohrkern zu dokumentieren begann und dabei die zwei kräftigen Erzintervalle wiederholt überprüfte und befriedigt begutachtete.

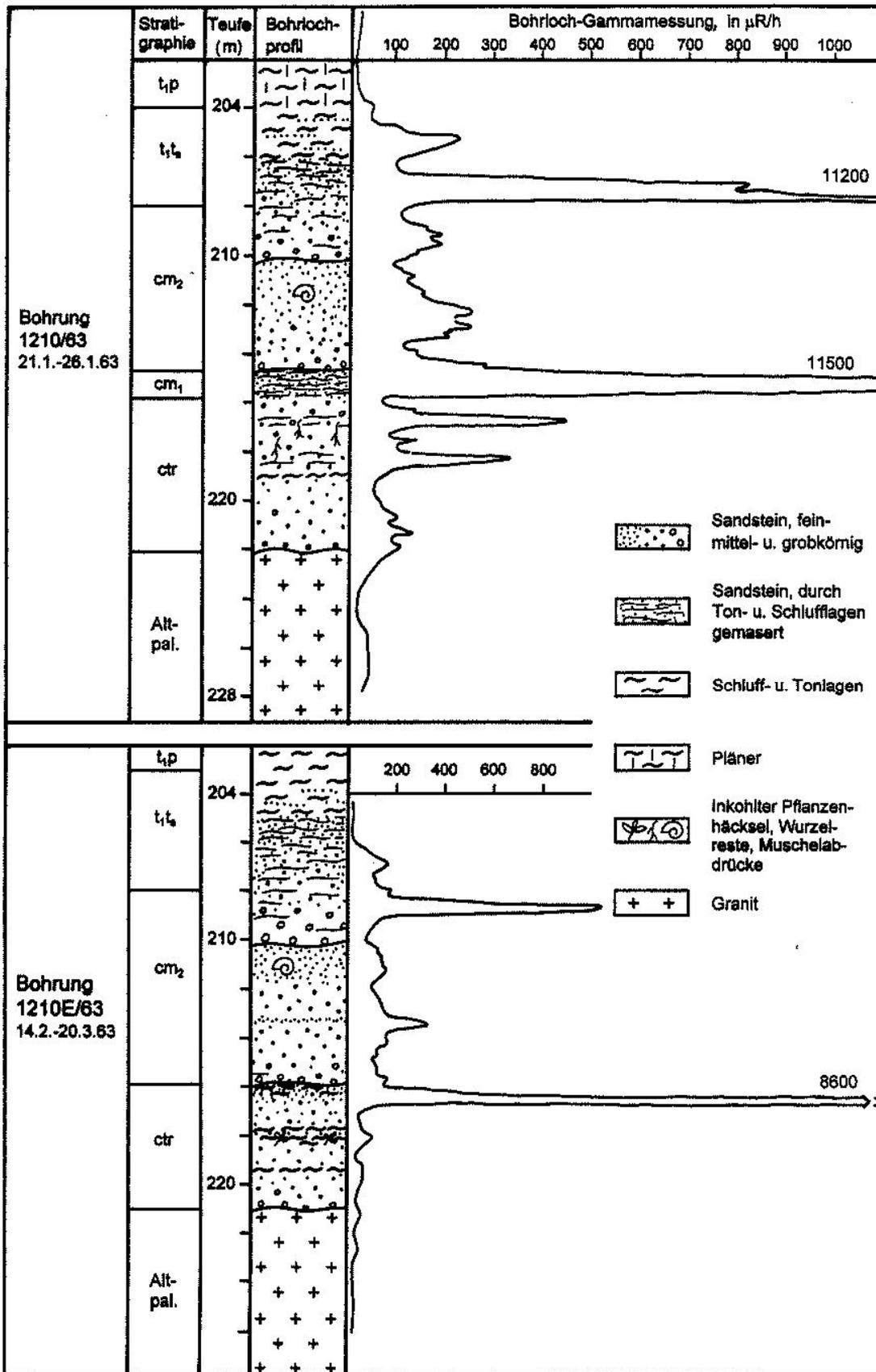


Abb. 130: Die fündige Bohrung 1210/63, und ihre Wiederholung

Die nachfolgenden Bohrungen wiesen den aushaltenden Charakter der Vererzung nach und ihren räumlichen Zusammenhang mit dem jüngst festgestellten Vorkommen „Pirna II“. Diese Erzführung setzte sich somit nicht, wie angenommen, nach Südosten fort. Dagegen erstreckte sie sich, von nun an als Lagerstätte Königstein bezeichnet, längs der das Cenoman begrenzenden Grundgebirgshochlage (Königsteiner Schwelle und Halbinsel) nach Süd-Südwesten (Abb. 129). Ihre Wirtschaftlichkeit stellte sich noch im Verlauf des folgenden Halbjahres heraus.

Damit setzte die Periode der Erkundung und metallogenetischen Erforschung der Lagerstätte ein. Die Bohrtätigkeit lebte neuerlich auf. Sie konzentrierte sich 1963 mit etwa 9 Bohrmaschinen allein auf die Lagerstätte. Ab 1964 wurden die Bohrungen auch in den übrigen Teilen der Elbtal-Kreide wieder aufgenommen. Sie wurden kontinuierlich bis 1968 und in der Lagerstätte bis 1967 fortgesetzt. Einzelne spezielle Bohrprojekte wurden auch noch in den siebziger und achtziger Jahren verwirklicht. Neue bauwürdige Vererzungen wurden nicht festgestellt, lediglich wurden die weiter oben beschriebenen drei kleinen Uranvorkommen von Meißen, Leuteritz und Hinterhermsdorf nachgewiesen. Insgesamt wurden durch die SDAG Wismut in der sächsischen Elbtal-Kreideformation 2267 Bohrungen zu 506 892,4 summarischen Bohrmetern niedergebracht (Tab. 19).

7.2 Die Hypothese der exogenen Erzbildung durch Zwischenschicht-Oxidation

Zur systematischen Vorerkundung der Lagerstätte wurden 1963 zunächst über 200, auf West-Ost-Profilen angeordnete Bohrungen im Umfang von fast 52 000 laufenden Metern niedergebracht. Ihre Ergebnisse wurden am Ende des Jahres, noch vor dem Beginn untertägiger Auffahrungen, in einer komplexen Zwischenauswertung zusammengefaßt.

Aus der Bestandsaufnahme ging hervor, daß die bisher dominierende Auffassung von einer syngenetischen, in unmittelbarem Zusammenhang mit der Ablagerung und Diagenese der Ablagerungen stehenden, Erzbildung nicht aufrecht zu erhalten war. Zwar zeigten sich die Erzintervalle, wie schon früher festgestellt, auch in der Lagerstätte bevorzugt an die schluffig-tonig-kohligen Ablagerungen in der Schichtenfolge gebunden, doch erwiesen sie sich nicht „a priori“ mit dieser Fazies verknüpft. Die Erzführung war eindeutig auf die Übergänge dieser Fazies in die über-, unter- und zwischenlagernden wasserdurchlässigen Sandsteinbänke ausgerichtet und beschränkt. In den Bohrkernen zeigte sich der Großteil der Vererzung je an das Dach und die Sohle der hochpermeablen Unterquadersandsteinbank gebunden. Die vertikale Verteilung des Urans in den beiden Intervallen wurde weniger von deren fazieller Aus-

bildung als vom Abstand zu den beiden Sandsteinkontakten bestimmt. Darüber hinaus hing sie mit einem besonderen Gesteinsmerkmal zusammen. Der zwischenlagernde Sandstein zeigte sich nämlich auffällig rostfleckig und roststreifig beschaffen. Er hob sich in dieser Ausbildung markant von der Graufarbigkeit seines Hangenden und Liegenden ab. Die Verfärbung grenzte mit scharfen Übergängen je an das obere und untere Erzintervall. Sie ließ auf einen Zusammenhang der Vererzung mit der Untergrundwasserführung des zwischenlagernden Unterquadersandsteins schließen und darüber hinaus mit einer solchen des sauerstoffhaltigen und oxidierenden Types.

Im Ergebnis einer von 1963 bis 1964 im Komplex durchgeführten lithologisch-faziellen, hydrogeologischen, geochemischen und mineralogischen Untersuchung wurde die Lagerstätte als eine exogen-epigenetische Vererzung des Typs der Sandsteinzwischenschicht-Oxidation eingestuft [29]. Sie wurde als im Zusammenhang mit der hydrogeologischen Entwicklung der Kreidetafel durch Zufuhr von Uran in sauerstoffhaltigen aus der Grundgebirgsumrahmung zusetzenden Grundwässern entstanden angenommen. Die Grundwasserinfiltration wurde mit der Schrägstellung und teilweisen Wiederabtragung der Kreideformation und der Umbildung der Pirnaer Paläosenke zu einem eröffneten artesischen Becken in Beziehung gesetzt. Es wurde ein herausgebildetes stabiles hydrodynamisches Regime mit aufeinanderfolgenden Zonen der Ernährung, des Transits und der Entlastung des 4. Grundwasserleiters angenommen. Nach dieser Vorstellung gelangte das Uran aus dem südlichen, zutage anstehenden Grundgebirge in die cenomanen Sandsteinschichten und migrierte in deren Einfallen nordwärts in die Tiefe der Paläosenke. Mit dem Verbrauch des Sauerstoffes im Grundwasser wurde das Uran an der Grenzlinie der Sandsteinoxidation, aureolenförmig um diese herum, an deren Dach, Sohle und Stirn, an stauenden, adsorbierenden und reduzierenden Migrationsbarrieren abgeschieden.

Als hauptsächliches Nährgebiet für die Grundwässer wurde das unter der Kreideformation zutage austreichende Fundament mit dem Markersbacher Granit angenommen. Die Wässer treten hier an Ausbissen des Cenomans im Bahra- und Gottleubatal unmittelbar in das artesische Schichtensystem ein. Außerdem gelangen sie aus Turonsandsteinen, die zwischen Bahra und Berggießhübel dem austreichenden Granit auflagern, durch das erwähnte, im Labiatuspläner vorhandene, aus Sandsteinen gebildete „hydrogeologische Fenster“ in die cenomane Schichtenfolge. Die Wässer sind, den durchgeführten Untersuchungen zufolge [12 und 38] z. T. gespannt und calcium-natriumhydrogenkarbonatisch zusammengesetzt. Ihre Mineralisation beträgt 20-220 mg/l und ihr pH-Wert 6-7,5. Ihre Urangehalte erreichen in den Graniten maximal $4 \cdot 10^{-5}$ g/l und schwanken im Mittel um $1 \cdot 10^{-5}$ g/l. In den cenomanen Sandsteinbänken liegen sie zwischen $2-3 \cdot 10^{-6}$

Tab. 19: Zusammenstellung der von der SDAG Wismut in der Elbtalkreide eingesetzten Bohrumfänge [47]

a) von 1961 - 1968																							
Nr.	Teilgebiete der Kreidetafel	1961		1962		1963		1964		1965		1966		1967		1968		Σ 1961 - 1965		Σ 1966 - 1968		Σ Insgesamt	
		Bohr-loch-zahl	Bohr-meter	Bohr-loch-zahl	Bohr-meter	Bohr-loch-zahl	Bohr-meter	Bohr-loch-zahl	Bohr-meter	Bohr-loch-zahl	Bohr-meter	Bohr-loch-zahl	Bohr-meter	Bohr-loch-zahl	Bohr-meter	Bohr-loch-zahl	Bohr-meter	Bohr-loch-zahl	Bohr-meter	Bohr-loch-zahl	Bohr-meter	Bohr-loch-zahl	Bohr-meter
A	L Königstein	5	1013,7	12	2718,1	211	51949,1	356	85737,4	323	67473,8	45	9301,1	5	1000,0	-	-	907	208892,1	50	10301,1	957	219193,2
B	L Pirna	7	1511,7	27	6603,7	-	-	6	1249,4	34	8944,0	20	4856,1	21	5473,8	-	-	74	18308,8	41	10329,9	115	28638,7
	Gesamt	12	2525,4	39	9321,8	211	51949,1	362	86986,8	357	76417,8	65	14157,2	26	6473,8	-	-	981	227200,9	91	20631,0	1072	247831,9
1	Meißen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	1412,9	9	442,7	-	-	-	-	30	1855,6	30	1855,6
2	Leuteritz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	2705,0	1	155,7	-	-	-	-	36	2860,7	36	2860,7
3	Dresden	-	-	6	220,5	-	-	-	-	-	-	15	2578,6	4	1492,9	-	-	6	220,5	19	4071,5	25	4292,0
4	Tharandt	-	-	26	860,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	860,9	-	-	26	860,9
5	Hausdorf	-	-	33	1029,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33	1029,1	-	-	33	1029,1
6	Copitz-Heidenau	2	158,8	2	285,7	-	-	1	322,6	1	297,2	20	4044,8	14	2811,5	2	527,1	6	1064,3	36	7383,4	42	8447,7
7	Rottwerndorf	17	1290,6	13	2037,5	-	-	3	473,2	21	3650,0	4	424,6	-	-	-	-	54	7451,3	4	424,6	58	7875,9
8	Lohmen	-	-	4	1840,3	-	-	-	-	3	1428,6	15	6369,2	-	-	-	-	7	3268,9	15	6369,2	22	9638,1
9	Struppen	2	570,0	3	892,3	-	-	2	557,5	21	6835,4	2	883,5	14	4559,2	7	2571,4	28	8855,2	23	8014,1	51	16869,3
10	Thürmsdorf	2	477,5	8	2161,8	-	-	5	1262,5	29	7885,2	25	7026,2	74	20369,0	35	9328,5	44	11787,0	134	36723,7	178	48510,7
11	Kunnersdorf	11	1469,1	2	363,3	-	-	19	1915,4	36	5893,8	3	327,9	-	-	2	422,5	68	9641,6	5	750,4	73	10392,0
12	Rosenthal	28	3106,2	3	380,6	-	-	28	3419,4	8	637,2	6	941,2	-	-	61	8918,7	67	7543,4	67	9859,9	134	17403,3
13	Bad Schandau	-	-	8	1918,6	-	-	-	-	5	1327,3	28	8296,2	5	1378,2	-	-	13	3245,9	33	9674,4	46	12920,3
14	Hinterhermsdorf	-	-	1	327,4	-	-	-	-	-	-	2	871,9	2	921,0	13	3525,2	1	327,4	17	5318,1	18	5645,5
15	Zittau	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1202,9	-	-	-	-	-	-	3	1202,9	-	-	3	1202,9
	Gesamt	62	7072,2	109	12318,0	-	-	58	7950,6	127	29157,6	176	35882,0	123	32130,2	120	25293,4	356	56498,4	419	93305,6	775	149804,0
	Insgesamt	74	9597,6	148	21639,8	211	51949,1	420	94937,4	484	105575,4	241	50039,2	149	38604,0	120	25293,4	1337	283699,3	510	113936,6	1847	397635,9
b) von 1969 – 1989, Fortsetzung der Angaben aus [47]																							
Nr.	Teilgebiete der Kreidetafel	1969		1979 - 1982		1987 - 1989		Gesamt		Von 1961 – 1989													
		Bohr-loch-zahl	Bohr-meter	Bohr-loch-zahl	Bohr-meter	Bohr-loch-zahl	Bohr-meter	Bohr-loch-zahl	Bohr-meter														
1	Thürmsdorf	34	8905	-	-	-	-	34	8905,0	Summe der Bohrungen in der Kreideformation: 2267 Summe der Bohrmeter in der Kreide formation: 506892,4													
2	Waldbachzone	19	5584	-	-	-	-	19	5584,0														
3	Flanken der Lagerstätte	-	-	298	73578,2	32	8567,3	330	82145,5														
4	Rosenthal	-	-	21	3908,1	-	-	21	3908,1														
5	Hinterhermsdorf	-	-	16	8713,9	-	-	16	8713,9														
	Gesamt	53	14489	335	86200,2	32	8567,3	420	109256,5														

genetische Entdeckungsgeschichte

und $5 \cdot 10^{-7}$ g/l. Ihre Sauerstoffkonzentration erreicht 6-6,5 mg/l und verbraucht sich in der beckenwärtig absteigenden Fließrichtung. Als Durchflußmasse wurden vor der Aufnahme des Bergbaues für das Gebiet der Lagerstätte an der 150 m-Isohypse 70 m³/h angegeben (AGAMIROV, 1965, SAMSONOV, 1968).

Auf den Wasserdurchfluß werden sowohl die durch Oxidation von organischer Substanz, Sulfiden, Glaukoniten und Chloriten hervorgerufenen charakteristischen zonaren Gesteinsveränderungen als auch die an die Oxidationsgrenzen gebundenen Urananreicherungen zurückgeführt. Die drei Erzhorizonte der Lagerstätte werden mit einer kontinuierlichen langzeitigen Zuführung von Uran und seiner zunehmenden Anreicherung unter ständiger Umverteilung und Weiterverlagerung mit einer sich fortschreitend verlagernden Oxidationsfront erklärt. Bereits abgeschiedenes Uran wird in diesem Prozeß an der Vorderseite der Reaktionsfront unter oxidierenden Bedingungen aus den Sedimenten zum Teil wieder mobilisiert und dahinter im reduzierendem Milieu neuerlich ausgefällt.

Die Auffassung von der Ursächlichkeit des Zusammenhanges von Lagerstätte und Sandstein-Zwischenschicht-Oxidation schränkt die Rolle der Lithofazies bei der Erzbildung auf deren Befähigung ein, von Untergrundwässern zugeführtes Uran zu adsorbieren und auszufällen. Die Anreicherung ist insofern afaziell. Das Uran und die es begleitenden Elemente werden dem vorhandenen Schichtenverband nachträglich und paläohydrodynamisch gesteuert aufgeprägt. Auf diesem Verständnis beruhend, konstruierten die Autoren der nur in groben Zügen umrissenen Hypothese (PETSCHONKIN, SACHRUCHANJAN, IWANOV), 1964 das in Abb. 131 gezeigte Lagerstätten-Modell. Das Schema geht von der Gleichzeitigkeit der Vererzung aller drei Horizonte der Lagerstätte bei einer gleichgerichteten Grundwasserzufuhr aus. Die im Profil übereinanderfolgenden einzelnen „Erzrollen“ wurden ein- und demselben Anreicherungsprozeß zugeordnet.

In den nachfolgenden Jahren verlor der 3. Erzhorizont wegen untergeordneter Bedeutung im Bergbaugeschehen an Interesse und fachlicher Zuwendung. Die an ihn gebundenen Erzkörper wurden zunehmend als lokale Anhängsel des vorherrschenden 2. Erzhorizontes im Hangenden behandelt und kaum noch als eigenständige Bildungen gesondert ausgehalten. Diese vereinfachende Betrachtungsweise war auf den Umstand zurückzuführen, daß man den terrestrischen Profilabschnitt der Lagerstätte pauschal als einen einheitlichen Grundwasserstauer bewertete. Ein 5. Grundwasserleiter spielte in der Hypothese keine Rolle. Das Uran des 3. Horizontes sollte daher aus dem hangenden Wurmsandstein und Unterquader durch absteigende Klüftungswässer zugeführt worden sein. Die an die terrestrische Schichtenfolge gebundenen Vererzungen wurden mit der Möglichkeit des 4. Grundwasserleiters er-

klärt, sich lokal aus dem Unterquader in die liegende terrestrische Wechsellagerung hineinzudehnen. Der Erzhorizont wurde mithin als eine metastatische Fortsetzungen aus den großen Erzlagern im hangenden lagunären Wurmsandstein aufgefaßt. Die Besonderheiten der Verteilung des Urans im 3. Horizont wurden auf die größere Entfernung vom Hauptwasserleiter und auf die prägnante Wechsellagerungsstruktur des terrestrischen Cenomans zurückgeführt [50].

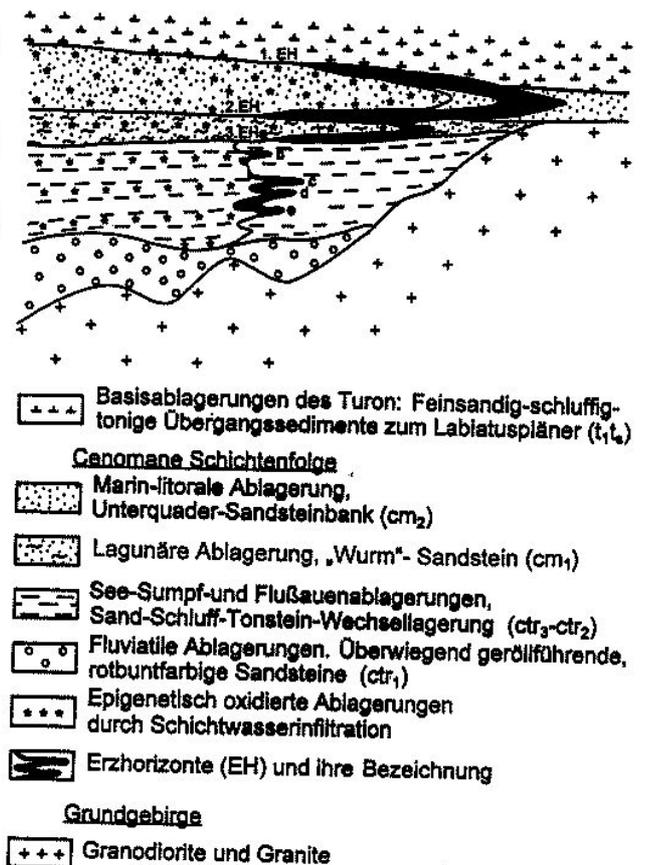


Abb. 131: Modell der Lagerstätte Königstein im O-W-Schnitt aus dem Jahr 1964 nach SACHRUCHANJAN, E. L., PETSCHONKIN, G. A. & RUDOJ, W. M.

Tab. 20: Alter von Pechblende in den Ablagerungen des 2. Erzhorizontes nach dem Ionium-Uran-Verhältnis (IWANOV K. E., 1967), [12]

Bohrung und Teufe	$\frac{U^{234}}{U^{238}}$	$\frac{Th^{230}}{U^{238}}$	Alter in 1000 Jahren	
			Obere Grenze	Untere Grenze
H107	1,13	0,61	93	235
Bl. 1221, b. 195,0 m	-	0,58	< 100	< 240
Bl. 1424, b. 221,8 m	1,16	0,45	57	135
Bl. 1483, b. 251,0 m	1,12	0,68	110	295
Bl. 1666, Probe 13	1,06	0,80	167	485

Die Lagerstätte allein aus der Schichtoxidation des Unterquaders abzuleiten wurde nicht uneingeschränkt akzeptiert. Schon einfache Überlegungen zum Altersverhältnis von Vererzung und Sandsteinoxidation wie auch zur Ausbreitungsgeschwindigkeit der Oxidation von ihren vermutlichen Ausgangsorten riefen Zweifel an der Richtigkeit dieser Auffassung hervor. Die an Terrassen von Taleinschnitten im Gebiet zu beobachtende Auflagerung von oberem Quartär auf Labiatuspläner, der den als 4. Grundwasserleiter fungierenden Unterquadersandstein überdeckt, wurde als eine Zeitmarke für den Oxidationsprozeß herangezogen. Danach dürfte der Grundwasserleiter nicht

früher als etwa in der Mindel-Riß-Zwischeneiszeit, d. h. vor ca. 280 ± 60 Tausend Jahren angeschnitten, für Wasser aus der Grundgebirgsumrahmung eröffnet und in ein oxidierendes Regime überführt worden sein. Seitdem wäre die Oxidation, dem jetzigen Verlauf ihrer Vorderfront zufolge, um ca. 6 km vorangekommen. Das heißt, daß sie sich mit einer Geschwindigkeit von etwa $2 \cdot 10^{-2}$ m/Jahr ausgebreitet haben müßte. Als jüngstes Alter für Pechblendabscheidungen an der Oxidationsgrenze wurden nach der Uran-Ionium-Methode $\left(\frac{Th^{230}}{U^{238}}\right)$ Werte zwischen

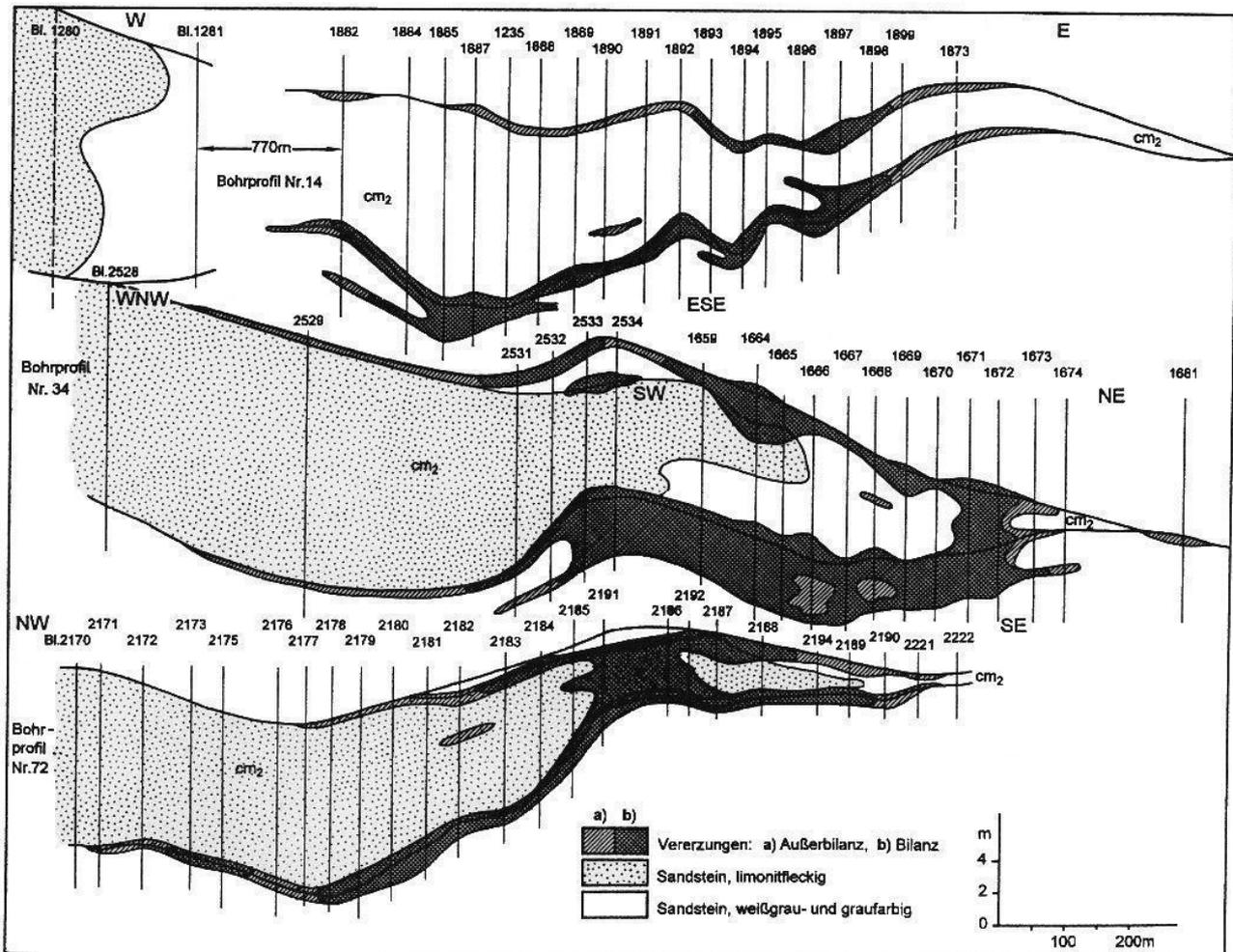


Abb. 132: Schematische Schnitte durch die Erzlager in Dach und Sohle des Unterquaders nach W. A. FELDGUN, 1973

200 000 und 500 000 Jahren erhalten (Tab. 20). Für den Fall der gemeinsamen Herausbildung von Gesteinsoxidation und Uranvererzung dürften diese Werte jedoch kaum die Hunderttausend übersteigen. Auch erwies sich die Oxidation von den Stellen der untersuchten Pechblenden aus nicht nennenswert weiter vorangeschritten und im Verhältnis dazu ihre ermittelte Ausbreitungsgeschwindigkeit viel zu hoch. Als ein Vertreter der Auffassung von der Syngeneese der Lagerstätte wies W. N. MAKAROV daher auf die Widersprüchlichkeit der Befunde ausdrücklich hin (zitiert bei K. E. IWANOV [12]).

Zugleich war zu dieser Frage zu konstatieren, daß sich Oxidationsfront und Vererzung in ihren Verläufen nicht durchgängig entsprachen. So verläuft im Grundriß der Lagerstätte die Grenzlinie der Unterquaderoxidation nicht ausschließlich an, sondern ortsabhängig auch hinter und vor der Zone der Unterquadervererzung, die die beiden oberen Erzhorizonte miteinander verbindet. So hat, in Darstellungen der oberen Vererzungsetage anhand von Bohr- und Erkundungsprofilen, die Oxidationsfront die Unterquadervererzung im Südteil der Lagerstätte überholt. Nur im Zentralteil liegt sie regelmäßig an deren Vorderseite. Nach Norden zu zieht sie sich von der Erzführung zurück und schließlich gänzlich aus der Lagerstätte heraus (Abb. 132).

Unter solchen Gesichtspunkten wurde die Hypothese von der primären Rolle der Schichtoxidation mehrheitlich verworfen. Die Oxidation wurde nicht weiterhin als ursächlich mit der Vererzung im Zusammenhang stehend anerkannt. Doch wurde sie uneingeschränkt als ein bedeutsamer, die Lagerstätte überprägender und umgestaltender Faktor akzeptiert.

7.3 Hydrothermal-Hypothese

Mit der fortschreitenden untertägigen Detailerkundung der Lagerstätte hob sich der an das Kluftsystem gebundene Vererzungstyp zunehmend deutlich hervor. In den übertägigen Bohrungen hatte sich diese Vererzungsform weniger bemerkbar gemacht. Nun forderte ihr wahres Ausmaß zu relativierenden und neuen erzenetischen Überlegungen heraus. So schalteten sich jetzt auch Fachkräfte mit von den vorherrschenden Lehrmeinungen abweichenden Grundauffassungen zur Lagerstätte, insbesondere solche aus der Schule F. J. WOLFSONS verstärkt in die Stellungnahmen ein (B. L. RYBALOV, 1970 [37], E. A. GOLOVIN, 1972, G. W. KOMOROVA, 1980 [14], W. J. SKAKUNOV, 1979 [44]). Diese Fachkollegen gingen bei ihrer Beurteilung der Lagerstätte von endogenen Gesichtspunkten aus. Sie nahmen die seit dem Anfang der siebziger Jahre im Zentralfeld der Lagerstätte angefahrenen Reicherzkörper und Trümer-Flecken-Erze als primär-azendent hydro-

thermal gebildet an. Sie stellten den exogenen Charakter der Lagerstätte insgesamt in Frage.

Die weitgehendsten Schlußfolgerungen in dieser Hinsicht hat in der ersten Hälfte der siebziger Jahre aus seinen eigenen Untersuchungen W. A. FELDGUN gezogen. Zur Bekräftigung seiner Herleitungen wies er auf den Umstand hin, daß sich die Lagerstätte nicht, wie aus exogener Sicht zu erwarten, in der Hauptbewegungsrichtung der Untergrundwässer, sondern seitlich davon, an ihrer östlichen Flanke befindet. Hier zieht sie sich, wie in Abb. 33 gezeigt, strukturgebunden an der westlichen Begrenzung der Königstein-Berggießhübeler Grundgebirgshochlage entlang. Die Untergrundwässer müßten demzufolge die Hauptmasse des von ihnen mitgeführten Urans an der Lagerstätte vorbeigeführt haben. In der Hauptfließrichtung der Wässer wurden jedoch in derselben Schichtenfolge, wie sie auch die Lagerstätte kennzeichnet, weder vor, in, noch hinter der Unterquader-Oxidationsfront Uranvererzungen festgestellt. Außerdem bestätigte sich nach der Feldgun'schen Einschätzung der Markersbacher Granit nicht als der bislang angenommene Spender des Lagerstätten-Urans. Durch den Granit würden bei seiner Verwitterung angeblich nur 0,7 g/t Uran freigesetzt, ein Betrag, der unter Berücksichtigung der postkretazischen Erosion und Verwitterungstiefe des Granites nicht ausreichen würde, um auch nur einen Bruchteil des in der Lagerstätte konzentrierten Urans zu erklären.

Die mit der Erzbildung verbundenen gesteinsverändernden Merkmale wurden nun neu bewertet und uminterpretiert. Dem in Abb. 131 wiedergegebenen exogenen wurde ein endogenes Lagerstätten-Modell entgegengesetzt. Der Gegenentwurf nimmt die vertikal ausgerichtete, an das steil einfallende nordoststreichende Kluftsystem gebundene, Uranführung als die primäre originale Vererzungsform der Lagerstätte an. Die Erzbildung wird mit aus dem Fundament in die Kreidehülle eingedrungenen uranhaltigen reduzierenden Tiefenlösungen begründet. Das gelöste Uran wurde der These zufolge an den primär rotbunten sowie sekundär oxidierten Kreidebasisschichten ausgefällt. Der Autor der These geht von der Existenz einer alten Schichtoxidation im Unterquader, von deren nachfolgender Ausbleichung und späterer Neubildung aus. Er nimmt an, daß der altoxidierte Sandstein in Wechselwirkung mit den azendenten reduzierenden Tiefenlösungen in einem Frühstadium der Vererzung und danach, in einem Spätstadium, der Ausbleichung unterlag. Die heutige Gestalt der Lagerstätte wird auf die Überprägung und weitgehende Umverteilung der Hydrothermal-Vererzung zu schichtigen Urananreicherungen durch die jüngere Schichtoxidation zurückgeführt. Die charakteristische, mit einer Vererzung verbundene Weißverfärbung des Unterquaders hat nach dieser Interpretation nichts mit der ausklingenden Schichtoxidation zu tun. Die Weißfärbigkeit wird im

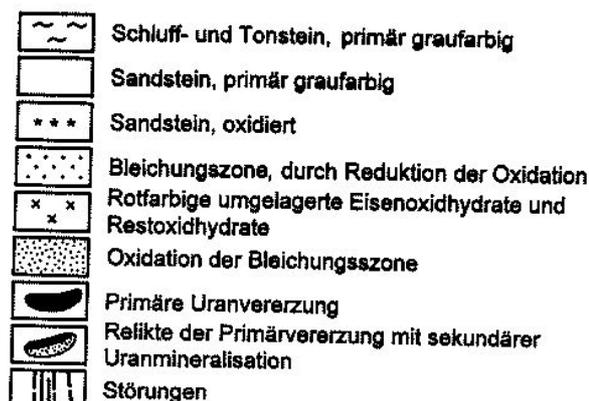
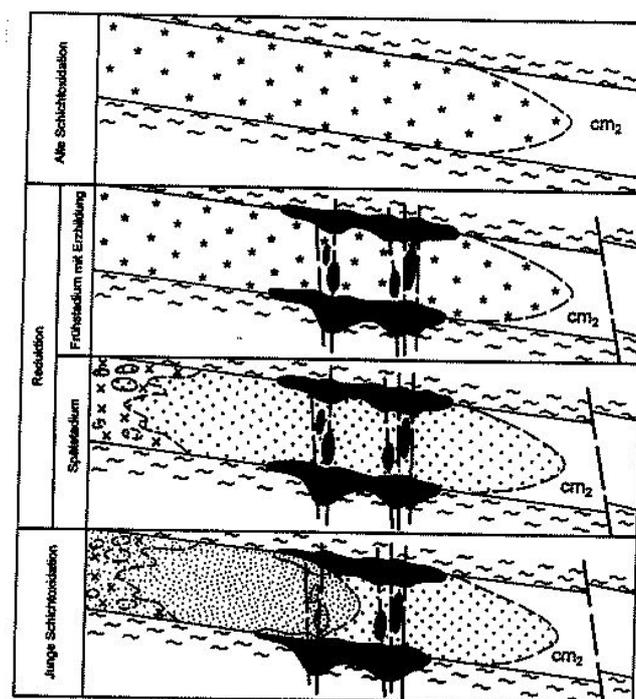


Abb. 133: Schema zur Abfolge der epigenetischen Gesteinsveränderungen im marin-cenomanen Sandsteinintervall cm_2 (Unterquader) nach W. A. FELDGUN, 1973

Unterschied zur Schichtoxidation als der erhalten gebliebene Rest von reduzierender Ausbleichung durch die Tiefenlösungen verstanden. Das von W. A. FELDGUN entworfene Schema zu den besagten gesteinsverändernden Erzbildungsetappen ist in der Abb. 133 wiedergegeben.

Im Zusammenhang mit diesem Schema weist FELDGUN auf die Position der Lagerstätte und der übrigen Uranvorkommen der Elbtalkreide in der Kreuzung von variskischen und saxonischen Strukturen sowie in einer Zone mit jungvulkanischen Entwicklungen hin (Abb. 134). Die Ver-

erzungszeit wird in das Tertiär gelegt. Als wahrscheinlichste Hauptzufuhrwege des Urans und wichtigste hydraulische Verbindungen zwischen Grundgebirgsstockwerk und Kreidehülle gibt W. A. FELDGUN die von ihm so benannte postkretazische „Bärensteiner Zone“, die die Lagerstätte tangiert sowie die Kontaktzone, die sie unterquert, an. Die mit diesen Hauptkanälen verbundenen Klüftungszonen werden als die Verteiler der reduzierenden Tiefenlösungen in die hangende Kreideformation angesprochen. Die bevorzugte Lokalisierung der Vererzung an tektonische Nebenstrukturen wird als ein Analogon zu den erzgebirgischen Uranvererzungen betrachtet. Die in der Kreideformation und ihrem Fundament vorhandene Uranführung wird ein- und demselben Mineralisationsprozess zugeschrieben.

Die Hypothese geht folglich von der genetischen Verbindung von Erzvorkommen in zwei verschiedenen Struktur-Etagen aus. Sie setzt einen das Grundgebirge und das Tafelstockwerk gemeinsam betreffenden Anreicherungs-vorgang voraus. Sie nimmt als Ursprung für das in den ascendenden Lösungen enthaltene Uran in der Tiefe vorhandene Urananreicherungen oder aber auch diese verdeckten Anreicherungen durch die Tiefenlösungen verursacht an. W. A. FELDGUN legte seine Untersuchungen in zwei umfassenden Abhandlungen dar [7, 8]. Er ordnete die Lagerstätte regional dem 2. Mineralisationszyklus für Sachsen und Thüringen zu [37].

Aus dem Fundament der Kreide tritt am nördöstlichen Rand des Grubengebäudes aus Querschlag 25-3 nördlich der Feldstrecke 25-5 ein angebohrtes, als „Hechtquelle“ bezeichnetes Mineralwasser aus. Das Wasser wurde im Umweltschutzzlabor der Wismut GmbH Grüna und im Umweltforschungszentrum GmbH Leipzig-Halle analysiert und als ein Wasser des Na-Mg- bzw. Na-Mg-Ca-hydrogenkarbonatischen Typs bestimmt. Es hat einen pH-Wert von 6,6-6,9, einen Abdampfdruckstand von 4380 bis 5200 mg/l, eine Temperatur von 13,4°C und eine Schüttung von 0,3 m³/h. Es besitzt neben HCO₃⁻ (4026-5185,5 mg/l), hohe Gehalte an Na⁺ (923-1364 mg/l), Mg²⁺ (255-274 mg/l), Ca²⁺ (297-374,2 mg/l) und Cl⁻ (346-386 mg/l). Außerdem führt es freie Kohlensäure (CO₂) von 282,0 bis 928,6 mg/l. Letzteres könnte, zumal unter Berücksichtigung von sich in der Nähe befindlichen basaltischen Gängen, magmatogenen Ursprungs sein. Zur Bekräftigung der obigen Hypothese pflegte man, auch auf diese Quelle hinzuweisen. Die Urangelhalte, die etwa 0,3 mg/l betragen, sind aber kaum überhöht.

Wie ausführlich, in sich geschlossen und, für sich betrachtet, auch wohlverständlich abgehandelt, wird die nur grob und kurz geschilderte Theorie der Lagerstättenwirklichkeit jedoch nicht gerecht. Ihre Aussagen zur Herkunft, Zuführung, Ausfällung und Verteilung des Urans vermögen nur schwerlich zu überzeugen. Die räumliche und

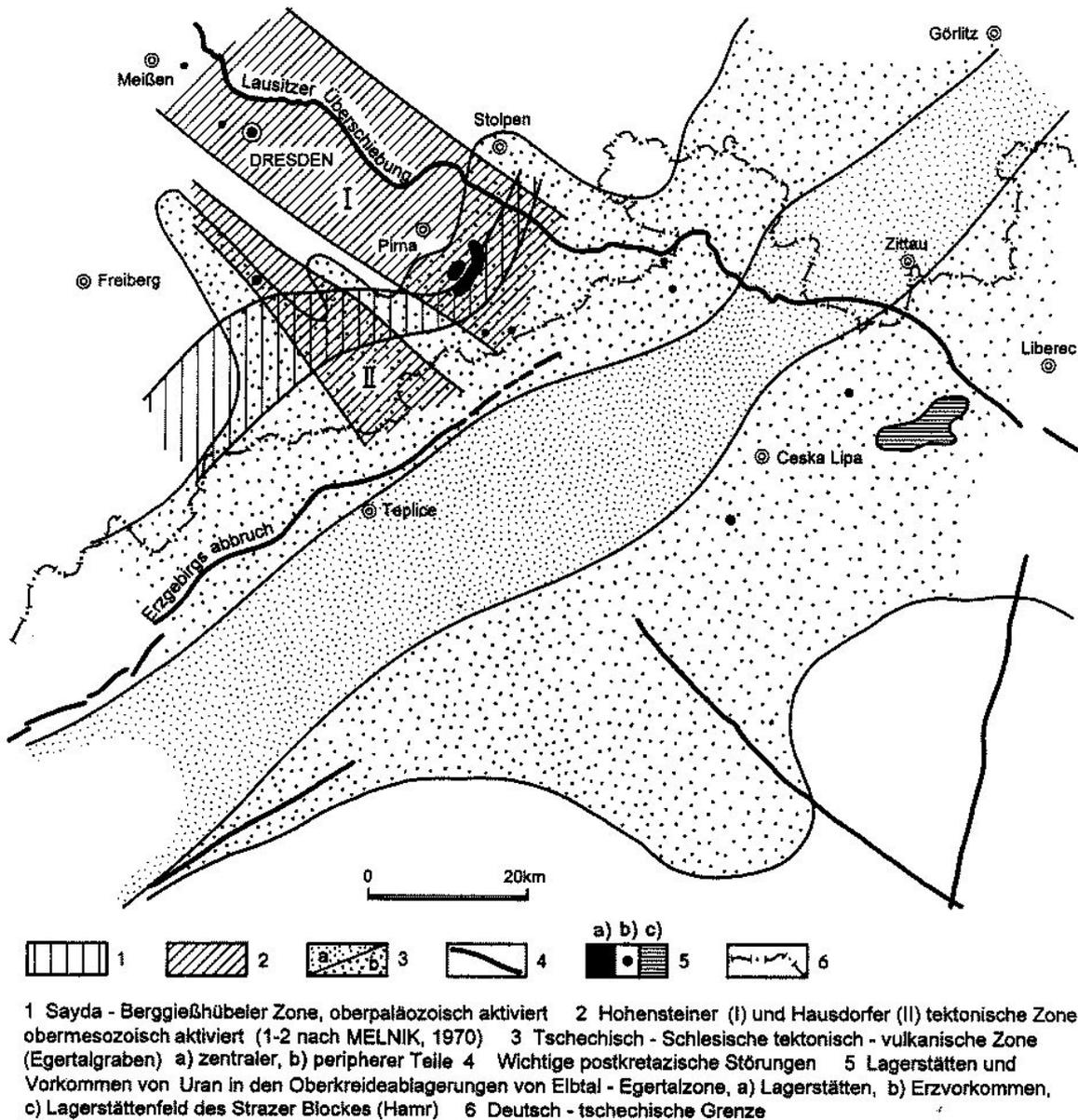


Abb. 134: Schema zur Verteilung wichtiger tektonischer Elemente und von Urananreicherungen in der Elbtal-Egertal-Zone, nach W. A. FELDGUN, 1973

zeitliche Herleitung des Urans löst angesichts des Kenntnisstandes um die geologische Entwicklung der Region erhebliche Zweifel aus. Wie in den obigen Kapiteln 4 und 5 zum Ausdruck gebracht, haben sich in Untersuchungen und Überprüfungen keine Anhaltspunkte für eine Zuführung des Lagerstättenurans aus der Tiefe von außerhalb der hypergenen Zone ergeben. Außerdem stimmt die postulierte Ausfällung des Urans aus reduzierenden Lösungen an oxidierten Ablagerungen mit den chemischen Eigenschaften dieses Elementes nicht überein. Der Autor der These, sich der Schwäche ihrer geochemischen Voraussetzungen durchaus bewußt, weist zu seiner Rechtfertigung auf noch bestehende und zu schließende Lücken in der Erforschung der Geochemie des Urans hin. Doch als nicht

weniger fragwürdig sind seine geologischen Prämissen zu beurteilen.

Als rein spekulativ erscheint die Annahme der Existenz einer älteren Schichtoxidation im Unterquader. Sie soll, der jüngeren vorausgegangen, der Vererzung und Ausbleichung und schließlich der neuerlichen Oxidation unterworfen worden sein. Bei der Dokumentation von Bohrkernen und untertägigen Grubenaufschlüssen wurde auf die angeblich vorhandenen Relikte dieser ersten Schichtoxidation und auf Merkmale ihrer Ausbleichung durch Tiefenlösungen aufmerksam geachtet. Eindeutige Hinweise auf solche Überbleibsel und Gesteinsausbleichungen wur-

den aber nicht erhalten. Das der älteren Oxidation zugeschriebene Kennzeichen hydrohämatischer himbeer- bis rosafarbiger Fleckigkeit des Unterquadersandsteins ist am südlichen und südöstlichen Rand der Pirnaer Senke bis hinein in die Uranlagerstätte tatsächlich feststellbar. Statt aber diese Färbung für eine epigenetische Gesteinsveränderung zu halten, läßt sie sich unkomplizierter auf eine synsedimentäre Einschleppung von Eisenoxiden aus der rotverwitterten Grundgebirgsumrahmung zurückführen.

Der angebliche Zusammenhang der Erzkörper mit einer azendenten Gesteinsausbleichung hat sich ebenfalls nicht bestätigt. Die Bleichung müßte gemäß der Hypothese aus dem Fundament hervorgehen und sich über Klüfte und Störungen bis in die hangende Kreideformation und ihre Erzführung hineinverteilen. Die steileinfallenden Klüfte und Störungen, welche im Liegenden der Vererzungen Grund- und Deckgebirgsstockwerk verbinden, wirkten auf den Bearbeiter aber keinesfalls wie Zufuhrkanäle für reduzierende und uranhaltige Lösungen. Sie durchziehen in den zentralen Teilen der Lagerstätte die rotbuntfarbige präcenomane Verwitterungskruste des Grundgebirges wie auch die auflagernden rotbuntfarbigen terrestrischen Kreide-Basisschichten, ohne ihr Nebengestein nennenswert auszubleichen. Die an solchen Stellen der Lagerstätte im Dach der rotbuntfarbigen terrestrischen Wechsellagerungen entwickelten Erzkörper des 3. bzw. untersten Erzhorizontes sind nicht, wie bereits weiter oben gezeigt, über klüftungsgebundene Ausbleichungen mit dem Grundgebirgsstockwerk verbunden. Sie sind von diesem durch die zwischengeschaltete kontinentale Verwitterungskruste getrennt. Weder in der Zentral- noch in der Kontaktzone wurden klüftungsgebundene Gesteinsbleichungen festgestellt, welche nacheinander die Reicherzkörper, die unterlagernden rotbuntfarbigen Basisschichten, die präcenomane Verwitterungsdecke und das Grundgebirge zusammenhängend erfassen und diese Profilabschnitte miteinander verbinden.

Epigenetische Ausbleichungen und Pyritisierungen kommen hauptsächlich, wie schon darauf verwiesen, an den Übergängen der rotbuntfarbigen Basisschichten in die hangenden, primär graufarbenen, von reichlich inkolter organischer Substanz durchsetzten Flußbauenschichten vor. Die Bleichungen sind eindeutig deszendenter Natur. Sie gehen aus der Einwirkung von mit Huminsäure und Schwefelwasserstoff angereicherten Untergrundwässern des Hangenden auf ihre rotbuntfarbige Unterlage hervor. Auf den Schwellen des Grundgebirgsreliefs mit fehlenden rotbuntfarbigen Basisschichten ziehen sie sich allerdings bis in die grundgebirgische Rotverwitterung hinein. Eine vom liegenden Grundgebirge ausgehende epigenetische Gesteinsbleichung wurde im Profil der Lagerstätte aber auch da nicht festgestellt. Die Zone der Weißverfärbung des Unterquaders hat mit einem solchen Bleichungstypus ebenfalls nichts zu tun. Die Zone verkörpert eindeutig den

randlichen ausklingenden Teil der jungen Zwischenschicht-Oxidation.

Als seit der Mitte der siebziger Jahre nach intensiver Abbautätigkeit die Vorratsbasis der Lagerstätte zu schwinden begann, und ein Rückgang der Urangelhalte im Fördererz zu verzeichnen war, eröffnete die Hydrothermal-Hypothese neue prognostische Möglichkeiten. Man meinte, auf ihrer Grundlage dem Bergwerk neue Vorräte zuführen und seine weitere Existenz absichern zu können. Während die frühere Vorerkundung der Lagerstätte durch übertägige Bohrungen methodisch auf die Existenz schichtig-flözartig verbreiteter Erze ausgerichtet war, versprach die neue Theorie, in schmalen, nordoststreichenden Zonen neuerlich fündig zu werden und sowohl in der Kreide, wie auch darunter im Grundgebirge Uranvererzungen anzutreffen. Unter solchen Gesichtspunkten wurde von 1978 bis 1982 ein erstes Suchprojekt für die peripheren Teile der Lagerstätte, zunächst auf die Kreideformation beschränkt, projektiert und verwirklicht. Auf Querprofilen zu den vermuteten und nach geophysikalischen Sondierungen ausgegliederten Klüftungs- und Störungszonen wurden 298 Bohrungen zu insgesamt 73 580 laufenden Bohrmetern niedergebracht. Die Abstände zwischen den Profilen wurden bis auf 50 und zwischen den Bohrungen bis auf 12 Meter verringert (Tab. 19). Die Suche ging erfolglos aus.

Jenseits der Konturen der Erzhorizonte setzten sich die in der Lagerstätte erzführenden Klüftungszonen unverzert weiter fort. Die Erkundungen trafen die Klüftvererzung ausschließlich im räumlichen Zusammenhang mit den schichtkonformen, flächig ausgebildeten, Erzen an. Sie bestätigten die sekundäre Natur der Klüftungserze. Diese Vererzungsform erwies sich, wie bei der Beschreibung der Lagerstätte gezeigt, als aus den schichtkonformen Erzen durch eine Umverteilung des Urans hervorgegangen. Trotz dieses ernüchternden Ergebnisses wurde daraufhin in einer 2. Etappe, von 1982 bis 1985 und mit Unterbrechungen weiter bis 1988, auch noch das präcenomane Fundament der Lagerstätte überprüft. Letzteres wurde von Übertage sowie aus dem Grubengebäude heraus, und mit etwa demselben Umfang an Bohrmetern wie zuvor in der 1. Etappe, erbohrt. Insbesondere wurden die Kreuzung von Markersbacher Granit und Lausitzer Störung sowie die Kontakt-, Zwischen- und Zentralzone im Lagerstättenliegenden erkundet. Von wirtschaftlich unbedeutenden Urananomalien, wie bei der Beschreibung und Erklärung von „Erzgerollen“ der Kreidebasisschichten bereits auf sie verwiesen (Abb. 118), traf man in dieser Richtung auf keine weiteren Erzvorräte.

Die aufgrund der Hydrothermaltheorie angesetzte Suche hat ca. 40 Millionen Mark an Kosten verursacht. Den erhofften Vorratszuwachs hat sie aber nicht erbracht. Diese Bohretappe geht nicht als ein Ruhmesblatt in die Annalen der Wismut ein. Das Bergwerk hat sich, wie noch zu er-

läutern, auf einem anderen Weg aus seiner kritischen Lage befreit. Dennoch ist zu betonen, daß diese Nacherkundung immerhin zur Erweiterung, Bereicherung und Vertiefung des urangeologischen Kenntnisstandes beträchtlich beigetragen hat.

So ging z. B. den übertägigen Bohrungen zur Vorausgliederung zu erkundender Klüftungszone und zur Präzisierung von Bohransatzpunkten eine geophysikalische Radonaufnahme voraus. Quer zum Streichen der vermuteten Zonen wurde auf west-östlich verlaufenden Meßprofilen in Abständen von ca. 25 Metern in 3 Meter Tiefe die Radonkonzentration der Bodenluft bestimmt. Dazu wurde das damals bekannt gewordene und sogenannte „Spuren-Ätz-Verfahren“ angewandt. Das Verfahren beruht auf der Auszählung der Einschlagspuren von Radonkernen bzw. von α -Spuren auf gelatinierter Filmfolie. Entsprechende Foliestreifen wurden in einfachen Bechern freihängend angebracht und die Becher mit der Öffnung nach unten in den Boden gestellt. Nach dreißigtägiger Exposition wur-

den die Becher dem Boden und die Folie den Bechern entnommen, mit Kalilauge angeätzt und dadurch die auf ihr eingravierten α -Spuren im Binokular sicht- und auszählbar gemacht.

In der Auswertung der erhaltenen Ergebnisse wurde auf einer normalen Hintergrundhäufigkeit von durchschnittlich 25 α -Spuren/mm² die Radonaureole der Lagerstätte an der Erdoberfläche mit Spitzenwerten von über 100 bis 230 Spuren/mm² festgestellt. Längs eines über die Lagerstätte gelegten Profiles zeigten die Messungen die Erzführung nicht nur pauschal an, sondern bildeten wichtige Glieder derselben, wie z. B. das Pirnaer Erzfeld, die Zwischenzone und das Haupterzfeld, gesondert ab (Abb. 135). Offensichtlich gelangt das Radon trotz seiner geringen Halbwertszeit, vermutlich längs der Gesteinsklüftung, über eine Wegstrecke von 250 Metern bis zur Erdoberfläche (s. dazu. J. BARANI, J. GERZON, A. VORHEGI: Eine neue Hypothese der Radonmigration. Vortrag auf 30. internationalem geophysikalischem Symposium, Moskau, 1985).

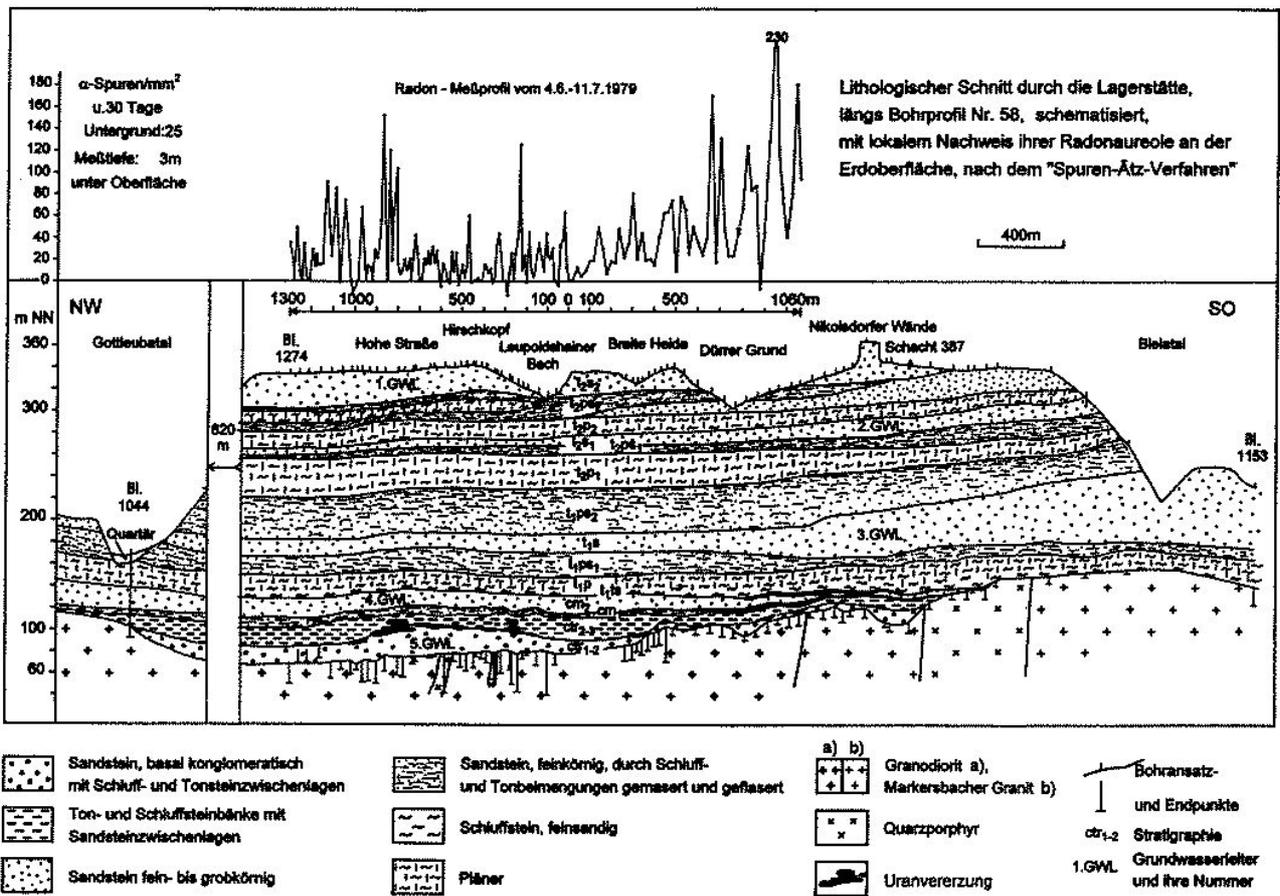


Abb. 135: Schnitt durch die Lagerstätte Königstein im Bohrprofil Nr. 58, mit Radonaureolen an der Erdoberfläche

Neue Fakten lieferten die in praktischer Hinsicht glücklosen Erkundungen ebenfalls zum Alter und zu den einzelnen Etappen der Erzbildung und außerdem zur Beeinflussung der Lagerstätte durch den tertiären Vulkanismus. Die diesbezüglichen Untersuchungsergebnisse werden nachfolgend ausführlich dargelegt.

7.4 Die Hypothese der exogen-stadialen Erzbildung

7.4.1 Ergebnisse der Erzaltersbestimmung

Bis zum Ende der sechziger Jahre lagen nur wenige physikalische Altersbestimmungen aus den verschiedenen Teilen der Lagerstätte vor. Nach ihrem Uran-Ionium-Verhältnis untersuchte Pechblenden hatten Werte von weniger als 1 Million Jahren (Tab. 20) und eine massenspektrometrische Bestimmung von Pechblende nach der Uran-Blei-Methode durch TUGARINOV ein Alter von 20 Millionen Jahren ergeben. Dazu muß man betonen, daß sich diese Bestimmungen auf das aus seinem Trägergestein mineralisierte, abtrennbare und nicht auf das in der Lagerstätte überwiegend dispers verteilte Uran beziehen. Mit der zu beobachtenden nachträglichen Herausbildung mineralisierter, auf der Grundlage dispers verteilten Urans in den beschriebenen Makro-Autoradiographien (Abb. 70 und 77), deutete sich bereits ein Altersunterschied zwischen beiden Elementverteilungsarten an.

In den siebziger Jahren waren neue Verfahren zur quantitativen Bestimmung die Isotopenzusammensetzung von Blei durch Röntgen-Spektralanalyse und zur Berechnung des anomalen Anteils von Blei-206 in uranhaltigen Gesteinen entwickelt worden [51]. Diese Methoden ermöglichten es, auch das Dispersuran in die Untersuchungen mit einzubeziehen und die Altersbestimmungen aus unaufbereiteten pulverisierten Erzproben heraus vorzunehmen. Insofern wesentlich vereinfacht, erlaubten sie es, mit einer Vielzahl an Proben einzelne Teilabschnitte der Lagerstätte vergleichend zu untersuchen und die reichlich anfallenden Ergebnisse statistisch auszuwerten. Die Verfahrensweise beruht auf einem Vergleich der Lagerstätte mit ihrem unvererzten Nebengestein. Sie vergleicht nach der Blei-Isotopen-Zusammensetzung die radiogene Anomalie mit dem geochemischen Normalfeld des Gebietes. Das durch Zerfall des Erzurans im Gestein akkumulierte Blei-206 wird nach folgender, von A. G. WETROV [51] aufgestellten Beziehung berechnet:

$$\text{Pb-206 an} = [\sum \text{Pb} (a^{206} - B^{206} \cdot a^{207}) - \text{Pbf}^{206}]$$

Die in der Formel enthaltenen Konstanten B^{206} und Pbf^{206} leiten sich aus der Bildungszeit der Sedimente und ihren Uran-Fond-Gehalten ab. Sie lassen sich aus der Isotopen-Zusammensetzung des Bleis im geochemischen Normalfeld am einfachsten auf graphischem Wege ermitteln. Ihr

Wert beträgt im gegebenen Falle für B^{206} 1,19 und für Pbf^{206} 0,2 g/t (Tab. 21 und Abb. 136).

Die nach der oben genannten Gleichung aus Proben mit Dispersuran errechneten Gehalte für das anomale Blei-206 zeigen im Vergleich mit den vorangegangenen Pechblendenbestimmungen weit höhere Alterswerte an. Zugleich machen sie auf erhebliche Altersunterschiede zwischen den verschiedenen Vererzungstypen in der Lagerstätte aufmerksam. Die erhaltenen Mittelwerte von Stichproben aus den einzelnen Erzhorizonten und den Klüftungszonen der Lagerstätte belegen einen Zeitabschnitt von ca. 15 bis 70 Millionen Jahren. Nach demselben Verfahren wurden auch Erzproben aus der benachbarten Uranlagerstätte Freital-Gittersee-Bannewitz untersucht, die im Döhlener Becken an Steinkohlenflöze der unterpermischen Strukturstage gebunden ist. Für diese Proben ergab sich ein Mittelwert von 160 Millionen Jahren (Tab. 22). Mit welchem absolutem Fehler auch immer behaftet, widersprechen diese Ergebnisse den Grundzügen der geologischen Entwicklung in der Elberegion nicht. Sie lassen auf einen beträchtlichen, stratigraphisch bedingten Altersunterschied zwischen beiden Lagerstätten schließen. Aus einem Vergleich der Verteilungsdiagramme für die Einzelwerte des Konzentrationsverhältnisses von Pb-206 und U-238

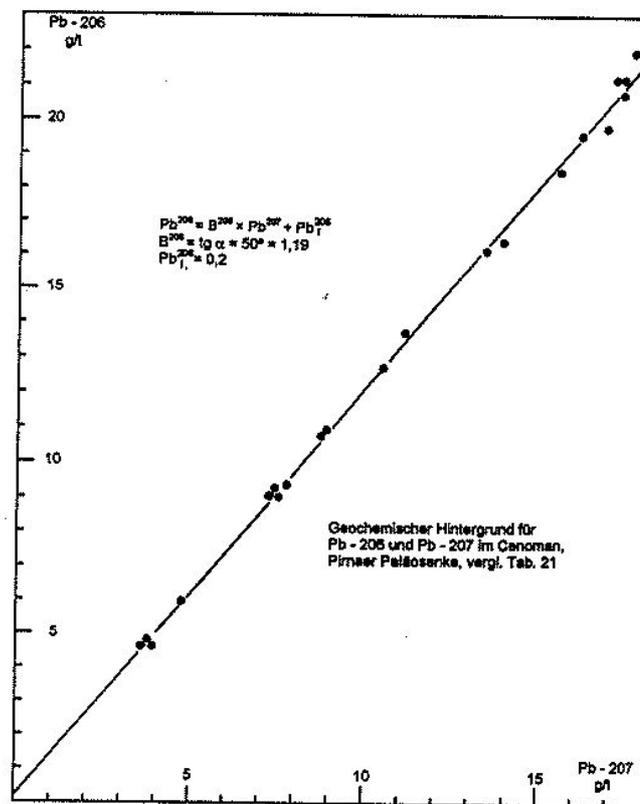


Abb. 136: Graphische Bestimmung von Pbf^{206} nach der Gleichung von A. G. WETROV

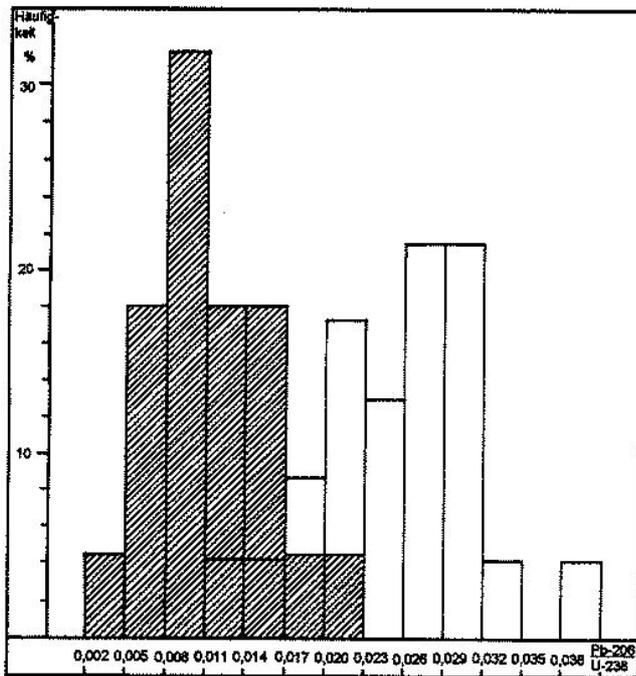


Abb. 137: Wertehäufigkeitsdiagramme von $Pb^{206}_{an} : U^{238}$ für die Lagerstätte Königstein, 3. Erzhorizont (schraffiert), verglichen mit der Lagerstätte Freital-Gittersee-Bannewitz (weiß)

aus Freital und dem 3. Erzhorizont von Königstein geht die Signifikanz dieses Unterschiedes anschaulich hervor (Abb. 137).

Die vergleichsweise geringeren Altersunterschiede, welche sich in der Königsteiner Lagerstätte selbst abzeichnen, stimmen, im Ganzen betrachtet, ebenfalls mit den geologischen Beobachtungen und Dokumentationen überein. Sie dürften daher kaum zufälligen, sondern ebenfalls essentiellen Charakters sein. Die für die verschiedenen Stichproben konstruierten Werteverteilungen und aus ihnen zu entnehmenden Mittelwerte des Blei-Uran-Verhältnisses entsprechen den nach geologischen Gesichtspunkten vorgenommen Unterteilungen. Die Ergebnisse lassen auf die Anlage zunächst des 3., mit dem Paläoflußsystem und dem 5. Grundwasserleiter verbundenen Erzhorizontes schließen. Sie ordnen die beiden oberen, je in Dach und Sohle des Unterquaders bzw. 4. Grundwasserleiters verlaufenden Erzlager einem späteren Entwicklungsstadium der Lagerstätte zu. Die schichtenschnidenden, säulig gestreckten Vererzungen bestätigen sie als die jüngst herausgebildete Formation. Zugleich bekräftigen sie die schon in Kapitel 4 aus den geologischen Befunden abgeleitete Auffassung von der Umverteilung des Urans aus den schichtkonformen Erzhorizonten in das steil einfallende Kluftsystem. Auf der Grundlage allerdings weiter Streubreiten der Einzeldaten wurden folgende ungefähre Alters-Mittelwerte erhalten: Für den 3. Erzhorizont 70, die beiden oberen

Erzhorizonte 55 und für die Kluftvererzungen 50 bis 15 Millionen Jahre (Tab. 22, Abb. 145).

Die sekundäre Herausbildung der Klufterze auf der Ernährungsgrundlage schichtgebundener Erze geht auch aus einer vergleichend durchgeführten Untersuchung von Radiationsdefekten hervor. Die Defekte werden durch die Strahlungseinwirkung des Erzes auf das Kristallgitter der Quarze im Erz-Wirtsgestein hervorgerufen. Da das Ausmaß dieser Störungen sowohl von der Urankonzentration als auch von der Dauer der Strahlungseinwirkung auf das Gestein abhängt, vermittelt selbiges zugleich eine zeitliche Information. Für die in den Vergleich einbezogenen Proben von schichtkonformen und kluftgebundenen Erzen wurde die Beziehung zwischen ihren Urangelhalten und ihren in relativen Einheiten ausgedrückten Radiationsdefekten (RD) in einem Korrelationsdiagramm dargestellt. Aus diesem geht hervor, daß unter Bedingungen etwa gleichen Urangelhaltes die meisten Proben aus Schichtvererzungen höhere und aus Kluftvererzungen geringere Quarzgitter-Defekte aufweisen (Abb. 138). Die Mittelwerte der Quotienten aus Urankonzentration und Defektdichte im Quarzgitter (U/RD) wachen für die untersuchten Proben, unterteilt in die 3 schichtkonformen Erzhorizonte und das erzhaltige Kluftsystem, in Richtung des letzteren an. Den herausgefundenen Altersverhältnissen reziprok entsprechend, steigen die Werte von ca. 28 im 3. über 47 im 1. und 2. Erzhorizont bis auf über 100 im Kluftsystem (Tab. 23).

Eine Altersbewertung nach ihrer Blei-Isotopen-Zusammensetzung läßt auch die mit der Lagerstätte verbundene syngenetische polymetallische Basisanomalie zu. Als geochemisches „Normalfeld“ zur Bestimmung des in den Erzintervallen akkumulierten radiogenen Bleies-206 genutzt, beträgt von 42 untersuchten Proben der durchschnittliche Hintergrundgehalt bei Uran 11,1 g/t und, wie schon gezeigt, von Blei-206 0,2 g/t (Tab. 21, Abb. 154). Das Konzentrationsverhältnis beider Elemente (Pb^{206}/U) ergibt den Wert von 0,018. Dieser deutet, den Angaben von KULP, BEIT und BROECKER zufolge [17], auf ein Alter der betreffenden Ablagerungen von etwa 116 Millionen Jahren. Das außerdem ermittelte Konzentrationsverhältnis von Blei-208 und Thorium hat bei entsprechenden Durchschnittsgehalten von 0,7 bzw. 52,7 g/t einen Wert von 0,0133. Dieser würde das geologisch unrealere Alter von ca. 280 Millionen Jahren bedeuten. Möglicherweise läßt sich diese Diskrepanz mit der Übernahme von Altsubstanz in Form von Thorium enthaltenden Schwermineralen aus den grundgebirgischen Primärgesteinen in die jungen Kreidesedimente erklären. Für diesen Fall würde dieser Alterswert sich eher auf das Alter der Primär- denn auf das der Sekundärgesteine beziehen.

Angaben zu Zeit und Dauer der Erzbildung wurden auch von hydrogeologischen und hydrochemischen Fakten zu

Tab. 21: Blei-Isotopen-Zusammensetzung, nach Röntgen-Spektralanalyse, in Klastiten (Schiefertone, Aleurolithe, Sandsteine) des Cenoman, mit Hintergrundgehalten an Uran und Thorium

Pr.Nr.	g/t			Pb-Isotopen-Anteil (%)			Pb-Isotopen-Gehalt (g/t)		
	U	Th	Σ Pb	208	207	206	208	207	206
Elbtalkreide, Cenoman, Pirnaer Paläosenke									
1854	7	31	145	52,5	20,8	25,4	76,1	30,2	36,8
1857	13	34	85	52,0	20,7	25,9	44,1	17,6	22,0
1858	1	12	18	51,3	21,7	26,1	9,24	3,82	4,7
1859	13	35	124	52,1	20,4	26,2	64,6	25,3	32,5
1860	2	13	36	52,5	20,6	25,5	18,9	7,4	9,17
1863	12	46	82	52,2	21,1	25,4	42,8	17,3	20,8
1865	5	58	82	52,1	20,8	25,8	42,7	17,1	21,2
1867	10	34	126	53,3	20,0	25,4	67,1	25,2	32,0
1868	5	32	74	52,7	20,9	25,0	39,0	15,5	18,5
1415	19	48	104	51,2	21,6	25,9	53,4	22,5	27,0
1416	1	16	49	51,2	21,5	26,0	25,1	10,5	12,7
1417	25	59	128	51,1	21,4	26,2	65,5	27,4	33,5
1419	23	66	99	51,6	20,9	26,2	51,1	20,7	26,0
1740	28	52	95	51,7	21,3	25,7	49,1	20,2	24,4
1741	5	8	123	51,2	21,8	25,7	63,0	26,8	31,6
1742	20	57	97	51,3	21,4	25,9	49,7	20,7	25,1
1743	13	65	132	51,1	21,6	26,0	67,5	28,5	34,3
1744	6	35	36	51,2	21,5	26,0	18,4	7,74	9,35
1745	5	38	23	51,6	20,7	26,4	11,9	4,76	5,98
1746	23	84	91	51,5	21,2	26,0	46,9	19,3	23,6
1747	2	18	18	52,4	20,5	25,7	9,44	3,7	4,63
1748	23	99	75	51,6	21,2	25,8	39,2	16,1	19,6
1749	7	84	42	51,7	21,2	25,8	21,8	8,9	10,9
1750	9	80	63	51,9	21,2	25,6	32,6	13,4	16,1
1751	4	32	35	51,8	20,8	26,0	18,1	7,3	9,1
1789	4	21	90	51,4	21,6	25,7	46,2	19,1	23,1
1790	16	59	82	51,7	21,1	25,8	41,8	17,3	21,2
1792	12	76	91	52,0	20,9	25,8	47,3	19,0	23,5
1793	1	12	113	52,5	21,1	25,2	59,4	23,8	28,4
1794	7	95	119	51,5	21,4	25,8	61,3	25,5	30,7
1795	14	108	53	52,0	20,9	25,8	27,6	11,1	13,7
1796	9	43	42	51,9	21,0	25,8	21,8	8,82	10,8
1797	18	98	98	52,5	21,0	25,2	51,4	20,6	24,7
1798	30	86	92	52,2	20,6	25,9	48,3	19,0	23,8
1799	3	11	18	51,0	21,6	26,1	9,17	3,88	4,67
1800	10	78	88	50,9	21,8	26,0	44,7	19,2	22,9
1802	18	93	93	50,8	22,0	26,1	47,2	20,4	24,3
1803	11	66	63	50,6	22,0	26,1	31,9	13,9	16,4
1804	5	37	97	50,8	22,1	25,8	49,3	21,4	25,0
1805	9	80	78	51,8	21,5	25,4	40,4	16,8	19,8
1806	12	89	86	50,7	21,9	26,1	43,6	18,8	22,4
1807	5	24	35	51,5	21,4	25,8	18,0	7,5	9,03
Σ	465	2212							
Ø	11,1	52,7							

erhalten versucht. Unter Zugrundelegung der vorbergaublichen Meßwerte für den 4. Grundwasserleiter im Lagerstättengebiet wurden 2 verschiedene überschlägige Berechnungen ausgeführt.

Die erstere geht von der hydrogenen Zufuhr des Urans in die Lagerstätte aus. Ihr liegt der schon genannte Wasserdurchfluß von 70 m³/h sowie dessen Urangehalt von 4·10⁻⁶ g/l an der südlichen Vorder- und von ~6·10⁻⁷ g/l an der nördlichen Rückseite der Lagerstätte zugrunde. Die beiden Konzentrationswerte bedeuten einen Verlust an Uran im durchflossenen Leiter von 3,4·10⁻⁶ g/l bzw. 3,4·10⁻³ g/m³. Zur Herbeiführung einer Masse an Uran, wie in der Lagerstätte enthalten, von ca. 27 000 Tonnen, in einer durchschnittlichen Konzentration von 0,06 %, wäre unter den

gegebenen Bedingungen ein Wasserdurchsatz von 7,9·10¹² m³ und dafür ein Zeitabschnitt von ca. 13 Millionen Jahren erforderlich.

Die zweite Einschätzung geht von folgender, durch A. K. LISIZIN [21] quantifizierten Beziehung in der Uranabscheidung an einer geochemischen Barriere aus:

$$T = \frac{q \cdot \varphi \cdot l}{c \cdot k \cdot J}$$

Dabei bedeuten T: die Zeitdauer der Erzbildung (in Jahren), q: die auf der Barriere erreichte durchschnittliche Urankonzentration (g/g), φ: die Gesteinsdichte der Barriere (g/cm³), l: die Länge der Barriere (cm), c: der aus dem Grundwasser ausscheidbare Urananteil (g/g), k: der

Tab. 22: Resultate von Blei-Isotopen-Analysen aus der Lagerstätte, mit Vergleich zu Freital-Bannewitz

Lfd. Nr.	Pr.Nr.	Labor Gröna			Labor Leningrad (St. Petersburg)						Pb-206 g/t	K-Wert		Durchschnittliche Orientierungswerte
		g/t		[Ra]	g/t			Anteil in %				Pb-206/208	Pb-206/207	
		U	[Ra] ¹⁾	U	U	Th	Σ Pb	Pb 208	Pb 207	Pb 206				
I. 3. Erzhorizont, schichtenkonform, Erzfeld Pirna Bl. 2722														
1	1421	72	80	1.11	67	14	52	51.4	20.7	26.6	0.90	0.01662	U: 0.0405 % Pb: 0.01436 % U/Pb : 2.82 K-Wert : 0,01104 Alter in Jahrmlionen ~ 71 ³⁾	
2	1422	397	340	0.86	374	51	56	50.6	20.2	27.9	1.93	0.00640		
3	1423	533	540	1.01	516	76	133	50.6	20.7	27.4	3.76	0.00904		
4	1424	529	530	1.00	526	79	83	49.6	20.7	28.4	3.16	0.00744		
5	1426	941	750	0.80	896	78	252	50.3	21.1	27.2	5.48	0.00758		
6	1428	512	440	0.86	503	63	121	48.9	21.3	28.4	3.56	0.00877		
7	1429	49	40	0.82	47	10	18	51.5	20.3	26.9	0.306	0.00807		
8	1430	780	760	0.97	757	67	88	49.8	19.7	29.1	5.16	0.00846		
9	1438	82	70	0.85	79	31	254	51.0	21.5	26.1	1.146	0.01798		
10	1439	171	160	0.94	166	68	63	50.7	20.7	27.2	1.54	0.01149		
11	1440	93	110	1.18	90	31	122	51.7	21.0	25.9	0.963	0.01327		
12	1441	350	360	1.03	345	73	82	49.9	20.9	27.9	2.42	0.00869		
13	1443	397	460	1.16	377	60	111	49.5	21.2	28.0	3.10	0.01019		
14	1445	215	210	0.98	207	38	45	49.6	20.4	28.6	1.86	0.01113		
15	1446	768	770	1.00	753	81	76	47.9	20.7	30.3	4.43	0.00729		
16	1447	181	200	1.10	170	21	126	50.1	21.2	27.4	2.75	0.02009		
17	1449	195	180	0.92	188	34	217	50.9	21.7	26.1	0.481	0.00317		
18	1450	740	740	1.00	709	44	60	47.1	20.1	31.4	4.6	0.00804		
19	1452	692	710	1.10	612	82	143	50.1	19.9	28.7	7.44	0.01507		
20	1456	320	310	0.97	300	85	121	50.5	20.6	27.5	3.67	0.01517		
21	1458	460	420	0.91	446	51	236	50.8	21.0	26.9	4.58	0.01273		
22	1461	817	660	0.81	789	71	700	51.0	21.1	26.5	10.3	0.01619		
II. 3. Erzhorizont in Verwachsung mit Klufertyp, am Steigort 1														
1	1871	1150	1060	0.92	1152	19	60	46.8	18.2	33.7	7.55	0.00813	U: 0.1838 % Pb: 0.0099 % U/Pb : 18.6 K-Wert : 0,0075 Mill. Jahre: ~ 49	
2	1872	9700	7610	0.78	9747	95	354	47.5	19.7	31.6	30.8	0.00392		
3	1873	1420	1260	0.89	1432	24	68	46.1	19.1	33.7	7.79	0.00675		
4	1877	2850	2960	1.04	2925	27	51	33.0	13.6	52.6	19.7	0.00835		
5	1881	1290	1380	1.07	1366	38	70	45.1	18.4	35.4	9.9	0.00899		
6	1883	2390	2890	1.21	2366	24	61	34.4	14.4	50.4	21.4	0.01122		
7	1885	2860	2480	0.87	2950	26	74	36.3	14.8	48.0	23.9	0.01005		
8	1889	2200	2470	1.12	2405	70	117	39.8	17.2	42.0	26.8	0.01382		
9	1890	560	690	1.23	577	14	20	40.6	16.8	41.6	4.41	0.00948		
10	1891	300	370	1.23	333	26	24	47.4	18.5	32.9	2.58	0.00961		
11	1892	3360	2660	0.79	3530	78	272	49.7	20.1	28.8	14.0	0.00492		
12	1893	630	700	1.11	626	36	154	50.7	20.6	27.4	4.56	0.00903		
13	1896	570	610	1.07	588	21	74	49.7	19.7	29.3	5.16	0.01088		
14	1897	740	680	0.92	765	21	14	38.4	15.8	44.8	3.68	0.00596		
15	1898	1370	1440	1.05	1472	76	153	49.1	20.2	29.4	8.61	0.00725		
16	1899	900	970	1.08	975	87	78	49.2	20.0	29.5	4.55	0.00577		
17	1900	1720	1410	0.82	1808	89	147	49.4	20.7	28.6	5.0	0.00343		
18	1901	240	310	1.29	255	27	131	50.9	21.6	26.2	0.49	0.00236		
19	1903	580	620	1.07	637	58	47	50.5	19.5	28.7	2.55	0.00425		
20	1910	790	710	0.89	847	31	20	41.9	17.0	39.6	3.94	0.00577		
III. Klufertyp, Auswuchs des 2. Erzhorizontes in liegende See-Sumpf-Serie, Abbaublock 1615, Ort 2														
1	1971	4380	4760	1.09	4400	71	373	49.5	20.7	28.4	14.95	0.00421	U: 0.05972 % Pb: 0.0278 % U/Pb: 21.5 K-Wert: 0.004 Mill. Jahre: ~ 25	
2	1972	4000	4230	1.06	4200	84	196	47.9	19.7	31.1	15.93	0.00470		
3	1973	5500	4590	0.83	5745	85	478	50.6	20.0	28.0	22.8	0.00492		
4	1976	10520	9060	0.86	15200	30	252	43.7	18.4	36.7	39.7	0.00324		
5	1978	341	270	0.79	318	12	90	51.2	21.2	26.2	0.75	0.00293		
IV. 2. Erzhorizont, schichtenkonform, Bl. 1923, 1924, 1925, 1939, Steigort 1														
1	1729	115	nb	nb	108	11	29	50.6	20.6	26.5	1.73	0.01986*	U: 0.038 % Pb: 0.0084 % U/Pb : 4.5 K-Wert: 0.0085 Mill. Jahre: ~ 55	
2	1733	159	nb	nb	151	11	56	52.2	20.2	26.3	1.17	0.00961		
3	1784	133	nb	nb	124	8	54	51.1	21.1	26.5	0.60	0.00595		
4	1818	254	nb	nb	249	13	96	50.5	21.3	26.9	1.33	0.00632		
5	1819	214	nb	nb	218	10	64	50.4	21.3	27.1	0.95	0.00542		
6	1820	245	nb	nb	234	12	123	51.1	20.9	26.7	2.29	0.01214		
7	1821	520	nb	nb	515	16	69	49.8	19.8	29.1	3.86	0.00929		
8	1822	325	nb	nb	317	14	52	51.2	19.3	28.2	2.68	0.01048		
9	1823	300	nb	nb	301	15	53	50.6	20.6	27.5	1.49	0.00614		
10	1824	115	nb	nb	111	14	19	51.0	20.1	27.6	0.33	0.00373		
11	1825	90	nb	nb	95	8	21	51.7	19.7	27.2	0.64	0.00834		
12	1826	86	nb	nb	82	16	28	51.3	20.1	27.2	0.78	0.01172		
13	1827	364	nb	nb	356	20	45	51.4	20.5	26.8	0.94	0.00327		
14	1828	780	nb	nb	753	22	235	50.7	20.3	27.6	8.34	0.01373		
15	1829	519	nb	nb	506	25	74	51.2	20.1	27.4	2.56	0.00627		
16	1915	1650	1745	1.06	1707	20	275	49.6	19.3	29.8	19.8	0.01438		
17	1939/4	380	320	0.84	364	16	77	51.1	20.2	27.4	2.59	0.00881		
V. Klufertyp im 2. Erzhorizont (nach B. P. Laschkov), [18 und 19]														
1	AK-8				4410	nb	158	49.2	19.2	30.2	12.30	0.00346	U: 1.065 % Pb: 0.0368 % U/Pb : 28.9 K-Wert: 0.00552 Mill. Jahre: ~ 35	
2	AK-9			0.8	8430	nb	431	49.0	19.7	29.9	29.76	0.00438		
3	AK-11				21440	nb	202	34.5	15.1	49.4	67.65	0.00391		
4	AK-13			bis	7480	nb	271	44.7	18.4	35.7	39.80	0.00660		
5	AK-14				17320	nb	1149	49.6	20.0	29.1	64.95	0.00465		
6	AK-15				5010	nb	181	48.1	18.7	31.9	18.57	0.00460		
7	AK-16			1.2	2814	nb	237	49.6	19.9	29.1	13.48	0.00594		
8	AK-17				18330	nb	313	12.7	18.2	68.7	157.19	0.01063		

Fortsetzung Tab. 22

Lfd. Nr.	Pr.Nr.	Labor Gröna			Labor Leningrad (St. Petersburg)						Pb-206 g/t	K-Wert Pb-206.1.24 U-238	Durchschnittliche Orientierungswerte
		g/t		[Ra]	g/t			Anteil in %					
		U	[Ra] ¹⁾	U	U	Th	Σ Pb	Pb 208	Pb 207	Pb 206			
VI. 1. Erzhorizont, Unterquader-Sandsteinbank, rostfleckig, oxidiert, Bl. 1939, Bl. 2368													
1	33	690	2530	3.67	642	9	372	52.0	17.6	29.1	32.42	0.06263	U: 0,0371 % Pb: 0,0292 % U/Pb : 1,27 K-Wert: 0,077
2	34	185	400	2.16	174	5	167	51.0	19.1	28.6	10.33	0.07361	
3	35	690	1230	1.78	633	11	460	50,3	18,2	30,2	41,62	0,08154	
4	36	373	1060	2.84	329	9	115	50,5	17,5	30,7	11,97	0,04511	
5	37	134	230	1.72	124	7	129	50,5	19,1	29,1	8,62	0,08620	
6	38	302	470	1.56	268	42	372	51,4	18,7	28,6	25,26	0,11688	
7	86	605	510	0.84	627	<2	1519	51,9	19,9	26,9	51,80	0,10244	
8	87	183	220	1.20	173	3	427	51,4	20,9	26,4	6,64	0,04759	
VII. 1. - 2. Erzhorizont, Unterquader-Sandsteinbank, graufarbig, Bl. 1432													
1	7	162	120	0.74	149	7	44	53.3	19.1	26.2	1.43	0.01193	Û: 0,0309 % Pb: 0,0237 % U/Pb : 1,3 K-Wert: 0,02627
2	9	144	100	0.69	125	<2	13	50.6	19.4	28.7	0.56	0.00560	
3	10	275	190	0.69	243	<2	30	51.7	19.3	27.7	1.30	0.00661	
4	11	342	240	0.70	312	<2	97	50.6	18.8	29.3	6.95	0.02761	
5	12	270	250	0.93	234	<2	87	49.6	20.1	29.1	4.62	0.02450	
6	13	313	240	0.77	280	<2	101	50.7	19.5	28.5	5.51	0.02442	
7	14	625	560	0.90	565	3	280	52.1	20.0	26.6	8.18	0.01794	
8	15	620	600	0.97	561	2	469	50.0	21.5	27.2	7.82	0.01727	
9	16	333	260	0.78	304	<2	404	51.0	20.5	27.2	11.89	0.04850	
10	17	325	330	1.02	296	3	230	51.8	20.1	26.8	6.92	0.02900	
11	18	359	260	0.72	327	4	856	52.0	20.3	26.4	19.94	0.07560	
VIII. Unterquader-Sandsteinbank mit 1. und 2. Erzhorizont, VS 60^E, n. B. P. Laschkov, [18 und 19]													
1	KS-	nb		0.86	1177	nb	121	51.2	20.6	26.9	2.89	0.00305	U: 0,1107 % Pb: 0,0133 % U/Pb: 8,3 K-Wert: 0,00345 Mill. Jahre: ~ 23
2	KS-	nb		0.92	1085	nb	121	50.9	20.8	26.9	2.50	0.00286	
3	KS-	nb		0.88	1092	nb	146	51.7	20.7	26.2	2.29	0.00260	
4	KS-	nb		0.97	1500	nb	122	51.0	20.1	27.5	4.48	0.00371	
5	KS-	nb		1.15	541	nb	114	51.6	20.6	26.4	2.10	0.00483	
6	KS-	nb		1.06	1250	nb	173	51.3	20.5	26.8	4.23	0.00419	
IX. Unterquader-Sandsteinbank, Erzklufft, VS 60^E, n. B. P. Laschkov, [18 und 19]													
1	AK-18	nb		nb	78000	nb	2588	49.7	19.9	29.0	146.55	0.00233	U: 11,225 %: Pb: 0,35 % K: 0,00234 U/Pb : 32,1 Mill. Jahre: ~ 15
2	AK-20	nb		nb	17500	nb	5436	49,8	19,7	29,2	337,14	0,00239	
3	AK-21	nb		nb	13600	nb	4266	50,2	19,5	28,9	259,97	0,00237	
4	AK-22	nb		nb	60000	nb	1731	49,9	19,5	29,2	110,92	0,00229	
X. Granit von Markersbach, Kluffvererzung, Bl 2422/82, n. B. P. Laschkov, [18 und 19]													
1	S256/8	nb			228	52	19	50.2	19.6	28.9	0.924	0.00503	U: 0,0311 %: U/Pb : 8,0 Pb: 0,0039 K-Wert: 0,00749 Mill. Jahre: ~ 49
2	S293/8	nb			132	62	70	52.1	20.6	26.0	0.91	0.00854	
3	S293/8	nb			344	48	44	49.7	19.0	30.0	3.27	0.01179	
4	S293/8	nb			730	53	42	49.0	18.3	31.4	4.07	0.00691	
5	S257/8	nb			119	52	18	50.3	20.4	28.0	0.50	0.00520	
XI. "Erzgeröll", Hornfels, aus den cenomanen Basisschichten, Bl. 2450/80													
1	To-1	1190	680	0.57	1199	4.4	35	49.7	21.1	27.9	0.84	0.00087	K-Wert: 0,00138 %
2	To-2	1270	680	0.54	1156	4,8	36	51,1	18,9	28,7	2,16	0,00232	
3	To-3	3000	1520	0.51	2348	6,2	58	49,9	20,8	28,0	1,77	0,00094	
XII. Uranlagerstätte Freital, Erzfeld Bannewitz, n. P. P. Schilowski [39 und 40] u. B. P. Laschkov (Steinkohle, Brandschiefer, Aleuolith, Arkose-													
1	16				1279	nb	287	46.3	19.3	33.2	31.11	0.03016	K-Wert: 0,02549 Mill. Jahre: ~ 160
2	24				423	nb	62	46,6	19,25	32,85	6,38	0,01870	
3	8				500	nb	134	46,4	20,6	31,85	10,30	0,02556	
4	25				309	nb	287	51,2	21,2	26,3	3,08	0,01235	
5	48				1730	nb	815	50,2	20,6	27,9	29,31	0,02101	
6	41				941	nb	177	46,0	19,2	33,5	19,96	0,02630	
7	46				337	nb	146	47,2	20,3	31,2	10,79	0,03970	
8	52				1111	nb	433	47,9	21,0	29,8	22,07	0,02463	
9	61				8392	nb	1789	48,9	20,4	29,4	97,87	0,01446	
10	69				1591	nb	65	21,0	11,4	67,1	37,02	0,02885	
11	13				10760	nb	1620	44,2	19,9	34,7	190,79	0,02199	
12	16				7825	nb	516	36,1	17,0	46,0	142,62	0,02260	
13	21				3740	nb	310	39,2	16,8	43,0	76,10	0,02523	
14	23				12450	nb	1827	45,8	20,1	32,9	175,35	0,01746	
15	27				4996	nb	642	41,7	18,4	38,8	115,91	0,02877	
16	34				20830	nb	5318	47,8	19,7	32,2	498,08	0,02965	
17	38				8254	nb	639	37,5	16,5	45,1	173,90	0,02612	
18	40				4938	nb	1911	48,2	20,3	30,2	123,35	0,03098	
19	24				1780	nb	1765	50,7	20,9	27,1	41,88	0,02918	
20	26				1136	nb	445	47,9	20,8	30,1	25,25	0,02756	
21	29				1911	nb	1129	44,6	20,0	34,2	125,42	0,08138*	
22	31				3000	nb	866	47,5	19,8	31,4	72,41	0,02993	
23	31				4247	nb	603	40,6	18,5	39,8	114,54	0,03344	
24	33				641	nb	125	46,2	20,0	32,3	11,16	0,02158	

1) [Ra] angegeben in Gleichgewichtsäquivalenten von Uran
 2) Pb-206 anomal, ermittelt aus der Gleichung von A. G. Vetrov

$$Pb_{an}^{206} = 1,07 [\Sigma Pb (a^{206} \cdot B_{206} \cdot a^{207}) - Pb_{206}^{206}]$$
 B₂₀₆ und Pb²⁰⁶ (Untergrundgehalt) als konstante Größen des geochemischen Normalfeldes auf graphischen Wege nach Tab. 21 bestimmt zu 1,19 bzw. 0,2 g/t (Abb. 102)
 3) Altersangaben nach den K-Werte-Tabellen von Kulp, Beit, Broecker, 1954
 * Als Extremwerte nicht in Mittelwertbildung mit einbezogen.

Tab. 23: Verhältnis von Uragehalt und Radiationsdefekten (RD) im Erz

Erzobjekt	Probenanzahl für Mittelwerte	U g/t	RD in relativen Einheiten	$\frac{U}{RD}$
3. Horizont	39	453	15,2	27,6
2. und 1. Horizont Klufferztyp	33	751	16,2	44,6
	50	3433	25,1	113,8

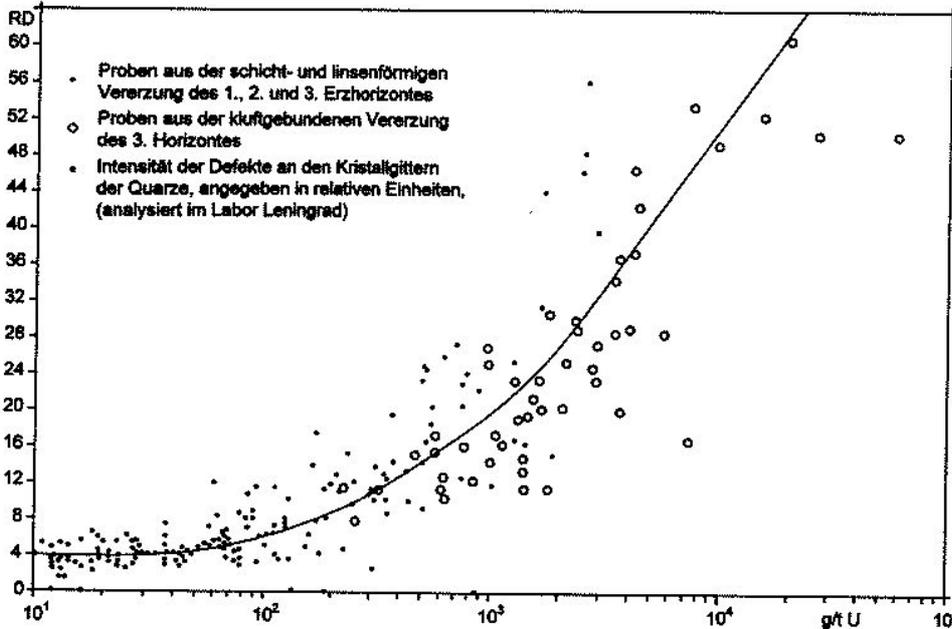


Abb. 138: Korrelation zwischen Konzentration des Urans und Radiationsdefekten (RD*) im Wirtsgestein

Koeffizient der Filtration (cm/Jahr), J: das hydraulische Gefälle. Die Gleichung auf die Bedingungen der Lagerstätte angewandt ergibt eine Erzbildungsdauer von:

$$T = \frac{6 \cdot 10^{-4} \cdot 2,2 \cdot 8 \cdot 10^4}{3,4 \cdot 10^{-9} \cdot 3,65 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = \frac{105,6}{1,241 \cdot 10^{-6}} \approx 85 \cdot 10^6 \text{ Jahre}$$

Das Ergebnis besagt, daß zur Herausbildung einer mittleren Urankonzentration von 0,06 % auf einer Barriere vom Typ des Königsteiner Cenomans nach den gegenwärtig gegebenen natürlichen hydrodynamischen und hydrochemischen Bedingungen ein Zeitraum von über 80 Millionen Jahren benötigt würde. Bemerkenswerter Weise nähern sich die beiden, nur durch grobes Kalkulieren erhaltenen Werte von 13 und 85 Millionen Jahren den physikalisch bestimmten Erzaltern verhältnismäßig weit an.

7.4.2 Über aszendente Erzauslenkungen an Basaltdurchbrüchen und Klüftungszonen, und daraus zu ziehende Schlußfolgerungen

Gegen Ende 1979 (Oktober/November) wurden im Südfeld der Lagerstätte auf der 135 m-Sohle Basaltgänge angefahren. Die Gänge durchschlagen mit steilem Einfallen den an der Königsteiner Granitschwelle ausgekeilenden Unterquadersandstein und den an ihn gebundenen 1. Erzhorizont

(Abb. 139). Nahezu saiger und dicht beieinander stehend, sind sie bis maximal 0,2 m mächtig. Der im Dach des Unterquaders bzw. 4. Grundwasserleiters verlaufende Erzhorizont ist an den Basaltdurchbrüchen nicht nur passiv mechanisch zerteilt. Er begleitet im Schnitt durch diese Zone die Basalte in einer Breite von 5-10 Metern aufwärts ins Hangende. Der Horizont wurde zu einem mächtigen, steilstehenden schichtenschneidenden Lager umgeformt. Das Lager erstreckt sich aus dem Unterquader heraus tief in den überlagernden Labiatuspläner hinein. Es zieht sich unter allmählicher Abschwächung und Einengung bis heran an den Übergang des Labiatuspläners in den turonischen, den 3. Grundwasserleiter bildenden Labiatussandstein. Die Basalte werden dem Oligozän zugeordnet, sie sind alkaliolivinitischen Typs und streichen mit 45-50°. Im granitischen Fundament vorherrschend frisch erhalten, sind sie im Unterquader und seinem Hangenden tonig zersetzt. Der Labiatuspläner ist an den Kontakten entkarbonatisiert. Basaltzersatz und entkarbonatisiertes Nebengestein sind gemeinsam mit Uran infiltriert und in Erzkörper mit Bilanz- und Außerbilanzgehalten überführt. Einen Querschnitt durch die Basaltoide zeigt die Abb. 139. Die Uragehalte im Basaltzersatz erreichen maximal 0,06 bis 0,22 % [34]. Wegen der großen Verbruchsgefahr in den Auffahrungen dieser Zone und zu erwartender Wassereinträge aus den Erz-Dachschichten in das Grubengebäude wurden die Erzkörper nur zum Teil abgebaut.

Diese Körper sind eindeutig jünger als der Basalt. Sie sind auf eine Umverteilung von Uran aus dem 1. Erzhorizont in den hoch adsorbierenden tonigen Basaltzersatz und dessen schluffiges Nebengestein durch Untergrundwässer zurückzuführen. Die Wässer wechselten aufsteigend, und mutmaßlich vulkanisch aufgeheizt, aus dem 4. in den 3. Grundwasserleiter über.

Urananomalien im Kreideprofil, stratigraphisch weit oben, an den Übergang des Labiatuspläners in den unterteronischen Labiatussandstein gebunden, hatten sich bereits in den radiometrischen Bohrlochmessungen und geochemischen Bohrkern-Profilierungen in der Vorerkundung der Lagerstätte abgezeichnet. Die Anomalien hielten sich an den südlichen und südöstlichen Rand der Vererzungskontur. Sie stellen bemerkenswerte Abweichungen der Radioaktivität vom stratigraphischen Normalfall dar und wurden als sog. Labiatusanomalien bezeichnet und dokumentiert (Abb. 44). Letztere sind engräumig begrenzt, erstre-

cken sich im Grundriß linear und streichen wie die Basalte mit 30-50° (Abb. 33). Unter Berücksichtigung der in der Basaltoidzone aufgefahrenen Vererzungsformen geben sie sich nun als Begleiter des tertiär-basaltischen Gangsystems in der Lagerstätte zu erkennen. Die Anomalien sind am einfachsten mit einer Überführung von Uran aus dem 4. in den 3. Grundwasserleiter zu erklären. Auch sie bestätigen die grundsätzlich bestehenden hydrogeologischen Voraussetzungen für sekundäre Umverteilungen von Uran. Jedoch handelt es sich hier nicht, wie bisher zu beobachten gewesen, um Umverteilungen, die sich von einem höheren in ein tieferes stratigraphisches Niveau durch absteigende Grundwässer vollziehen, sondern um solche, die in umgekehrter Richtung, von einem tieferen in ein höheres Niveau, mit aufsteigenden Wässern erfolgen. Von den Vertretern der Hydrothermaltheorie wurde die Erzführung der Basaltoidzone als Bekräftigung ihrer Auffassung von der Herbeiführung des Urans durch Tiefenlösungen in die Kreidebasisschichten gewertet.

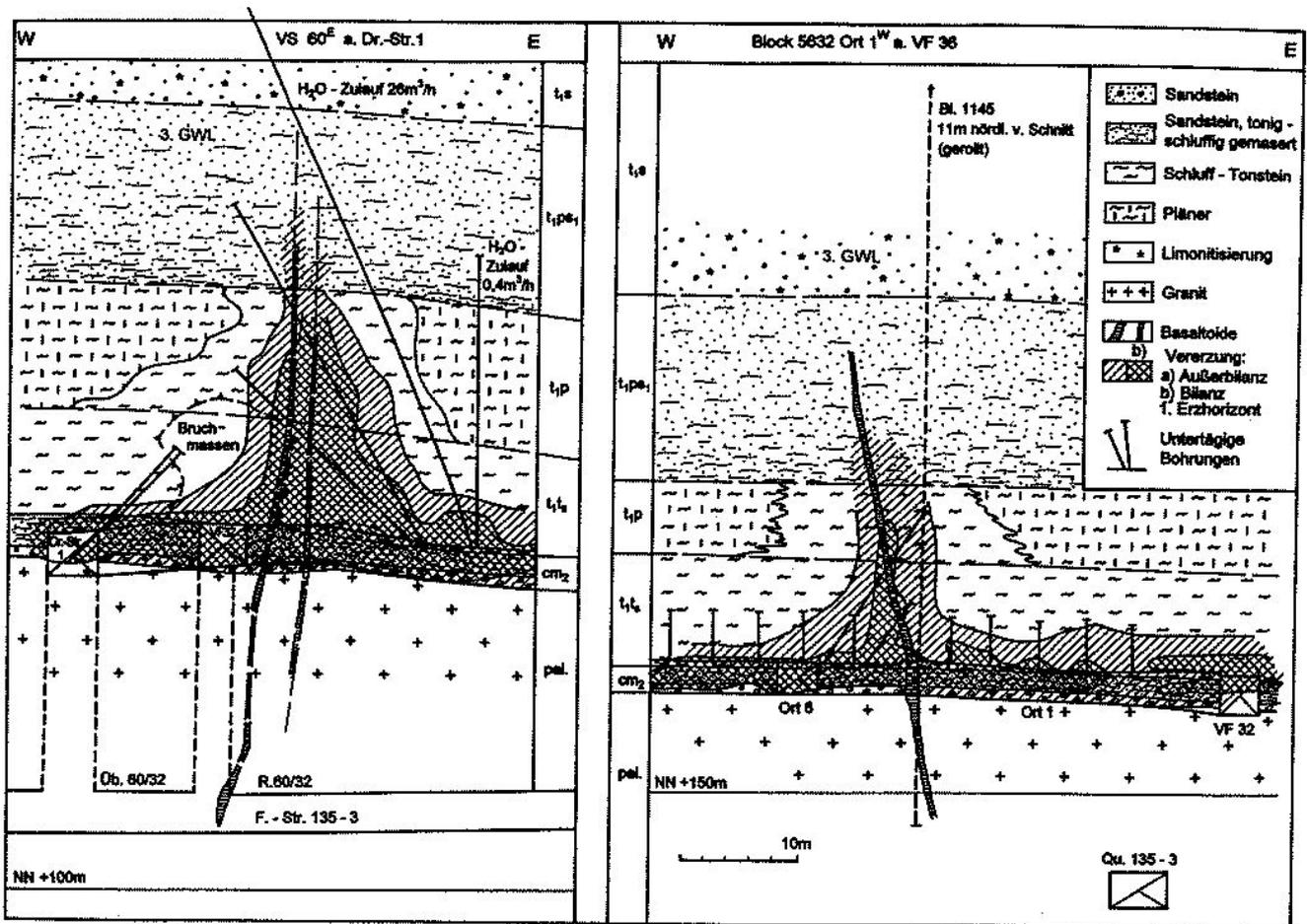


Abb. 139: Schnitte durch die Basaltoidzone am SO-Rand der Lagerstätte (K. H. SCHWARZE, 1982)

Die weiter oben beschriebenen hydrohämatischen Trümer-Flecken-Erze wurden schon vor dem Aufschluß der Basalte von den Vertretern der Schichtoxidationstheorie mit dem tertiären Vulkanismus in einem Zusammenhang stehend vermutet. Der mit diesem Mineralisationstyp verbundene Anstieg des Eisengehaltes im Unterquader von normal 1 % auf 5 bis 15 und maximal 24 % Fe_2O_3 warf die Frage nach dessen Herkunft auf. S. A. NEKRASSOVA [28] nahm das Eisen als aus den unterlagernden terrestrischen rotbunten Basisschichten und der präcenen Verwitterungsdecke zugeführt an. Die Zufuhr stellte sie mit einer zeitweiligen Umkehrung der Untergrundwässer aus der absteigenden in eine aufsteigende Bewegungstendenz infolge ihrer Thermalisierung durch den Vulkanismus in Zusammenhang. Als Bestätigung dafür sah Frau NEKRASSOVA die von ihr beobachteten metasomatischen Übergänge von Kaolinit in Dickit im Bindemittel der Sandstein-Trümer-Erze an. Dickit (Abb. 89 und 92) zeigt im Unterschied zu Kaolinit niedrigthermale Bildungsbedingungen an. Die Herausbildung der Trümer-Flecken-Erze wurde somit mit einer Wechselwirkung zwischen absteigenden oxidierenden, Sauerstoff und Uran enthaltenden, und aufsteigenden aufgeheizten reduzierenden Untergrundwässern erklärt, die zweiwertiges Eisen (Fe^{2+}) und Kohlenwasserstoffe mit sich führten. Der steil einfallenden Gesteinsklüftung wurde dabei eine Doppelrolle zugesprochen. Die Klüfte wurden „zum einen für die aus dem 4. Grundwasserleiter zusetzenden Schichtwässer als Eindringbahnen in dessen durchlässige Dach- und Sohlensedimente und zum anderen als Zufuhrkanäle für aufsteigende reduzierende Lösungen“ angenommen.

Bei diesen Untersuchungen hielt man den unterlagernden 3. Erzhorizont nicht für eine primäre eigenständige Bildung. Daher war dieser als eine entsprechend mögliche Ausgangsquelle für das Uran der Trümer-Flecken-Erze nicht mit in Betracht gezogen worden. An einer ausschließlichen Zufuhr des Urans durch absteigende Unterquaderwässer wurde durch die Bearbeiter beharrlich festgehalten [28]. Den mutmaßlichen Beitrag des tertiären Vulkanismus zur Uranerzbildung beschränkten sie auf die Möglichkeit, die Untergrundwässer zu thermalisieren und ihren Chemismus und ihr Zirkulationsregime zu verändern. In aufsteigenden, reduzierenden Wässern sollte das Eisen zugeführt und durch diese aus absteigenden oxidierenden Gegenwässern das Uran ausgefällt worden sein. Im Hinblick auf die tatsächlichen genetischen Beziehungen zwischen dem 3. und den beiden oberen Erzhorizonten besteht jedoch zu dieser Thematik noch zusätzlicher Erklärungsbedarf. So muß man an dieser Stelle betonen, daß es in der Lagerstätte Anhaltspunkte gibt, die nicht nur, wie in Abb. 139 gezeigt, Umverteilungen von Uran aus dem 4. in den 3. Grundwasserleiter belegen. Gewisse lokale Uranverteilungen lassen auf ähnlich erfolgte Verlagerungen auch aus dem 5. in den 4. Grundwasserleiter schließen.

Daß das Uran der beiden oberen Erzhorizonte im 4. Grundwasserleiter tatsächlich aus der zwischenlagernden Sandsteinbank herbeigeführt wurde, dürfte kaum noch strittig sein. Die klare Bindung beider Erzflügel je an das Dach und die Sohle der Sandsteinbank läßt keine andere Erklärung zu. Auch starke Störungen im Gleichgewicht des Urans mit seinen radiogenen Nachfolgeelementen, die je an den Kontakten der Erzflügel mit der zwischenlagernden, wasserdurchlässigen Sandsteinbank am schärfsten ausgeprägt vorliegen, sind dafür ein Beleg. Die Störungen sind durch die Trennung des Urans von seinen Zerfallsprodukten in einem offenen, der Wasserzirkulation zugängigen, physiko-chemischen System bedingt. Sie erlauben es, den Anreicherungsprozess in den Erzflügeln spezieller zu erfassen. So erwies sich in den untersuchten Profilen das Gleichgewicht zwischen Uran-238 und radiogenem Blei-206 an den genannten Grenzlinien der Erzflügel in extremster Weise gestört. Der Wert des Konzentrationsquotienten beider Komponenten ($\text{Pb-206} : \text{U-238}$) liegt an den beiden Erzkontakten mit der zwischenlagernden Sandsteinbank zugunsten von Pb-206 verschoben bei 0,1 und örtlich noch darüber. Von da aus fällt er in beiden Erzintervallen mit wachsendem Abstand von der Sandstein-Grenzlinie kontinuierlich, oder, durch die hydrologische Komplexität der Intervalle bedingt, diskontinuierlich auf unter 0,01 bis 0,003. Die Werte gehen, wie aus Abb. 140 ersichtlich, im unteren Erzflügel vom Hangenden zum Liegenden (Bl. 1923, 1924, Steigort 1) und im oberen (Bl. 1432) umgekehrt, vom Liegenden zum Hangenden, zurück. Im Längsschnitt des Unterquaders fallen sie, wie in Abb. 50 dargestellt, in Richtung ansteigender Urangelhalte im Sandstein, von West nach Ost von ca. 0,38 bis auf 0,0035.

Ausgehend von einem Alter der Wirtsgesteine des Urans von ca. 90 Millionen Jahren, mit einem normalen Verhältnis von Blei-206 zu Uran-238 im Wert von 0,014 nach KULP und BATE [17], verweisen die über diesem Werte liegenden Ergebnisse auf mangelndes und die darunter liegenden auf überschüssiges Uran in Bezug auf das radiogene Blei. Die überhöhten Werte lassen auf einen durch abgewandertes Uran verursachten Überschuß an Blei-206 und die zu niedrigen Werte auf einen durch zugewandertes Uran hervorgerufenen Mangel an Blei-206 schließen. Die ersteren Werte kennzeichnen die Profilabschnitte mit Wiederauflösung und Abwanderung von Uran unter Hinterlassung seines unter den gegebenen physikochemischen Bedingungen weniger beweglichen Zerfallsproduktes Blei. Sie markieren somit die wichtigsten Migrationsbahnen des Urans in der Schichtenfolge. Die in Abb. 140 gezeigten vertikalen Wertunterschiede im Konzentrationsverhältnis von Uran zum radiogenen Blei widerspiegeln nach dieser Auffassung die Zuführung des Urans aus dem Unterquadersandstein, seine Abscheidung an dessen Sohle und Dach und seine schrittweise Weiterverlagerung durch Lösung und Wiederausfällung in das Innere der Erzhorizon-

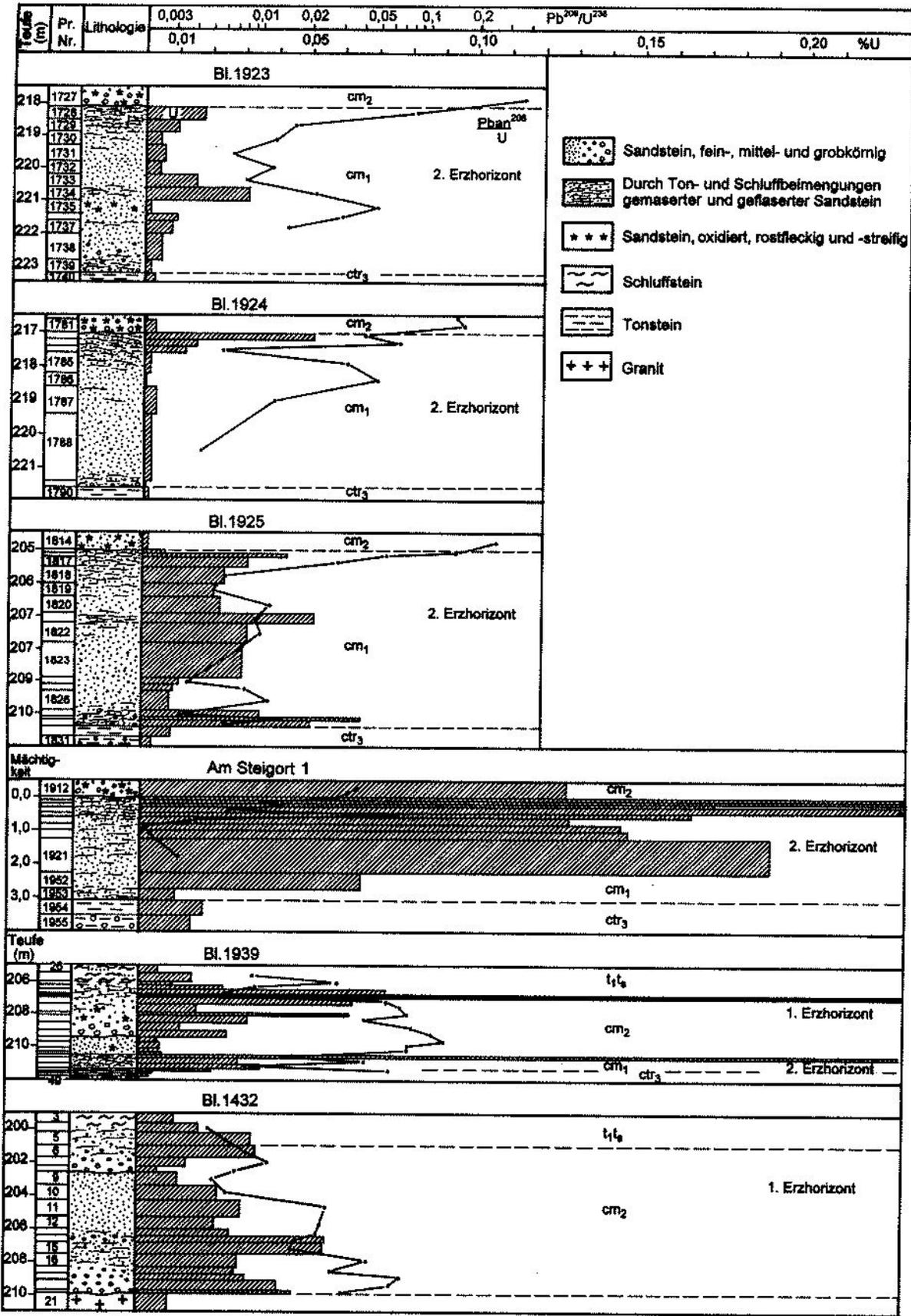


Abb. 140: Geochemische Profile durch den 1. und 2. Erzhorizont

te. Mit seinem Überschuß an Blei-206 bestätigt sich der Unterquadersandstein eindeutig als Hauptmigrations- und Zufuhrkanal für das in seinem Dach und Sohle und an seiner Oxidationsfront konzentrierte Uran.

Aus diesen Resultaten geht jedoch nicht die Herkunft des in den 4. Grundwasserleiter und die obere Lagerstättenetape gelangten Urans hervor. Die Frage nach der Metallherkunft bildet aber den eigentlichen neuralgischen Punkt bei der Erklärung der beiden oberen Erzhorizonte. Mit dem Wurmsandstein, dem Unterquader und Labiatu spläner wurde bekanntlich die unmittelbare Grundgebirgsumrahmung der Pirnaer Paläosenke überdeckt. Eine exodiagenetische Überprägung dieser Ablagerungen durch in sie eindringende kontinentale Untergrundwässer in Verbindung mit einer Zuführung und Anreicherung von Uran, wie sie für die Herausbildung des 3. Erzhorizontes in den unterlagernden terrestrischen Credneriensichten eine ausschlaggebende Rolle spielte, war von da an nicht mehr möglich. Der als Uranquelle für den 3. Erzhorizont bedeutsame Markersbacher Granit war spätestens mit der Ablagerung von Labiatu spläner und Unterturonsandstein überdeckt. Als Uranspender für die marinen Schichten stand er zu dieser Zeit nicht mehr zur Verfügung. Die polymetallische Basisanomalie, welche mit erhöhten Konzentrationen an Thorium, Zinn und weiteren Elementen den terrestrischen Profilabschnitt der Lagerstätte einschließlich des 3. Erzhorizontes charakterisiert, reicht aus diesem Grund nicht bis an das stratigraphische Niveau des marinen Profilabschnittes der Lagerstätte und seiner beiden oberen Erzhorizonte heran. Der Granit von Markersbach kommt als mögliche Uranquelle zur Erzbildung erst wieder in jüngster geologischer Zeit, nach seiner neuerlichen Freilegung, im Zusammenhang mit der erörterten Unterquader-Schichtoxidation in Betracht. In dieser Entwicklungsphase müssen nach den vorliegenden Untersuchungsbefunden jedoch die beiden oberen Erzhorizonte bereits angelegt gewesen sein. Zu ihrer Erklärung sind somit außer der Grundgebirgsumrahmung noch andere mögliche Uranquellen in Erwägung zu ziehen.

Wenn man, wie bereits erörtert, mit offensichtlicher Berechtigung endogene Tiefenlösungen als Vererzungsursache der beiden oberen Horizonte auszuschließen hat, kommt als eine solche in erster Linie der Uranreichtum der unterlagernden terrestrischen Schichten im allgemeinen und der ältere 3. Erzhorizont im besonderen in Frage. Bereits durch die Aufarbeitung des Untergrundes in der Phase der Überflutung der Pirnaer Senke durch das Kreidemeer dürften Urananteile aus den liegenden terrestrischen in die marinen Basissedimente mit übernommen worden sein. Wie in Bohrkernprofilen und untertägigen Grubenauffahrungen zu erkennen, wurde der Unterquader über erosionsbedingten Schichtlücken, die örtlich bis in das Niveau der Flußauen- und rotbuntenfarbigen Basisschichten reichen, abgelagert.

Unter Berücksichtigung der Bedingungen, die in der Basaltoidzone und den Klüftungsbereichen der Lagerstätte vorgefundenen wurden, ist jedoch als ausschlaggebender Vererzungsfaktor die spätere epigenetische Einwanderung des Urans in den marinen Profilabschnitt anzunehmen. Am wahrscheinlichsten erscheint eine Überführung des Urans in diesen Profilabschnitt aus dem unterlagernden 3. Erzhorizont durch aszendente Untergrundwässer, die über die Gesteinsklüftung aus dem 5. in den 4. Grundwasserleiter (GWL) überwechselten.

Der Verfasser würde diese Erklärungsvariante nicht zur Diskussion stellen, hätten sich dafür keine Hinweise ergeben. An diesbezüglichen Indizien fehlt es jedoch in der Lagerstätte nicht. Die klarsten Anzeichen für aszendente Uranmigrationen aus dem 5. in den 4. GWL wurden in der Zwischenzone festgestellt, die sich längs der östlichen Flanke des Pirnaer Erzfeldes erstreckt. In diesem Erzfeld ist die Uranführung ausschließlich auf den 3. Erzhorizont im 5. Grundwasserleiter beschränkt. In der besagten Zwischenzone dehnt sich selbige aber, ebenso wie die des 1. Erzhorizontes in der Basaltoidzone, säulenförmig in ihr Hangendes hinein. Die Uranführung zieht sich aus den Flußauenschichten im 5. GWL nach oben durch den Wurmsandstein bis an den oxidierten Unterquader bzw. 4. GWL. Im Dach des Unterquaders zeigen die Bohrlochmessungen die dort übliche schwache radiometrische Anomalie (als Äquivalent zum 1. Erzhorizont) intensiver als außerhalb der Zone ausgebildet an (Abb. 141). Die engräumige strukturelle Bedingtheit des aufwärts gerichteten Erzauswuchses geht aus den durch ihn gelegten Bohrloch-Querprofilen hervor. Außer mit einer verstärkten Gesteinszerklüftung ist der Auswuchs mit einer Hochlage im Fundament verbunden, die die Bahra-Kirchberger von der Leupoldishainer Zuflußsenke trennt (Abb. 142). Offensichtlich bildet die Vererzungssäule die Bewegungsrichtung von uranhaltigen Untergrundwässern ab, die zeitweilig aszendent aus dem 3. Erzhorizont und 5. Grundwasserleiter in den 4. Grundwasserleiter überwechselten. Mit ihrem Eintritt in den Wurmsandstein und Unterquader führten deren Wässer das gelöste Uran im hydrodynamischen Gefälle den beiden oberen Erzhorizonten der sich östlich anschließenden Königsteiner Lagerstätte zu.

Basaltgänge wurden in der Zwischenzone allerdings nicht festgestellt. Erst ca. 4 km weiter westlich durchschlägt am westlichen Rand der Pirnaer Paläosenke, am Cottaer Spitzberg, ein Basaltzug die Kreideformation. Von vielen hier niedergebrachten Bohrungen erschlossen zwei, und zwar die Bohrungen Bl. 2289A/85 und Bl. 2293/85, in der Kreide je eine zwar schwache, doch nennenswerte und bezeichnender Weise räumlich engbegrenzte Strahlungsanomalie (Abb. 33). Obwohl nur von geringer Intensität, ist die von Bl. 2293/85 doch dadurch bemerkenswert, daß sie sich, wie die Erzführung in der Basaltoid- und in der Zwischenzone, über einen mächtigen, 35 Meter umfassenden

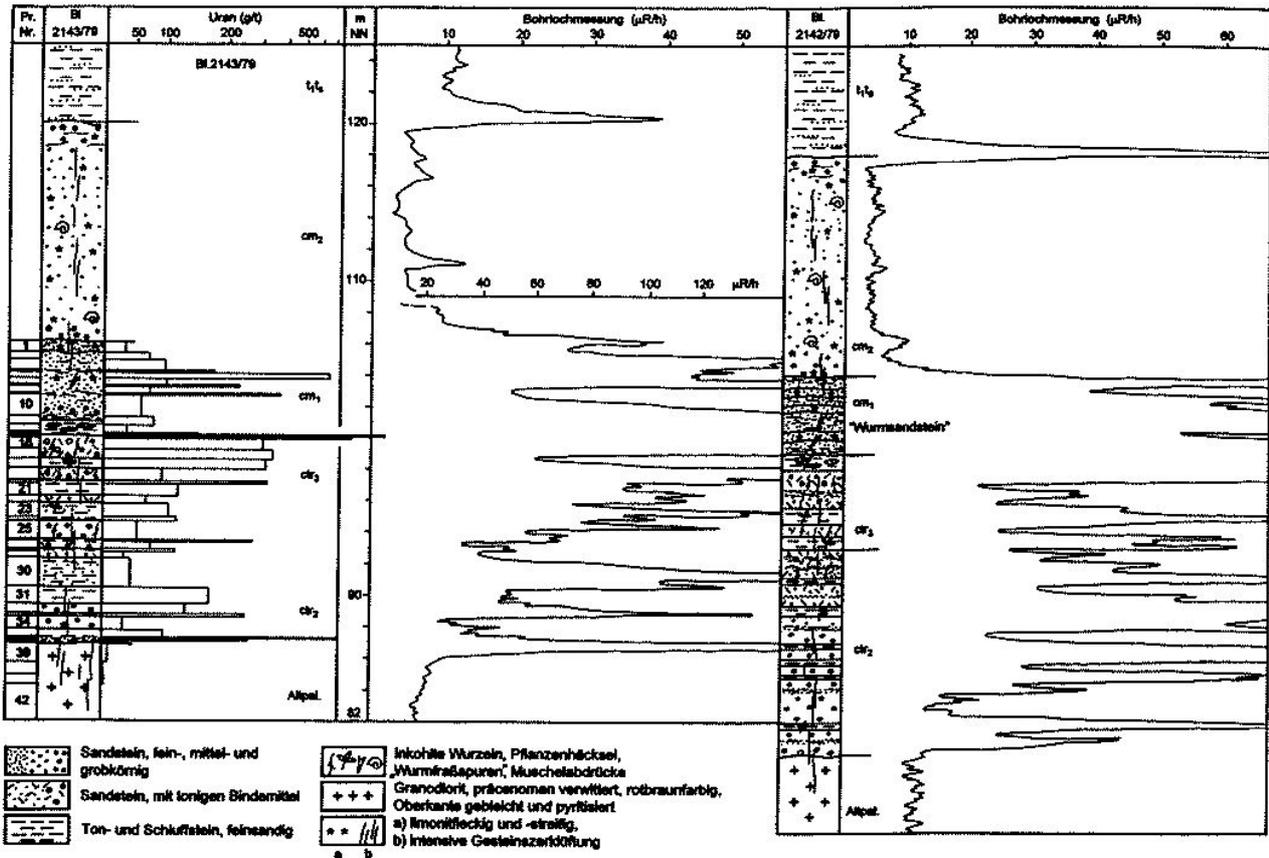


Abb. 141: Drüter Erzhorizont mit einbezogenem lagunären „Wurmsandstein“ in der „Zwischenzone“

den, Profilabschnitt der basalen Kreide hinwegverteilt. Die einzelnen Maxima der Anomalie, mit Intensitäten nach der Bohrlochmessung bis 100 µR/h und darüber, sind nicht auf die Stufe der Crednerienschiefer beschränkt. Sie sind außerdem an Sohle und Dach des Unterquaders bzw. 4. Grundwasserleiters und weiter im Hangenden an den Übergang des Labiatustpläners in den Turonsandstein bzw. 3. Grundwasserleiter gebunden. Die aszendenten Aureolen beider Vererzungsetagen in den jeweils hangenden Grundwasserleitern Nr. 4 und Nr. 3 sind in Abb. 33 abgegrenzt.

Die für die Lagerstätte charakteristische Erzverteilung steht, wie in Kapitel 4 erörtert, in ihrer unteren Etage mit einer primären syngenetischen und in der oberen Etage mit einer sekundär epigenetischen Gesteinszonalität im Zusammenhang. Das Verteilungsbild läßt sich am einfachsten mit zeitlich und örtlich veränderlichen und dabei auch aszendenten Bewegungsrichtungen der uranföhrnden Untergrundwässer in der Lagerstättenregion erklären. Die im 3. Erzhorizont bzw. 5. Grundwasserleiter vorliegende Fazieszonalität der terrestrischen Ablagerungen setzt für die cenomanen Untergrundwässer als Einzugs- und Nährgebiet die südliche und südöstliche, vorherr-

schend granitische Grundgebirgsumrahmung voraus und als Bewegungsbahnen die beckenwärts nach Norden bis Westen streichenden Paläo-Zuflußsenken. Gewisse mit Uran vererzte Klüfte des 3. Horizontes lassen, wie in der Zwischenzone, auf Untergrundwässer schließen, die durch vulkanische Aufheizung und Tektonik begünstigt, aszendent aus dem 5. in den 4. Wasserleiter überwechselten. Die an den letzteren gebundenen beiden oberen Erzhorizonte und Gesteinsveränderungen sind auf Untergrundwässer mit Flußrichtung hauptsächlich von West nach Ost aus dem Becken zum Rand hin zurückzuführen. Die aus dem 2. Erzhorizont hervorgehenden und in den Abb. 53, 58 und 59 dargestellten Klüftungserze wurden dagegen eindeutig aus Klüftwässern mit absteigender Tendenz abgeschieden.

Somit ist für die Lagerstätte eine beachtliche Vielfalt alter Grundwasser-Bewegungsrichtungen zu registrieren. Dieser Sachverhalt wirft die Frage nach der Herausbildung der Lagerstätte und insbesondere ihrer oberen Erzetage im Zusammenhang mit einem Grundwasser-Kreislauf-System auf. Ein solches könnte zwischen dem 5. und 4. Grundwasserleiter entwickelt, mit zeit- und ortsabhängig auf- und absteigenden Klüftungswässern in der Lagerstätte be-

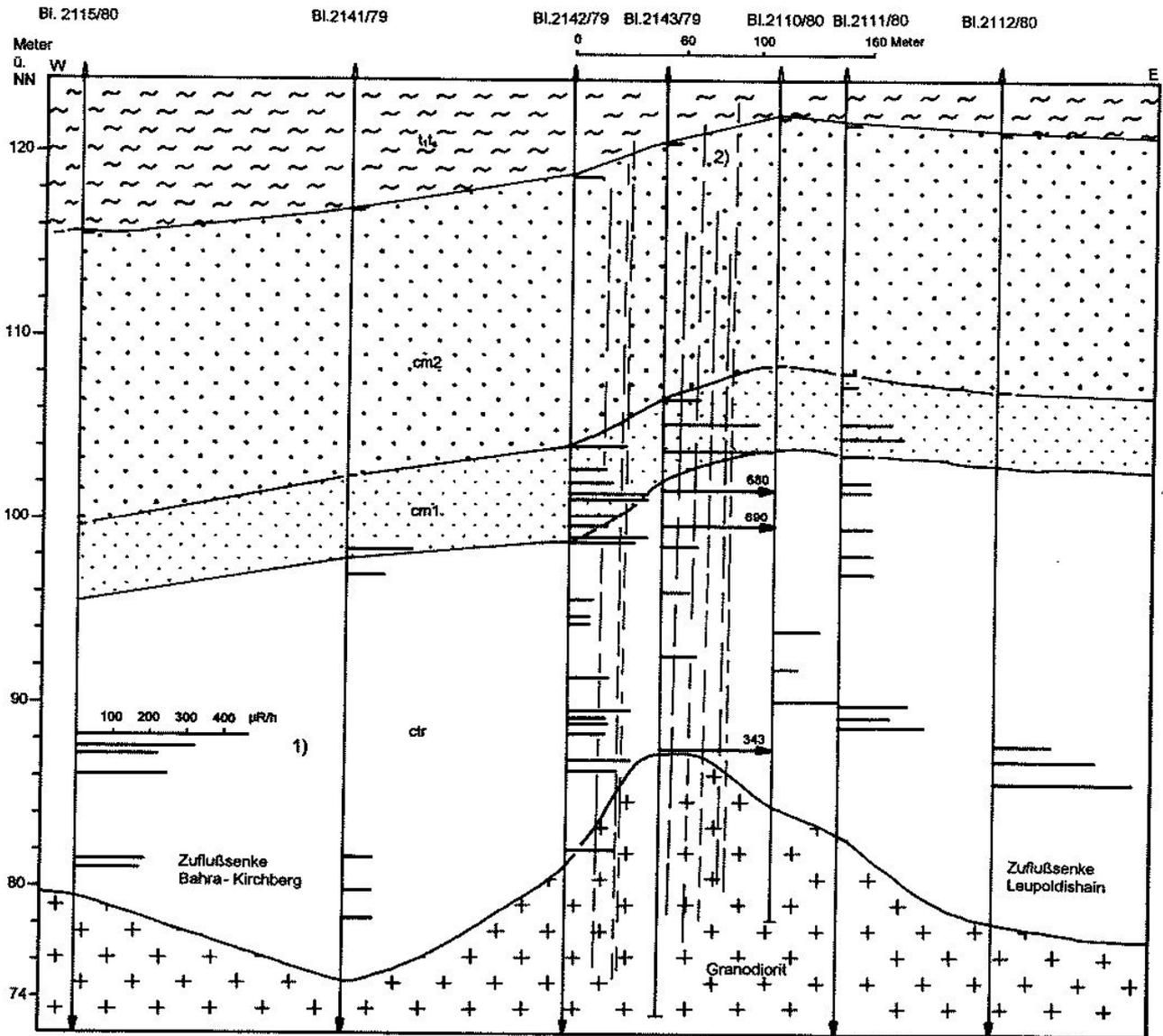


Abb. 142: Bohrprofil durch die „Zwischenzone“
 1) = Intervalle anomaler Radioaktivität nach der Bohrlochmessung

standen haben. Es würde sich um einen Kreislauf handeln, wie er mit umgekehrter Wirkungsweise zur Wiederherauslösung des Urans aus seinem Wirtsgestein zur chemischen Gewinnung zuletzt in Königstein technologisch angewendet wurde.

Die Existenz eines erzbildenden und erzmodifizierenden Untergrundwasser-Kreislaufsystems war nicht umfassend durch Fakten zu belegen. Seine Annahme will nur als eine Hypothese verstanden sein. Doch vermag diese Auffassung das genetische Hauptproblem der Lagerstätte, nämlich den Charakter der Beziehungen zwischen unterer und oberer Erzetape, verständlicher als alle anderen Modelle zu erklären. Die Vorstellung geht von der Uranführung des terrest-

rischen Profilabschnittes als der Grundlage für die Lagerstätte aus. Und von der Weiterentwicklung dieser Grundlage zu einem zweietagigen über Klüftungszonen verbundenen Vererzungssystem. Die Annahme beruht auf der Eigenständigkeit der in der unteren Etage im 3. Horizonte der Lagerstätte verbreiteten Erzkörper. Sie nimmt diese Körper als Bildungen für sich selbst und nicht, wie häufig zu vernehmen, als sekundäre, klüftungsgebundene Abkömmlinge aus den beiden oberen Erzhorizonten an. Dieser Standpunkt erlaubt es umgekehrt, die oberen Horizonte als metastatische Ableger des untersten zu betrachten. Mit dieser Interpretation ergibt sich weder ein Widerspruch zu dem in der Lagerstätte verwirklichten Sonderfall der drei übereinander entwickelten Erzhorizonte, noch zu dem all-

gemeineren Fall der Verbreitung von Uranerzbildungen allein im terrestrischen Profilabschnitt des Cenomans, wie er z. B. für die kleinere Begleitlagerstätte Pirna und die Uranvorkommen von Rosenthal, Hinterhermsdorf, Hausdorf und Leuteritz typisch ist.

Das neue Modell, das die obigen genetischen Thesen gleichsam vom Kopf auf die Füße stellt, wird außerdem, wenn auch nicht bis in alle Details, durch die herausgefundenen Erzaltersverhältnisse gestützt. Die Häufigkeitsverteilungen der Werte für das Verhältnis von Blei-206 zu Uran-238 zeigen ein Maximum für schichtkonforme Erze aus dem 3. und 2. Horizont zwischen 0,01 und 0,006 bzw. zwischen 65 und 40 Millionen Jahren nach der Altersdatierung. Ein Nebenmaximum für den 3. Erzhorizont liegt außerdem zwischen 0,014 und 0,018 bzw. zwischen 90 und 115 Millionen Jahren. Der Klufertyp hat sein Maximum zwischen 0,002 und 0,008 bzw. zwischen 15 und 50 Millionen Jahren (Abb. 145). Das Nebenmaximum im 3. Erzhorizont weist auf den Beginn der Vererzung der terrestrischen Flußauensedimente schon in der Zeit ihrer Ablagerung und Exo-Diagenese durch Untergrundwasser-Infiltration hin. Das Maximum mit 40-65 Millionen Jahre ist der Herausbildung der beiden oberen Erzhorizonte und der Weiterentwicklung des 3. im Zusammenhang mit der Grundwasserzirkulation über die Gesteinsklüftung zuzuordnen. Das Maximum mit 15-50 Millionen Jahre wird auf die jüngere Umverteilung und Zuführung von Uran in Verbindung mit der weiteren tektonischen, hydrogeologischen und vulkanischen Entwicklung des Lagerstättengebietes in der Ära der saxonischen Gebirgsbildung zurückgeführt.

7.4.3 Das radioaktive Gleichgewicht

Die jüngsten Umverteilungen von Uran zeigen sich in Störungen des Gleichgewichts mit seinem Zerfallsprodukt Radium an. Beeinträchtigungen des normalen Konzentrationsverhältnisses von Radium und Uran beruhen, wie auch im Fall von Uran und Blei, auf einer räumlichen Trennung beider Komponenten durch voneinander abweichendes Migrationsverhalten unter den jeweils gegebenen physiko-chemischen Bedingungen. Außerdem sind sie durch Jüngstabscheidungen von Uran mit noch bestehenden Defiziten an Radium verursacht. Da die Halbwertszeit von Ra-226 1602 Jahre beträgt und sich gestörte Gleichgewichte in der Uran-Zerfallskette nach achtfacher Halbwertszeit zu 98,4 % normalisieren, können vorliegende Störungen im Konzentrationsverhältnis beider Elemente erst in den letzten 13 000 Jahren verursacht worden sein. Im Verhältnis beider Komponenten wird der Ra-Gehalt in Gleichgewichtsäquivalenten des Urans und das radioaktive Gleichgewicht als Quotient von diesem Äquivalent und dem Uragehalt ($[Ra] : U$) und das Gleichgewicht in Prozenten ausgedrückt.

Für die Lagerstätte sind beträchtliche Verschiebungen im Gleichgewicht beider Elemente von 1 bzw. 100 % charakteristisch. Die Abweichungen stehen mit der derzeitigen Grundwasserzirkulation im allgemeinen, im besonderen aber mit der Ausbildung der Zone der Schichtoxidation sowie mit dem Wechsel der Lithologien innerhalb der Erzintervalle im Zusammenhang. An der Grenzlinie der Oxidation des Unterquadersandstein wird aus diesem Gestein unter oxidierenden Bedingungen von beiden Elementen selektiv nur das Uran herausgelöst und abgeführt und unmittelbar hinter der Oxidationsfront im adsorbierenden und reduzierenden Milieu neuerlich abgeschieden. Indem die Oxidationszone den westlichen Teil der Lagerstätte einnimmt und ihre Grenzlinie sich im Grundriß axial von Süd nach Nord durch die Lagerstätte schlängelt, sind auch die Gleichgewichtsverschiebungen entsprechend lokalisiert. Im westlichen, oxidierten Teil des Unterquaders erreichen sie zugunsten von Radium bis zu 500 %. Hinter der Oxidationsfront im Osten fallen sie in den Sandsteinerzen zugunsten des Urans bis auf Werte von 20 %. Die hochsortierten und permeablen Unterquadersandsteine enthalten daher aneinandergrenzende Flächen mit Überschuß und Mangel an Radium in Bezug auf das radioaktive Gleichgewicht. Diese Bereiche stimmen mit älteren Zonen eines entsprechenden Überschusses bzw. Mangels an radiogenem Blei-206, wie weiter oben beschrieben, teilweise überein. Sie weisen auf die Dauerhaftigkeit gerichteter Migrationsprozesse in der Lagerstätte hin.

Von ca. 500, nach Lithologie, Oxidationsgrad, Vererzungssintensität und Stratigraphie unterteilten Proben aus der Lagerstätte wurden die Gehalte an [Ra] und U bestimmt. Die Werte beider Elemente wurden in je einem Korrelationsdiagramm für die beiden oberen Erzhorizonte und für den 3. Erzhorizont dargestellt (Abb. 143). Sie streuen für beide Elemente in den einzelnen Proben in weiten Grenzen um ihr Gleichgewicht von 1 bzw. 100 %. Im Niveau des Unterquaders liegen die Gleichgewichtswerte in den oxidierten rostfleckigen Sandsteinen, zugunsten von Radium verschoben, meist über und in den grau-farbigem Sandsteinen zugunsten des Urans gestört, vorherrschend unter 1. In den graufarbigem feinsandigen Schluff- und Tonsteinen des in Dach und Sohle des Sandsteins verlaufenden 1. und 2. Erzhorizontes sind sie ortsabhängig sowohl zum Radium als auch zum Uran verschoben und liegen über wie auch unter 1. Im 3. Erzhorizont zeigt die Mehrzahl der Sandsteinproben einen Uran- und der Schluff- und Tonsteinproben einen Radiumüberschuß. Während die Einzelwerte des Gleichgewichts in den entnommenen Proben zwischen 0,38 und 4,0 streuen, pendeln ihre aus 5 Stichproben errechneten Mittelwerte zwischen 0,76 und 2,2 (Tab. 24). Der Durchschnitt aller Einzelwerte ergibt 1,14. Dieser Wert weist auf den Ausgleich der Einzelabweichungen innerhalb des Schichtenprofils hin und auf das Vorliegen eines radioaktiven Gleichgewichts für die

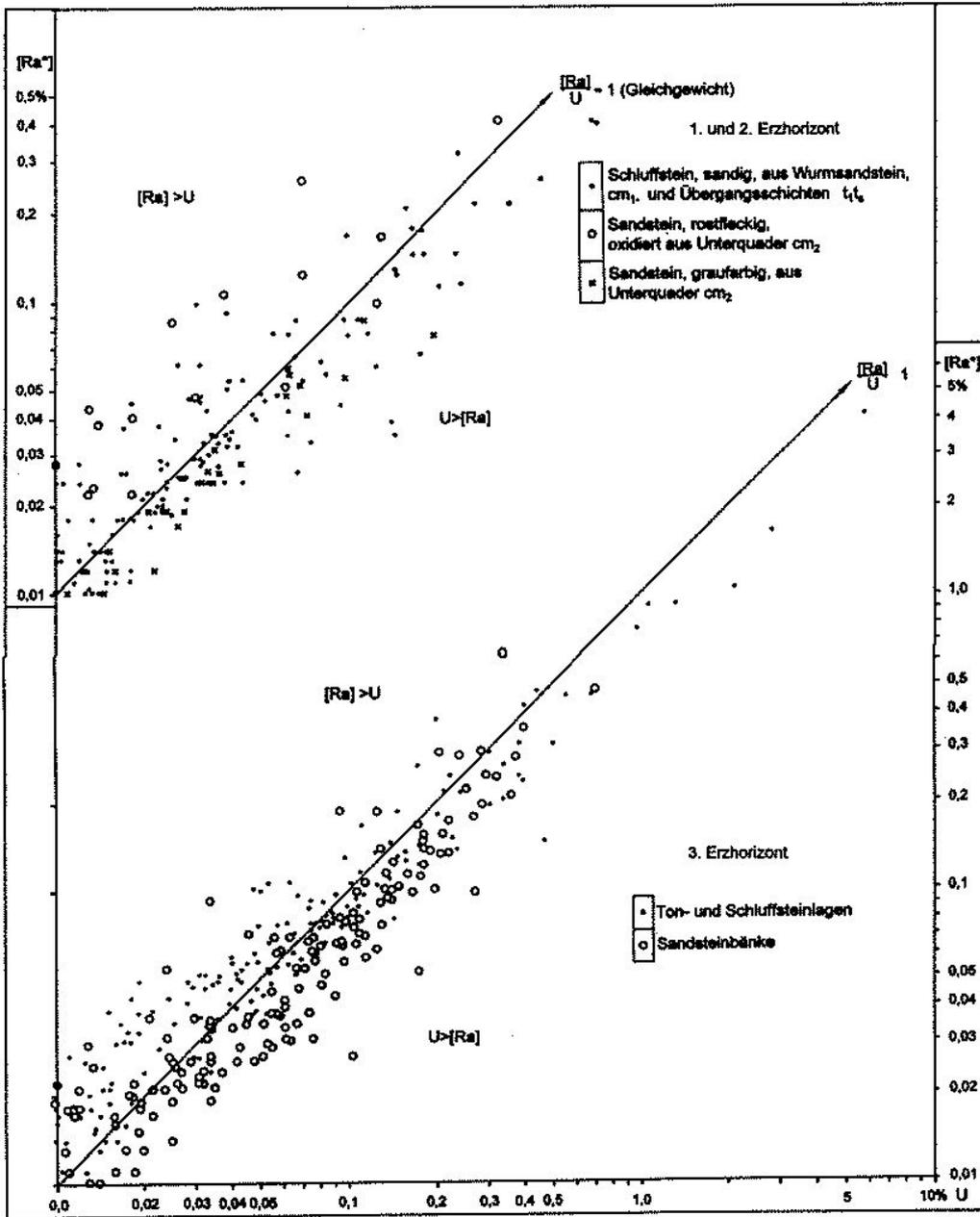


Abb. 143: Korrelationsdiagramme von Uran und Radium für die drei Erzhorizonte

*) Angaben in Äquivalenten von Uran

Lagerstätte insgesamt. Die Störungen im Gleichgewicht sind nicht allein, wie in den Unterquadersandsteinen der Fall, durch eine im Vergleich mit Radium größere Beweglichkeit des Urans verursacht. Sie sind außerdem auf eine eigenständige Migration des aus den Erzkörpern hervorgehenden Radiums zurückzuführen. Die hohe Adsorbierbarkeit dieses Elementes durch tonige und organische Substanz, welche die des Urans noch weit übertrifft, erklärt seine verbreitete Überschüssigkeit zum Uran in den Schluffsteinlagen der Erzintervalle. An den Kontakten dieser Lagen mit permeablen Sandsteinschichten ist das Uran jedoch gewöhnlich überschüssig enthalten, was sich mit einer Zuführung desselben aus den Untergrundwasserleitern noch in jüngster Zeit erklärt.

Zu einer genaueren Erfassung des radioaktiven Gleichgewichtes wurden zusätzlich mehrere tausend Schlitzproben aus Bohrkernen und Grubenstrecken der Lagerstätte entnommen. Nach Angaben von D. DUSEMOND hat sich bei der Analyse für die einzelnen Lithologien und radiologischen Zonen ein linearer Zusammenhang zwischen den Logarithmen der Uran- und Radiumgehalte bzw. der Koeffizienten des radioaktiven Gleichgewichtes, wie nachfolgend angegeben, herausgestellt:

$$\lg Ra = a \lg U + b \lg K_E = A \lg Ra + B$$

Diese Beziehung bildete die Grundlage zur Auswertung der Ergebnisse der Gammamessungen in Bohrungen und Grubenbauen für die Berechnung der Erzvorräte und zur Festlegung der Abbauführung unter Berücksichtigung der

Tab. 24: Mittelwerte zur Lage des radioaktiven Gleichgewichtes [Ra]/U in der Lagerstätte

Erzobjekt	Stratigraphie	Lithologie	Proben- zahl	U g/t	[Ra]	[Ra] U
1. und 2. Horizont	t _{1t} u. cm ₁	Schluffstein und schluffig-tonig gemaserner Sandstein	141	696	576	1,05
Unterquader-Bank	cm ₂	Sandstein, rostfleckig bis weiß farbig	26	402	658	2,18
		Sandstein, graufarbig	27	448	312	0,76
3. Horizont	ctr	Sandstein, gaufarbig	162	888	720	0,90
		Ton- und Schluffstein	183	1509	1064	1,34
Lagerstätte insgesamt			539	1003	776	1,14

Veränderlichkeit des radioaktiven Gleichgewichtes. Die Schlitz- und Kernproben wurden aus einem engmaschig über die Lagerstätte gelegten Beprobungsnetzes (30 x 40 m) entnommen. Die ermittelten Koeffizienten wurden zur Bestimmung der Urangelhalte aus den radiometrischen Messungen genutzt.

7.4.4 Die Etappen der Herausbildung der Lagerstätte

Die in dieser Abhandlung enthaltenen und erörterten geologischen und geochemischen Fakten sind in ihrer Gesamtheit weder mit der Theorie von der Herausbildung der Lagerstätte allein durch Sandsteinzwischenschicht-Oxidation noch mit Vorstellungen aus nur hydrothermalen Sicht zu vereinbaren. Nach diesen Fakten kann sich die Lagerstätte nicht im Ergebnis einer einmaligen, zeitlich begrenzten Einwirkung auf die Kreideformation, sei es exogen im Zusammenhang mit einer jungen, postkretazischen Zwischenschicht-Oxidation oder endogen durch einen hydrothermalen Prozeß im Tertiär, entwickelt haben. Die Untersuchungsbefunde lassen vielmehr auf eine allmähliche Entstehung der Lagerstätte, im Verlauf einer langen Zeit und unter Anteilnahme sowohl von exogenen als auch endogenen Faktoren schließen, wie sie zum einen in den Vererzungen des schichtkonformen und zum anderen des kluftgebundenen und an Basaltoide geknüpften Typs zum Ausdruck kommen. Die Lagerstätte weist eindeutig voneinander unterscheidbare syngenetische, exo-diagenetische und epigenetische Bestandteile auf. Der Prozeß der Konzentrierung des Urans nahm bereits mit der Ablagerung der terrestrischen Credneriensichten seinen Beginn. Er setzte sich mehr oder weniger kontinuierlich über das Tertiär und, wie es die verschobenen Gleichgewichte zwischen Uran und Radium erkennbar machen, bis in das Quartär und weiter bis in die Jüngstzeit fort. Nach ihren morphologischen und stofflichen Merkmalen wurden folgende genetisch voneinander zu unterscheidende Anreicherungsformen ausgegliedert:

1. Die polymetallische Basisanomalie
2. Die schicht-linsenförmigen Vererzungen des 3. Erzhorizontes in der unteren Lagerstätten-Etage

3. Die zweiflügelige Erzrolle in der oberen Lagerstätten-Etage
4. Die kluftgebundenen, beide Etagen miteinander verbindenden Vererzungen.

Alle 4 Bestandteile überlagern und durchdringen sich und gehen mit fließenden Grenzen ineinander über. Mit ihnen zeichnen sich die einzelnen aufeinanderfolgenden und auseinander hervorgehenden Entwicklungsetappen der Lagerstätte ab.

Die erste Etappe umfaßt mit einer Voranreicherung des Urans die Zeit der Ablagerung der terrestrischen Credneriensichten. Sie ist für die Herausbildung der paläogeographisch kontrollierten polymetallischen Basisanomalie bezeichnend. Ein weites Spektrum von Elementen, insbesondere mit U, Th, Sn, Pb, Zn und Seltenen Erden wird in weiter Verbreitung und geringer Konzentration am Fuße einer granitischen Festlandsschwelle gemeinsam mit deren Abtragungsmaterial syngenetisch angesammelt. Bei Uran und Thorium steigen die mittleren Gehalte beckenrandlich in den sandigen Schichten von normal 1 bzw. 7 bis auf 10 bzw. 40 und in den pelitischen Sedimenten von 4 bzw. 20 bis etwa 40 bzw. 100 g/t an. Damit werden sie um das Zehn- bzw. Fünffache ihres normalen regionalen Hintergrundspiegels angereichert. Beide Elemente sind miteinander korreliert.

Die zweite Etappe schließt auf der Verbreitungsfläche der Polymetall-Anomalie die Herausbildung der schicht-linsenförmigen Vererzungen des 3. Horizontes der Lagerstätte in sich ein. Das aus der verwitternden Grundgebirgsumrahmung der Paläosenke auslaugbare Uran wird vom Thorium getrennt, das unter denselben Bedingungen im Gestein verbleibt. Das Uran gelangt, in Untergrundwässern gelöst, in die sandigen Sedimente des dem Grundgebirge auflagernden Paläofluß-Systems. Es wird im Ergebnis der Wechselwirkung der uranhaltigen Untergrundwässer mit den schluffig-, tonig-, kohlig-sulfidisch zusammengesetzten Ablagerungen der Stufe der Flußauen-Schichten, welche die permeablen fluviatilen Sande untergliedern, aus der Lösung wieder ausgeschieden. Dabei wird es an den adsorbierenden und ausfällenden Gesteinsbestandteilen zunehmend konzentriert. Nachträgliche

Auslaugung und Wiederabtragung solchen Sediments an den Ablagerungsrändern, verbunden mit beckenwärtigen Umverteilungen des Urans in Anhebungsphasen des umrahmenden Grundgebirges, begleiten und verstärken seine lokale Anreicherung. Diese vollzieht sich exodiagenetisch infiltrativ in der Periode des Übergangs der Sedimente von Locker- in Festgesteine. Sie verläuft mit der Bildung der polymetallischen Basisanomalie zum Teil noch zeitlich parallel. Doch sind deren weniger löslichen Elemente aus der Familie der Hydrolysate wie z. B. Thorium, Zinn und Seltene Erden in die infiltrative Erzbildung nicht mit einbezogen. Die für die Polymetall-Anomalie kennzeichnende Korrelation von Uran und Thorium bricht aus diesem Grund mit der einsetzenden Infiltrativ-Vererzung ab. Das Konzentrationsverhältnis von Thorium und Uran fällt, wie aus Abb. 144 zu entnehmen, von Werten über auf Werte kleiner als 1.

Die in 2 Phasen zu unterteilende **dritte Etappe** beinhaltet die Einwanderung von Uran in die obere, durch marine Sedimente gekennzeichnete Etage der Lagerstätte und in das sich entwickelnde Kluftsystem der Schichtenfolge. Der Vorgang steht mit der tektonischen, vulkanischen und hydrogeologischen Beanspruchung der Kreidetafel hauptsächlich seit dem Tertiär im Zusammenhang. Die Heraushebung, Schrägstellung und teilweise Wiederabtragung der Kreidetafel und die Umbildung der Pirnaer Paläosenke zu einem eröffneten artesischen Becken spielen eine ausschlaggebende Rolle. Uran wird in dieser Periode durch zum Teil vulkanisch aufgeheizte Untergrundwässer mit lokal aufsteigender Tendenz von unten aus dem 3. Erzhorizont über das Kluftsystem in den hangenden litoralen Unterquadersandstein eingespeist. Außerdem wird es dem Sandstein durch absteigende Grundwässer aus der südlichen granitischen Tafelumrahmung zugeführt. In der 1. Phase der Etappe scheidet sich das Uran unter adsorbierenden und reduzierenden Bedingungen in Dach und Sohle des Sandsteins unter der allmählichen Herausbildung des 1. und 2. Erzhorizontes ab. Mit dem Bestehen örtlicher Wasserkreisläufe zwischen dem 5. und 4. Grundwasserleiter setzt zugleich die Phase der Umverteilung von Uran aus den schichtkonformen Erzhorizonten in das die Horizonte schneidende Kluftsystem ein. Es formieren sich die säulig ausgerichteten, klüftungsgebundenen Uranerzkörper. Der Vererzung unterliegen zugleich die Basaltoide, die die Lagerstätte an ihrem südöstlichen Rand durchziehen. An den Kontakten der Erzkörper mit der Grundwasserzirkulation geht das Uran bevorzugt von der dispersen in die mineralisierte Existenzform über. Es bildet sich die charakteristische Abfolge der Trümer-Flecken-Erze. Auf den Kluft- und Schichtflächen des Wirtsgesteins und in seinen Poren und Kavernen werden Uranschwärze, Pechblende und Coffinit abgeschieden.

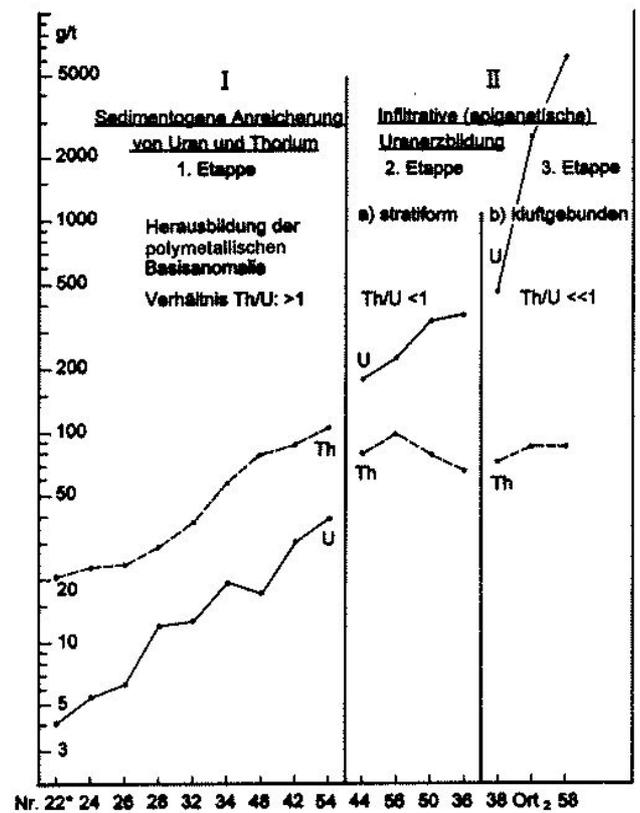


Abb. 144: Stadiale Entwicklung des 3. Erzhorizontes nach dem Th/U-Verhältnis

*) = untersuchte Teilbereiche (Ton-Schluffstein-Fazies) der Pirnaer Paläosenke, nach Tab. 12

In der 2. Phase der Etappe werden die obere Erzetape der Lagerstätte und Teile ihres Kluftsystems durch die junge Zwischenschichtoxidation überprägt. Im Zusammenhang damit wird Uran neuerlich zugeführt und ältere Uranabscheidungen werden umverteilt. Der an den Unterquader bzw. 4. Grundwasserleiter gebundene zweiflügelige Großerkörper gewinnt sein endgültiges, im Querschnitt rollenförmiges, Profil.

Im Zusammenhang mit ihrer stadialen Herausbildung zeichnet sich in groben Zügen eine Beziehung zwischen dem Alter, der Urankonzentrierung, der Begleitelementführung und der Ausdehnung der genetisch unterscheidbaren Bestandteile der Lagerstätte ab. So verhalten sich die nach dem Uran-Blei-Verfahren erhaltenen Erzalterwerte in der Tendenz zur Konzentration des Urans umgekehrt und zum Gehalt an begleitenden Elementen direkt proportional. Mit der Abnahme der errechneten Mittelwerte des Alters von den schichtkonformen über die gemischt schicht-klüftgebundenen bis zu den reinen Kluftvererzungen von etwa 70 über 49 bis 25 Millionen Jahre aus dem 3. Erzhorizont steigen z. B. die entsprechenden zugehörigen Konzentrationen des Urans von 0,04 über 0,18 auf 0,6 %

an. Die Werte seines Konzentrationsverhältnisses mit dem begleitenden Blei (U/Pb) erhöhen sich dagegen entsprechend von 2,8 über 18,6 auf 21,5. Im 2. Erzhorizont betragen für schichtkonforme und kluftgebundene Erze die Alterswerte entsprechend 59 und 35 Millionen Jahre, die zugehörigen Urangelhalte 0,034 und 1,06 % und die Werte des U/Pb-Verhältnisses 4,5 und 28,9. Im Unterquader-sandstein liegen die analogen Angaben bei 23 und 15 Millionen Jahren, 0,11 und 11,2 % sowie 8,3 und 32 (Tab. 22, Abb. 145).

Bei der Erörterung geochemischer Untersuchungsergebnisse im Kapitel 5 wurde auf die im Vergleich mit der polymetallischen Basisanomalie nur kleine Auswahl von Begleitelementen des Urans wie Blei, Zink und Molybdän in den exodiagenetischen und epigenetischen Infiltrationserzen der Lagerstätte bereits hingewiesen. Der selektive Charakter des stadiäl Uran anreichernden Prozesses auch in Bezug auf die letzteren Elemente geht am deutlichsten aus der oben gezeigten Entwicklung des Konzentrationsverhältnisses von Uran und Blei hervor.

Der Prozeß der Königsteiner Urananreicherung beginnt offensichtlich mit multikomponentigen Elementanomalien und führt in der Tendenz bis zu monometallischen Reicherzkörpern. Aufmerksamkeit verdient zudem der räumliche Aspekt des Zusammenhanges. Die stadiäl Urananreicherung vollzieht sich auf kleiner werdender Fläche und im sich verengenden Raum. So nimmt die schwache und im Vergleich mit der Lagerstätte unscheinbare Polymetallanomalie ein Areal von ca. 12 km² ein. Die an dieses Areal gebundenen Konturen der drei Erzhorizonte sind einschließlich des Pirnaer Vorkommens über etwa 8 km² hinweg verteilt. Der zweiflügelige Haupterzkörper der Lagerstätte ist auf 4,5 km² beschränkt und die Reicherzkörper des Kluftsystems nehmen insgesamt noch etwa 0,15 km² ein. Das reziproke Verhältnis zwischen Vererzungsintensität und Vererzungsfläche im Verlauf der stadiäl Herausbildung der Lagerstätte ist in Abb. 146 schematisch dargestellt.

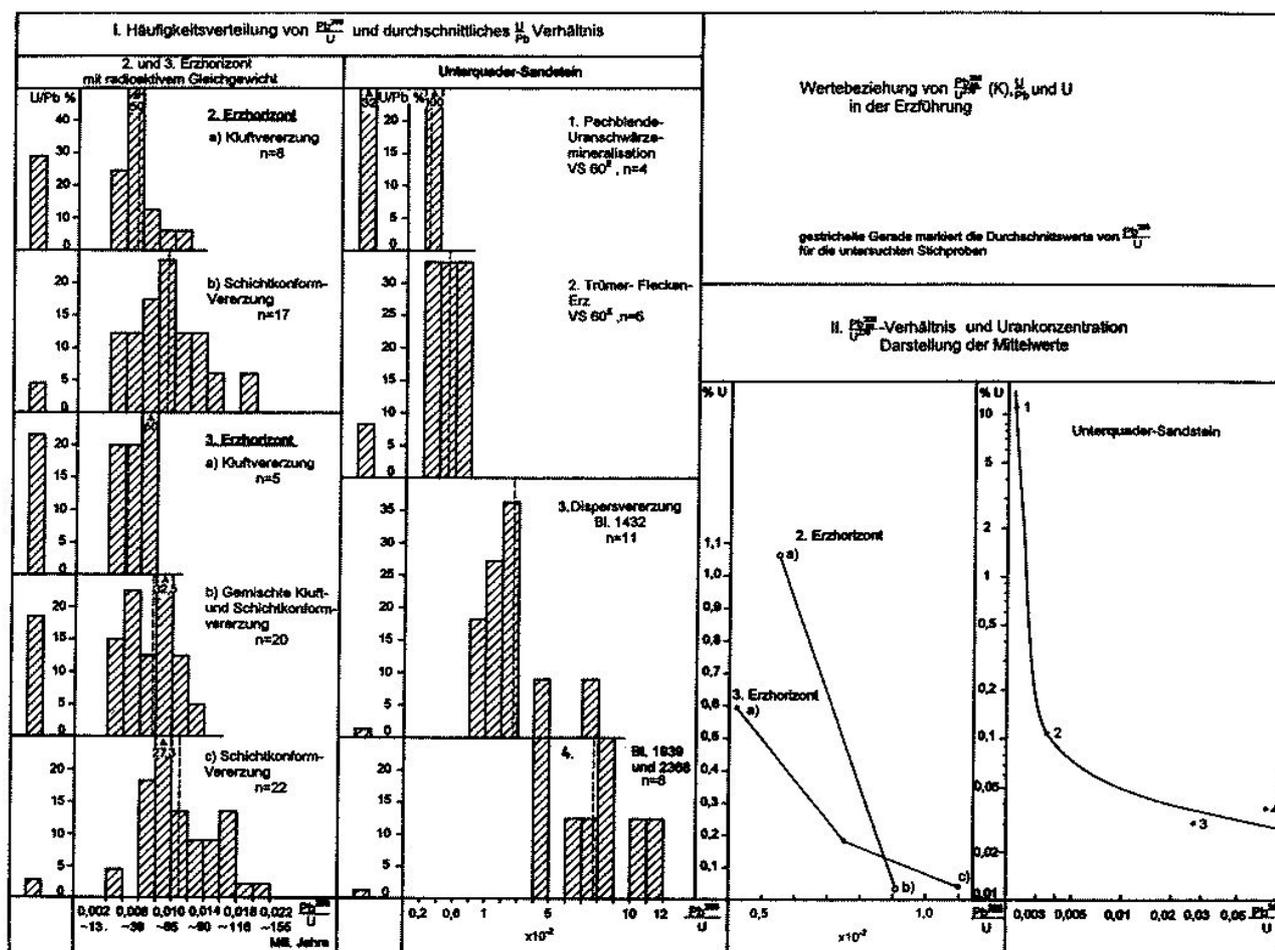


Abb. 145: Wertebeziehungen und Alterstappen der Erzbildung. Werte aus Tabelle 22

Tab. 25 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse zur Lagerstättengese

I. Stadien gemeinsamer Gesteins- und Erzbildung in der Lagerstätte unter Berücksichtigung von Theorien zur Genese exogener Uranlagerstätten nach J. W. Gruner, 1956, V. J. Dantschev und N. P. Strejjanov, 1976						
Entwicklungs-Stadien Geologie Geochemie	Hypergenese der Grundgebirgsumrahmung	Sedimentogenese des terrestrischen Cenoman 1. Anreicherungsetappe		Exodiagenese des terrestrischen Cenoman 2. Anreicherungsetappe	Regressive Katagenese* der Kreidetafel 3. Anreicherungsetappe	
Tektonik	Rhythmische Hebung und Abtragung	Zeitlich und örtlich differenzierte Bewegungen der Erdkruste mit der Herausbildung der Pirnaer Paläosenke und ihres Zuflußsystems			Schrägstellung, Heraushebung und teilweise Wiederabtragung der Kreidetafel, Basaltdurchbrüche. Bildung eines artesischen Beckens und eines Schicht- und Kluftwasser-Transit- und Zirkulationssystems mit 5 Hauptgrundwasserleitern.	
Lithologie	Mechanische und chemische Verwitterung	Transport, mechanische Aufbereitung, Ablagerung und Umverteilungen der Zerstörungsprodukte des Grundgebirges, lokale Wiederabtragung		Umbildung des Sediments zum Gestein, Wechselwirkung seiner Bestandteile untereinander und mit dem umgebenden Milieu, insbesondere der Grundwasserinfiltration, zur Erreichung eines chemischen Gleichgewichtes	Oxidierende und reduzierende Gesteinsveränderungen durch absteigende vadose Schicht- sowie aufsteigende Schicht- und juvenile Thermalwässer. Herausbildung eines epigenetischen Zonarbaues in der cenomanen Stufe.	
Metallogenie und Paläohydrogeologie	Freisetzung von Uran aus der Verwitterungskruste, bevorzugt in Phasen tektonischer Ruhe und tiefgründiger chemischer Verwitterung mit Rotverfärbung des Gesteins	Elementanreicherungen mit Seifencharakter in den rotbraunfarbigen Basissedimenten, insbesondere von Zinn in den basalen konglomeratischen Sandsteinbänken, mit Spitzengehalten bis $\geq 0,08\%$	Syngenetische Anreicherungen von U, Th, Sn, Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Mo, Ag und SE in den Flußauen- und See-Sumpflagerungen zur polymetallischen Basisanomalie	Einwanderung von Uran mit Grundwässern in die Flußauenschichten des Paläoflußsystems, zugeführt aus der verwitternden Grundgebirgsumrahmung und der rotbraunfarbigen Basisschichten. Beginn der Herausbildung des 3. Erzhorizontes am Außenrand einer geochemischen Adsorptions- und Reduktionsbarriere in den Kanälen des 5. Grundwasserleiters	Einwanderung von U mit weniger Pb, Zn und Mo in den 4. Grundwasserleiter und Unterquadersandstein. 1. azendend aus dem 5. Grundwasserleiter und 3. Erzhorizont über das Klüftungssystem und 2. deszendend aus der südlichen Grundgebirgsumrahmung der Kreidetafel	
					a) Frühphase	b) Spätphase
					Anlage des 2. und 1. Erzhorizontes (Obere Erzetape) infolge bevorzugt azendenter Zufuhr von Uran aus dem 3. Erzhorizont (Untere Erzetape), durch vulkanisch begünstigte Umorientierung der Untergrundwasserbewegung. Beginn der Umverteilung von Uran in das Kluftsystem. Weiterentwicklung des 3. Erzhorizontes.	Überprägung und Weiterentwicklung des 1. und 2. Erzhorizontes durch Zwischenschicht-Oxidation mit Zuführung von Uran aus der südlichen Grundgebirgsumrahmung. Herausbildung der zweiflügeligen „Uranerzrolle“, der klüftungsgebundenen Reicherzkörper und eines Verbundes der 3 Erzhorizonte. Teilweise Übergang von Dispersuran in Uranschwärze, Pechblende und Coffinit. In der Basaltoidzone Vererzung zersetzten Basaltes und Einwanderung von Uran aus dem 4. in den 3. Grundwasserleiter. Vererzung von Labiatuspläner und Turonsandstein (Labiatussandstein).
Mittelwerte der Urankonzentration (n. Tab. 12, 5, 6, 8, 9)	Verringerung von 10,1 auf 3,7 g/t im Granit, von 3,9 auf 2,6 im Granodiorit	~ 7 - 10 g/t	10 - 40 g/t	0,03 % x 10 m - 0,07 % x 9,5 m In Einzellagen bis 0,4 %	0,03 %x1,0 m-0,17 %x2,4 m In Einzellagen bis 0,7 %	~ 0,073 % x 10,4 m - 0,062 % x 17,9 m In Einzellagen bis 5,8 %
Mittelwerte des Th/ U-Verhältnisses (n. Tab. 12, 14, 17)	Anstieg von: 4,9 auf 14,7 im Granit 3,4 auf 7,6 im Granodiorit	5,5 - 11,7 In Einzellagen bis 51	3,1 - 7,2 positiv korreliert	~ 0,3 - 0,1 negativ korreliert	~ 0,03 - 0,02 lokal < 0,01	~ 0,02 - 0,01 lokal < 0,001
Mittelwerte des U/Pb-Verhältnisses (n. Tab. 12 und 20)	Verringerung von 0,49 auf 0,21 im Granit 0,14 auf 0,11 im Granodiorit	~ 0,1 - 0,5	~ 0,02 - 0,2	~ 2,8	~ 4,5	~ 18,6 - 28,9
Mittelwerte des radiogenen Pb ²⁰⁶ : U-Verhältnisses mit ungefähren Altersangaben (n. Tab. 20 und 22)	-	-	~ 0,018 ~ 116 Mill. Jahre (n. Tab. 21 und Abb. 102)	~ 0,01103 ~ 71 Mill. Jahre	~ 0,0085 ~ 55 Mill. Jahre	3. Horizont: 0,0075 - 0,004 ~ 49 - 25 Mill. Jahre 2./1. Horizont: 0,00552 - 0,00234 ~ 35 - 15 Mill. Jahre Pechblende-Min.: Nach lo/U-Verhältnis: ~ 100 - 400 Taus. Jahre
Mittelwerte des U : RD-Verhältnisses (n. Tab. 23)	-	-	-	~ 27,6	~ 44,6	~ 113,8
II. Rezente Migration von Uran und Radium nach Befunden der radioaktiven Gleichgewichte [Ra] : U (n. Tab. 24 und Abb. 143)						
1. Umverteilung von Uran aus der vorderseitig oxidierenden in die rückseitig reduzierende Zone der vererzten Unterquader-Sandsteinbank. Werte des Verhältnisses [Ra] : U vorderseitig: $> 1,0$ in Einzelproben bis 4,0; rückseitig: $< 1,0$, in Einzelproben bis 0,38.						
2. Zuwanderung von Uran aus den Sandsteinbänken der Flußauenschichten in angrenzende kohlenstoffhaltige Schluff- und Tonsteinzwischenlagen. Werte des Verhältnisses [Ra] : U an den Kontakten $< 1,0$, in Einzelproben bis 0,31						
3. Im Vergleich mit Uran selektiv bevorzugte Ra-Adsorption an den schluffig-tonigen Beimengen und Zwischenlagen der Sandsteinbänke innerhalb der Erzkörper. Werte des Verhältnisses [Ra] : U > 1 , in Einzelproben bis 5,8						
* Stadium der Lithogenese während der allmählichen Heraushebung sedimentärer Gesteinskomplexe an die Erdoberfläche, auch als regressive Epigenese bezeichnet: n. N. B. Vassovic u. L. B. Ruchin, zitiert in V. J. Dantscher, 1976 [5]						

