Bergbau in Sachsen Band 7

Die Uranlagerstätte Königstein

Bergbaumonographie

Freistaat Sachsen
Landesamt für Umwelt und Geologie
Oberbergamt

Bergbau in Sachsen“ ist eine Schriftenreihe, die gemeinsam vom Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie und dem Sächsischen Oberbergamt herausgegeben wird. In dieser Reihe erscheinen in loser Folge Monographien zu sächsischen Bergbaurevieren, die den Wissensstand zum Zeitpunkt der Einstellung der Bergbautätigkeit dokumentieren.

Band 7: Bergbaumonographie „Die Uranlagerstätte Königstein“. Geologisch-lagerstättenkundlich-bergwirtschaftlich und umweltgeologische Monographie des Kenntnisstandes bei Einstellung des Bergbaues.
208 Seiten, 173 Abbildungen, 28 Tabellen, Verzeichnisse zur Literatur und zu den Koordinaten speziell bearbeiteter Bohrungen. Manuskriptabschluß April 1999.

Titelbild: Luftbild des Hauptbetriebsgeländes mit der Schüsselgrundhalde und der Aufbereitungsanlage. Im Hintergrund: Festung Königstein, Lilienstein, Elbe. Foto: Wismut GmbH, Abt. Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Herausgeber*:* Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Zur Wetterwarte 1, D - 01109 Dresden
und Sächsisches Oberbergamt
Kirchgasse 11, D - 09599 Freiberg

Redaktion: Prof. Hermann Brause
Redaktionsschluß: Oktober 1999

Copyright: © Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie/
Bereich Boden und Geologi e, Freiberg.

Diese Arbeit ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen und der fotomechanischen Wiedergabe, sind dem Herausgebern vorbehalten.

Druck und Herstellung: Druckhaus Dresden GmbH

Vertrieb: Landesvermessungsamt Sachsen
Olbrichtplatz 3, 01099 Dresden
Postanschrift: Postfach 10 03 06, 01073 Dresden
Tel.: (03 51) 82 83 – 608, Fax: (03 51) 82 83 – 342
Schutzgebühr: DM 25,-

Hinweis: Diese Broschüre wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG) herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern im Wahlkampf zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme des Landesamtes zugunsten einzelner Gruppen verstanden werden kann. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

Die Uranlagerstätte Königstein

Helmut TONNDORF

Freiberg, Oktober 2000

Der Bergbau auf Uran durch das Unternehmen mit dem irreführenden Namen „Wismut“ (zunächst SAG, später SDAG) ist ein spezielles Kapitel der Bergbaugeschichte im Osten Deutschlands. Als unmittelbare Folge des Wettlaufes um die Atombombe und bis in die achtziger Jahre als Mosaikstein des Wettrüstens war dieser Bergbau und alles wirtschaftliche und gesellschaftliche Geschehen in seinem Umfeld ein eigener Staat im Staate. Das betraf in vollem Umfang auch die völlige Geheimhaltung geologischer Informationen. Dabei ist gerade die Entdeckung der Uranerzlagerstätte Königstein im Jahre 1963 das Ergebnis hervorragender wissenschaftlicher Prognosen und darauf aufbauender zielstrebiger Explorationsarbeiten, die es verdient hätten, der geowissenschaftlichen Fachwelt frühzeitig publik gemacht zu werden.

Die politische Wende im Osten Deutschlands führte 1990 zur endgültigen Einstellung des Uranbergbaus, dessen Unwirtschaftlichkeit zu diesem Zeitpunkt bereits mindestens seit einem Jahrzehnt außer Frage stand. Die derzeitige Sanierung des Uranbergbaus durch die Wismut GmbH setzt das umfassende Sachverständnis über den geologischen Aufbau der Lagerstätten, den Bergbau und die Verarbeitungstechnologie der Erze voraus, um sachgerecht und kostengünstig zu sein. Mit der vorliegenden Monographie wird ein wesentlicher Beitrag dafür geleistet. Dr. H. Tonndorf und allen weiteren in der Abhandlung erwähnten Fachkräften, sämtlich ausgezeichnete Kenner der Lagerstätte Königstein, sei herzlich für die detaillierte Darstellung gedankt, die für die Sanierungsarbeiten von unschätzbarem Wert ist. Voraussetzung dafür war auch die uneingeschränkte Nutzung der Archive der Wismut GmbH, die damit wesentlichen Anteil am Zustandekommen dieser Publikation hat und in diese Danksagung einzuschließen ist.

Dr. W. Pälchen
Vizepräsident
des Sächsischen Landesamtes
für Umwelt und Geologie

Bergassessor R. Schmidt
Präsident
des Sächsischen Oberbergamtes

Kurzzusammenfassung

Die verdeckte sedimentäre Uranlagerstätte Königstein befindet sich 25 km südöstlich der sächsischen Landeshauptstadt Dresden.

Die Lagerstätte ist an die cenomanen Basisschichten der Elbtal-Kreideformation gebunden, die das kristalline paläozoische Grundgebirge diskordant überlagern. Sie verdankt ihre Entstehung dem Zusammenspiel struktureller, geochemischer, lithologischer und hydrogeologischer Faktoren. Als Hauptquelle der Erzsubstanz ist der uranspezialisierte Markersbacher Granit anzusehen. Die Urankonzentration vollzog sich am Südostrand der Pirnaer Paläosenke durch die Einwirkung infiltrativer Wässer auf eine Wechsellagerung von teilweise kohligen Sand-, Schluff- und Tonsteinen, die den Übergang von einem terrestrischen in ein lagunär-marines Milieu charakterisieren. An geochemischen Barrieren kam es zu Abscheidung, Umlagerung und fortschreitender Anreicherung von Uran.

Die Lagerstätte wurde Anfang 1963 in Folge wissenschaftlicher Prognosen und gezielter Sucharbeiten entdeckt. 1967 begann ihr Abbau, der seit 1984 ausschließlich als Untertage-Laugung erfolgte und bis 1991 eine Gewinnung von insgesatm. 17 810 t Uran erbrachte.

Gegenwärtig sind komplizierte Aufgaben bei der Flutung und Verwahrung der Grube sowie die Wiedernutzbarmachung und Sanierung übertägiger Anlagen zu lösen.

Summary

The concealed sedimentary uranium deposit „Koenigstein“ is situated 25 km south-east of Dresden, the capital of Saxony..

The deposit is related to the Cenomanian basic layers of the Cretaceous Elbian depression, which are unconformable covering the palaeozoic crystalline basement. Its genesis is a result of the interaction of structural, geochemical, lithological and hydrogeological factors. The uranium-speciallised granitic massiv of Markersbach is recognized as the main source of ore substance. The concentration of uranium occured in the south-eastern boundary zone of the palaeo-depression of Pirna. Infiltration water acted on an interstratification of coaly sandstone, siltstone and claystone, determinating the change from terrestrial to marine-lagoonal environment. Deposition, redistribution and incrasing concentration of uranium occured at geochemical boundaries.

The deposit was discovered in the beginning of 1963 as a result of scientific forecasts and directed prospecting. Exploration began in 1967 and delivered an output of 17 810 t metallic uranium. The uranium extraction was reoganized using subsurface leaching in 1984.

Actually, difficult tasks remain to be solved in the process of keeping and flooding the mine and reclaiming of surface plants.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung ... 9

1 Einführung ... 11

2 Regionaler Überblick zur Elbtalzone ... 13
2.1 Die Kreidetafel und ihr Unterbau ... 13
2.2 Die Hintergrundgehalte von Uran und Thorium ... 17

3 Die Pirnaer Paläosenke als erzrelevante Struktur ... 21
3.1 Topographie, Unterbau, geologische Entwicklung ... 21
3.2 Das Cenoman: Stratigraphie, Lithologie, sedimentäres Milieu ... 23
3.2.1 Charakteristik der Schichtenfolge ... 23
3.2.2 Präcenomane Verwitterungskruste und überlagernder terrestrischer Profilabschnitt ... 25
3.2.3 Das Paläoflußsystem ... 33
3.2.4 Der marine Profilabschnitt ... 35
3.2.5 Die sedimentäre Rhythmizität ... 37
3.3 Die lokale Position der Lagerstätte ... 39

4 Die Beschreibung der Lagerstätte ... 44
4.1 Die Vererzungsstruktur ... 44
4.2 Der 3. Erzhorizont ... 47
4.3 Der 2. und 1. Erzhorizont ... 55
4.4 Die klüftungsgebundene Erzführung ... 69
4.5 Grundzüge der Erzlithologie und Erzmineralogie ... 82

5 Zu stofflichen Beziehungen zwischen Cenoman und Grundgebirge, unter besonderer Berücksichtigung der Geochemie von Uran und Thorium ... 105
5.1 Mineralischer, makrochemischer und mikrochemischer Vergleich ... 105
5.2 Synsedimentäre polymetallische Basisanomalie und monometallische Infiltrationsvererzung ... 111
5.3 Über „Erzgerölle“ in den cenomanen Basisschichten ... 118
5.4 Grundgebirgische Verwitterungskruste und sedimentäre geochemische Migrationsbarriere, als korrespondierende Objekte der Auslaugung und Anreicherung von Uran ... 125

6 Die übrigen Uranvorkommen in der Elbtalkreide ... 133

7 Zur Geschichte der Entdeckung, Erforschung und genetischen Zuordnung der Lagerstätte ... 138
7.1 Prognose, Suche und Auffindung ... 138
7.2 Die Hypothese der exogenen Erzbildung durch Zwischenschicht-Oxidation ... 144
7.3 Die Hydrothermal-Hypothese ... 148
7.4 Die Hypothese der exogen stadialen Erzbildung ... 153
7.4.1 Ergebnisse der Erzaltersbestimmung ... 153
7.4.2 Über aszendente Erzauslenkungen an Basaltdurchbrüchen und Klüftungszonen und daraus zu ziehende Schlußfolgerungen ... 158
7.4.3 Das radioaktive Gleichgewicht ... 165
7.4.4 Die Etappen der Herausbildung der Lagerstätte ... 167

8 Die Lagerstätte als Sonderprodukt im hypergenen Stoffumsatz ... 171

9 Bergwerk und Sanierungsbetrieb „Königstein“ (Nach Autoren der Wismut GmbH, aus Beiträgen zur Betriebschronik und zur Sanierungskonzeption von 1997) ... 174
9.1 Kurzer Abriß der Vorrats- und Betriebsentwicklung ... 174
9.2 Der Abbau der Lagerstätte im konventionellen Verfahren ... 180
9.3 Der weitere Abbau der Lagerstätte im chemischen Verfahren ... 187
9.4 Kurze Darlegung der Sanierungskonzeption ... 191

Inhalt

10 Literaturverzeichnis 196

11 Tabellenverzeichnis 198

12 Abbildungsverzeichnis 198

13 Koordinatenverzeichnis 202

14 Verwendete stratigraphische Symbole 206

Zusammenfassung

Die Monographie betrifft die in den sechziger Jahren durch die SDAG Wismut in der sächsischen Kreideformation im Elbsandsteingebirge nachgewiesene, erkundete und bis 1990 abgebaute Uranlagerstätte Königstein. Die Lagerstätte befindet sich in den Basisschichten der Kreideformation über der Diskordanz zum altpaläozoischen Grundgebirge. Sie ist an eine cenomane Schichtenfolge gebunden, die aufeinander folgend aus terrestrischen, lagunären und litoral-marinen Ablagerungen besteht. Der Profilabschnitt stellt eine komplizierte Wechselfolge hauptsächlich von Sandstein, Schluff- und Tonstein mit lokal eingelagerten kohligen Brandschieferlinsen dar. Die Wechsellagerung liegt präcenoman verwitterten Granodioriten und Graniten auf und füllt unter einem 150 bis 250 m mächtigen turonischen Deckgebirge die Paläodepression einer lebhaft gegliederten cenomanen Landoberfläche aus. Die Schichtenfolge widerspiegelt mit ihren einzelnen Gliedern den allmählichen Übergang des Gebietes von einem kontinentalen in ein marines Milieu im Verlauf der allmählichen Ingression des Kreidemeeres in die Depression. Das Profil unterteilt sich stratigraphisch von unten nach oben in die in sich gegliederten Crednerienschichten, den Unterquadersandstein und die Übergangsschichten zum unterturonischen Labiatuspläner. Es enthält den 5.[1] und 4. Grundwasserleiter der Kreidetafel.

Die Lagerstätte ist im südöstlichen Teil der Paläosenke, im Bereich der geologischen Meßtischblätter Königstein und Rosenthal, südlich der Elbe und westlich der Biela, zwischen Langenhennersdorf und Thürmsdorf, lokalisiert. Ihre Abbaukontur nimmt in 100 bis 280 m Tiefe 4,5 km² ein, erstreckt sich 600-1000 m breit über 4700 m und streicht SSW-NNE. Die Lagerstätte fällt schichtenkonform mit 3-4° in dieser Richtung ein. Ihre Urananreicherungen sind in der Tendenz monometallisch ausgebildet. Als schwacher Begleiter des Urans sind aus der Reihe der untersuchten Elemente nur Blei, Zink und Molybdän erwähnenswert. Das Uran ist in seinen Wirtsgesteinen vorherrschend dispers verteilt und mineralogisch nicht diagnostizierbar an schluffige, tonige, kohlige und sulfidische Gesteinsbestandteile gebunden. Lediglich an Stellen hoher Konzentration und wiederholter Umverteilung kommt es außerdem in mineralisierter Form als Uranschwärze, Pechblende und Coffinit auf Schicht- und Klüftungsflächen sowie im Sandsteinbindemittel und Porenräumen vor. In Klüftungszonen ist der schichtkonformen Dispersvererzung der Typus imprägnativer „Trümer-Flecken-Erze“ aufgeprägt. An sekundär oxidierten Erzabschnitten finden sich Autunit, Torbernit und Uranocircit.

Die Lagerstätte ist das jüngste und letztaufgefundene sächsische Erzobjekt und wurde im Bergwerk Königstein untertägig abgebaut. Die auf drei bevorzugten stratigraphischen Niveaus der Schichtenfolge und im Kluftsystem entwickelten linsen-, schicht- und säulenförmigen Erzkörper wurden von 1967 bis 1984 bergmännisch konventionell auf 4 Sohlen mit 5 Schächten im Kammer-Pfeiler-Bau mit erhärtendem Versatz gewonnen. Nach einer Umstellung des Betriebes wurde das Uran seit 1984 durch chemische Gesteinsauslaugung aus dem Grubengebäude gefördert. Der Vorrat der Lagerstätte wurde zuletzt mit 27 813 t Uran bei einem Durchschnittsgehalt des Urans im Erz von 0,06 % angegeben. Bis 01.01.1991 wurden 17 810 t abgebaut wurden. Davon wurden bis 1984 12 058 t konventionell mit einem Urangehalt des Fördererzes von durchschnittlich 0,095 % und etwa 5 752 t durch chemische Auslaugung von Armerzen mit Urangehalten von 0,03 bis 0,005 % gewonnen.

Seit 1990 wird nach Einstellung des Bergbaues das Bergbaugebiet saniert und angestrebt, die ursprünglichen ökologischen, hydrogeologischen und landschaftlichen Bedingungen nach gegebenen Möglichkeiten weitestgehend wieder herzustellen. Den Schwerpunkt dieser Arbeiten bildet die Vorbereitung der Flutung des untertägigen Grubengebäudes. Dazu wurde ein unter wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten optimal effektives Verfahren entwickelt, das die Einwanderung technogen mobilisierter Schadstoffe aus den Grubenbauen in den 3. Grundwasserleiter der Kreidetafel, der der lokalen Trinkwasserversorgung vorbehalten bleiben soll, weitestgehend verhindert.

Die Lagerstätte wird nach lithologischen, hydrologischen, geochemischen und strukturellen Merkmalen und geologischen Zusammenhängen umfassend beschrieben. Sie ist einem peripheren Abschnitt des Cenomans an der südöstlichen Umrahmung der Pirnaer Senke infiltrativ aufgeprägt. Die Ablagerungen keilen hier übereinandergreifend an einer Hochlage des Grundgebirges, die hauptsächlich aus dem uran- und thoriumspezialisierten Granit von Markersbach besteht, aus. Sie unterteilen sich von unten nach oben in einen sandig ausgebildeten, von Zuflüssen aus der granitischen Hochlage abgelagerten Profilabschnitt, ein vorherrschend schluffig, tonig, kohlig beschaffenes paludal bis lagunäres Intervall und die litoral-marine Unterquader-Sandsteinbank. Die Schichtenmächtigkeit verringert sich im Querschnitt durch die Erzführung von maximal 50 bis auf wenige Meter.

Die Verteilung des Urans in der Schichtenfolge wird von deren hydrologischer Durchlässigkeitsstruktur bestimmt. Die Urananreicherungen sind ungleichmäßig und absetzig über die gesamte Schichtenfolge verteilt. Sie sind an feinsandige, inkohlte organische Substanz führende, Schluff- und Tonsteinlagen im Kontakt mit permeablen Sandsteinschichten gebunden. In Abhängigkeit von der lithofaziellen und hydrologischen Gliederung des Profils konzent-

[1] Siehe dazu eine Bemerkung in der Einführung.

riert sich die Uranführung als charakteristische Schichtgrenzenerscheinung auf drei, als Erzhorizonte bezeichnete, stratigraphische Niveaus. Von diesen betrifft der basale dritte Erzhorizont die terrestrischen Flußablagerungen, der zweite das lagunäre Intervall in der Sohle und der erste die marinen Übergangsschichten zum Labiatuspläner im Dach des Unterquadersandsteins und diesen selbst. Die Erzhorizonte sind ca. 1-3 m mächtig, in sich gegliedert und folgen in Abständen von etwa 10 bis wenigen Metern aufeinander. Der dritte Erzhorizont ist an den 5. Grundwasserleiter in Gestalt der Fluviatilsandsteine gebunden, die beiden oberen umgeben den 4. Grundwasserleiter im Unterquadersandstein. Die Erzhorizonte bilden die Migrationsbarrieren für in den Untergrundwässern gelöst mitgeführtes Uran. Der untere, 3. Erzhorizont ist absetzig und niveauunbeständig ausgebildet und im Grundriß auf Teilabschnitte verschiedener Flußablagerungen beschränkt. Die beiden oberen Erzhorizonte sind aushaltend und annähernd flözförmig verbreitet. Sie dehnen sich in Richtung der begrenzenden Grundgebirgshochlage bis in den zwischenlagernden Unterquadersandstein hinein und schließen sich vor dessen Auskeillinie zu einem im Querschnitt zweiflügeligen „roll"-ähnlichen Großerzkörper zusammen. An Schnittstellen der drei Erzhorizonte mit steil einfallenden Klüftungszonen sind die allgemein schichtkonformen Vererzungen morphologisch modifiziert. Sie ziehen sich in schichtenschneidenden säuligen Formen in die Klüftungszonen hinein und verbinden die drei Horizonte zu einem in sich geschlossenen Vererzungssystem.

Einen breiten Raum nimmt in der Monographie nach der Beschreibung der Lagerstätte die Darlegung der Ergebnisse einer vergleichenden stofflichen Untersuchung des alten kristallinen Grundgebirges und der cenomanen Auflagerung in der Lagerstättenregion ein. Aus den Ergebnissen geht hervor, daß die Herausbildung der Lagerstätte auf eine totale stoffliche Umverteilung bei der hypergenen Überführung uran- und thoriumreicher kristalliner Primärin sekundäre Sedimentgesteine zurückzuführen ist. Die Zerstörung von Graniten und Granodioriten der alten Landoberfläche wurde durch ihre intensive und dauerhafte Verwitterung hervorgerufen. Der anfallende Zersetzungsschutt wurde von den Hochlagen des Gebietes in die benachbarten Senken verfrachtet und unter Mitwirkung der Biosphäre wurde er in neue, den exogenen physikochemischen Bedingungen angepaßte, synsedimentäre und epigenetische Mineral- und Elementassoziationen überführt.

Uran und Thorium wurden in diesem Zusammenhang vorrangig aus dem Granit von Markersbach freigesetzt und infolge ihres unter exogenen Bedingungen unterschiedlichen Migrationsverhaltens voneinander getrennt. Das Thorium wurde im Schweb der Oberflächenwässer in die Pirnaer Senke gespült und bildete mit Elementen vergleichbaren Verhaltens, wie Zinn, Blei und Zink in der terrestrischen Wechsellagerung eine synsedimentäre weitflächige polymetallische Dispersionsanomalie. Der Großteil des Urans wanderte dagegen in Untergrundwässern gelöst in die Schichtenfolge ein. An den stauenden, adsorbierenden und reduzierenden Grenzlagen des 5. und 4. Grundwasserleiters wurde es aus den Lösungen ausgeschieden, umgelagert und räumlich zunehmend angereichert.

Ergebnisse der Altersbestimmung der Erze nach der Uran-Blei-Methode und geologische Zeitmarken weisen auf eine stadiale Entwicklung der Lagerstätte vom Cenoman bis in die geologische Gegenwart hin. Die erhaltenen Werte lassen auf den Beginn der Herausbildung des 3. Erzhorizontes durch exo-diagenetische Infiltration des Urans etwa gleichzeitig mit der synsedimentären Polymetallanomalie schließen. Erst später bildeten sich, z. T. auf der stofflichen Grundlage des 3. Horizontes, durch epigenetische Infiltration und unter zeitweiliger Einflußnahme des tertiären Vulkanismus, die beiden oberen Erzhorizonte heraus. Zuletzt entwickelten sich die Klüftungserze. Die jüngsten Zugänge und Umverteilungen des Urans sind an Störungen des radioaktiven Gleichgewichtes (Ra/U) feststellbar, welche für die Lagerstätte charakteristisch sind.

In einem gesonderten Kapitel der Abhandlung wird auf die Geschichte der Entdeckung, Erkundung und genetischen Zuordnung der Lagerstätte eingegangen. Es wird die Vorstellung über eine junge exogene postsedimentäre Entstehung der Lagerstätte in Verbindung mit der Oxidation, des zwischenlagernden Unterquadersandsteins erörtert, wie auch die Annahme ihrer endogen hydrothermalen Herausbildung durch Zuführung uranhaltiger Tiefenlösungen in das Klüftungssystem der Kreidehülle behandelt. Nach Auffassung des Verfassers und der Mehrzahl der Bearbeiter des in genetischer Hinsicht umstrittenen Vorkommens handelt es sich um einen Lagerstättentyp, wie man ihn aus dem Colorado-Plateau in den USA und anderen tektonisch herausgehobenen Tafelgebieten der Erde in vergleichbaren geologischen Zusammenhängen beschrieben findet. Danach stellt die Lagerstätte ein aus der Wechselwirkung zwischen Grund- und Deckgebirgsstockwerk hervorgegangenes hydrogenes Sonderprodukt im Stoffumsatz der hypergenen Zone dar.

1 Einführung

Aus der Kreideformation lagen im Unterschied zum Zechstein, Rotliegenden und Buntsandstein bis zum Anfang der sechziger Jahre im deutschen Raum noch keine wirtschaftsrelevanten metallogenetischen Erfahrungen vor. Mit der Einbeziehung auch dieses Tafelgebirgsabschnittes in die Uranprognose durch die SDAG Wismut am Ende der fünfziger Jahre wurde insofern Neuland betreten. Bei den in der Elbtalzone durchgeführten Sucharbeiten und der Erkundung der hier schließlich festgestellten Lagerstätte sah sich die Gruppe der bearbeitenden Geologen dann auch mit immer wieder neuen, in Perm und Trias kaum bemerkten erzgeologischen Beziehungen konfrontiert. Die althergebrachten Vorstellungen zu sedimentären Erzlagerstätten hielten den Beobachtungen zur Art der Verteilung des Urans in der produktiven anomalen Schichtenfolge nicht mehr stand. Sie mußten relativiert und erweitert oder zugunsten neuer erzgenetischer Hypothesen und Theorien aufgegeben werden. Diese setzten sich nur allmählich und im Streit gegen die früheren Auffassungen durch, so daß sich angesichts der immer vielgestaltiger in Erscheinung tretenden Lagerstätte verschiedene Annahmen zum Charakter der Erzführung nebeneinander zu behaupten versuchten.

In dem als Sowjetisch-Deutsche Aktiengesellschaft geführten Unternehmen wurden die urangeologischen Forschungsarbeiten vorherrschend und hauptverantwortlich von russischen Fachkräften ausgeführt. Als elitäre Spezialisten für Uranvorkommen im gesamten nachkriegsgeprägten sozialistischen Wirtschaftssystem eingesetzt, waren sie nicht ständig, sondern mehrfach und wiederholt einander ablösend im Auftrag Moskauer und Leningrader Forschungsakademien in wissenschaftlich-technischer Hilfeleistung für die Wismut tätig. Ihre hier zu den einzelnen Lagerstätten erarbeiteten Berichte sind in russischer Sprache verfaßt. Zwar auf fachlich hohem Niveau und für den außenstehenden und unbefangenen Leser verständlich und schlüssig dargelegt, widersprechen sich die nun im Archiv der Wismut aufbewahrten Berichte in ihren Beurteilungen und Schlußfolgerungen. Dies aus den genannten Gründen, wie auch in Abhängigkeit von der aufgewandten Bearbeitungszeit der Autoren und ihrer Zugehörigkeit zu verschiedenen erzlagerstättenkundlichen Schulen. So sieht sich zum Beispiel der heutige Nutzer des Archivs im Falle der Lagerstätte Königstein mit der irritierenden Situation konfrontiert, daß das von zwei Autoren, zur gleichen Zeit beschriebene Objekt von dem einen als exogen-epigenetisch und dem anderen als endogen-hydrothermal eingestuft wurde. Außer mit unterschiedlichen lagerstättengeologischen Grundauffassungen hängt ein solches Ausmaß an Divergenz vermutlich auch mit Mängeln bei der Untersuchung des Objektes zusammen.

Die indessen abgebaute Lagerstätte befindet sich auf sächsischem Grund und Boden. Um sich über ihren individuellen Charakter nachträglich informieren zu können, sollte man nicht ausschließlich auf Übersetzungen aus dem Russischen angewiesen sein. Mit der vorliegenden Monographie wird dieser widernatürliche Zustand wenigstens zum Teil zu beheben versucht. Die Abhandlung beruht hauptsächlich auf eigenen Untersuchungen. Sie ergänzt die russischen Berichte, bezieht deren Ergebnisse ein und stellt zugleich eine selbständige und erklärende, vorläufig abschließende Beschreibung der Lagerstätte dar.

In der Methodik der Untersuchung wurde die Erfahrung berücksichtigt, wonach man ein Erzobjekt nicht aus sich selbst heraus zu verstehen versuchen sollte, sondern dazu auch dessen gesamtes geologisches Umfeld in die Untersuchungen mit einzubeziehen ist. Dazu standen Kerne und geophysikalische Meßergebnisse von Bohrungen aus den nahen und entfernten Flanken der Lagerstätte in ausreichender Anzahl zur Verfügung, so daß die erforderlichen Beo-bachtungen auf vergleichender Grundlage von außerhalb der Lagerstätte bis in sie hinein vorgenommen werden konnten. Darüber hinaus hat es sich bewährt, die Dokumentation von Bohrkernen, die das Profil der Kreideformation einschließlich der Erzintervalle zusammenhängend bis in das Grundgebirgsstockwerk erschließen, mit der Dokumentation der in den untertägigen Auffahrungen in horizontaler Richtung freigelegten Erzintervallen zu verbinden. Beide Verfahrensweisen ergänzen sich in ihrem Informationsangebot und verringern bei gemeinsamer Anwendung die Gefahr falscher Schlüsse.

Die Dokumentationen selbst wurden nach lithologischen, faziellen, stratigraphischen, geochemischen, radiometrischen und hydrogeologischen Gesichtspunkten in geschlossenen Arbeitsgängen unter Berücksichtigung erzgenetischer Fragestellungen ausgeführt. Die ausgewählten Schnitte und Profile wurden zunächst nach ihren äußeren Merkmalen aufgenommen und stratigraphisch, lithologisch, lithofaziell und hydrogeologisch untergliedert. In einem 2. Arbeitsschritt wurden sie zu ihrer mineralogischen und geochemischen Untersuchung in ihrer gesamten Länge beprobt. Die Proben wurden, je nach Stratigraphie, Lithologie und Radioaktivität unterschieden, in regelmäßigen Abständen im Pick-Verfahren entnommen. Die mit Geigerzähler (Typ SRP-II) aushaltbaren Anomalie- und Erzintervalle wurden dagegen durchgängig im Schlitzverfahren, nach Lithologie und Radioaktivität gegliedert, detailliert beprobt. Die Aufnahme der Profile nach ihren äußeren Merkmalen diente vornehmlich der Kenntnis der lithologischen, faziellen, hydrodynamischen und tektonischen Struktur und geologischen Entwicklung der Schichtenfolge, die Beprobung hingegen dem Einblick in die Gesetzmäßigkeiten der vertikalen und horizontalen Verteilung des Urans und begleitender Elemente. Die aus den Dokumentationen und Beprobungen hervorgegangenen

Tabellen, Graphiken und Aufnahmen von Gesteinen und Erzen bilden das faktische Grundgerüst der Monographie.

Im allgemeinen werden in der Kreideformation im Lagerstättengebiet 4 Grundwasserleiter (GWL) ausgehalten. Der 4. Leiter wird als unterster auf den cenomanen Profilabschnitt insgesamt bezogen. Für die Lagerstätte hat es sich jedoch im Ergebnis der durchgeführten lithologischen und geochemischen Dokumentationen aus metallogenetischer und paläohydrogeologischer Sicht als zwingend erwiesen, den 4. GWL in zwei eigenständige Leiter zu unterteilen. So wurde in der vorliegenden Abhandlung der 4. GWL den Sandsteinen des marinen Cenomans (Unterquader und „Wurmsandstein")' und ein sich darunter befindlicher 5. Leiter den fluviatilen Sandsteinkomplexen des terrestrischen Cenomans zugeordnet. Die in der Monographie enthaltenen Angaben der Hydrogeologen der Wismut GmbH zum 4. GWL beziehen somit gewöhnlich den 5. GWL mit in sich ein.

Von den analysierten Mikro-Elementen wurden Uran und Thorium mittels Röntgenfluoreszenz und die übrigen Elemente spektralanalytisch bestimmt. Die angegebenen Werte für Uran und Thorium sind im Konzentrationsbereich ihrer Hintergrundgehalte (~1-20 g/t) und für Uran bis zu Erzgehalten von über 1 % zuverlässig mit nur geringfügigen, zu vernachlässigenden Fehlern behaftet. Werte des Urans ab >0,3 % wurden mittels chemischer Analyse überprüft. Die spektralanalytisch bestimmten Elemente wie Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Mo, V, As, Be, Sn und Ag sind in ihren absoluten Gehaltsangaben ungenauer. Infolge konstant gehaltener Beprobungs- und Analysenbedingungen ist der relative Analysenfehler jedoch gering und die geologisch bedingte Werte-Variabilität real. Indem sich die Veränderungen in den Konzentrationen und Konzentrationsverhältnissen der benannten Elemente in lokaler, stratigraphischer und lithofazieller Abhängigkeit vollziehen, sind für den verfolgten Zweck auch diese Analysen ausreichend informativ. Die für diese Elemente statistisch ermittelten Durchschnittsgehalte, in den Tabellen bis zu Zehnteln hinter dem Komma angegebenen, sind allerdings mehr als rechnerische denn als konzentrationsrelevante Größen zu verstehen. Die Signifikanz der festgestellten Konzentrationsveränderlichkeit der Elemente ist anhand der Darstellung ihrer unterschiedlichen Werteverteilung belegt. Bei den geochemischen Untersuchungen hat sich der Vergleich der Konzentrationsverhältnisse von Elementen mit verschiedener Herkunft aber gleichen Migrationsverhaltens wie auch von solchen mit gleicher Herkunft aber unterschiedlichen Migrationsverhaltens bewährt. Letzteres trifft im gegebenen Fall, wie es sich zeigte, weitgehend auf Uran und Thorium zu. Die in weiten Grenzen streuenden Konzentrationsverhältnisse beider Elemente verdeutlichen den Prozeß der Erzbildung und markieren ihre unterschiedlichen Wanderwege.

Die erforderlichen Laborarbeiten wie das Aufbereiten der Proben, die radiometrischen Röntgenfluoreszens- und Spektralanalysen, chemischen Teil- und Vollanalysen, Gesteinsdünn- und -anschliffe, Photographien und Makro-Autoradiographien wurden im chemisch-mineralogischen Labor des früheren Geologischen Betriebes der SDAG Wismut zu Grüna ausgeführt. Die außerdem benötigten Röntgen-Phasenanalysen übernahm das Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre an der Bergakademie Freiberg. Die Isotopenanalysen von Blei zur Erzaltersbestimmung wurden in Verbindung mit der Untersuchung von Strahlungsdefekten an den Quarzgittern der Erzproben im Allunions-Institut für angewandte Geophysik in Leningrad ausgeführt.

Die zu charakterisierende Urankonzentrierung hat sich als das geologisch besterhaltene Erzobjekt seiner Art erwiesen. In ihren ursprünglichen geologischen Rahmen noch allseitig eingefaßt und unter einer mächtigen Decke turonischer Schelfmeer-Ablagerungen verborgen, liegen die hauptsächlichsten, mit der Anlage und Entwicklung der Lagerstätte verbundenen geologischen Strukturen auch derzeitig noch vor. Die Bereiche der Herkunft, der Überführung und der Anreicherung des Urans zeigten sich engräumig und überschaubar nebeneinander angeordnet. Sie bilden gemeinsam ein einheitliches, in sich abgeschlossenes, hypergenes stoffliches Umverteilungssystem mit Zersetzung, Differenzierung und Aufbereitung von kristallinem Grundgebirge und der Herausbildung sedimentärer Gesteins- und Elementassoziationen einschließlich von infiltrativen Uranerzkörpern.

Andererseits war die Lagerstätte schon 15 Jahre nach ihrer Entdeckung, ab etwa 1978, ihrer reichsten und typischsten Erze beraubt. Der zu ihrer allseitigen und erschöpfenden Untersuchung zur Verfügung gestandene Zeitabschnitt war verhältnismäßig kurz. Neue Auffahrungen erschlossen bis in ihre letzte Abbauzeit auch immer wieder neuartige Vererzungsbilder mit zusätzlichem Erklärungsbedarf. Die Lagerstätte hat sich letztendlich als ein Gebilde mit mehreren Gesichtern und unterschiedlichen Bewertungen der Genese herausgestellt. Doch spiegeln in Wahrheit die verschiedenen Vererzungsformen nur verschiedene Entwicklungsetappen wider. Manche der aufgeworfenen Fragen blieben bis heute strittig. So sind z. B. die Beziehungen der beiden oberen Erzhorizonte zum unteren nach Altersverhältnis und Entstehungsart noch nicht eindeutig geklärt. Der Verfasser dieser Monographie ist sich daher einiger spekulativer Momente, die hauptsächlich auf Kenntnislücken in der Paläohydrogeologie der Lagerstätte beruhen, auch in der eigenen Argumentation bewußt. Er beansprucht nicht, die Lagerstätte in all ihren Details richtig interpretiert zu haben. Die in der Abhandlung enthaltenen Fakten stehen für eventuelle zukünftige Untersuchungen und zusätzliche Schlußfolgerungen zur weiteren Nutzung offen.

Ich bedanke mich für die mir bei der Arbeit gewährte Hilfe. Zuvorderst bei meinen früheren russischen und deutschen Kollegen, die mich mit ihren Erfahrungen, Anregungen und praktischen Ratschlägen, immer wenn es nötig war, uneigennützig unterstützten. Desgleichen bei den Geologen des derzeitigen Sanierungsbetriebes Königstein, dem Kollegen U. Zimmermann und insbesondere den Kollegen Dr. D. Dusemond, S. Kalisch und K.-H. Bommhardt, die mit einem eigenen Beitrag zum Bergbau aus der Betriebschronik die Monographie zu vervollständigen halfen. Dankbar bin ich A. Hiller, H. Lange, Dr. M. Schauer, J. Schreyer und Frau Dr. K. Nindel für die Nutzungsmöglichkeiten des Archivs der Wismut sowie zur Verfügung gestellte Bergbau- und Sanierungsunterlagen. Ebenfalls verpflichtet bin ich Prof. Dr. Rösler, der mich dazu anregte, die Lagerstätte gesondert zu beschreiben. Bei der Unternehmensleitung der Wismut GmbH bedanke ich mich für ihr Einverständnis, die Monographie zu erarbeiten. Im Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie richtet sich mein besonderer Dank an Herrn Prof. Dr. H. Brause und Dr. Trinkler für die redaktionelle Bearbeitung und Durchsicht des Manuskriptes.

2 Regionalgeologischer Überblick zur Elbtalzone

2.1 Die Kreidetafel und ihr Unterbau

Die Elbtal-Kreidesenke zieht sich beiderseits der Elbe von der Stadt Meißen im Nordwesten flußaufwärts über Dresden, Pirna und Bad Schandau bis in die tschechische Republik im Südosten. Sie folgt auf dieser Strecke einem alten herzynisch streichenden geologischen Lineament, das zwei alte, metallogenetisch unterschiedlich beschaffene Blöcke, das Lausitzer Massiv im Osten und das Erzgebirgs-Antiklinorium im Westen, voneinander trennt (Abb. 1). Das Lineament ist in drei Etagen aufgebaut. Es besteht aus dem alt- und vorpaläozoischem G rundgebirgsfundament, einer rotliegenden orogenen, kohleführenden Molasseformation und dem mesozoischen Tafeldeckgebirge. Die Tafelablagerungen gehören überwiegend zur oberen Kreide und sind stellenweise von tertiären Basalten durchschlagen. Urananreicherungen wurden in allen drei Stockwerken des Lineamentes festgestellt. Im kristallinen Grundgebirge kommen sie z. B., wenn auch schwach ausgebildet, bei Meißen vor. An Steinkohlen gebunden, wurde im Döhlener Becken bei Gittersee und Bannewitz eine Lagerstätte im Rotliegenden abgebaut (Abb. 1).

Die Kreideformation lagert über einer großen Schichtenlücke diskordant auf ihrer Unterlage. Nur an ihrem nordwestlichen Ende bei Meißen allseits durch Verwerfungen vom Grundgebirge eingefaßt, bildet sie im übrigen eine mit 2 bis 3° nach Nordosten geneigte Monoklinale. In dieser Richtung endet sie an der Überschiebung durch den Lausitzer Block. Nach Südwesten hebt sie sich, der fortschreitenden Abtragung und Ausdünnung unterworfen, gemeinsam mit ihrer Unterlage allmählich heraus und löst sich über dem sich zutage tretenden Grundgebirge in einzelne Erosionsreste auf. Diese bedecken am Rand der geschlossenen Kreideverbreitung noch kleine Abschnitte des Elbtalschiefergebirges und westlich des Döhlener Beckens Teile der Osterzgebirgsantiklinale bis in den Raum von Tharandt, Freiberg und Dippoldiswalde. Die Formation wird von Gesteinskomplexen, unterschiedlich nach Alter sowie chemischer und petrographischer Zusammensetzung unterlagert und umrahmt. Nach Nordosten, zum Lausitzer Block, herrschen Granodiorite und Grauwacken, nach Nordwesten, zum Meißener Massiv, Syenite und nach Südwesten, zum Elbtalschiefer- und Osterzgebirge, Tonschiefer, Quarzite, Gneise, Granite und Porphyre vor.

Die Formation umfaßt vorwiegend Cenoman und Turon. Sie besteht aus marinen Schelfsedimenten und an der Basis lokal aus terrestrischen Ablagerungen. Sie ist an der Lausitzer Überschiebung bis 600 m mächtig (Bl. 2413/81) und bildet eine Wechsellagerung von Schichten aus Sandstein, Tonstein und karbonatischen Plänerhorizonten. Die einzelnen Lithotypen formen gemeinsam mit ihren Übergangsgliedern in rhythmischen Wiederholungen und lateralen Verzahnungen die sedimentäre Struktur der Schichtenfolge. In ihrem Profil herrschen in nordwestlicher Richtung die schluffig-mergelig-kalkigen und in südöstlicher Richtung die sandigen Ablagerungen vor. Die Sandsteinbänke prägen im südöstlichen Teil der Kreidetafel nicht nur deren lithologisches Profil, sondern auch die charakteristische Heraushebungs- und Erosionslandschaft der Sächsischen Schweiz. Der Charakter der Landschaft, der mit seinen erosionsreliktischen Tafelbergen ebenso die Uranprovinz des Colorado-Plateaus in den USA kennzeichnet, geht aus der Abb. 2 hervor.

Die zu beschreibende Lagerstätte ist hier am Grunde der Tafel über der Diskordanz zum Grundgebirge ausgebildet. Anhand von Bohrkernen und geophysikalischen Bohrlochmessungen konstruierte geologische Schnitte charakterisieren die Kreidetafel in dieser Region (Abb. 3 u. 4). Sie zeigen ihren lithologischen Bau, ihre postsedimentär erfolgte Heraushebung und Schrägstellung sowie ihre damit verbundene Erosion und morphologische Zergliederung wie auch den Übergang des Gebietes von der nordwestlichen Niederungs- in die südöstliche Gebirgslandschaft.

Durch das sandig-tonig-karbonatische Wechsellagerungsprofil bedingt, besitzt die Tafel eine kontrastreiche hydrologische Durchlässigkeitsstruktur, die durch die tektonische Verstellung hydrodynamisch aktiviert worden ist. Hydrogeologisch ist ihr Profil in von den Sandsteinintervallen gebildete Grundwasserleiter und aus Schluff-Tonstein- und Plänerschichten bestehende Grundwasserstauer unterteilt. Im Gebiet der Lagerstätte gibt es 5 aufeinander-

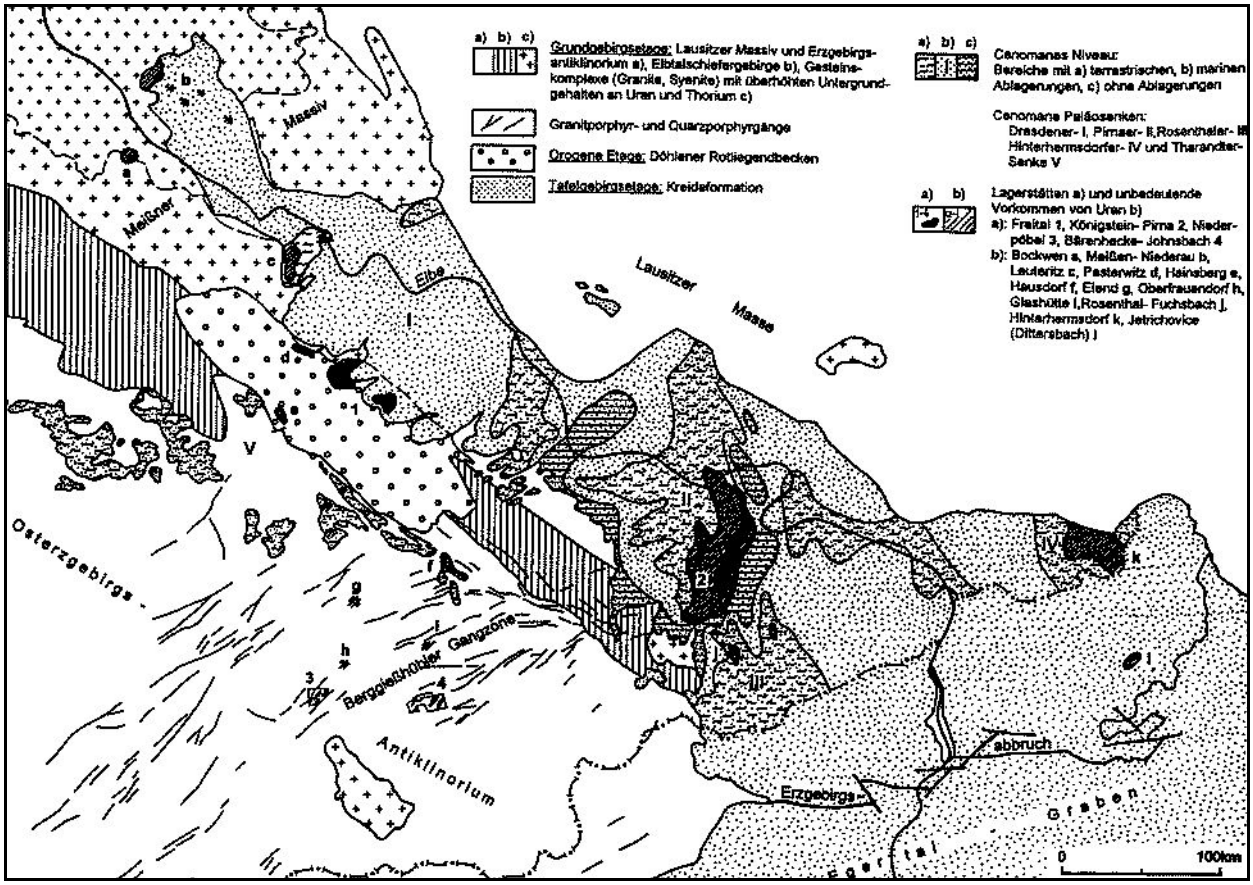


Abb. 1: Übersicht zur Verteilung von Uranvererzungen in der Elbtalzone

folgende Grundwasserleiter. Die drei oberen gehören dem turonischen Profilabschnitt an und werden durch die an ihren Oberflächenausstrichen eindringenden Niederschläge gespeist. Die beiden unteren betreffen die liegende cenomane Schichtenfolge. Sie führen auch aus der Grundgebirgsumrahmung zugeführte Grund- und Schichtwässer. Sie schließen die vorhandenen Uranvererzungen mit in sich ein. Die Grundwässer nehmen ihren Weg bevorzugt von den südlichen Ausstrichen der Sandsteinkomplexe über dem Grundgebirge aus. Von dort steigen sie, der Neigung der Tafel folgend, nach Norden in Richtung der Lausitzer Überschiebung ab. Teils artesisch gespannt, zirkulieren sie auch innerhalb des bestehenden Kluftsystems. Als Zonen ihrer Entlastung nimmt man die Flanken und Sohlen tief eingeschnittener Erosionstäler, insbesondere das der Elbe, und die tektonischen Störungszonen des Gebietes an.

An mehreren Stellen wird die Formation im Elbsandsteingebirge von Basaltgängen durchschlagen. Basaltdurchbrüche kommen am Spitzberg bei Groß-Cotta, bei Papstdorf, am Gohrisch- und am Zschirnstein, am Großen und Kleinen Winterberg und auch in der Lagerstätte vor. Die Basalte bilden die nördlichen Ausläufer eines tertiären Vulkanismus, dessen Zentrum sich in der böhmischen Egertalzone längs des Erzgebirgsabbruches erstreckt. Dem Vulkanismus wird eine Einflußnahme auf die Temperatur, den Chemismus und auf die Bewegungsrichtung (Zirkulationsregime) tertiärer Untergrundwässer in der Kreidetafel zugeschrieben.

Der für ihr Alter im globalen Vergleich erreichte hohe Lithifizierungsgrad der Formation wird ebenfalls mit auf den Vulkanismus zurückgeführt. Lithofaziell vergleichbare Tafelablagerungen aus der Kreide sind in anderen Regionen der Erde, z. B. in Usbekistan, oft noch weitgehend unverfestigt. Selbst in Norddeutschland liegen sie noch, wie tertiäre Sedimente, als Lockerbildungen vor. Als Ursache für die fortgeschrittene Diagenese der Elbtalkreide kommt jedoch noch mehr als die vulkanische Beeinflussung der bei der Verstellung der Tafel im Verlauf der subherzynen Tektogenese auf sie ausgeübte tektonische Druck in Betracht. Eine von der Gesteinszerklüftung ausgehende Einkieselung von Sandsteinintervallen des Schichtenprofils ist z. B. am intensivsten in der Zone der Lausitzer Überschiebung entwickelt (Abb. 6). Nach ihrer Intensität und Ausbildungsart ist sie mit den hochsilifizierten, zur "Teufelsmauer" herausgewitterten Kreidesandsteinen der Heidelbergschichten in der tektonischen Aufrichtungszone der subherzynen Mulde an der Nordharz-Randstörung zu vergleichen. Darüber hinaus ist in den basalen Schichten der Elbtalkreide eine mit einer alten, präcenomanen

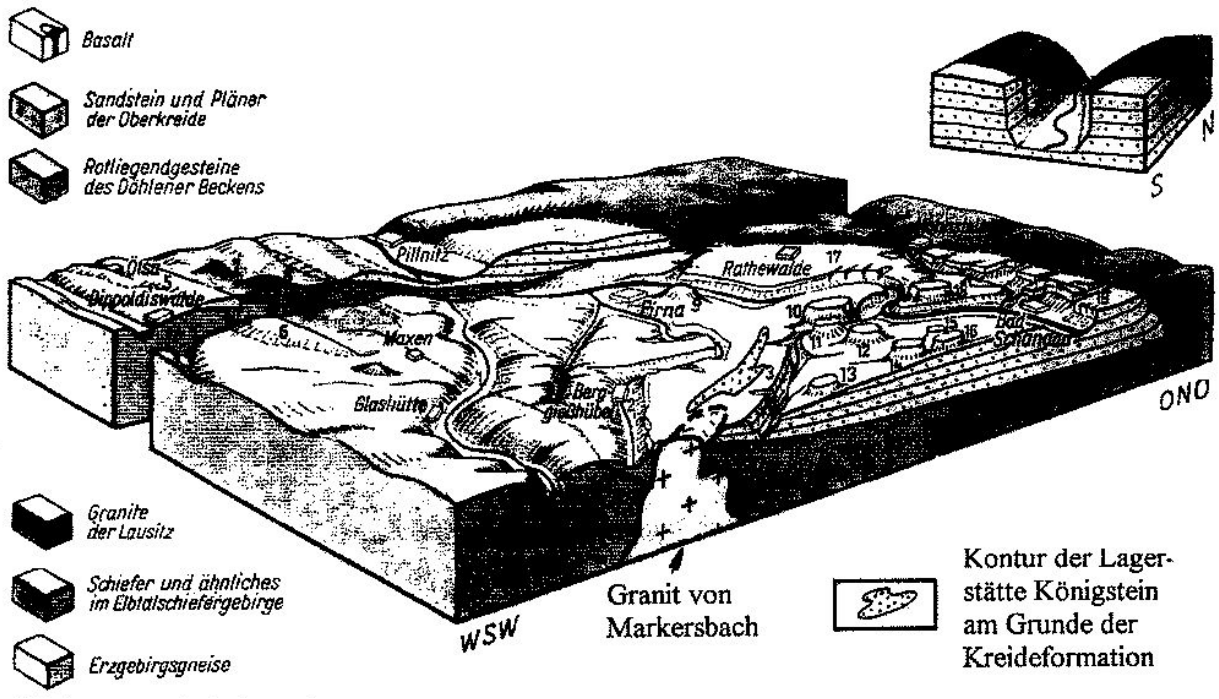


Abb. 2: ***Vereinfachtes Blockbild, nach WAGENBRETH, 1982, ergänzt durch den Granit von Markersbach und die Kontur der Lagerstätte Königstein.***
1 – Müglitztal, 2 – Gottleubatal, 3 – Bielatal, 4 – Karsdorfer Verwerfung, 5 – Dippoldiswalder Heide, 6 – Hirschbacher Heide, 7 – Quohrener Klippe, 8 – Wilisch, 9 – Sonnenstein, 10 – Königstein, 11 – Quirl, 12 – Pfaffenstein, 13 – Lampertstein, 14 – Gohrischstein, 15 – Kleinhennersdorfer Stein, 16 – Papststein, 17 – Bastei, 18 – Lilienstein, 19 – Schrammsteine, Strichpunktiert: Verlauf der Lausitzer Überschiebung im Gelände. Nebenskizze oben rechts: Landschaftsformen im Polenztal bei Hohnstein an der Lausitzer Überschiebung

Landoberfläche im Zusammenhang stehende Einkieselung beobachtbar.

Die frühzeitige Verfestigung der Formation wirkte sich auf ihr mechanisches Verhalten bei ihrer weiteren tektonischen Beanspruchung aus. Sie reagierte auf diese Einwirkung einheitlich. Von ihrer nach Nordosten gerichteten Schrägstellung abgesehen, wurde sie in sich nur geringfügig disloziiert. Auf den auf sie ausgeübten Druck und Zug reagierte sie mehr als ein starres geologisches Objekt. An der Lausitzer Überschiebung zwar zu einem komplizierten Schollenmosaik zerschert, ist sie im Umfeld der Lagerstätte, von der umstrittenen "Rießenfuß"- und der "Lilienstein"-Flexur abgesehen, von keinen größeren Verwerfungen betroffen. Stattdessen reagierte sie in diesem Gebiet auf den auf sie ausgeübten mechanischen Zwang mit der Herausbildung eines ausgeprägten Klüftungs- und Zerrüttungssystems. Diese Strukturen beeinflußten die morphologische Ausgestaltung der Lagerstätte beträchtlich. Sie verliehen ihr das für sie charakteristische, aber für ihren Typus eher ungewöhnliche und zeitweilig auch genetisch mißverstandene äußere Erscheinungsbild.

Der von den Vererzungen betroffene Profilabschnitt zeichnet sich durch Merkmale enger Beziehungen zwi schen einander zugehörigen Erosions- und Sedimentationsgebieten auf einer kontinentalen Landoberfläche aus. Die Beschränkung der Erzführung auf die Basisschichten der Formation nahe der Diskordanz zum Grundgebirge ist auf diesen Zusammenhang zurückzuführen. Die ersten Voraussetzungen für eine Erzbildung wurden mit dem Beginn der großen cenomanen Meerestransgression geschaffen. Die basalen Kreideschichten wurden zu dieser Zeit nach einer langen Periode der Sedimentationsunterbrechung auf einer tief verwitterten und morphologisch deutlich gegliederten Landoberfläche abgelagert. Sie nehmen daher in der Schichtenfolge der Tafel lithofaziell und metallogenetisch eine Sonderstellung ein. Ihre Verbreitung, lithofazielle Ausbildung und stoffliche Zusammensetzung hängen vom Relief und Gesteinsaufbau der Festlandsoberfläche und den damaligen klimatischen Bedingungen ab.

Die ältesten Sedimente wurden noch unter terrestrischen Verhältnissen bereits vor der marinen Überflutung in einzelnen, allmählich versumpfenden Niederungen abgelagert. Über den Hochlagen des Gebietes setzte die Sedimentation erst später mit der eigentlichen Meeresüberflutung ein. Die terrestrischen Schichten bilden in dieser Hinsicht die lokalen Vorläufer der Kreideformation. Als Niederschönaer oder Crednerienschichten ausführlich in der Fachliteratur beschrieben [30] werden sie von älterem

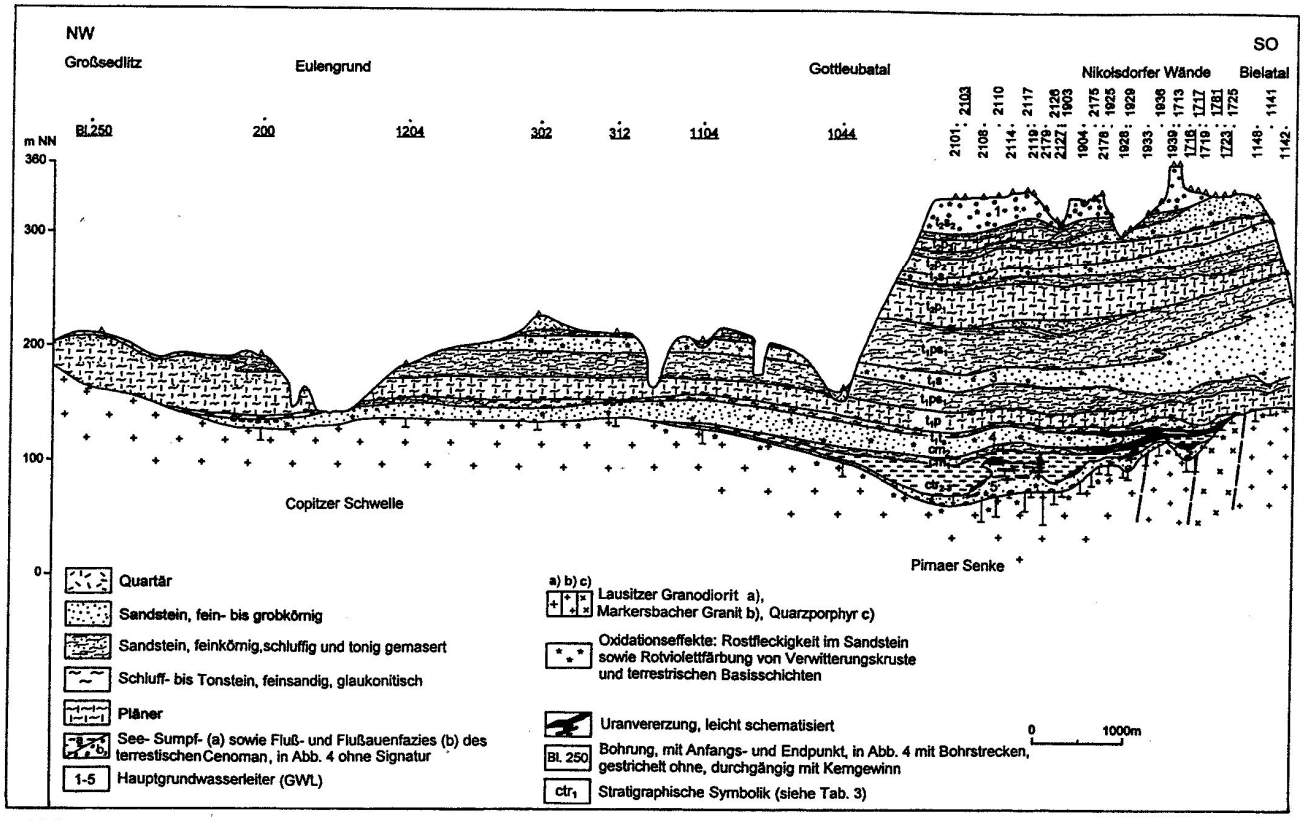


Abb. 3: Schnitt durch die Elbtalkreide mit der Lagerstätte Königstein. Querschnitt NW-SO.

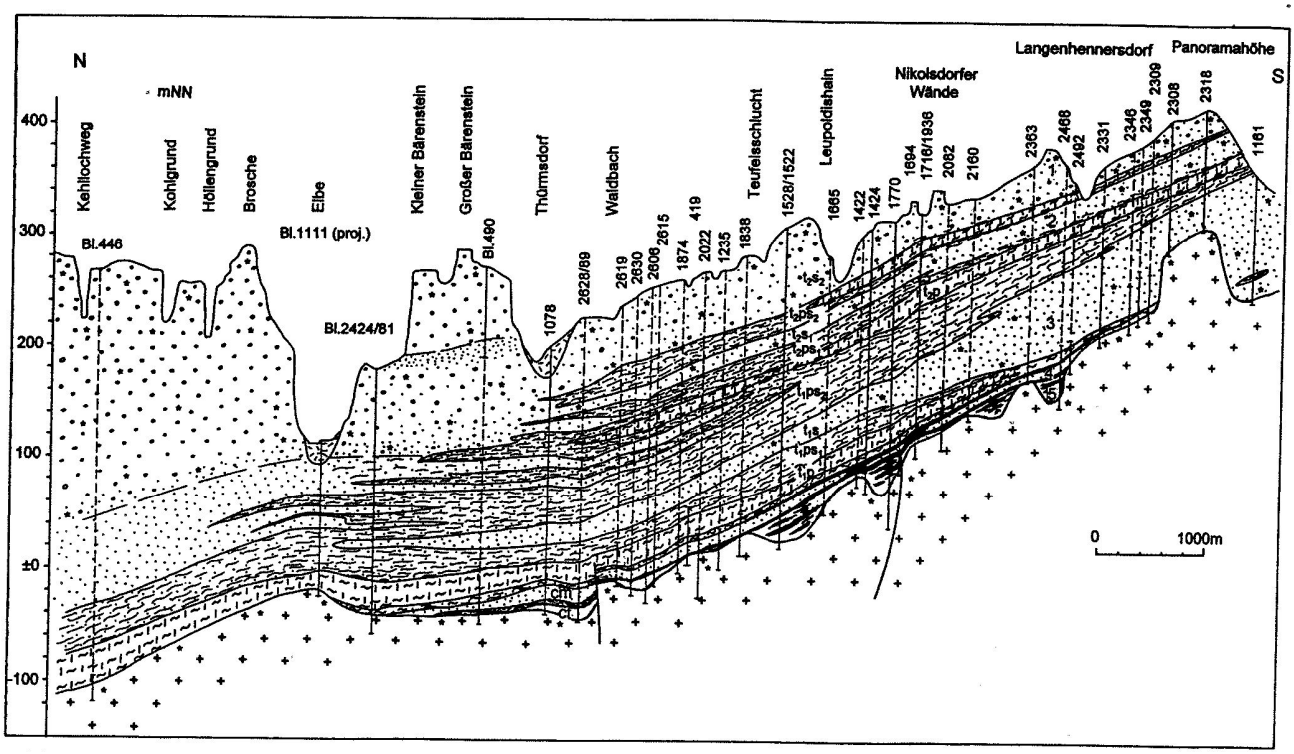


Abb. 4: Schnitt durch die Elbtalkreide mit der Lagerstätte Königstein, Längsschnitt N-S.

Grundgebirge unmittelbar unterlagert und paläogeographisch umrahmt. Sie sind in der Elbtalkreide in fünf, durch Hochlagen voneinander getrennten Depressionen der präkretazischen Landoberfläche verbreitet. Es handelt sich um die von der SDAG Wismut als solche bezeichneten Paläosenken von Tharandt, Dresden, Pirna, Rosenthal und Hinterhermsdorf (Abb. 1). Alle in der Elbtalkreide nachgewiesenen Urananreicherungen sind an diese Senken gebunden. Unter einem bis über 200 m mächtigen turonischen Deckgebirge verborgen, kommen sie über der Diskordanz zum Grundgebirge in Schichtenkomplexen vor, die aufeinanderfolgend aus terrestrischen, lagunären und marin-litoralen Ablagerungen bestehen. Die Komplexe liegen im Niveau des 4. und 5. Grundwasserleiters. Sie enthalten inkohlte organische Substanz und stellen Wechsellagerungen aus Sandstein, Schluff- und Tonstein mit örtlich eingelagerten kohligen Linsen dar.

Jenseits der sächsischen Landesgrenze setzt sich die Uranführung auf tschechischer Seite in dem ausgedehnten Lagerstättenfeld von Hamr und in den kleineren Vorkommen von Tlustec (Briems), Hermanice (Hermsdorf) und Jetrichovice (Dittersbach) fort. Sie ist in diesem Gebiet an die entsprechenden Stratigraphien und Lithologien gebunden. Doch sind die sedimentären Komplexe stärker von Basaltoiden durchsetzt [2]. Die Uranlagerstätten sind im Kreuzungsbereich von Elb- und Egertalzone entwickelt und die wichtigsten nahe der Lausitzer Überschiebung verbreitet (Abb. 134).

2.2 Die Hintergrundgehalte von Uran und Thorium

Zur Kennzeichnung von geochemischen Parametern der Region wurden unter erzgenetischen Gesichtspunkten die Hintergrundgehalte von Uran und Thorium im geologischen Profil der Elbtalzone bestimmt. Dazu wurde das Grund- und Deckgebirge der Zone zueinander und global vergleichend überprüft. Die erhaltenen Resultate sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengefaßt. Die Befunde stimmen mit den Angaben über die globalen Clarks für Uran und Thorium in der Fachliteratur weitgehend überein. Die Elbtalzone weist danach, als Ganzes gesehen, keine auffälligen Abweichungen von geologisch analogen Regionen der Erde auf. Als lithophile Mikroelemente sind Uran und Thorium mit durchschnittlich 2,5 bis 3,6 bzw. 12 g/t bei gesteinsabhängigen Schwankungen dieser Konzentrationen zwischen 0,45 und 5,0 bzw. zwischen 7 und 20 g/t in der Lithosphäre vertreten. In der Elbtalregion wurden entsprechende gesteinsabhängige Durchschnittswerte von <1,0-4,4 g/t bei Uran und von 17-21,4 g/t bei Thorium festgestellt.

Tab. 1: Vergleich globaler Lithosphären-Clarke-Werte von Uran und Thorium mit der Elbtalzone (Angaben in g/t)

Gesteinsart			Proben	U		Th		Th/U	
global, a)		Elbtalzone, b)	b)	a)	b)	a)	b)	a)	b)
Tafelgebirge									
Tafel, allgemein		Kreideformation							
Sandstein [36]	1)*	Sandstein, marin/Sandstein, terrestrisch	541/81	0,45	0,77/0,94	1,7	1,8/7,0	3,8	2,3/7,4
Sandstein-Aleurolith [46]	4)	Plänersandstein	109	2,9	2,3	10,4	10,4	3,6	4,5
Mergel [46]	4)	Pläner	64	2,2	2,6	1,7	11,6	0,8	4,5
Schieferton [36]	2)	Ton- und Schluffstein, marin, Turon	4	3,2	3,0	11,0	14,9	3,4	5,0
Argillit/Schieferton [46]	4)	Ton- und Schluffstein, terrestrisch, Cenoman	126	4,0	4,4	11,5	21,4	2,9	4,9
Grundgebirge									
Syenit [3]	1)	Syenit (Monzunit) von Meißen	86	3,0	12,8	13,0	36,0	4,3	2,8
Granodiorit [4]	5)	Granodiorit, Lausitzer Block	71	2,5	3,9	12,0	13,0	4,8	3,3
Sandstein-Grauwacke [46]	4)	Grauwacke, Lausitzer Block	29	3,0	3,4	13,5	14,0	4,5	4,1
Tonschiefer [36]	1)	Tonschiefer, Elbtalschiefergebirge, Rosenthal	23	3,7	2,9	12,0	12,5	3,2	4,3
Diabas, Gabbro [46]	4)	Diabas, Elbtalschiefergebirge, Rosenthal	12	~ 0,6	<1,0	1,8	~ 1,0	3,0	> 1,0
Granit [3]	3)	Granit von Markersbach, unter Kreide	486	5,0	10,1	20,0	50,6	4,0	5,0
Granit [46]		Granit von Markersbach, übertägig	99	3,5	13,1	18,0	40,1	5,1	3,1
Biotit-Plagioklasgneis [46]	4)	Gneis, Osterzgebirge	136	2,8	4,3	10,1	10,4	3,6	2,4
Basalt [3]	1)	Basalt Lausitzer Block, Zittauer Becken	45	1,0	3,5	4,0	8,0	4,0	2,3
Trachyandesit [46]	4)	Phonolith, Lausitzer Block, Zittauer Becken	7	3,5	7,8	15,0	29,9	4,2	3,8

* Angaben nach:
1) Turekian und Wedepohl, 1961; 2) Winogradov, 1962; 3) Steisi, F. 1972; 4) A. A. Smislow, 1974; 5) A. A. Beus, S. W. Grigorjan, 1975

Tab. 1a: Vergleich der Granite von Eibenstock/Westerzgebirge und Markersbach/Elbtalzone nach ihren Hintergrundgehalten an Uran und Thorium

I. Strichlistenvergleich der Stichproben

Uran					Thorium				
Gehalts-intervalle in lg g/t	Eibenstock	n	Markersbach	n	Gehalts-intervalle in g/t	Eibenstock	n	Gehalts intervalle in g/t	Markersbach	n
0,6-0,7			. |	1,5	11-12	.... |	3,0			
0,7-0,8	. ||	2,5	.. ||	3,0	12-13	.... |||| |||	13,5			
0,8-0,9	.. |||| |||	10,0	.... |||| |||	11,0	13-14	:::: :::: ::. |||| |||| |||	30,5			
0,9-1,0	.... |||| |||| |||| |||| |	23,0	... |||| |||| |||	15,5	14-15	:::: :::: :::: :::: :::: :::: :: |||| |||| |||| |||| ||	48,0		.. anomal	
1,0-1,1	.... |||| |||| |||| |||| |||| ||||	33,5	|||| |||| ||||	15,0	15-16	:::: :::: :::: :::: :. |||| |||| |||| |||| |	38,5	5-10	|	
1,1-1,2	.... |||| |||| |||| |||| |||| |||	33,0	. |||| |||| ||	12,5	16-17	.... |||| |||| |||	24,0	10-15	. |	
1,2-1,3	.... |||| |||| |||| |||	22,0	.... |||| |||	10,0	17-18	.... |||| |||	14,5	15-20	.	
1,3-1,4	.... |||| |||| |||	17,5	... |||| |||| ||	13,5	18-10	.... |	3,0	20-25	||	2,0
1,4-1,5	.... |||| |||| ||||	12,5	|||| |||	9,0	19-20	.	0,5	25-30	. |||| ||||	10,5
1,5-1,6	.. |||| |||| |	1,0	|	1,0	20-21	.	0,5	30-35	.. |||| ||||	11,0
1,6-1,7	. ||		||||					35-40	.... |||| |||| |||| |||	21,5
1,7-1,8	|||		||					40-45	.... |||| |||| |||| ||	21,0
1,8-1,9			|					45-50	.... .. |||| |||| |||| |||	21,0
1,9-2,0	. anomal		anomal					50-55	.... ||||	7,0
2,0-2,1	.				36	|		55-60	|	1,0
Summe		155,0		92,0			176,0			95,0

II Berechnung der statistischen Parameter nach I (im Verfahren nach A. A. Beus u. S. W. Grigorjan [4]

1. Uran, Eibenstocker Granit, Stollen von Neithardsthal

lgx_i	n	$lgx_i \cdot n$	Δlgx	$(\Delta lgx)^2$	$(\Delta lgx)^2 \cdot n$	$(\Delta lgx)^3$	$(\Delta lgx)^3 \cdot n$	$(\Delta lgx)^4$	$(\Delta lgx)^4 \cdot n$
0,75	2,5	1,875	-0,38	0,1444	0,3610	-0,05487	-0,13718	0,02085	0,05213
0,85	10,0	8,500	-0,28	0,0784	0,7840	-0,02195	-0,21952	0,00615	0,06147
0,95	23,0	21,850	-0,18	0,0324	0,7452	-0,00583	-0,13414	0,00105	0,02414
1,05	33,5	35,175	-0,08	0,0064	0,2144	-0,00051	-0,01715	0,00004	0,00137
1,15	33,0	37,950	+0,02	0,0004	0,0132	+0,00001	+0,00026	0	0
1,25	22,0	27,500	+0,12	0,0144	0,3168	+0,00173	+0,03802	0,00021	0,00456
1,35	17,5	23,625	+0,22	0,0484	0,8470	+0,01065	+0,18634	0,00234	0,04099
1,45	12,5	18,125	+0,32	0,1024	1,2800	+0,03277	+0,40960	0,01049	0,13107
1,55	1,0	1,550	+0,42	0,1764	0,1764	+0,07409	+0,07409	0,03112	0,03112
Σ	155	176,15			4,7380		+0,20032		0,34685

$\overline{lg\,x} = \frac{176,15}{155} = 1,136$; $\overline{x} = 13,7$ g/t; $\log \cdot \overline{x} = 1,136 \pm 2,35 \cdot 0,175 = 1,136 \pm 0,411$

$s^2\log = \frac{4,738}{154} = 0,0307662$; $slg = 0,175403$; $s^3\log = 0,005396$; $s^4\log = 0,0009466$

Asymmetrie der Wertevert-eilung:(A log):

$\frac{0,20032}{0,005396 \cdot 155} = +0,24$

Exzeß (E log):

$\frac{0,34685}{0,0009466 \cdot 155} - 3 = -0,64$

Prüfung auf Werte-Normalverteilung:

Asym.: $\frac{0,24}{\sqrt{\frac{6}{155}}} = 1,2$

Exzeß: $\frac{-0,64}{2\sqrt{\frac{6}{155}}} = -1,6$

Jedoch heben sich auf diesem normalen geochemischen Hintergrund bestimmte Grundgebirgsgesteine der Region mit deutlich überhöhten Uran- und Thorium-Werten hervor. Dieses trifft in erster Linie auf den Syenit bzw. Monzonit von Meißen und auf den Granit von Markersbach zu. Der erstere umrahmt und unterlagert die Kreidetafel im Nordwesten und begrenzt das Döhlener Rotliegendbecken nach Osten. Der letztere begrenzt und unterlagert einen Teilabschnitt der Kreidetafel im Südosten. Für den Syenit wurden Durchschnittsgehalte an Uran und Thorium von 12,8 und 36 g/t und für den Granit von 10,1 bis 13,1 und 40,1 bis 50,6 g/t ermittelt. Je mit einer sedimentären

2. Uran, Markersbacher Granit, Kreideumrahmung, Bl. 3952, 4805/66, 4807/67, 4809/67

lgx_i	n	$lgx_i \cdot n$	Δlgx	$(\Delta lgx)^2$	$(\Delta lgx)^2 \cdot n$	$(\Delta lgx)^3$	$(\Delta lgx)^3 \cdot n$	$(\Delta lgx)^4$	$(\Delta lgx)^4 \cdot n$
0,65	1,5	0,975	-0,47	0,2209	0,3314	-0,10382	-0,15573	0,04880	0,07320
0,75	3,0	2,250	-0,37	0,1369	0,4107	-0,05065	-0,15196	0,01874	0,05622
0,85	11,0	9,350	-0,27	0,0729	0,8019	-0,01968	-0,21651	0,00531	0,05846
0,95	15,5	14,725	-0,17	0,0289	0,4480	-0,00491	-0,07615	0,00084	0,01295
1,05	15,0	15,750	-0,07	0,0049	0,0735	-0,00034	-0,00514	0,00002	0,00036
1,15	12,5	14,375	+0,03	0,0009	0,0112	+0,00003	+0,00034	0	0,00001
1,25	10,0	12,500	+0,13	0,0169	0,1690	+0,00220	+0,02197	0,00028	0,00286
1,35	13,5	18,225	+0,23	0,0529	0,7142	+0,01217	+0,16425	0,00280	0,03778
1,45	9,0	13,050	+0,33	0,1089	0,9801	+0,03594	+0,32343	0,01186	0,10673
1,55	1,0	1,550	+0,43	0,1849	0,1849	+0,07951	0,07951	0,03419	0,03419
Σ	92,0	102,75			412,49		-0,01599		0,38276

$\lg \overline{x} = \frac{102,75}{92} = 1,117$; $\overline{x} = 13,1$ g/t; $\lg \overline{x} = 1,117 \pm 2,37 \cdot 0,213 = 1,117 \pm 0,505$

$s^2\log = \frac{4,1249}{91} = 0,0453285$; $s\log = 0,212905$; $s^3\log = 0,0096506$; $s^4\log = 0,0020546$

Asymmetrie der Wertevertteilung: (A log):
$\frac{-0,01599}{0,0096506 \cdot 92} = -0,018$

Exzeß (E log):
$\frac{0,38276}{0,0020546 \cdot 92} - 3 = -0,975$

Prüfung auf Normalverteilung der Werte:
Asym: $\frac{-0,018}{\sqrt{\frac{6}{92}}} = -0,07$

Exzeß: $\frac{-0,975}{2\sqrt{\frac{6}{92}}} = -1,9$

3. Thorium, Eibenstocker Granit

x_i	n	$x_i \cdot n$	Δx	$(\Delta x)^2$	$(\Delta x)^2 \cdot n$	$(\Delta x)^3$	$(\Delta x)^3 \cdot n$	$(\Delta x)^4$	$(\Delta x)^4 \cdot n$
11,5	3	34,50	-3,5	12,25	36,750	-42,875	-128,625	150,062	450,188
12,5	13,5	168,75	-2,5	6,25	84,375	-15,625	-210,938	39,062	527,344
13,5	30,5	411,75	-1,5	2,25	68,625	-3,375	-102,938	5,062	154,406
14,5	48	696,00	-0,5	0,25	12,000	-0,125	-6,000	0,062	3,000
15,5	38,5	596,75	+0,5	0,25	9,625	+0,125	+4,812	0,062	2,406
16,5	24	396,00	+1,5	2,25	54,000	+3,375	+81,000	5,062	121,500
17,5	14,5	253,75	+2,5	6,25	90,625	+15,625	+226,562	39,062	566,406
18,5	3	55,50	+3,5	12,25	36,750	+42,875	+128,625	150,062	450,188
19,5	0,5	9,75	+4,5	20,25	10,125	+91,125	+45,562	410,062	205,031
20,5	0,5	10,25	+5,5	30,25	15,125	+166,375	+83,188	915,062	457,531
Σ	176	2633,0			418,0		121,248		2938,000

$\overline{x} = \frac{2633,0}{176} = 15,0$ g/t; $\overline{x} = 15 \pm 2,35 \cdot 1,55$, $\overline{x} = 15 \pm 3,6$ g/t

$s^2 = \frac{418}{175} = 2,39$; $s = 1,55$; $s^3 = 3,69$; $s^4 = 5,7053$

Asymmetrie der Wertevertteilung (A):
$\frac{121,248}{3,69 \cdot 176} = 0,19$

Exzeß (E):
$\frac{2938}{5,7053 \cdot 176} - 3 = -0,07$

Prüfung auf Normalverteilung der Werte:
Asym.: $\frac{0,19}{\sqrt{\frac{6}{176}}} = 1,06$

Exzeß: $\frac{-0,07}{2\sqrt{\frac{6}{176}}} = -0,19$

4. Thorium, Markersbacher Granit

x_i	n	$x_i \cdot n$	Δx	$(\Delta x)^2$	$(\Delta x)^2 \cdot n$	$(\Delta x)^3$	$(\Delta x)^3 \cdot n$	$(\Delta x)^4$	$(\Delta x)^4 \cdot n$
22,5	2	45,00	-17,6	309,76	619,52	-5451,776	-10903,55	95951,26	191902,51
27,5	10,5	288,75	-12,6	158,76	1666,98	-2000,376	-21003,95	25204,74	264649,74
32,5	11,0	357,50	-7,6	57,76	635,36	-438,976	-4828,74	3336,22	36698,39
37,5	21,5	806,25	-2,6	6,76	145,34	-17,576	-377,88	45,70	982,50
42,5	21,0	892,50	+2,4	5,76	120,96	+13,824	+290,30	33,18	696,73
47,5	21,0	997,50	+7,5	54,76	1149,96	+405,224	+8509,70	2998,66	62971,81
52,5	7,0	367,50	+12,5	153,76	1076,32	+13346,37	23642,14	165494,96	24141,10
57,5	1,0	57,50	+17,4	302,76	302,76	+5268,024	5268,02	91663,62	91663,62
Σ	95,0	3812,5			5717,20		-9699,73		815060,26

$\overline{x} = \frac{3812,5}{95} = 40,1$; $\overline{x} = 40,1 \pm 2,37 \cdot 7,8$; $\overline{x} = 40,1 \pm 18,5$ g/t

$s^2 = \frac{5717,2}{94} = 60,82$; $s = 7,8$; $s^3 = 474,33$; $s^4 = 3699,22$

Asymmetrie der Werteverteilung: (A)
$\frac{-9699,73}{474,33 \cdot 95} = -0,22$

Exzeß: (E)
$\frac{815060,26}{3699,22 \cdot 95} - 3 = -0,68$

Prüfung auf Normalverteilung der Werte:
Asym. $\frac{-0,22}{\sqrt{\frac{6}{95}}} = -0,9$

Exzeß $\frac{-0,68}{2\sqrt{\frac{6}{95}}} = -1,4$

Bedeutung von Symbolen: x und lgx: Mittelwert der untersuchten Gesamteinheit; Σ n: Probenanzahl; s^2: Varianz;
s: Standardabweichung,
Asymmetrie < 3 und Exzeß < 3: Bedingungen für eine Normalverteilung der Werte

$\sqrt{\frac{6}{\sum n}}$ $\quad$ $2\sqrt{\frac{6}{\sum n}}$

Uranlagerstätte unmittelbar räumlich verbunden, enthalten diese Magmatite doppelt bis dreimal soviel Uran und Thorium wie in globaler Hinsicht normal. Sie ordnen sich in die Reihe der uranspezialisierten Intrusivgesteine der Lithosphäre ein. Zu ihnen zählen auch mehrere Granitkomplexe des benachbarten Erzgebirges. Jedoch enthalten die letzteren im allgemeinen weniger Thorium. So wurden im Ergebnis einer Untersuchung des westerzgebirgischen Granites von Eibenstock im Mittel 13,7 g/t U aber nur 15 g/t Thorium festgestellt (Tab. 1a). Zwei Großproben aus den näher zur Elbtalzone gelegenen osterzgebirgischen Graniten von Altenberg und Schellerhau enthalten dagegen, dem Markersbacher Granit vergleichbar, durchschnittlich 10,5 g/t Uran und 48 g/t Thorium. Im Umfeld der osterzgebirgischen Granite sind die kleinen Uranlagerstätten Bärenhecke und Niederpöbel lokalisiert. Sie sind die der Lagerstätte Königstein am nächsten gelegenen an das Grundgebirgsstockwerk gebundenen Erzobjekte.

Tab. 2: Hintergrundgehalte für Uran und Thorium in der Elbtalzone (in g/t)

Gesteinsart	Pro-	U				Th				$\frac{\bar{x}\ Th}{\bar{x}\ U}$
	benan-zahl (n)	Verteilung der Werte	$\bar{x}$	s	Grenz-werte d. Normal-verteilung	Verteilung d. Werte	$\bar{x}$	s	Grenz-werte d. Normal-verteilung	
1. Quartär Gebiet Torgau-Mühlberg										
Sande, Kiese	35	lg-normal	0,7	1,8	<1-3	normal	3,7	2,4	<1-9,5	5,3
Schluffe, Tone	22	normal	2,1	1,6	<1-6	normal	9,9	4,5	<1-21	4,7
2. Tertiär Spremberger Schichten, Gebiet Torgau-Mühlberg										
Sande, Kiese	80	lg-normal	1,0	2,2	<1-7	normal	6,3	3,7	<1-15	6,3
Schluffe und Tone	105	normal	3,5	1,5	<1-7	normal	14,8	4,4	4-25	4,2
"Tuffit"-Horizont	8	(normal)	6,8	2,9	<1-15	(normal)	21,0	2,9	13-29	3,1
Braunkohlentone	8	(normal)	1,1	0,4	<1-2	(normal)	7,2	1,9	2-13	6,5
Braunkohlen	21	lg-normal	0,8	1,8	<1-4	normal	2,2	1,2	<1-5	2,8
3. Kreidetafel										
Turon										
Sandstein, grob- bis feinkörnig	109	lg-normal	0,74	1,4	<1-1,8	lg-normal	1,9	2,2	<1-11,5	2,6
Plänersandsteine, feinstkörnig, schluffig	109	lg-normal	2,3	1,9	<1-11	normal	10,4	3,1	3-18	4,5
Pläner Schluffstein, karbonatisch	64	normal	2,6	1,0	<1-5	normal	11,6	2,1	7-17	4,5
Ton- und Schluffstein	4	-	3,0	-	-	-	14,9	-	-	5,0
Cenoman										
Sandstein grob- bis feinkörnig, marin (cm_2)	432	lg-normal	0,83	1,6	<1-2,4	lg-normal	1,8	2,7	<1-19	2,2
Sandstein, mittel- bis feinkörnig, lagunär (cm_1)	394	lg-normal	1,3	1,4	<1-3,0	normal	6,4	3,7	<1-15	4,9
Sandstein, grob- bis feinkörnig, Credne-rienschichten (ctr)	81	lg-normal	0,94	2,0	<1-5,0	normal	7,0	2,9	<1-14	7,4
Ton- und Schluffstein, terrestrisch, Cred-nerienschichten (ctr)	126	normal	4,4	2,0	<1-9,0	normal	21,4	4,9	10-33	4,9
4. Rotliegendes (Unterperm), Döhlener Becken, Gebiet Bannewitz										
Hangendes der Döhlener Schichten. Stufe der buntfarbigen Schiefertone, Sandsteine und Konglomerate										
Konglomerat, Sandstein, Arkose, bunt-farbig	67	normal	4,6	1,6	1-8	normal	19,2	3,0	12-26	4,2
Tonstein, Schluffstein, buntfarbig	291	normal	5,1	1,4	2-8	normal	21,3	3,8	12-30	4,2
Döhlener Schichten. Stufe der Steinkohlenflöze										
Konglomerat, Arkose, Sandstein	138	lg-normal	5,4	1,9	1-23	normal	22	5,0	10-34	4,1
Ton- und Schluffstein	265	normal	6,6	2,0	2-11	normal	22,8	4,0	13-32	3,4
Steinkohle, Brandschiefer	(201)	-	<1,0	-	-	-	~12	-	-	-
Liegendes der Döhlener Schichten. Stufe der basalen Sandsteine und Konglomerate										
Konglomerat, Sandstein, Arkose, bunt-farbig	106	normal	4,4	1,7	<1-8,5	normal	20,6	4,6	10-31	4,7
Tonstein, Schluffstein, buntfarbig	189	lg-normal	4,9	1,6	2-13	normal	21,8	4,0	12-30	4,4
5. Grundgebirgsstockwerk										
Tonschiefer des Elbtalschiefergebirges	71	normal	3,1	1,4	<1-6	normal	13,3	3,4	5-22	4,3
Diabas des Elbtalschiefergebirges	12	-	<1,0	-	-	-	~1	-	-	-
Grauwacke, Lausitzer Block	29	normal	3,4	0,85	1-6	normal	14,0	2,4	8-20	4,1
Granodiorit, Lausitzer Block	71	normal	3,9	0,88	2-6	normal	13,0	2,7	7-19	3,3
Rumburger Granit, Lausitzer Block	48	normal	2,8	1,6	<1-7	normal	10,5	3,1	3-18	3,8
Gneis, Osterzgebirge	136	~normal	4,3	2,1	<1-9	normal	10,4	3,5	2-19	2,4
Granit von Markersbach	486	lg-normal	10,1	1,8	2-42	normal	50,6	4,7	40-62	5,0
Syenit von Meißen	86	lg-normal	12,8	1,6	4-39	lg-normal	36,0	1,7	10-130	2,8
6. Tertiäre Vulkanite, Lausitzer Block										
Basalt	45	normal	3,5	1,0	1-6	normal	8,0	1,4	5-11	2,3
Phonolith	7	(normal)	7,8	0,9	~5-11	(normal)	29,9	1,8	24-35	3,8

Sie befinden sich ca. 20 bis 25 km westlich von ihr entfernt (Abb. 1).

Über den Meißener Syenit und Markersbacher Granit hinaus wurden in der Region auch tertiäre Vulkanite mit erhöhten Hintergrundgehalten an Uran und Thorium angetroffen. Die Basalte und Phonolithe des Zittauer Beckens ergaben im Mittel 3,5 g/t Uran und 8,0 g/t Thorium bzw. 7,8 g/t Uran und 29,9 g/t Thorium. Auch diese Werte übersteigen das Doppelte ihrer globalen Clarks.

In der Reihe der Werte mit nur geringfügigen Unterschieden zu den globalen Clarks weichen die meisten von ihnen ebenfalls nach oben ab. Von 13 untersuchten Gesteinseinheiten des Grundgebirges und der Kreidetafel liegen 12 mit ihren Thorium- und 9 mit Urangehalten über den entsprechenden globalen Werten (Tab. 1). Aus diesem Grund hebt sich auch das sedimentäre Deckgebirge der Elbtalzone bei Uran und noch deutlicher bei Thorium positiv von benachbarten Tafelgebieten ab. Betragen z. B. die mittleren Gehalte für Uran und Thorium in den rotbuntfarbigen Ton- und Schluffsteinsedimenten des Rotliegenden im thüringisch-anhaltinischen Saaletrog 4,8 bzw. 13,6 g/t und ihr Konzentrationsverhältnis (Th/U) 2,8, liegen die entsprechenden Werte im Döhlener Becken bei 5,0 bzw. 21,4 g/t und 4,3. Die Fazies der graufarbigen, inkohlte organische Substanz enthaltenden terrestrischen Tone und Schluffe des Tertiärs führt an Uran und Thorium im Weißelsterbecken 4,0 bzw. 13,2 g/t bei einem Konzentrationsverhältnis (Th/U) von 3,3. In der Elbtalzone ergaben bei Belgern, Mühlberg und Torgau die entsprechenden Bestimmungen 3,5 bzw. 14,8 g/t und 4,2 (Tab. 2).

Insgesamt betrachtet, erlauben es diese Fakten, die Elbtalzone geochemisch zu den Regionen mit deutlich erhöhten Hintergrundgehalten an Uran und Thorium zu zählen.

In der Region selbst unterscheiden sich die Kreideformation und ihr Grundgebirge tendenziell im Konzentrationsverhältnis beider Elemente. In der Kreidetafel herrschen die höheren und im Grundgebirge die niedrigeren Werte dieses Verhältnisses vor. Der Unterschied ist durch das positive Abweichen beider Elemente von ihren globalen Clarks im Grundgebirge und durch das z. T. nur alleinige positive Abweichen von Thorium in der Kreidetafel bedingt. Die Konzentrationsverhältnisse liegen im Grundgebirge vorherrschend unter und in der Kreideüberlagerung über 4,5. Der für die marinen Sandsteine der Kreide angegebene Mittelwert von nur 2,3 (Tab. 1) ist sehr unsicher. Er dürfte auf das Versagen des angewandten Analysenverfahrens bei Urangehalten von <1 g/t zurückzuführen sein. In den terrestrischen Kreidesandsteinen erreicht das Konzentrationsverhältnis den Wert von 7,0. Derartig überhöhte Werte lassen auf das Fehlen des zugehörigen Urananteils schließen. Die Überhöhung deutet auf eine etwaige Konzentrierung des Urans an anderer Stelle und ist ein Indiz für die vorhandene Lagerstätte.

Die in diesem Abschnitt gemachten Angaben sind noch lückenhaft und möglicherweise noch nicht ausreichend abgesichert. Sie ordnen sich jedoch verhältnismäßig harmonisch in das geologische Umfeld der zu beschreibenden Lagerstätte ein.

3 Die Pirnaer Paläosenke als erzrelevante Struktur

3.1 Topographie, Unterbau, geologische Entwicklung

Die Lagerstätte wurde in der Pirnaer Paläosenke festgestellt. Diese führte von den fünf genannten Depressionen als einzige eine für abbauwürdig befundene Vererzung. Sie ist zugleich die typischste, prägnanteste und repräsentativste cenomane Depressionsstruktur. Sie nimmt in der vorderen Sächsischen Schweiz Teile der geologischen Meßtischblätter (1 : 25 000) Pirna, Königstein, Berggießhübel und Rosenthal ein. Hier erstreckt sie sich nördlich und südlich der Elbe, von der Lausitzer Überschiebung im Norden bis fast zum Ausstrich des Grundgebirges im Süden quer durch die Kontur der Kreidetafel. Sie umfaßt in der Verbreitung der terrestrischen Crednerienschichten eine ca. 100 km² große Fläche. Sie ist ein etwa 18 km langes und 2 bis 9 km breites, generell meridional, quer zum Elbtalgraben streichendes Strukturelement. Ihr Grundriß, dargestellt in Abb. 5, ist mannigfaltig gegliedert. Der nord-süd-streichende Hauptarm der Senke weist Ausbuchtungen, schlauchförmige Einengungen, sich verästelnde Seitenlinien und eine beckenförmige Erweiterung in seinem zentralen Mittelabschnitt auf.

Die Depression ist in ihrem Verlauf verschiedenen Struktur- und Gesteinseinheiten des Grundgebirgsstockwerkes aufgeprägt. Im Norden, von der Lausitzer Überschiebung bis heran zur Westlausitzer Störungszone, verläuft sie hauptsächlich in Granodioriten und zum Teil in Grauwacken des Lausitzer Blockes. Ab der Störungszone erstreckt sie sich südwärts über Elbtal-Schiefergebirge und Markersbacher Granit.

Der Granit, der am südlichen Rand der Senke zwischen den Ortschaften Bahra und Gottleuba zutage ansteht, durchbricht und zerteilt das Schiefergebirge. Er durchkreuzt die Westlausitzer Störungszone und setzt sich unter der Kreideüberdeckung bis in die Granodiorite des Lausitzer Blockes und weiter nach Nordosten bis fast heran an die Elbe fort. Er unterlagert und umrahmt den südlichsten und südöstlichsten Teilabschnitt der Senke. Er trennt als eine markante Paläoschwelle die Pirnaer von der Rosen-

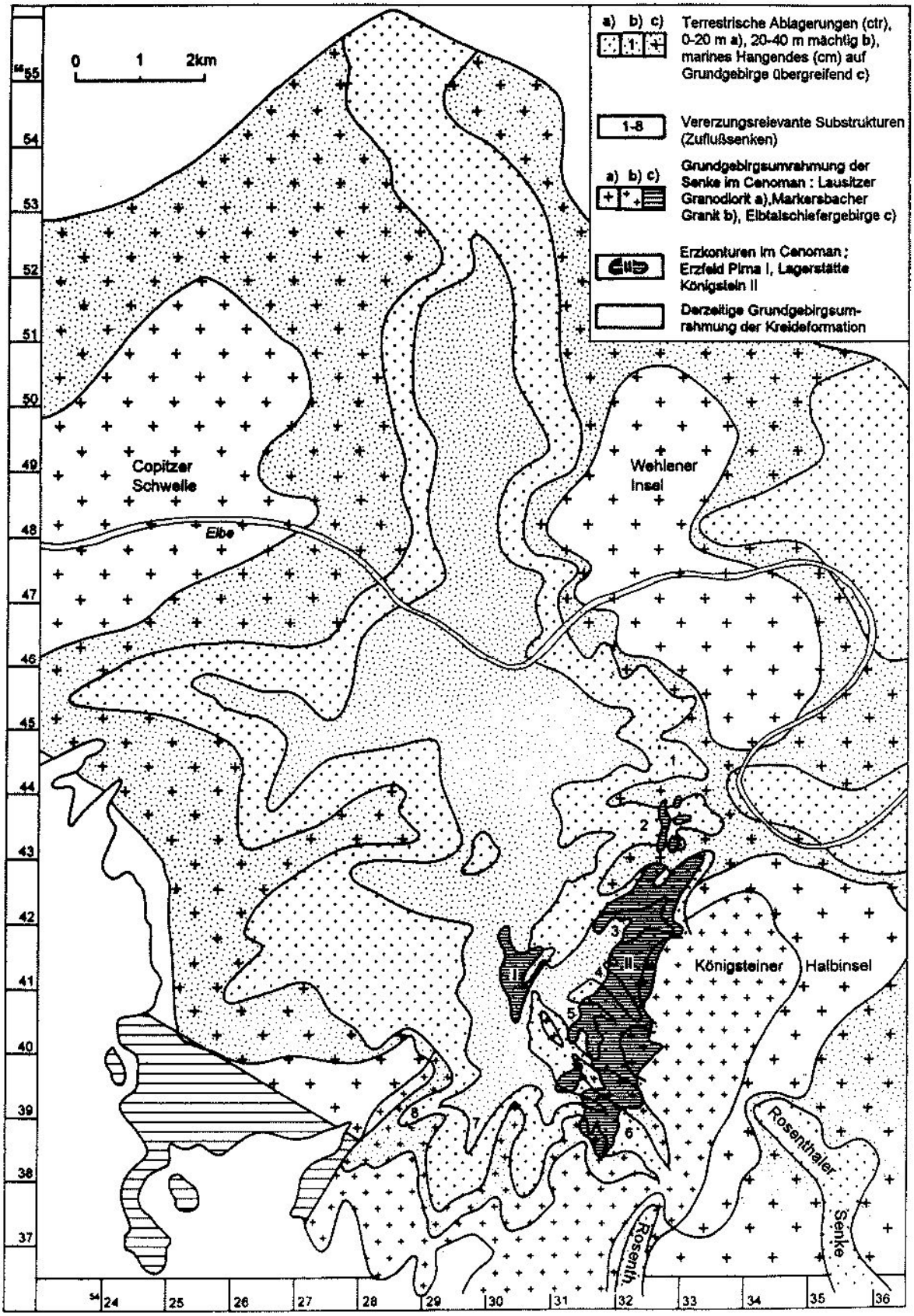


Abb. 5: Strukturell-paläogeographisches Schema des Cenomans der Pirnaer Paläosenke

thaler Depression, die sich nach Südosten anschließt und bis über die Landesgrenze nach Böhmen weiterführt. Die trennende Hochlage ist an ihrer schmalsten Stelle nur wenige 100 m breit. Die Abriegelung wirft die Frage nach dem Charakter der Querschwelle und der Art der Beziehung zwischen beiden dicht aufeinanderfolgenden Senken auf. Entweder bestand die Schwelle als ein die Senken trennender Höhenrücken und paläohydrologische Wasserscheide von Anfang an. Oder sie unterbrach, wofür es ebenfalls geologische Anhaltspunkte gibt, erst später kon- und postsedimentär im Cenoman herausgehoben, den ursprünglichen Zusammenhang beider Depressionen.

Im komplexen Zusammenwirken von sedimentärer Ausfüllung und tektonischer Beeinflussung veränderte sich die Kontur der Pirnaer Senke im Verlauf des Cenoman. Dadurch, daß im Sedimentationsprozeß die jeweils jüngeren Sedimente transgressiv auf die Grundgebirgsumrahmung der Senke übergriffen, weiteten sich deren Begrenzungslinien seitlich allmählich aus (Abb. 5). Am Ende des Cenomans griff die Sedimentation auf die eingeebneten Randhochlagen über und verband sich mit der in den Nachbarsenken. Die Depression verlor ihre Abgeschlossenheit und Eigenständigkeit. Sie war nur noch von verbliebenen Halbinseln und Inselzügen umsäumt. Im Osten war sie im Bereich der Lausitzer Granodiorite von der sogenannten "Wehlener Insel" und im Südosten und Süden längs der erwähnten granitischen Hochlage von der Halbinsel "Bahra-Königstein" flankiert. Im Westen bildete die aus Elbtalschiefergebirge sowie Dohnaer und Lausitzer Granodiorit und Grauwacke bestehende "Copitzer Halbinsel" die noch vorhandene Abgrenzung.

Mit Beginn des Turons unterlagen auch diese Hochlagen der Überflutung durch das transgredierende Kreidemeer. Die cenomanen Depressionssedimente wurden einschließlich ihrer alten Grundgebirgsumrahmung durch die unterste Plänerablagerung überdeckt. Diese bildet in der Kreideformation, als „Labiatuspläner“ dokumentiert, einen durchgängigen Leithorizont. Am äußersten südlichen Rand der Pirnaer Senke geht sie jedoch, dem granitischen Grundgebirge auflagernd, in eine Sandsteinfazies über. Dieser Übergang läßt auf ein Fortbestehen letzter Inselagen im Granitgebiet bis in die turonische Periode schließen. Der Sandstein wirkt in dieser Zone als ein hydrogeologisches Fenster zur Überführung von Wässern aus dem 3. in den liegenden 4. und 5. Grundwasserleiter des Kreideprofiles. Er ermöglicht den aus der südlichen Grundgebirgsumrahmung in die geneigte Kreidetafel eindringenden und absteigenden postkretazischen Untergrundwässern einen Zugang in das durch den Labiatuspläner abgedichtete cenomane Schichtensystem der Paläosenke.

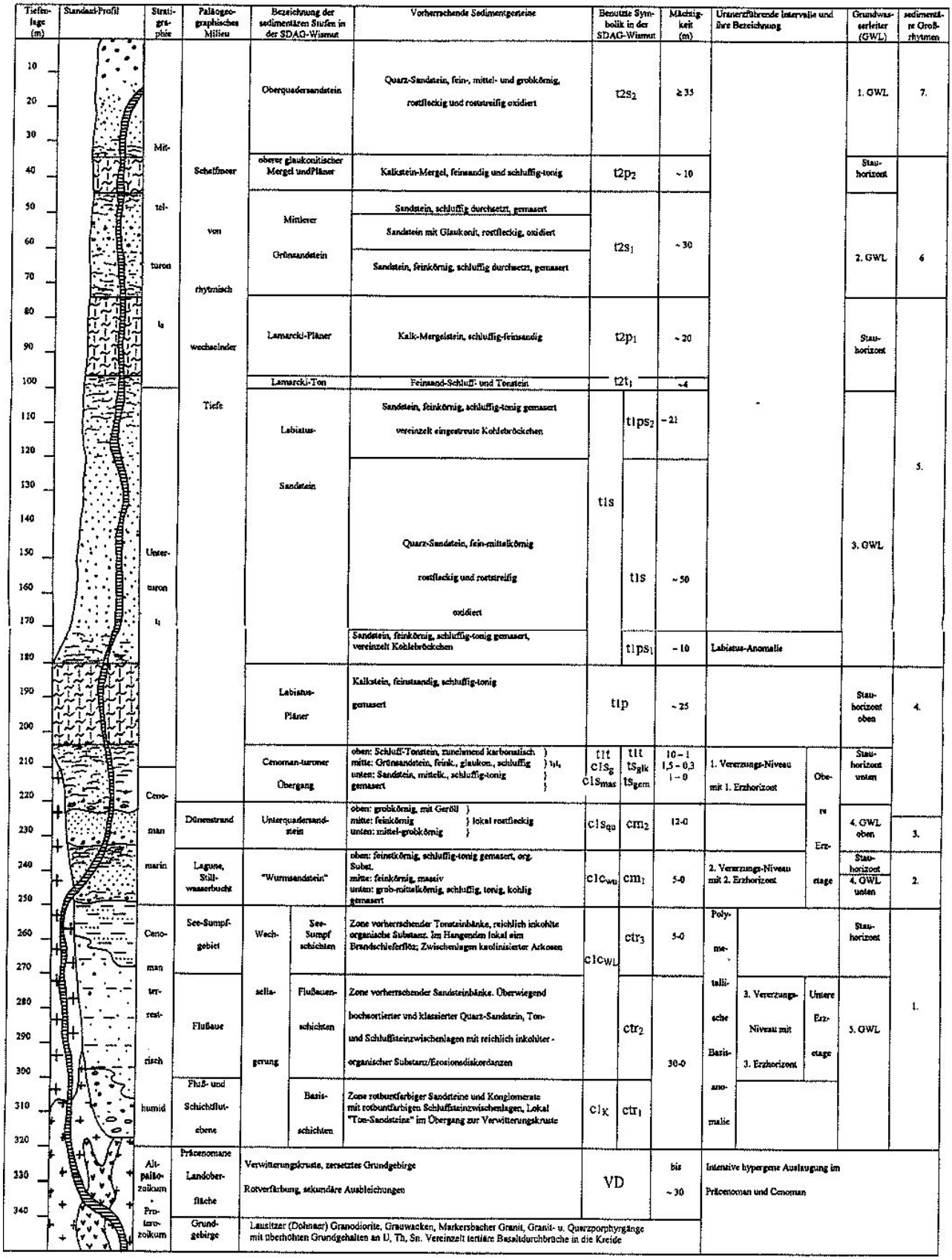
3.2 Das Cenoman: Stratigraphie, Lithologie, sedimentäres Milieu

3.2.1 Charakteristik der Schichtenfolge

Die cenomane und vorherrschend terrestrisch geprägte Schichtenfolge der Senke ist im Vergleich mit den übrigen Depressionen auffallend mächtig und wechselhaft ausgebildet. Einschließlich ihres oberen Teils mit seinem Übergangscharakter in das marine Milieu erreicht sie maximal 80 und an der Lagerstätte noch 52 Meter. Sie zeichnet sich durch plötzliche Veränderungen ihrer lithologischen und faziellen Eigenheiten aus. Sie ist bezüglich ihrer Gehalte an organischer Substanz, ihrer Granulometrie, hydrologischen Transmissivität, Farbgebung und Redox- und Adsorptionsvermögens äußerst kontrastreich zusammengesetzt. Ihr Profil stellt eine grob- bis fein- und feinstgliedrige Wechsellagerung aus in sich gegliederten Konglomeraten, Sandsteinen sowie brandschieferhaltigen Schluff- und Tonsteinbänken dar. Die Skala der Gesteinsfärbung reicht von tiefziegelrot, rotbraun, rostig-ockergelb über grau und dunkelgrau bis zu kohlig-schwarz. Die einzelnen Lithologien sind vertikal durch allmähliche wie auch diskordante Übergänge verbunden und horizontal eng- bis weiträumig miteinander verzahnt. Sie bilden in ihrer Gesamtheit ein Schichtensystem aus einzelnen, unterschiedlich mächtigen, linearen und tafeligen Fazieskomplexen mit an der Basis terrestrischer und sich darüber anschließender mariner Ausprägung.

Der stoffliche und lithofazielle Charakter der Wechsellagerung verändert sich allgemein und allmählich vom Liegenden zum Hangenden. Im terrestrischen Profilabschnitt nehmen die schluffig-tonigen und organischen Bestandteile zu und der Grobkornbestand entsprechend ab. Der Profilabschnitt läßt sich insofern in drei Stufen unterteilen, die ohne scharfe Grenzen von unten nach oben allmählich ineinander übergehen. Je vorherrschend ist die unterste Stufe aus rotbuntfarbigen Konglomerat- und Sandsteinbänken, die mittlere aus graufarbigen Sand- und Schluffsteinlagen und die oberste aus schwarzen kohlenstoffreichen und teilweise brandschieferartigen Ton- und Schluffablagerungen zusammengesetzt. Der marine Profilabschnitt ist wieder überwiegend sandig ausgebildet. Er besteht im Bereich der Lagerstätte aus zwei faziesungleichen flächig verbreiteten Sandsteinschichten. Diese überdecken die terrestrischen Ton- und Schluffsteinbänke und greifen nacheinander transgressiv auf deren Grundgebirgsumrahmung über. Sie keilen an den Hochlagen der Wehlener Insel und an den Halbinseln von Copitz und Bahra-Königstein aus. Sie werden von feinsandigen glaukonitischen Schluffen und Tonen überdeckt, die ihrerseits allmählich in den hangenden Labiatuspläner übergehen.

Tab. 3: Gliederungsschema der Kreidetafel an der Lagerstätte, südöstliche Pirnaer Paläosenke, zwischen Gottleuba- und Bielatal, nach Bohrungen und Grubenaufschlüssen



Die cenomane Schichtenfolge widerspiegelt in ihrer Aufeinanderfolge die allmähliche Absenkung der alten kontinentalen Landoberfläche und die klimatischen Veränderungen im Zusammenhang mit der herannahenden marinen Transgression. Die konglomeratischen, rotbuntfarbigen Basisschichten weisen auf ein noch lebhaft gegliedertes Relief der präsedimentären Landoberfläche und möglicherweise noch bestehende semiaride Klimabedingungen hin. Die hangende graufarbige Wechsellagerung zeigt die beginnende und die sich anschließenden Zone der überwiegenden Schluff- und Tonsteinbänke, die fortgeschrittene Einebnung der Landoberfläche an. Die Einebnung geht mit einer zunehmenden Versumpfung der Niederung und Humidisierung des Gebietes mit der vorrückenden Strandlinie einher. Die beiden nun folgenden hangenden Sandsteinhorizonte zeigen den schrittweisen, zunächst zaghaften und schließlich drängenden Einzug des Meeres in die versumpfte Senke an. Die Übergangsschichten zum hangenden Labiatuspläner bilden den Abschluß dieses Prozesses und beziehen die Region in das etablierte Schelfmeer-Milieu ein.

Diese spezifische Entwicklung spiegelt sich nicht weniger deutlich paläontologisch in den im Schichtenprofil nacheinander in Erscheinung tretenden Pflanzen-, Crustazeen- und Muschelgemeinschaften wider. Mit der Entwicklung wurden die lithofaziellen, lithostrukturellen und hydrogeologischen Voraussetzungen zur Herausbildung von Uranerzlagern in der Schichtenfolge geschaffen. Diesbezügliche Untersuchungen haben gezeigt, daß die einzelnen Teilabschnitte des lithologischen Profiles im Komplex metallogenetisch zusammenwirkten. Unter diesem Gesichtspunkt wurde das Profil einschließlich der präcenomanen grundgebirgischen Verwitterungskruste in einen unteren terrestrisch und oberen marin geprägten Abschnitt unterteilt. Der terrestrische Abschnitt wurde von unten nach oben in die Stufen der rotbuntfarbigen Basis-, der Flußauen- und der See-Sumpfablagerungen und der marine in die Stufen der lagunären, der litoral-marinen, und der hochmarinen cenoman-turonischen Übergangsschichten untergliedert. Beide Profilabschnitte und ihre Stufen werden nachfolgend im einzelnen charakterisiert. Eine komplexe Gliederung der Kreidetafel im Bereich der Lagerstätte enthält die Tabelle 3.

3.2.2 Präcenomane Verwitterungskruste und terrestrischer Profilabschnitt

Die präcenomane Verwitterungskruste bildet einen eigenständigen Bestandteil des Profils der Lagerstätte. Sie begleitet die alte Landoberfläche und prägt die Oberkante des Grundgebirgsstockwerkes unter der Kreidediskordanz. Die Verwitterungsdecke hebt sich, wie schon in der Fachliteratur beschrieben, durch eine fleckige und streifige hydrohämatitische Rötung [30] sowie durch eine Kaolinisierung, Illitisierung und örtliche Einkieselung des Gesteins hervor. Sie ist bald sandig locker beschaffen, bald durch ein kieseliges Bindemittel verdichtet und zementiert, aber auch kavernös und porig ausgebildet und häufig von oval konkretionärem Hydrohämatit und inkohltem Wurzelwerk durchsetzt. An Bereichen ihrer Überdeckung durch Ablagerungen mit reichlich organischer Substanz ist die Verwitterungszone sekundär deszendent gebleicht und längs der Grenzzone von Bleichung und Rötung mit konkretionärem Pyrit und Markasit durchsetzt. Analoge Erscheinungen sind in besonders deutlicher Ausprägung in sächsischen und anhaltinischen Braunkohlen-Tagebauen unter tertiären Braunkohlenflözen an ihrem diskordantem Übergang in die prätertiäre Unterlage beobachtbar.

In der Pirnaer Paläosenke wurde die Verwitterungskruste durch Bohrungen und untertägige Auffahrungen hauptsächlich im Verbreitungsbereich des Granodiorites und Granites aufgeschlossen und durchteuft. Sie geht nach der Tiefe zu allmählich in das unverändert frische Grundgebirge über. Die Grenzen von verwitterungsbedingter Verfärbung und stofflichen Gesteinsveränderungen insgesamt stimmen nicht miteinander überein. Die wahre Mächtigkeit der Verwitterungskruste ist daher nicht visuell sondern nur mikroskopisch und chemisch zu bestimmen. Ihre Tiefenerstreckung hängt vom Relief der Landoberfläche und dem tektonischen Zerrüttungsgrade des Grundgebirges ab. Sie wird im Mittel mit 30 Metern angenommen. Über den Hochlagen des Grundgebirges sinkt ihre Mächtigkeit auf unter 5 Meter ab und steigt an dessen Flanken und Zerrüttungszonen bis auf ca. 50 Meter an. Die Verwitterungskruste hat sich als wichtiger Faktor der Erzbildung herausgestellt. Auf ihre mikrochemische Beschaffenheit wird in einem späteren Abschnitt gesondert und ausführlich eingegangen.

Die rotbuntfarbigen Basisschichten (ctr_1) nehmen über der Diskordanz zur Kreideformation den Grund der Senke ein. Während sich die charakteristische Rötung dieser Stufe in Richtung der zentralen Bereiche der Senke allmählich verliert, bildet sie sich randwärts in Richtung des umrahmenden Grundgebirges zunehmend kräftiger, mächtiger, geschlossener und durchgängiger aus. Dabei greift sie auch auf jüngere Profilabschnitte der Schichtenfolge über. Verschiedentlich als das Ergebnis einer nachträglichen Oxidation der Sedimente durch sauerstoffhaltige Untergrundwässer angenommen, erklärt sich der Farbton verständlicher mit seiner Übertragung in die basalen Kreideschichten aus der grundgebirgischen Verwitterungskruste bei deren Erosion.

Die Stufe liegt linear aufgefächert in voneinander durch Grundgebirgshochlagen getrennten Ablagerungsbereichen mit einer scharfen erosiven Grenze dem Grundgebirge auf (Abb. 7). Im allgemeinen 5 bis 15 m mächtig, besteht sie aus Konglomerat- und Sandsteinbänken, die durch Ton-

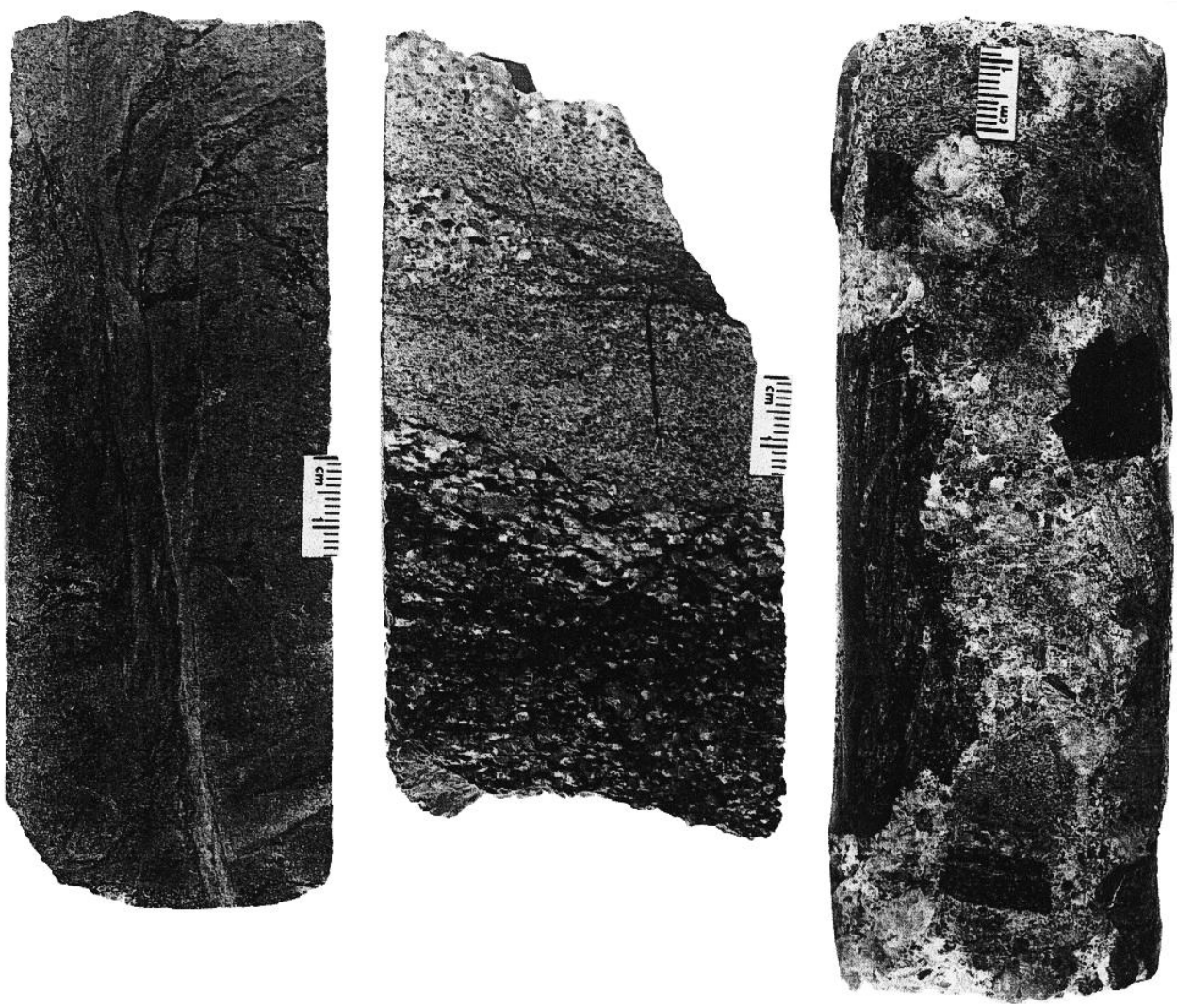
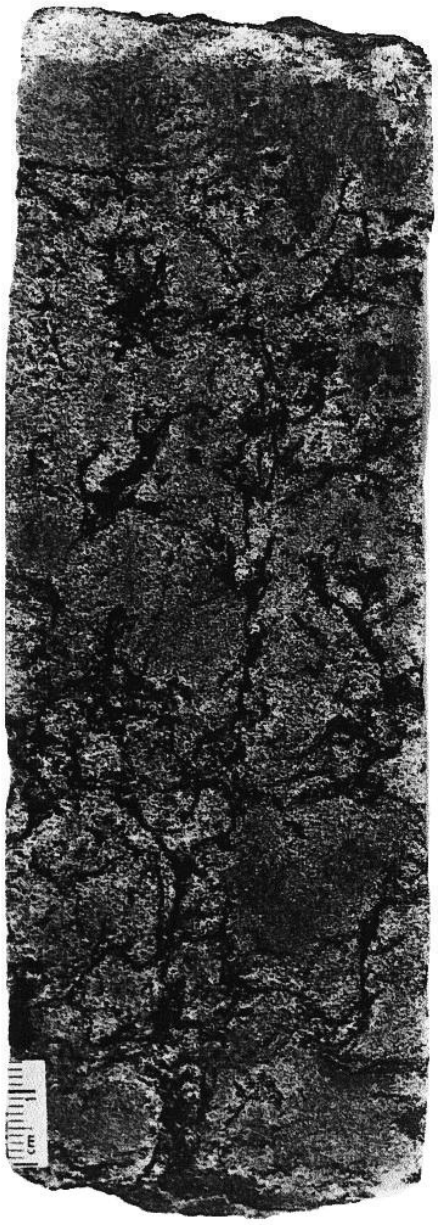


Abb. 6 (links oben): Silifizierter und zerklüfteter Unterquadersandstein an der Lausitzer Überschiebung; Bohrung 2403/81, Teufe 468,2 m.

Abb. 7 (oben Mitte): Sandstein des terrestrischen Cenoman, abgelagert auf verwittertem Lausitzer bzw. Dohnaer Granodiorit; Bohrung 2140/81, Teufe 278,5 m

Abb. 8 (oben rechts): Konglomerat über dem Markersbacher Granit mit Geröllen von Quarz, Hornstein, Grauwacke und Granit. Rotbuntfarbige Basisschichten (ctr_1) im südlichen Teil der Pirnaer Paläosenke, Bohrung 2450/80, Teufe 232,7 m.

und Schluffsteinlagen unterbrochen werden. Sie führt an ihrer präcenomanen Auflagerungsfläche sandig verkittete Schotter und geht nach oben allmählich mit fließenden Grenzen in die Flußauenschichten über. Die Basisschichten füllen die speziellen Vertiefungen der Paläosenke aus. Ihre Geröllfraktion widerspiegelt das umrahmende und unterlagernde Grundgebirge. Das Spektrum der Gerölle umfaßt neben den allgemein verbreiteten Gang- und Knauerquarzen, Granodiorite und Grauwacken des Lausitzer Blockes, Granite von Markersbach, Hornfelse und Skarne seines Kontakthofes, Tonschiefer des Elbtalschiefergebirges und Quarz- und Granitporphyre aus Gesteinsgangzügen im Fundament. Die Gerölle sind kantig bis mäßig gerundet. Sie werden am südlichen Rand der Senke bis ca. 10 cm groß (Abb. 8). Als Schichtflut- und Flußbettausfüllungen angesprochen sind die Ablagerungen in ihrer lithologischen Ausbildung und auffälligen Rotfärbung den permischen Basisschichten des östlichen Döhlener Beckens zum Verwechseln ähnlich. Ihr Kreidealter wurde daher zuweilen bezweifelt. Zur Klärung dieser Frage durchgeführte mikropaläontologische Untersuchungen verliefen aber wegen fehlender organischer Beimengungen in den entnommenen Proben ergebnislos. Nach ihrer harmonischen Einordnung in die Kreideformation zu schließen, bilden diese Ablagerungen jedoch einen zu ihr gehörigen Bestandteil. Die Durchlässsigkeit der Basisschichten



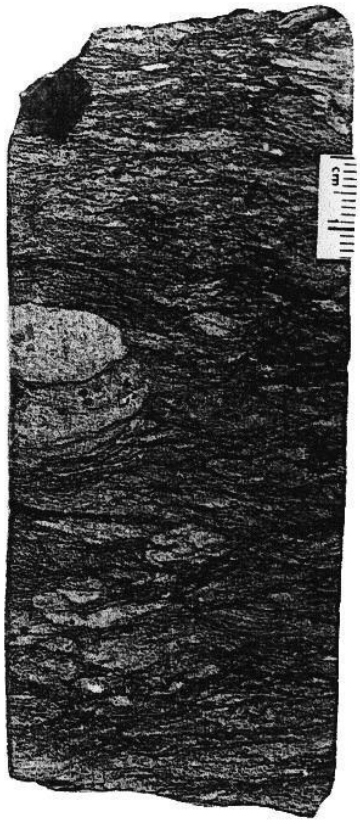


Abb. 9 (links): Lagunärer „Wurmsandstein" (cm_1) mit inkohlter Durchwurzelung, unterer Teil; Bohrung 2440/80, Teufe 291,6 m

Abb. 10 (Mitte): Lagunärer „Wurmsandstein" (cm_1), oberer Teil, mit charakteristischer schluffig-toniger Maserungstextur und inkohlter organischer Substanz; Bohrung 2160/80, Teufe 218 m.

Abb. 11 (rechts): Fluviatiler Sandstein, Flußauenschichten (ctr_2) mit Geröllen von Kreidesandstein über einer Erosionsdiskordanz; Bohrung 2110/81, Teufe 234,6 m

für Untergrundwässer bei vorherrschend oxidierenden Milieu begünstigt die Migration solcher Elemente wie Uran. Darin besteht ihre metallogenetische Relevanz. Die an die Grenzlinie zwischen vorherrschend reduzierenden und oxidierenden Milieu gebundene Bleichungs- und Pyritisierungszone verläuft in den Verbreitungsbereichen der Stufe nicht in der präcenomanen Verwitterungskruste. Sie erstreckt sich weit oberhalb im geologischen Profil am Übergang der rotbuntfarbigen Basisschichten in die Stufe der graufarbigen Flußauenschichten.

Neben der fluviatilen Konglomerat- und Sandsteinfazies ist im Bereich des Überganges der Kreide in das Grundgebirge ein weiterer Ablagerungstyp verbreitet. Es handelt sich um einen ungeschichteten, massiven sowie unklassierten und unsortierten Sandstein mit tonigem Basalzement. Der Sandstein besteht aus einem Gemisch von Ton und mittelkörnigem Quarz im Volumenverhältnis von ca. 1 : 1 und geht allmählich und fast unmerklich mit fließenden Grenzen in das kristalline Grundgebirge über. Als „Tonsandstein" dokumentiert, läßt er sich visuell allein durch seinen nach ziegelrot abweichenden Farbton und die bevorzugt bankige Absonderung von der eher rot-violetten Tönung und betonten Steilklüftigkeit des Grundgebirges unterscheiden. Er wurde in typischer Ausbildung in den dargestellten Bohrprofilen 2082 und 1422 (Abb. 56) und bis zu 17 m mächtig in den Bohrungen 1271, 1059 und 1438 angetroffen. In Rücksicht auf seine enge Verwachsung mit dem Grundgebirge und seine Bindung an die Flanken von dessen Hochlagen wird er als eine eluviale bis

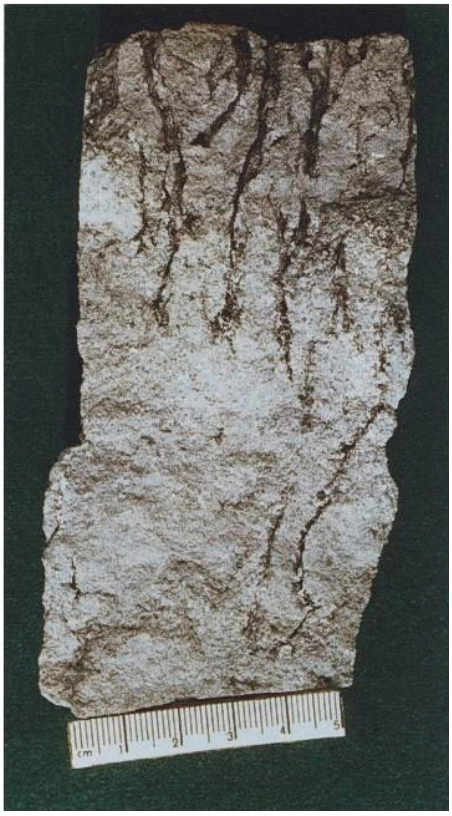


Abb. 12 (links):
Basis-Sandstein des terrestrischen Cenoman (ctr_1), grobkörnig mit konglomeratischen Partien. Mangelhafte Kornklassierung, ohne organische Substanz; Bohrung 1273, Teufe 255 m. Foto: D. KÖRNER

Abb. 13 (rechts):
Sandstein, hellgrau-grau, mittelkörnig, tonig. Flußauenschichten (ctr_2), von oben nach unten durchziehen Reste eines Wurzelsystems die tonigeren Schichten und enden im Sandstein; Bohrung 1066, Teufe 210 m. Foto. D. KÖRNER.

Abb. 14 (links): Sandstein, stark tonig, mit Linsen eines hellgrauen feinkörnigen Sandsteins. Die das Gestein durchziehenden kohligen Lagen sind reichlich pyritdurchstaubt, Flußauenschichten (ctr_2); Bohrung 1273, Teufe 224 m. Foto: D. KÖRNER.

Abb. 15 (rechts): Sandstein, mittelkörnig, hellgrau, schlechte Kornklassierung, reichlich kaolinisierte Feldspäte. Reste eines Wurzelsystems. Flußauenschichten (ctr_2); Bohrung 1066, Teufe bei 210 m. Foto: D. KÖRNER.

proluviale Hangrutschfazies aufgefaßt.

Die Stufe der Flußauenschichten (ctr_2) greift mit einer erweiterten Sedimentationsfläche über die Basisablagerungen hinweg auf die umgebenden Schwellenzüge der

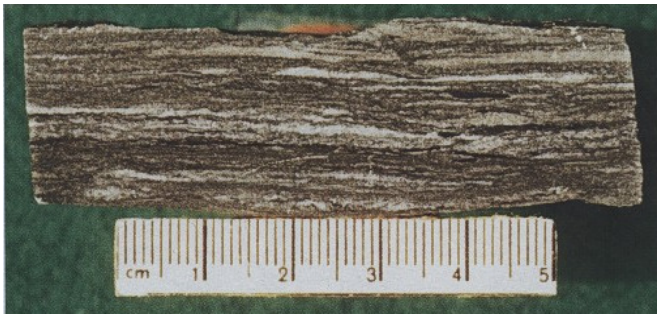


Abb. 16 (links oben):
Sandstein, mittelkörnig, mit grobkörnigen Partien und eingelagerten tonig-kohligen Schmitzen, Schrägschichtung. Flußauenschichten; Bohrung 1058, Teufe 225 m.
Abb. 17 (links Mitte):
„Wurmsandstein“ mit einer „Grabspur“, richtiger: **Crustazee;** ***Spongites saxonicus. Bohrung 1273, Teufe 216 m.***
Abb. 18 (links unten):
Sandstein, hellgrau, feinkörnig mit tonig-kohligen Schmitzen Flußauenschichten (ctr_2).
Abb. 19 (rechts oben):
Sandstein, hellgrau, feinkörnig mit stark wulstiger Ausbildung. Die einzelnen Sandlinsen werden durch tonige Filme begrenzt. „Wurmsandstein“. Bohrung 1274, Teufe 229 m.
Abb. 20 (rechts darunter):
Dunkelgrauer bis schwarzer Siltstein mit feinstkörnigen, hellen Sandsteinlagen. Flußauenschichten (ctr_2). Bohrung 1058, Teufe 234

Fotos: D. KÖRNER

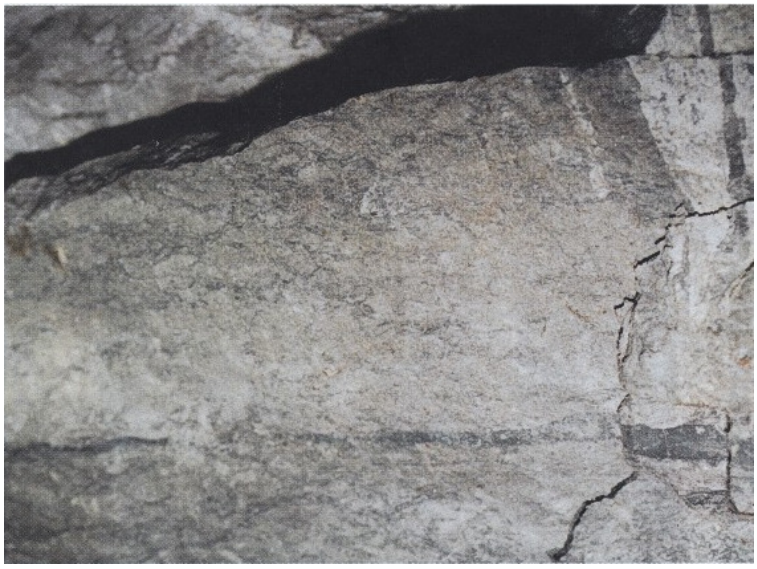


Abb. 21 (links oben):
Labiatuspläner (t_1p); Strecke 73-1.
Abb. 22 (links Mitte):
Unterquadersandstein (cm_2), fein- bis grobkörnig, schräggeschichtet, roststreifig oxidiert, Kontrollstrecke West, Strecke 71.
Abb. 23 (links unten):
„Wurmsandstein" (cm_1), 2. Erzhorizont unter erosiv-diskordant auflagernden oxidierten Unterquadersandstein (cm_2). Nähe Doppelschachtanlage 388/390.
Abb. 24 (rechts):
„Wurmsandstein" (cm_1), dunkelgrau, mit vererzter Oberkante (= 2. Erzhorizont), überlagert von Unterquadersandstein, feinkörnig, weißgrau. VF-23 aus VF-37, +50 m-Sohle, Nähe Kammerkomplex.

Fotos: Wismut GmbH; Abteilung Öffentlichkeitsarbeit

Abb. 25:
Unterquadersandstein (cm_2), weißgrau, eingekieselt über Erosionsrest einer kohligen, terrestrischen Wechsellagerung (ctr) und rotbuntfarbigen Basisschichten, fleckig ausgebleicht.

Foto: Wismut GmbH, Abt. Öffentlichkeitsarbeit.

Abb. 26:
Wechsellagerung des terrestrischen Cenoman (ctr) unter dem 2. Erzhorizont. VF 37, am Zugang W. Bl. 4

Abb. 27:
Wechsellagerung des terrestrischen Cenoman (ctr) unter dem 2. Erzhorizont mit unterlagernder Verwitterungsdecke und Flexur der Schichtgrenzen. VF 23, am Kammerkomplex +50 m-Sohle

Fotos 26 und 27: Wismut GmbH, SB Königstein

Abb. 28: Basaltoidzone, Basaltgang, tonig zersetzt. VS 76 E, aus VF 18.
Foto: Wismut GmbH; SB Königstein
siehe auch Abb. 139

Grundgebirgsumrahmung über. Sie ist bis 15, maximal 20 m mächtig und aus Sandsteinbänken einer Flußbett- und Ton- und Schluffsteinzwischenlagen einer Überschwemmungsfazies zusammengesetzt. Sie geht mit fließenden Übergängen aus den Basisschichten hervor. Die Stufe beginnt mit einsetzenden und zunehmenden Beimengungen an zersetzter und inkohlter pflanzlicher Substanz und einer damit verbundenen Graufärbung der Sedimente. In Richtung zum Hangenden verdichtet und verfeinert sich generell die sandig-schluffig-tonige Wechsellagerung. Das Anteilsverhältnis von Sandsteinbänken und Ton-Schluffsteinzwischenlagen geht von im Durchschnitt etwa 10 : 1 auf 3 : 1 zurück und nach dem Hangenden zu noch weiter bis auf 1 : 1.

Die Sandsteinbänke sind bis zu mehreren Metern mächtig. Ihr Kornbestand ist überwiegend gut bis sehr gut sortiert und klassiert sowie monomikt aus fein-, mittel- bis grobkörnigem Quarz zusammengesetzt. Der Sandstein ist eben- und schräggeschichtet, durch kieseliges Bindemittel verhärtet, dabei porig beschaffen und verbreitet grau bis licht- und weißlichgrau gefärbt (Abb. 16). Nach Süden, in Richtung der Heraushebung der Schichtenfolge bis auf 100 Meter zur Oberfläche und weniger, nimmt der Sandstein bis zur Linie seines schließlichen Auskeilens am Grundgebirge ein rostfleckiges und roststreifiges Äußeres an. Die zwischenlagernde schluffig-tonige Überschwemmungsfazies ist reich an inkohltem detritischen Pflanzenhäcksel, autochtonen Wurzelrelikten und dispers verteilter organischer Substanz. Sie führt lokal etwas Pyrit und Markasit und seltener Galenit (Abb. 13-15 und 20-28).

Die wechsellagernden Sand- und Ton-Schluffsteinbänke bilden ein sedimentäres System mit sprunghaften Veränderungen in der Grundwasserdurchlässigkeit und im geochemischen Adsorptions- und Reduktionsvermögen. Struktur und Lithologie der Stufe bedingen ihre eigens ausgeübte elementanreichernde Funktion. Ihre Grautönung hebt sich von der Rotbuntfarbigkeit der Liegendklastite kontrastreich ab. Gemeinsam mit den Liegendklastiten bildet die Stufe den untersten bzw. 5. Grundwasserleiter der Kreidetafel im Bereich der Paläosenke.

Die Stufe der See-Sumpfablagerungen (ctr_3) beendet zum Hangenden das terrestrische Wechsellagerungsprofil. Sie ist im Mittel ca. 5,0 m mächtig. Sie bildet den Abschluß der Periode der terrestrischen Sedimentation. Die See-Sumpfablagerungen gehen ohne scharfe Grenze aus den liegenden Flußauenablagerungen hervor. Sie greifen über diese noch weiter auf das umrahmende Grundgebirge über. Sie wurden auf einer bereits weitgehend eingeebneten Landoberfläche mit einer verminderten Transport- und Aufbereitungskraft der Zuflußwässer ausgebreitet. Die fortgeschrittene Entwicklung läßt sich aus der vergrößerten Verbreitungsfläche der Stufe und ihrer Zusammensetzung überwiegend aus Schluff und Ton mit reichlichen Beimengungen an inkohlter organischer Substanz ableiten. Das Anteilsverhältnis von Sandstein- und Ton-

Schluffsteinbänken ist im Vergleich mit der Flußauenserie noch weiter zugunsten der Pelite verschoben und liegt bei 1 : 1 bis 1 : 4. Die Kornsortierung und Klassierung der Sedimente ist deutlich schlechter als in den liegenden Schichten. Die Ton- und Schluffsteinlagen sind mit Quarzdetritus und der Sandstein mit tonigem Basalzement und kaolinisiertem Feldspat durchsetzt. Verbreitet tritt eine Mischfazies von "Tonsandsteinen" auf. Die Schichtgrenzen der Sedimente sind entsprechend unscharf und verwaschen ausgebildet und die Ablagerungen von aufrechtstehenden inkohlten Pflanzenstengeln und Wurzeln durchwachsen. Den Abschluß der Stufe bildet ein 0,3 bis 1 m mächtiger kohlenstoffreicher schwarzfarbiger Schieferton mit Kohleschmitzen. Er geht stellenweise in ein Brandschieferflöz über. Das Flöz zeigt die zunehmende Versumpfung der Niederung an. Es beendet die terrestrische Sedimentation in der Paläosenke. Die Absenkung des cenomanen Festlandes in der Elbtalzone war zu dieser Zeit weit fortgeschritten und der Grundwasserspiegel in der Senke angestiegen. Die Stufe der See-Sumpfablagerungen bildet in ihrer vorherrschend schluffig-tonig-kohligen Zusammensetzung den untersten Grundwasserstauer im cenomanen Schichtenprofil. Sie deckt die durchlässigeren liegenden Basis- und Flußauenschichten verhältnismäßig dicht nach oben ab.

3.2.3 Das Paläoflußsystem

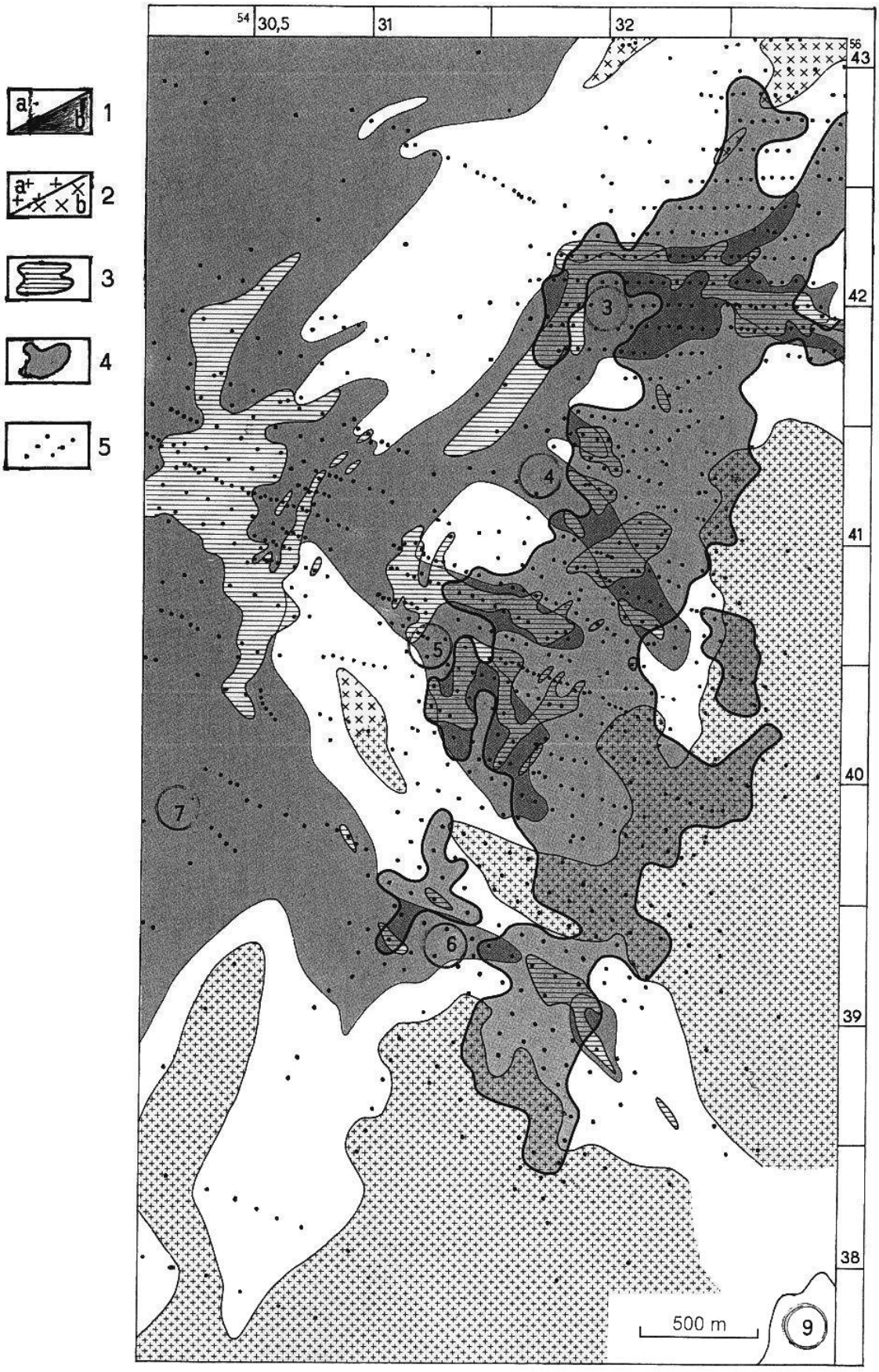
Die Fazieskomplexe der Basis-, der Flußauen- und der See-Sumpfablagerungen sind im terrestrischen Schichtensystem nicht nur übereinander folgend ausgebildet. Sie kommen in geologischer Gleichzeitigkeit auch nebeneinander vor. Deshalb lösen sich in demselben stratigraphischen Niveau Flächen mit überwiegender fluviatiler Sandsteinschüttung und solche mit vorherrschend paludaler Ton- und Schluffsteinsedimentation auch in horizontaler Richtung ab. So bestehen die rotbuntfarbigen Basisschichten im Liegenden und die graufarbigen Flußauenschichten im Hangenden aus mächtigen Sandsteinkomplexen, die sich im lithologischen Profil von der Grundgebirgsoberkante an nach oben bis an die See-Sumpfablagerungen und örtlich noch weiter bis in diese hinein erstrecken. In den durch die Schichtenfolge gelegten Bohrlochschnitten heben sich diese Körper aus ihrem schluffig-tonigerem Umfeld verhältnismäßig deutlich ab (Abb. 39). Aus den Dokumentationen der Bohrkernprofile geht hervor, daß die Anlage und Verbreitung der Sandsteinkörper mit dem Relief der präsedimentären Auflagerungsfläche und der Mächtigkeitsstruktur der Schichtenfolge im Zusammenhang steht.

Zur Veranschaulichung dieser Beziehung ist es grundsätzlich möglich, nach den vorliegenden Bohrergebnissen dieses Relief in Isopachen darzustellen. Um jedoch die bei diesem Verfahren mit in die Darstellung eingehende postsedimentäre Verstellung der Kreidetafel auszuschalten, hat es sich als vorteilhafter erwiesen, statt dieser Isopachen die Isolinien der Mächtigkeit des terrestrischen Cenoman zu verwenden. Bei diesem Verfahren wurden die Ergebnisse von fast 1000 Bohrungen einbezogen. Das erhaltene Resultat ist vereinfacht in der Abb. 29 wiedergegeben. Die Abbildung beschreibt die Mächtigkeitsstruktur des terrestrischen Profilabschnitts in der Paläosenke im allgemeinen und an der Lagerstätte im besonderen. Sie zeigt die Depression mit ihrer süd-nord-streichenden Hauptsenke und mehreren seitlichen Nebenarmen.

Die 20-Meter-Mächtigkeits-Isolinie des terrestrischen Cenoman bildet die Hauptsenke einschließlich ihrer einzelnen Seitenarme, welche sich noch weiter in das umrahmende Grundgebirge hinein verzweigen, deutlich ab. Die Seitenarme münden konzentrisch in die beckenförmige Hauptsenke ein. Sie sind bis zu mehreren Kilometern lang und bis über 100 Meter breit. Sie stimmen in ihren Grenzen mit den Zonen vorherrschender Sandsteinverbreitung in der terrestrischen Schichtenfolge überein. Sie bezeichnen offensichtlich ein dem Grundgebirge aufgeprägtes Paläoflußsystem. Wegen ihrer erzgenetischen Bedeutung, auf welche im nachfolgenden Kapitel 4 ausführlich eingegangen wird, wurden diese Seitenarme als sog. Zuflußsenken gesondert ausgegliedert und namentlich unterschieden. Sie sind durch flache Zwischenschwellen voneinander getrennt und münden örtlich ineinander. Die Senken wurden im einzelnen am südöstlichen und südlichen Rand der Paläodepression ausgegliedert. Sie wurden in Abb. 5 als Substrukturen von Nr. 1-8 gekennzeichnet und in Abb. 34 schematisch eingetragen. Die mit der Lagerstätte im Zusammenhang stehenden Zuflußsenken sind in Abb. 29 dargestellt. Bei den insgesamt 8 Zuflüssen handelt es sich um:

1. Die Senke „Thürmsdorf“ (Nr. 1 in Abb. 34)
2. Die Senke „Waldbach“ (Nr. 2 in Abb. 34)
3. Die Senke „Schüsselgrund-Leupoldishain“ (Nr. 3 in Abb. 29 und 34)
4. Die Senke „Schacht 387-Forsthausweg“ (Nr. 4 in Abb. 29 und 34)
5. Die Senke „Breite Heide-Dürrer Grund“ (Nr. 5 in Abb. 29 und 34)
6. Die Senke „Hermsdorf-Langenhennersdorf“ (Nr. 6 in Abb. 29 und 34)
7. Die Senke „Bahra-Kirchberg“ (Nr. 7 in Abb. 29 und 34)
8. Die Senke „Zwiesel“ (Nr. 8 in Abb. 34)

Die Zuflüsse gehen von der unmittelbaren Grundgebirgsumrahmung der cenomanen Niederung aus. Die Zuflüsse „Thürmsdorf“ und „Waldbach“ gehen aus den Granodioriten des Lausitzer Blockes hervor. Die übrigen entstammen dem Granit von Markersbach und die beiden letzteren außerdem dem nordwestlichem Exo-Kontakthof des Gra-


54
30,5
31
32
56
43
42
41
40
39
38
a
b
1
2
3
4
5
3
4
5
6
7
9
500 m

nites. Der Granit von Markersbach trennt in Gestalt der bereits erwähnten paläogeographischen Querschwelle und Wasserscheide den nach Nordwesten zur Pirnaer Senke gerichteten Hermsdorf-Langenhennersdor-fer Zuflußarm von der Rosenthaler Senke, die sich unter Nr. 9 (Abb. 29) nach Südosten zieht.

3.2.4 Der marine Profilabschnitt

Die beiden Sandsteinbänke, welche in und an der Lagerstätte den terrestrischen Schichtenkomplex überdecken und nacheinander auskeilend auf die Grundgebirgsumrahmung übergreifen, sind der sog. "Wurm"- und der Unterquader-Sandstein. Sie sind lithofaziell und hydrogeologisch unterschiedlich ausgebildet. Sie bilden den in sich geteilten 4. Grundwasserleiter der Kreidetafel. Sie vertreten gemeinsam mit den hangenden Übergangsschichten den in der Erzführung wichtigsten Teilabschnitt der cenomanen Schichtenfolge.

Der Wurmsandstein (cm_1) liegt mit einer scharfen diskordanten Grenze auf stratigraphisch unterschiedlichem Niveau. Er liegt ortsabhängig dem Brandschieferflöz, kohlenstoffreichen Tonsteinbänken der See-Sumpfablagerungen, älterem Cenoman oder auch dem Grundgebirge auf.

Abb. 29 (Seite 34):
Strukturelle und radiometrische Gliederung des terrestrischen Cenoman im Bereich der Lagerstätte Königstein – Das Paläozuflußsystem.

1 - Mächtigkeit des Cenoman (a <20 m, b >20 m), (b) auf lineare Zuflußsenken beschränkt. Zuflüsse: Schüsselgrund-Leupoldishain (3), Schacht 387-Forsthausweg (4), Breite Heide-Dürrer Grund (5), Hermsdorf-Langenhennersdorf (6), Bahra-Kirchberg (7), Rosenthaler Senke (9)

2 - umrahmendes Grundgebirge: a - Granit von Markersbach, b - Westlausitzer Granodiorit

3 - Bereiche mit Gamma-Intensitäten nach Bohrlochmessung ≥500 µR/h (Vererzungsflächen des 3. Horizontes)

4 - Abbaukontur der Lagerstätte

5 – Erkundungsbohrungen

Das Intervall vertritt den Zeitabschnitt des Überganges der Sedimentation von einem terrestrischen in ein marines Milieu und vereinigt daher in sich die Merkmale beider Ablagerungsbereiche. Der Wurmsandstein ist in dieser Hinsicht ein "Zwittersediment", weshalb er bei seiner Erstdokumentation entweder den terrestrischen Credneriensschichten oder dem marinen Unterquader zugeordnet, aber kaum als eine eigenständige Ablagerung ausgegliedert wurde. Seine Zwischenstellung drückt sich zum einen in den noch reichlich vorhandenen Beimengungen an inkohlter pflanzlicher Substanz, darunter an detritischen Kohlebröckchen, Pflanzenhäcksel und Durchwurzelungen und zum anderen in einem erstmaligen und örtlich massenhaften Auftreten von faunistischen, schlauchförmigen, sandig ausgefüllten Gesteinshohlräumen aus (Abb. 9 und 17). In Wahrheit durch Crustazeen (Spongites saxonicus) verursacht, wurden diese Lebenszeichen, welche die sandig-tonigen Feinschichtungen des Sedimentes durchmischen und verwirren, irrtümlich als Wurmfraßspuren aufgefaßt. Solches führte zu der mißverständlichen Bezeichnung der später gesondert ausgegliederten Ablagerung als „Wurmsandstein“. In der Lagerstätte zu einem festen Begriff geworden, wird diese Benennung nun auch weiterhin beibehalten.

Die Ablagerung ist maximal bis 5 m mächtig und setzt über den See-Sumpfschichten mit einem bis 10 cm starken, als "Eierhorizont" bezeichneten Aufarbeitungsagglomerat ein. Das Agglomerat besteht aus oval geformten, hellfarbigen, im Durchmesser bis 5 cm großen quarzitischen Sandsteinknauern, die von kohligen Tonen und Schluffen umschlossen werden. Die Knauer markieren die marine Überflutungsebene. Darüber gliedert sich das Profil der graufarbigen Sandsteinbank in drei, durch allmähliche Übergänge miteinander verbundene Teilabschnitte. Die Bank besteht zuunterst aus einem gemischt grob- bis feinkörnigen Sandstein. Er ist mit kaolinisierten Feldspäten, Kohlebröckchen, Wurzeln und kohlig-tonigen Schlieren durchsetzt und geht allmählich in einen kompakten, fein- bis mittelkörnigen, verkieselten Quarzsandstein über. Dieser entwickelt sich in seinem oberen Drittel bei fortschreitender Kornverfeinerung in Verbindung mit zunehmenden Beimengungen an tonig-schluffiger Substanz zu einem feinschichtig gemaserten und geflaserten Feinstsandstein bis Aleurolith (Abb. 9 und 10).

Der Wurmsandstein ist, insbesondere in seinem oberen Teilabschnitt, ein wattartiges Stillwassersediment. Er kennzeichnet die Etappe des Übergangs der Senke von einem See-Sumpfgebiet in eine lagunäre Meeresbucht und ist der Hauptträger der Uranvererzung in der Lagerstätte. Ihm entspricht im Kreideprofil der nordostböhmischen Uranprovinz stratigraphisch, lithologisch und metallogenetisch der dort als solcher bezeichnete "Auswaschungshorizont" [2].

Mit dem Unterquader (cm_2) setzt erneut ein schroffer Fazieswechsel ein. Er liegt diskordant auf seiner Unterlage und überlagert ortsabhängig Wurmsandstein, älteres Cenoman oder Grundgebirge. Der Quader ist bis ca. 12 m mächtig und keilt im Querschnitt der Lagerstätte aus. Er ist ein hochsortierter und klassierter, eben- und kreuzgeschichteter permeabler Quarzsandstein. Er ist durch ein kieseliges Bindemittel hart und spröde, doch zugleich auch porig sowie kavernös beschaffen und arm an organischer Substanz. Stellenweise ist er mürbe und zerreibbar und zerfällt zu einem zuckerkörnigen Stubensand. Anstelle von Crustazeenspuren enthält er reichlich Muschelabdrücke. Im Unterschied zum graufarbigen Wurmsandstein führt er rostfarbene limonitische Flecken und Streifen auf lichtgrauem Untergrund (Abb. 22, 24). Die rostige Verfärbung wurde durch sauerstoffhaltige, oxidierende, sich durch den Sandstein bewegende Schichtwässer hervorgerufen. Sie hebt sich auffällig von der Grautönung der Hangend- und Liegendschichten ab. Die Oxidation steht mit der Herausbildung der Lagerstätte in einem speziellen Zusammenhang, auf den später noch ausführlicher eingegangen wird.

Der Sandstein enthält kaolinisierte Feldspatkörner und helle Glimmerschüppchen. An seinem äußersten Verbreitungsrand an der begrenzenden Grundgebirgsschwelle verkümmert er zu einem unaufbereitetem Gemisch von Quarz, kaolinisiertem Feldspat, Schluff, Ton und ausgelaugtem Muschelschill. Nach seinem Korngefüge ist der Unterquader doppelrhythmisch aufgebaut. Er setzt über dem Wurmsandstein mit einer ersten, lokal erosiven Grobschüttung ein, die sich nach dem Hangenden allmählich verfeinert und der eine 2. Grobschüttung folgt. Diese führt Gerölle von Quarz, Quarzporphyr und Granit. Die Gerölle füllen muldenförmige Auswaschungen ihrer feinkörnigen Unterlage aus. Nach oben geht die Grobschüttung mit abnehmenden Korngrößen allmählich in die cenoman-turonischen Übergangsschichten über.

Der Unterquader stellt im Bereich der Lagerstätte eine dünenartige Strandablagerung aus bewegtem Wasser dar. Der Strand zog sich längs der westlichen Flanke der Königsteiner Halbinsel hin. Die obere Grobschüttung ist wahrscheinlich die Klippenfazies des über die Grundgebirgshochlage hinwegtransgredierenden Kreidemeeres.

Lagunäre „Wurm-“ und litorale Unterquader-Sandsteinfazies sind nur im südöstlichen Teil der Pirnaer Senke in zwei verschiedene Profilabschnitte unterteilt. Ihre Aufeinanderfolge zeigt den nur zögerlich schrittweisen Eintritt des Meeres in die Paläosenke und die Aufarbeitung der kohlig ausgebildeten Meeresunterlage an. Analog den roten, aus der unterlagernden präcenomanen Verwitterungskruste übernommenen Farbtönungen der terrestrischen Basisschichten, wurde mit der Meerestransgression reichlich organischer Kohlenstoff aus den terrestrischen See-Sumpf- in die lagunären Basissedimente übertragen. In Richtung nach Norden gleichen sich lagunäre Wurmsandstein- und litorale Unterquaderfazies mit ansteigenden Schichtmächtigkeiten allmählich einander an. Miteinander wechsellagernd, bilden in dieser Richtung beide Faziestypen gemeinsam ein durchgängig graufarbiges bis 35 m mächtiges Unterquader-Intervall.

Die cenoman-turonischen Übergangsschichten (t_1t_s) bilden das Dach der Unterquader-Sandsteinbank. Jenseits der Auskeillinie des Unterquaders lagern sie der cenomanen Grundgebirgsumrahmung direkt auf. Sie gehen über der Sandsteinbank aus deren oberer Grobschüttung durch einsetzende und zunehmende Beimengungen an toniger und schluffiger sowie glaukonitischer Substanz hervor. Sie bilden zuunterst einen 1-2 m mächtigen Profilabschnitt aus schluffig-tonig feingeschichtetem und gemasertem Quarzsandstein (c_1s_{mas}), der in seiner texturellen Beschaffenheit dem Wurmsandstein in der Unterquadersohle und demselben auch metallogenetisch entspricht. Darüber schließen sich, oftmals durch eine bis 0,6 m mächtige Tonlage von c_1s_{mas} getrennt, 0,3-1,5 m mächtig, schluffig-tonige und glaukonithaltige Grünsandsteine (c_1s_g) an. Diese gehen allmählich in 1-10 m mächtige schluffige Tonsteine (t_1t) und die Tonsteine mit einsetzenden Karbonatgehalten kontinuierlich in den Labiatuspläner (t_1p) über.

3.2.5 Die sedimentäre Rhythmizität

Der lithologische Bau des in seinen Grundzügen beschriebenen Profils ist nicht allein mit einer kontinuierlichen und einheitlichen Absenkung des cenomanen Festlandes in der Periode der marinen Transgression zu erklären. Die Eigenart des Profils läßt auf ein enges Wechselverhältnis von Sedimentation und zeitlich wie lokal differenzierten tektonischen Bewegungen in der Paläosenke und ihrer Grundgebirgsumrahmung schließen. Das ausgeprägte Wechsellagerungssystem der Schichtenfolge wurde im Ergebnis von kleinst-, klein- und übergeordneten großrhythmischen Sedimentationsabläufen geschaffen. Jeweils mit vorherrschenden Grobschüttungen beginnend und mit überwiegend schluffigen und tonigen Ablagerungen endend, heben sich mit der terrestrischen (ctr), der lagunären (cm_1), der litoralen Stufe (cm_2) und den marinen Übergangsschichten zum Turon (t_1t_s) insgesamt 4 aufeinanderfolgende sedimentäre Großrhythmen in der cenomanen Abteilung ab. Aus vergleichend durchgeführten Bohrkerndokumentationen geht hervor, daß sowohl der klein- wie großrhythmische Schichtenbau in Richtung auf die Grundgebirgsumrahmung zunehmend schärfer ausgeprägt in Erscheinung tritt. Einfachen Wechsellagerungen mit kontinuierlichen Schichtenübergängen, wie sie für die zentralen Teile der Paläosenke charakteristisch sind, stehen am Senkenrand zunehmend kompliziertere gegenüber. Die Komplizierungen werden bei abnehmender Profil-

mächtigkeit durch intraformationelle Schichtenlücken verursacht.

Im Schnitt durch das auskeilende marine Cenoman nehmen in Richtung auf die Königsteiner Schwelle die Intensität erosiver Diskordanzen und die Schärfe vertikaler lithologischer Kontraste kontinuierlich zu. Während z. B. in Richtung der Schwelle der Wurmsandstein, in eine Schluffablagerung übergehend, verkümmert und endet, vergröbert sich noch der hangende Unterquadersandstein. Dessen oberes Geröll-Lager greift taschenförmig erosiv in den liegenden Feinsandstein und stellenweise bis in das Niveau des Wurmsandsteins. Zunehmende Sedimentationsunterbrechungen und intraformationelle Wiederabtragung sind zudem im Liegenden des Unterquaders zu beobachten. Wegen fehlender Übereinstimmung von stratigraphischen und lithologischen Grenzen ist es nicht immer möglich, einzelne Glieder der terrestrischen Schichtenfolge stratigraphisch richtig einzuordnen. An jenen randlichen Bereichen der Senke, wo die basale Rotfärbung auf stratigraphisch höhere Profilabschnitte übergreift, ist die exakte Einstufung besonders problematisch. Dennoch scheint es, als überlagere am Senkenrand der Unterquader über den Zuflußsenken „Bahra-Kirchberg“ (Bl. 2313), „Hermsdorf-Langenhennersdorf“ (Bl. 2389/65) und „Thürmsdorf“ (Bl. 478/67) unter Ausfall der See-Sumpf- und Flußauenschichten die Stufe der rotbuntfarbigen Basisschichten unmittelbar.

Mit einer Unterbrechung der Sedimentation sind auch die Rotverfärbungen zu erklären, die unter dem Wurmsandstein im Süden der Paläosenke in den Bohrungen 2152/80 und 2152/81 an der Oberkante der See-Sumpfablagerungen zu beobachten gewesen sind. Die Verfärbungen deuten auf das Auftreten einer intraformationellen Rotverwitterung in Verbindung mit einer lokalen episodischen Wiederheraushebung der See-Sumpfablagerungen an die Oberfläche vor ihrer Überdeckung durch den Wurmsandstein hin. In den untertägigen Auffahrungen wurden zwischen der Stufe des terrestrischen und des marinen Cenoman stellenweise Winkeldiskordanzen festgestellt [26]. Doch auch innerhalb des terrestrischen Großrhythmus selbst beginnen dessen einzelne Teilglieder stellenweise mit erosiven Grobschüttungen. Wie der Abb. 30 zu entnehmen, füllen diese die Auswaschungen ihrer älteren Unterlage aus und setzen unvermittelt ein. An den Geröllausfüllungen beteiligt sich bemerkenswerterweise, wie in Bohrungen festgestellt, auch bereits lithifizierter Kreide-Sandstein (Abb. 11).

Insgesamt läßt sich aus dieser Schichtenstruktur entnehmen, daß ihre Herausbildung nicht allein auf eine einheitliche kontinuierliche Absenkung des dem transgredierenden Kreidemeer vorgelagertem Festlandsockels zurückzuführen ist. Offensichtlich spielten auch zeitweilige lokale Gegenbewegungen einzelner Struktureinheiten des Grund-

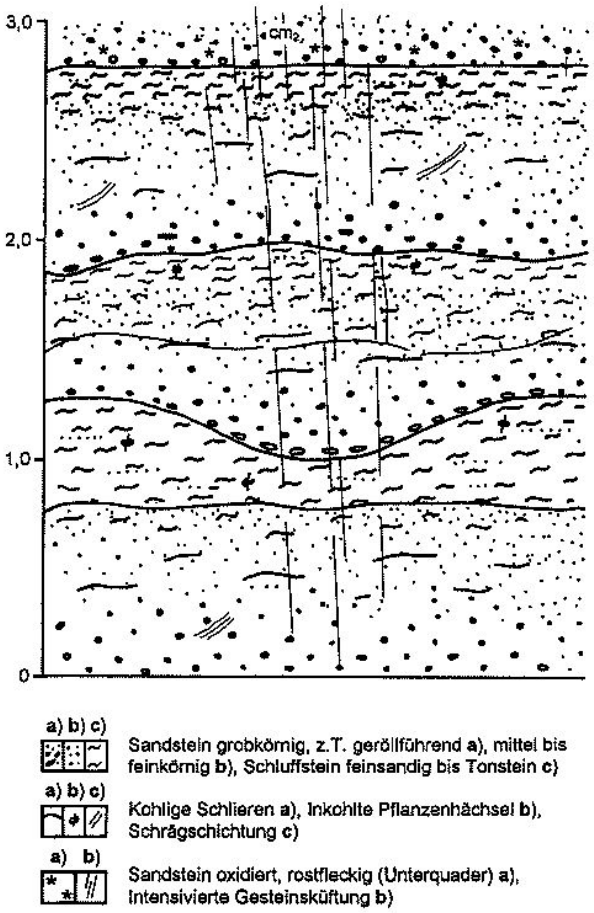


Abb. 30: Grubenaufschluß im terrestrischen Cenoman mit intraformationellen Diskordanzen (ausgefüllten Erosionswannen), Zufluß „Breite Heide“. Standort Piket 74 m N-S, VS 60 E aus VF 15, 2. Erzhorizont

gebirges im regionalen Absenkungsprozeß eine wesentliche Rolle. Die Grobschüttungen je zu Beginn der 4 unterschiedenen sedimentären Großrhythmen und der zahlreichen Einzelrhythmen des terrestrischen Profilabschnitts weisen auf derartige gegenläufige Aufwärtsbewegungen in der Grundgebirgsumrahmung hin. Deshalb wäre es unzureichend, wenn man die Paläosenke nur als eine durch Erosion bedingte, auf der präsedimentären Landoberfläche vorgefertigte und später im Cenoman einfach zugeschüttete Hohlform auffassen wollte. Sie ist zugleich eine synsedimentär weiterentwickelte tektonische Kompensationsstruktur. Daß bei dieser Art terrestrischer und marin-terrestrischer Sedimentation bereits Prozesse der Urananreicherung mit einbezogen waren, geht aus den nachfolgenden Beschreibungen eindeutig hervor. Zwischen der Uranverteilung, dem rhythmischem Bau und der Durchlässigkeitsstruktur des cenomanen Profils einerseits und den synsedimentären Bewegungstendenzen an den Senkenrändern andererseits, besteht ein nicht zu übersehender Zusammenhang. Er sei schon an dieser Stelle am Beispiel

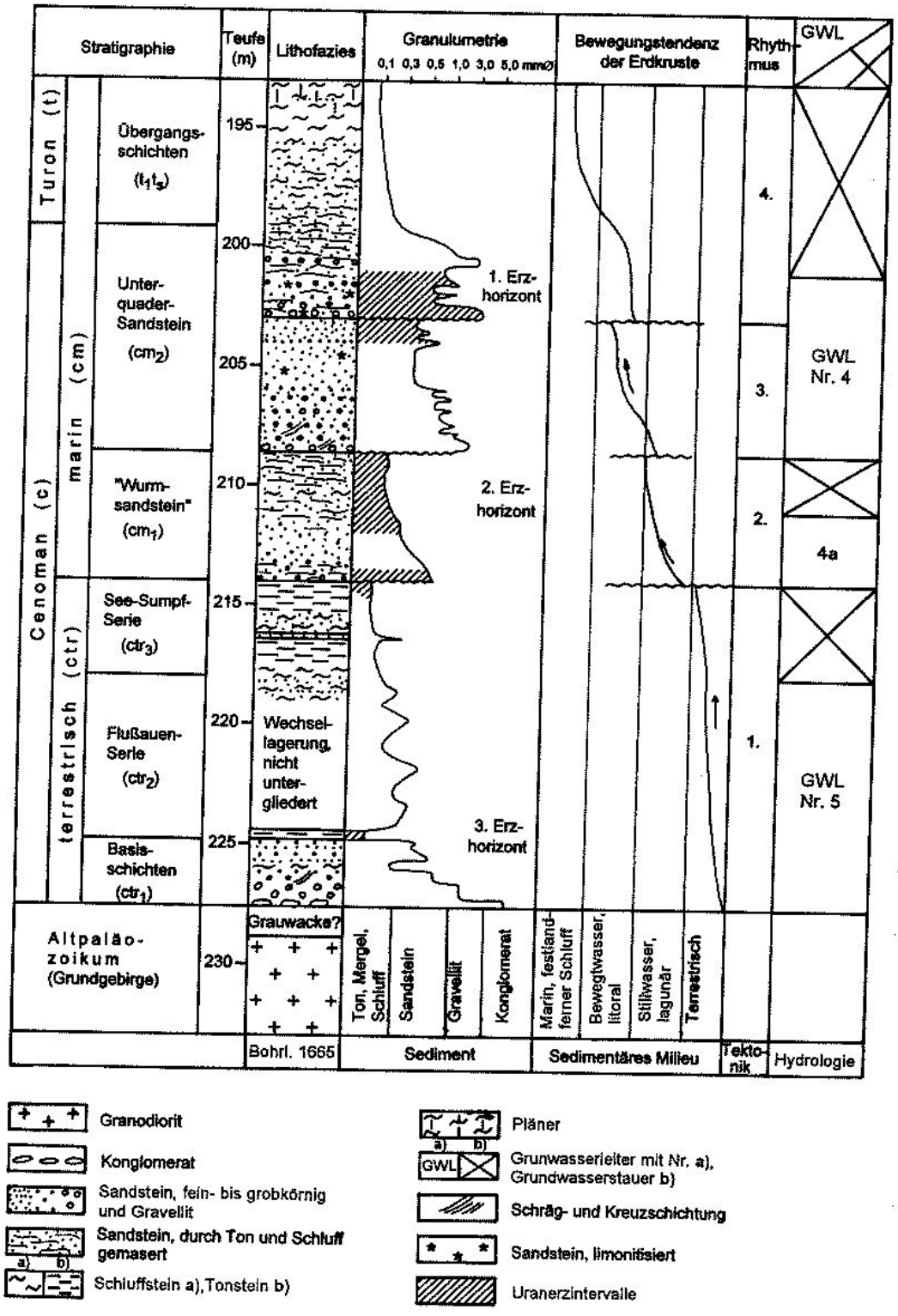


Abb. 31: Rhythmizität des Cenoman an der Bohrung 1665 (nach I. G. MELNIK, 1971).

eines Bohrkernprofiles (Bl. 1665) durch die Lagerstätte schematisch dargestellt (Abb. 31).

Aufwärtsbewegungen an den randlichen Bereichen und Kompensationssenkungen in den zentralen Teilen der ce-

nomanen Depression verursachen nicht nur den diskontinuierlichen, mannigfaltig in sich gegliederten, engräumig veränderlichen und durch scharfe lithofazielle, hydrologische und geochemische Kontraste gekennzeichneten Schichtenbau. Die geotektonische Rhythmik begünstigt in den Phasen der Anhebung der Senkenränder auch den Zugang von Untergrund- und Oberflächenwässern aus dem umrahmenden Grundgebirge in die randliche Schichtenfolge. Damit veranlaßt sie deren exodiagenetische Überprägung, teilweise Wiederabtragung, Umverteilung und schubweisen beckenwärts gerichteten Weitertransport. Außerdem beeinflußt sie die exogenen Bedingungen in der Grundgebirgsumrahmung selbst. So wechseln Perioden tektonischer Ruhe und klimatisch bedingter intensiver chemischer Gesteinsverwitterung mit Perioden vorherrschender Abtragung und Aktivierung des hydrodynamischen Regimes. Beide Zustände zeichnen sich in den granulometrischen und stofflichen Eigenschaften des geologischen Profils der Lagerstätte ab.

Die Grobschüttungen und Schichtlücken wie auch die später entstandenen Gesteinszerklüftungen sind am auffälligsten und intensivsten an der Seite der Grundgebirgsumrahmung der Paläosenke ausgebildet, die durch den Granit von Markersbach eingenommen wird. Der Granit wirkte wie ein sich zu seiner Umgebung bevorzugt in Hebung befindliches Bauelement. Die längs der Königsteiner Schwelle zum Beginn des 3. und 4. Großrhythmus abgelagerten Grobschüttungen sind dafür ein Beleg. In einer Aufbeulung und Mächtigkeitsverringerung seines turonischen Deckgebirges drückt sich die Hebungstendenz des Granites noch in der postcenomanen Periode aus (Abb. 147). Auf die Rolle des Faktors der synsedimentären Tektonik bei der Herausbildung der Urananreicherungen im ostdeutschen Tafelgebirge im allgemeinen und bei der Entwicklung der Lagerstätte Königstein im besonderen wurde erstmals ausführlich durch I. G. MELNIK hingewiesen [25].

3.3 Die lokale Position der Lagerstätte

Die Ablagerungen, an welche die Lagerstätte gebunden ist, sind mit unveränderlicher Lithologie, Fazies und hydrogeologischen Durchlässigkeitsstruktur in der Paläosenke weit verbreitet. Dennoch erfassen die Vererzungen nur einen verschwindend kleinen Verbreitungsbereich dieser Schichtenfolge. Jenseits der Grenzen der Vererzungen und ihrer Aureole weisen dieselben Ablagerungen in der Paläosenke eine normale Uranführung auf. Im nordwestlichen Teil der Senke übersteigen ihre Uran- und Thoriumgehalte nicht die üblichen regionalen Untergrundwerte. Von den für das Deckgebirge in der Elbtalzone bereits erwähnten erhöhten Thorium-Gehalten abgesehen, führt z. B. die Stufe der Flußauenschichten (ctr_2) in diesem Teil der Senke nicht nennenswert mehr Uran als lithofaziell analoge Ablagerungen in anderen, entfernteren mitteldeutschen Tafeldistrikten. So ergab je eine aus der Subherzynen Kreidemulde und der Elbtalkreide untersuchte und in Tab. 4 wiedergegebene Stichprobe von graufarbigen, inkohlte organische Substanz enthaltenden terrestrischen Peliten für Uran und Thorium folgende durchschnittlichen Werte:

Subherzyne Mulde	4,0 g/t Uran, 13,2 g/t Thorium
Pirnaer Paläosenke nördlicher Teil	4,4 g/t Uran, 21,4 g/t Thorium

Im Unterschied zur Subherzynen Mulde bleibt jedoch in der Pirnaer Paläosenke der Untergrundspiegel für beide Elemente nicht konstant. Er steigt in der Senke richtungsabhängig, und zwar generell nach Süden zu, allmählich und kontinuierlich an. In der Schluff- und Tonsteinfazies des cenomanen Profilabschnittes der Flußauen- und See-Sumpfablagerungen (ctr_2-ctr_3) erhöht er sich auf folgende Werte:

von 4,4 g/t U und 21,4 g/t Th im nördlichen
über 12,1 g/t U und 37,5 g/t Th im mittleren
auf 19,4 g/t U und 69,9 g/t Th im südlichen

Teil der Senke. In der Sandsteinfazies steigt das Untergrundniveau entsprechend

von ~0,9 g/t U und 7,0 g/t Th im Norden
auf 6,2 g/t U und 22,2 g/t Th im Süden

an. Die Signifikanz dieser Entwicklung geht aus der in Abb. 32 gezeigten statistischen Auswertung der chemischen Analysen hervor.

Auf dem Hintergund des sich für beide Elemente erhöhenden Untergrundspiegels steigt an vereinzelten Stellen der Senke die Urankonzentration in bestimmten Profilabschnitten unvermittelt sprunghaft und dabei ohne eine Teilhabe von Thorium weiter an. Das Konzentrationsverhältnis beider Elemente fällt an solchen Stellen von Werten weit über auf Werte weit unter 1. Die Urangehalte erreichen und überschreiten die damaligen Grenzwerte betrieblichen Interesses von ca. 0,035 %. Die Gehalte sind jedoch absetzig und niveauunbeständig auf nur zentimeter- bis dezimetermächtige Profilintervallen verteilt und vertikal wie horizontal weit verstreut. Örtlich wiederholen sich solche Konzentrierungen allerdings im Profil in dichter Aufeinanderfolge. Sie schließen nach Gehalt und Mächtigkeit auch Lagen (ab 0,035 % x 1 m) in der Kategorie der „Bilanzintervalle“ ein. Zunächst noch als seltene und kleine Erzlinsen ausgebildet, vermehren und verstärken sich diese Anreicherungen in Richtung nach Süden und Osten. Sie gehen weiter senkenrandwärts unter fortschreitender Abnahme der Mächtigkeit der cenomanen Schichtenfolge in mächtigere und aushaltendere Erzlager über.

Tab. 4: Vergleich von Subherzyner Mulde und Elbtalgraben (Pirnaer Senke) nach ihren Hintergrundgehalten an Uran und Thorium in den pelitischen Sedimenten von Rhät bis Kreide

I. Strichlistenvergleich der Stichproben

Uran					Thorium				
Gehalts-intervalle in g/t	Subherzyne Mulde Kreide-Rhät	n	Pirnaer Senke, Nordteil Crednerien-schichten	n	Gehalts-intervalle in g/t	Subherzyne Mulde Kreide-Rhät	n	Pirnaer Senke, Nordteil Crednerien-schichten	n
< 1	... |	2,5	|||	3	3-6	|	1		
1-2	....	5	. |||| |||| |	11,5	6-9	... |||	4,5		
2-3	....	7,5	.. |||| ||	8	9-12	..... . |||| |	9	.. |||	4
3-4	....	9,5	.... |||| |||| |||| ||	19	12-15	.... |||| ||||| ||	17	.. |||| |||	9
4-5	....	8,5	..... . |||| |||| |||| |||	21	15-18	.... ||||	9,5	.... |||| ||||	13,5
5-6	....	4	... |||| |||| ||||	16,5	18-21	.. |	2	.... |||| |||| |||| |||| |||| |	34,5
6-7	....	3,5	.. |||| ||	8	21-24			.... |||| |||| |||| |||| ||	32,5
7-8	..... .	3	..... . ||||	8	24-27	|	1	.... |||| ||||	16
8-9	..	1	.... |||| |	(5)	27-30			..... |||| ||	9,5
9-10	.	0,5	.... ||		30-33			... |||||	6,5
10-11			.... ||		33-36			.	0,5
11-12			..... .		36-39			||||	
12-13		Σ 45	...	Σ 100	39-42		Σ 44	|	Σ 126

Übergang zum Südteil der Senke

Südteil der Senke

II Berechnung der statistischen Parameter nach A. A. Beus u. S. W. Grigorjan [4]

1. Uran

a) Subherzyne Mulde

x_i	n	$x_i \cdot n$	Δx	$(\Delta x)^2$	$(\Delta x)^2 \cdot n$	$(\Delta x)^3$	$(\Delta x)^3 \cdot n$	$(\Delta x)^4$	$(\Delta x)^4 \cdot n$
0,5	2,5	1,25	-3,5	12,25	30,625	-42,875	-107,188	150,062	375,156
1,5	5,0	7,5	-2,5	6,25	31,25	-15,625	-78,125	39,062	195,312
2,5	7,5	18,75	-1,5	2,25	16,875	-3,375	-25,312	5,062	37,969
3,5	9,5	33,25	-0,5	0,25	2,375	-0,125	-1,188	0,062	0,594
4,5	8,5	38,25	+0,5	0,25	2,125	+0,125	+1,062	0,062	0,531
5,5	4,0	22,00	+1,5	2,25	9,000	+3,375	+13,500	5,062	20,250
6,5	3,5	22,75	+2,5	6,25	21,875	+15,625	+54,688	39,062	136,719
7,5	3,0	22,50	+3,5	12,25	36,750	+42,875	+128,625	150,062	450,188
8,5	1,0	8,5	+4,5	20,25	20,250	+91,125	+91,125	410,062	410,062
9,5	0,5	4,75	+5,5	30,25	15,125	+166,375	+83,188	915,062	457,531
Σ	45,0	179,5			186,25		+160,375		2084,312

$\bar{x} = \frac{179,5}{45} = 4$; $s^2 = \frac{186,25}{44} = 4,23$; $s = 2,06$; $s^3 = 8,72$; $s^4 = 17,92$

Grenzen der Streuung um $\bar{x}$: 4 g/t = ± 2,3 · 2,1 g/t = 4 g/t ± 5 g/t : < 1 - 9 g/t

Asymmetrie der Werteverteilung (A):

$\frac{160,38}{8,72 \cdot 45} = 0,41$

Exzeß (E):

$\frac{2084,31}{17,9 \cdot 45} - 3 = -0,40$

Prüfung auf Normalverteilung der Werte:

$\frac{A}{\sqrt{\frac{6}{45}}} = 1,14 = < 3,0$

$2\sqrt{\frac{E}{\frac{6}{45}}} = -0,56 = < 3,0$

b) Elbtalkreide

x_i	n	$x_i \cdot n$	Δx	$(\Delta x)^2$	$(\Delta x)^2 \cdot n$	$(\Delta x)^3$	$(\Delta x)^3 \cdot n$	$(\Delta x)^4$	$(\Delta x)^4 \cdot n$
0,5	3,0	1,5	-3,9	15,21	45,63	-59,319	-177,957	231,344	694,032
1,5	11,5	17,25	-2,9	8,41	96,715	-24,389	-280,474	70,728	813,373
2,5	8,0	20,00	-1,9	3,61	28,88	-6,859	-54,872	13,032	104,257
3,5	19,0	66,50	-0,9	0,81	15,39	-0,729	-13,851	0,656	12,466
4,5	21,0	94,50	+0,1	0,01	0,21	+0,001	+0,021	0,000	0,002
5,5	16,5	90,75	+1,1	1,21	19,965	+1,331	+21,962	1,464	24,158
6,5	8,0	52,00	+2,1	4,41	35,28	+9,261	+74,088	19,448	155,585
7,8	8,0	60,00	+3,1	9,61	76,88	+29,791	+238,328	92,352	738,817
8,5	5,0	42,50	+4,1	16,81	84,05	+68,921	+344,605	282,576	1412,880
Σ	100	445,0			403,0		+151,85		3955,570

$\bar{x} = \frac{445}{100} = 4,4$; $s^2 = \frac{403}{99} = 4,07$; $s = 2,02$; $s^3 = 8,22$; $s^4 = 16,57$

Grenzen der Streuung um $\bar{x}$: 4,4 g/t = ± 2,37 · 2,0 g/t = 4,4 g/t ± 4,7 g/t : < 1 - 9 g/t

Asymmetrie (A)

$\frac{151,85}{8,22 \cdot 100} = 0,18$

Exzeß (E)

$\frac{3956}{16,57 \cdot 100} - 3 = -0,61$

Prüfung auf Normalverteilung der Werte:

$\frac{0,18}{\sqrt{\frac{6}{100}}} = 0,75 = < 3,0$

$2\sqrt{\frac{-0,61}{\frac{6}{100}}} = -1,27 = < 3,0$

2. Thorium

a) Subherzyne Mulde

x_i	n	$x_i \cdot n$	Δx	$(\Delta x)^2$	$(\Delta x)^2 \cdot n$	$(\Delta x)^3$	$(\Delta x)^3 \cdot n$	$(\Delta x)^4$	$(\Delta x)^4 \cdot n$
4,5	1	4,50	-8,7	75,69	75,690	-658,503	-658,503	5728,976	5728,976
7,5	4,5	33,75	-5,7	32,49	146,205	-158,193	-833,368	1055,600	4750,200
10,5	9	94,50	-2,7	7,29	65,610	-19,683	-177,147	53,144	478,297
13,5	17	229,50	+0.3	0,09	1,530	+0,027	+0,459	0,008	0,138
16,5	9,5	156,75	+3,3	10,89	103,455	+35,937	+341,402	118,592	1126,625
19,5	2	39,00	+6,3	39,69	79,380	+250,047	+500,094	1575,296	3150,592
22,5		0,00							
25,5	1	25,50	+12,3	151,29	151,290	+1860,867	+1860,867	22888,664	22888,664
Σ	44	583,5			623,16		+1033,804		38123,49

$\bar{x} = \frac{583,5}{44} = 13,2$; $s^2 = \frac{623,16}{43} = 14,49$; $s = 3,81$; $s^3 = 55,17$; $s^4 = 210,22$

Grenzen der Streuung um $\bar{x}$: 13,2 g/t = ± 2,4 · 3,8 g/t = 13,2 g/t ± 9 g/t : 4 - 22 g/t

Asymmetrie der Werteverteilung (A):

$\frac{1033,8}{55,2 \cdot 44} = 0,43$

Exzeß (E):

$\frac{38123,5}{210,0 \cdot 44} - 3 = 1,13$

Prüfung auf Normalverteilung der Werte:

$\frac{0,43}{\sqrt{\frac{6}{44}}} = 1,2 = < 3,0$

$\frac{1,13}{2\sqrt{\frac{6}{44}}} = -1,5 = < 3,0$

b) Elbtalgraben

x_i	n	$x_i \cdot n$	Δx	$(\Delta x)^2$	$(\Delta x)^2 \cdot n$	$(\Delta x)^3$	$(\Delta x)^3 \cdot n$	$(\Delta x)^4$	$(\Delta x)^4 \cdot n$
10,5	4	42,0	-10,9	118,81	475,24	-1295,03	-5180,12	14115,82	56463,26
13,5	9	121,50	-7,9	62,41	561,69	-493,04	-4437,35	3895,01	35055,07
16,5	13,5	222,75	-4,9	24,01	324,14	-117,65	-1588,26	576,48	7782,48
19,5	34,5	672,75	-1,9	3,61	124,54	-6,86	-236,64	13,03	449,61
22,5	32,5	731,25	+1,1	1,21	39,32	+1,33	+43,26	1,46	47,58
25,5	16	408,00	+4,1	16,81	268,96	+68,92	+1102,74	282,58	4521,22
28,5	9,5	270,75	+7,1	50,41	478,90	+357,91	+3400,15	2541,17	24141,10
31,5	6,5	204,75	+10,1	102,01	663,06	+1030,30	+6696,96	10406,04	67639,26
34,5	0,5	17,25	+13,1	171,61	85,80	+2248,09	+1124,05	29449,99	14725,00
Σ	126	2691,0			3021,65		+924,79		210824,58

$\bar{x} = \frac{2691}{126} = 21,4$; $s^2 = \frac{3021,65}{125} = 24,173$; $s = 4,92$; $s^3 = 118,86$; $s^4 = 118,86$

Grenzen der Streuung um $\bar{x}$: 21,4 g/t ± 2,36 · 4,92 g/t = 21,4 g/t ± 11,6 g/t; 10 - 33 g/t

Asymmetrie der Werteverteilung (A):

$\frac{924,79}{118,86 \cdot 126} = 0,062$

Exzeß (E):

$\frac{210824,58}{584,34 \cdot 126} - 3 = -0,14$

Prüfung auf Normalverteilung der Werte:

$\frac{0,062}{\sqrt{\frac{6}{126}}} = 0,28 = < 3,0$

$\frac{-0,14}{2\sqrt{\frac{6}{126}}} = -0,32 = < 3,0$

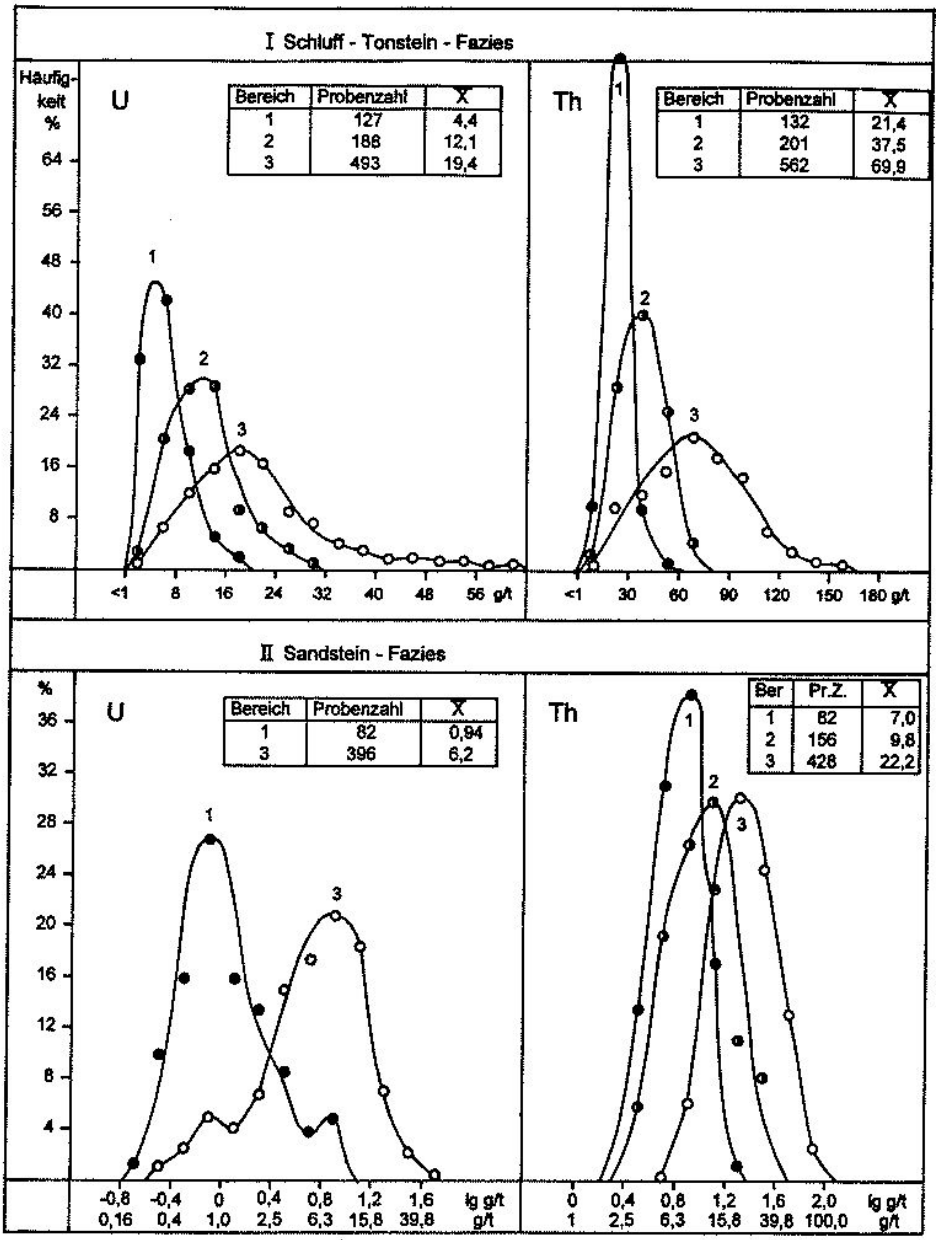
Bedeutung von Symbolen: x: Mittelwert der untersuchten Gesamteinheit; Σ n: Probenanzahl; s^2: Varianz;
s: Standardabweichung,
Asymmetrie < 3 und Exzeß < 3: Bedingungen für eine Normalverteilung der Werte

$\sqrt{\frac{6}{\sum n}}$ $2\sqrt{\frac{6}{\sum n}}$

Die Lager vereinigen sich letztendlich zur geschlossenen Kontur der Lagerstätte. Die Urangehalte erreichen in bis zu mehreren Metern mächtigen Intervallen im Durchschnitt 0,06 bis 0,09 % und in einzelnen Lagen bis über 5 %. Damit steigen sie auf eine Entfernung von ca. 5 Kilometern um das Hundert- bis Zehntausendfache des Ausgangswertes von 4,5 g/t im Nordteil der Senke an.

Die Erzführung erstreckt sich im Bereich der geologischen Meßtischblätter (Maßstab 1 : 25 000) Königstein und Rosenthal. Ihr Grundriß nimmt einen durch die Täler der Biela, Bahra, Gottleuba und Elbe umgrenzten Teil der Sächsischen Schweiz ein. Die Landschaft stellt hier eine sich im Einfallen der Kreidetafel in Richtung der Elbe abdachende und in sich gegliederte Hochebene dar. Sie ist durch die Talungen des Langenhennersdorfer und Leupoldishainer Baches, der Schelle, des Waldbaches, des Dürren Grundes, der Schüsselgründe und des Teufelsgrundes morphologisch gegliedert. Das Gebiet besteht aus den für das Elbsandsteingebirge charakteristischen bizarren Felsformationen und aus forst- und landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Die Lagerstätte setzt im Süden, auf dem Meßtischblatt Rosenthal, etwa 3 km vor dem Ausstrich des Grundgebirges, an der Nordostflanke der Panoramahöhe bei Langenhennersdorf ein. Von hier aus streicht sie im Einfallen der Kreidetafel nach Norden. Sie unterquert den Bernhardstein, die von Pirna nach Rosenthal führende „Hohe Straße“ und nacheinander die Felszüge des Labyrinthes und der Nikolsdorfer Wände mit dem Dürren Grund. Weiter passiert sie auf Blatt Königstein bei Leupoldishain und Nikolsdorf das Tal des Leupoldishainer Baches, der nur wenige hundert Meter weiter ostwärts bei Hütten in die Biela mündet. Jenseits des Tales setzt sich diese Erzführung unmittelbar westlich des Bielaeinschnittes unter dem Spanghorn, den Schüsselgründen und dem Teufelsgrund und weiter bis fast an die von Pirna nach Königstein füh-



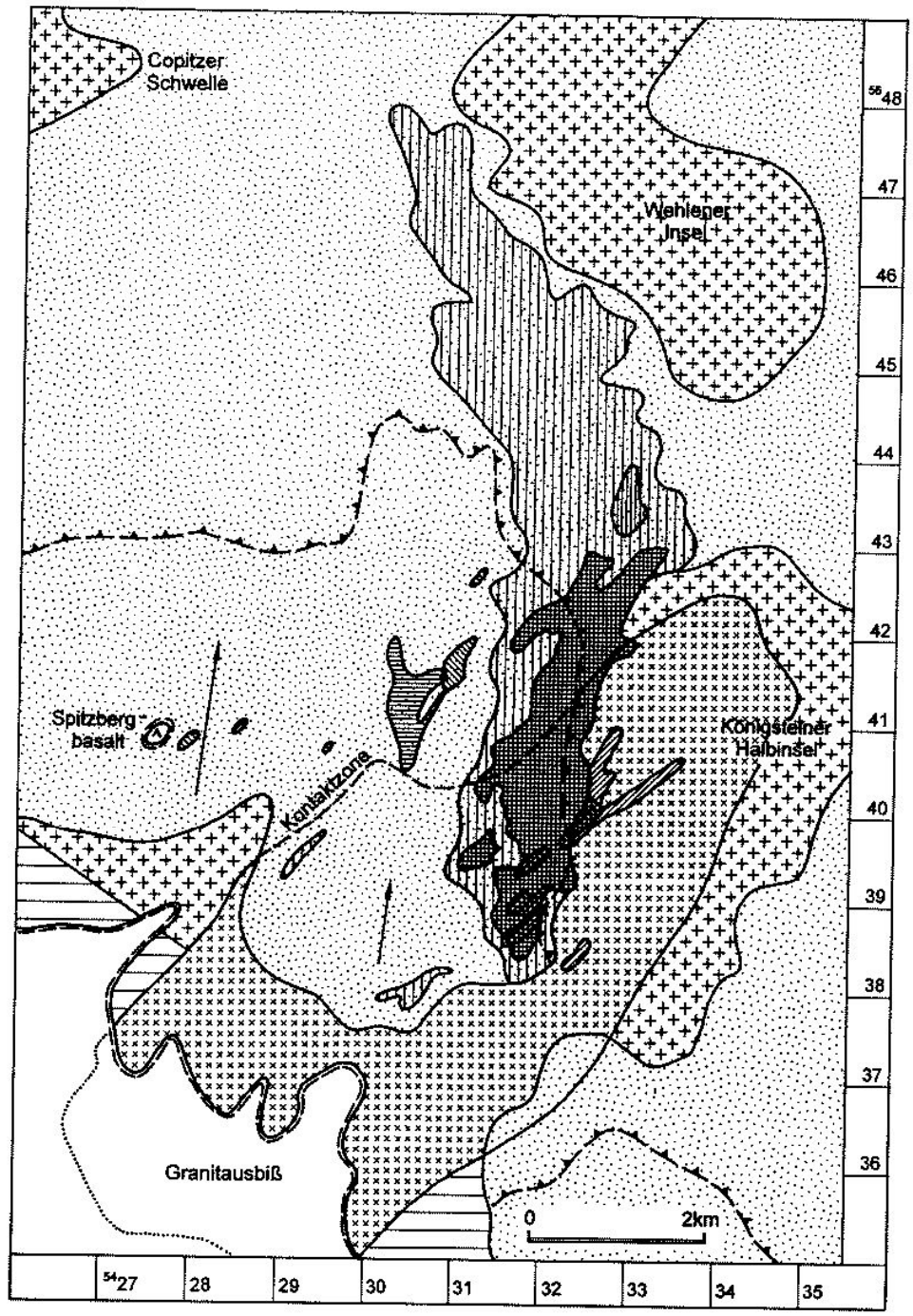
Werte-Verteilungskurven: 1 - nördlicher, 2 - mittlerer, 3 - südlicher Teil der Senke

Abb. 32:
Entwicklung der Hintergrundgehalte von Uran und Thorium im terrestrischen Cenoman der Pirnaer Paläosenke

rende Bundesstraße 172 fort. Sie endet am südwestlichen Fuß von Berg und Festung Königstein. Letzte Ausläufer führen noch westlich an ihr vorbei nach Norden bis zum Waldbachtal bei Thürmsdorf, das 1 km weiter östlich in den großen Elbebogen mündet. Die Lagerstätte liegt im Süden 100-160 und im Norden 200-250 Meter tief unter der Oberfläche. Ihr NN-Niveau fällt von ca. +230 Meter im Süden auf ca. +10 Meter im Norden. Sie wird selbst in den tiefsten Taleinschnitten nicht von der Oberflächenerosion erfaßt. In den an der Oberfläche angewandten hydro-, atmo- und pedogeochemischen Suchverfahren hat sie sich kaum bemerkbar gemacht. Sie wurde daher von allen durch die SDAG Wismut aufgefundenen Uranlagerstätten als letzte und erst nach systematisch angesetzten Suchbohrungen nachgewiesen.

Die Vererzungslokalität unterliegt keiner Zufälligkeit der Natur. Sie hebt sich geologisch detailliert definierbar aus ihrer Umgebung hervor. Die beschriebene Erzführung folgt einer alten beständigen paläogeographischen Grenzlinie. Sie begleitet im stratigraphischen Niveau des Cenomans einen exponierten Teilabschnitt des äußersten südöstlichen Randes der Paläodepression. Hier nimmt die Lagerstätte in den Grenzen ihrer Abbaukontur (0,035 % U x 1 Meter) eine 4,5 km² große Fläche ein. Das Areal macht etwa 4 bis 5 % der mit der Vererzung verbundenen und in

Abb. 33:
Position der Lagerstätte Königstein in der Pirnaer Paläosenke



der Senke verbreiteten Litho-Fazies aus. Die somit auffällige Divergenz von Erzführung und Erzfaziesgrenzen weist auf die Bedeutung des lokalen Faktors bei der Lagerstättenbildung hin. Die Lagerstätte ist an den durch den Markersbacher Granit unterlagerten und umrahmten Teil der Paläosenke gebunden. Hier ist sie in einer speziell strukturierten Randausbildung der cenomanen Schichtenfolge lokalisiert. Sie ist an jenes beschriebene besondere Randprofil geknüpft, das zuunterst, über dem Grundgebirge, aus Flußablagerungen besteht, die der granitischen Hochlage entstammen. Und wo außerdem zuoberst, über der wasserstauenden Zwischenstufe der See-Sumpfschichten, nacheinander der Wurm- und Unterquadersandstein folgen, die beide ebenfalls an der Hochlage auskeilen und vertikal in die Übergangsschichten zum transgressiven wasserstauenden Labiatuspläner übergehen.

Die Erzkontur streicht längs der festländischen Hochlage im Einfallen von Fundament und Kreidetafel SSW-NNE. Sie ist 300 bis 1000 Meter breit und 4,7 Kilometer lang. Sie überdeckt nach Norden Granodiorite und Grauwacken des Lausitzer Blockes und nach Süden Markersbacher Granit. Die Grenze zwischen beiden Bauelementen unterquert als sog. „Kontaktzone“ die Lagerstätte von SW nach NE. Die Zone schneidet die Längsachse der Lagerstätte mit ca. 43° (Abb. 33). Sie bildet im Fundament der Lagerstätte das markanteste tektonische Element. Sie fällt steil nach NW ein und führt einen bis 6 m mächtigen Quarz-Porphyrgang [25]. Nach vorliegenden Dokumentationen wurde der östliche, vom Markersbacher Granit eingenommene Block an der Störung im Niveau der terrestrischen Wechsellagerung (ctr) und des Wurmsandsteins (cm_1) um ca. 2-3 m herausgehoben. Weiter zum Hangenden verringert sich der Verwerfungsbetrag. Die Kreidesandsteine werden in der Störungszone über eine Gesamtbreite von 10-20 Metern von zahlreichen Klüften durchsetzt. Die Klüfte setzen sich, kulissenartig zueinander versetzt, bis an die Erdoberfläche fort [25] (Abb. 54).

An der westlichen Flanke der Lagerstätte befindet sich als ein Anhängsel die als solche bezeichnete Kleinlagerstätte „Pirna“. Auch sie wird, wenn auch nur an ihrem südlichen Rand, von der Kontaktstörung berührt. Die Intrusion des seiner stofflichen Zusammensetzung nach osterzgebirgischen variskischen Markersbacher Granites in die Elbtalzone hat zu einer hohen tektonischen Mobilität des Lagerstättengebietes bis hinein in die Plattformperiode geführt. Die Lagerstätte ist insofern über einem alten tektonischen Knoten in einer Querzone zum Elbelineament lokalisiert. Etwa 4 km südwestlich der Lagerstätte streicht der Granit unter turonischem Labiatussandstein zutage aus. Zwischen den Orten Bahra und Berggießhübel erreicht er in den Bergkuppen des Kleinen und des Großen Hornes und der Katzenköpfe Höhen bis 496 Meter über NN.

4 Die Beschreibung der Lagerstätte

4.1 Die Vererzungsstruktur

Das Uran ist in der Lagerstätte sehr ungleichmäßig verteilt. Seine Anreicherungen bilden in der beschriebenen Schichtenfolge einzelne, in sich untergliederte, über- und nebeneinander angeordnete und stellenweise miteinander verbundene Linsen, Lager und Flöze. Diese halten sich an die markantesten Permeabilitäts- und Faziesgrenzen des lithologischen Profils. Sie sind bevorzugt an den Übergängen von wasserdurchlässigen und oxidierenden in undurchlässige und physiko-chemisch adsorbierende sowie reduzierende Ablagerungen anzutreffen. Sie nehmen daher im Profil die Kontakte von graufarbigen Schluff- und Tonsteinlagen mit hochsortierten und klassierten Sandsteinbänken ein. Die Pelite sind feinsandig beschaffen und enthalten inkohlte organische Substanz. Die Sandsteine sind hellgrau gefärbt und teilweise limonitisch texturiert. Das Uran ist an die kontrastreichsten Übergänge zwischen beiden Lithotypen gebunden, so daß man am zutreffendsten von einer Schichtgrenzenvererzung sprechen kann.

Auf dem Hintergrund ihrer Verteilung über die gesamte cenomane Schichtenfolge sind die Urananreicherungen hauptsächlich auf 3 Profilabschnitte konzentriert, die als Erzhorizonte bezeichnet werden. Bei ihnen handelt es sich, von oben nach unten, um:

1. Die marinen cenoman-turonischen Übergangsschichten (t_1t_s) als 1. Erzhorizont
2. Den lagunären „Wurmsandstein“ (cm_1) als 2. Erzhorizont
3. Das mittlere terrestrische Cenoman (ctr2) als 3. Erzhorizont.

Die uranhaltige Schichtenfolge ist insgesamt bis zu 50 Meter mächtig. Die drei Erzhorizonte folgen in Abständen von 5-10 Metern. Ihre Erzlager messen je bis zu mehreren Metern. Sie sind aber nicht durchgängig gemeinsam im Schichtprofil vertreten.

Die Vererzungen des 3. Horizontes bilden am Grunde der Kreideformation den basalen Teil der Lagerstätte und außerdem an deren westlicher Flanke die Kleinlagerstätte "Pirna". Sie sind nur lokal, in wechselnder, doch teils hoher Mächtigkeit entwickelt. Sie sind in schwächerer Ausbildung auch in den übrigen Paläosenken der Kreideformation vertreten. Sie verkörpern die allgemeine Grundanreicherungsform des Urans. Die beiden oberen Erzlager verlaufen aushaltend je in der Sohle und im Dach der Unterquader-Sandsteinbank. Sie sind allein auf die Lagerstätte beschränkt und insofern ein lokaler Sonderfall. Sie schließen sich vor der Auskeillinie des Unterquaders an der Bahra-Königsteiner Grundgebirgsschwelle zu einem im Schnitt zweiflügeligem rollenförmigen Großerzkörper

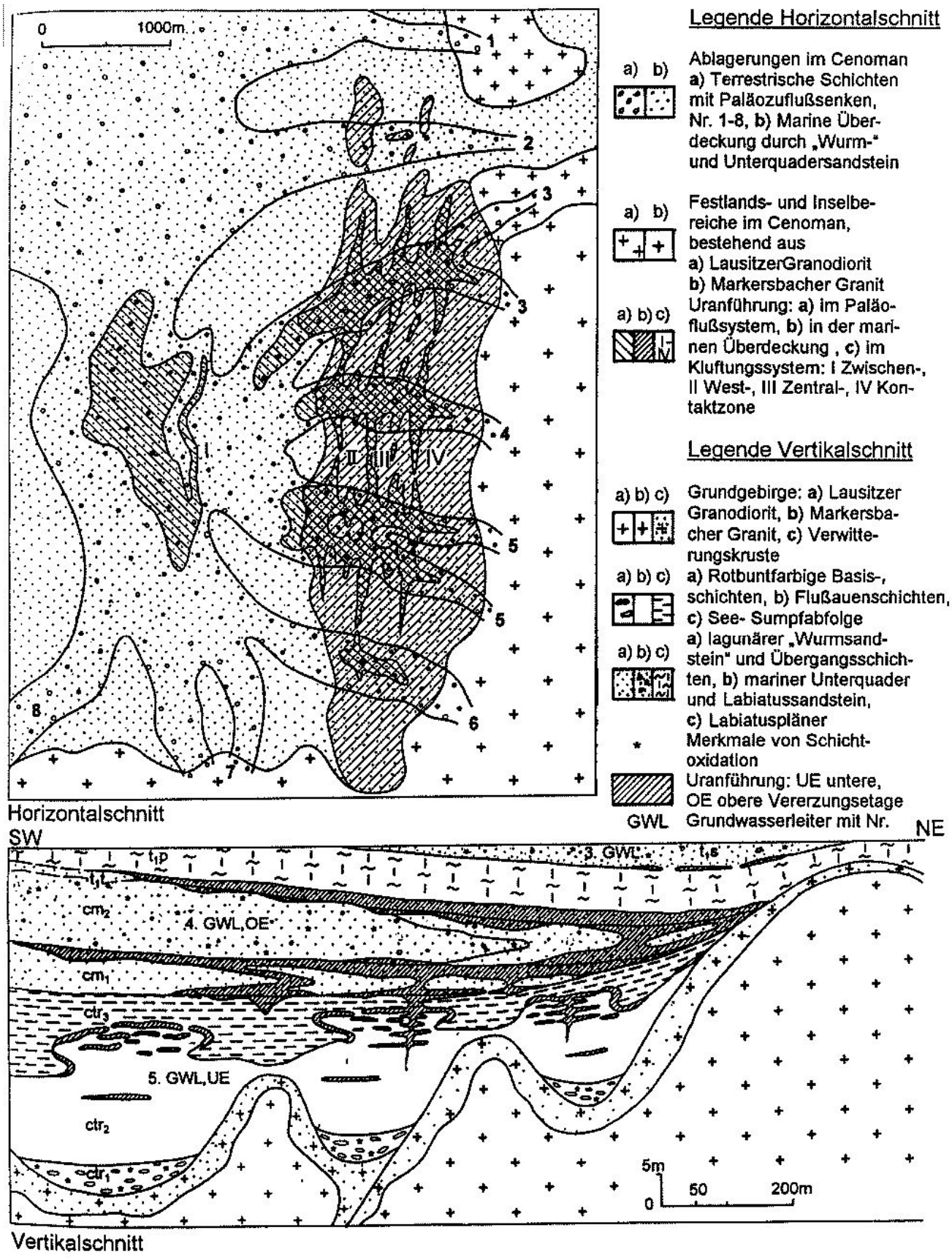


Abb. 34: Schema zur Erzverteilung in der Lagerstätte Königstein

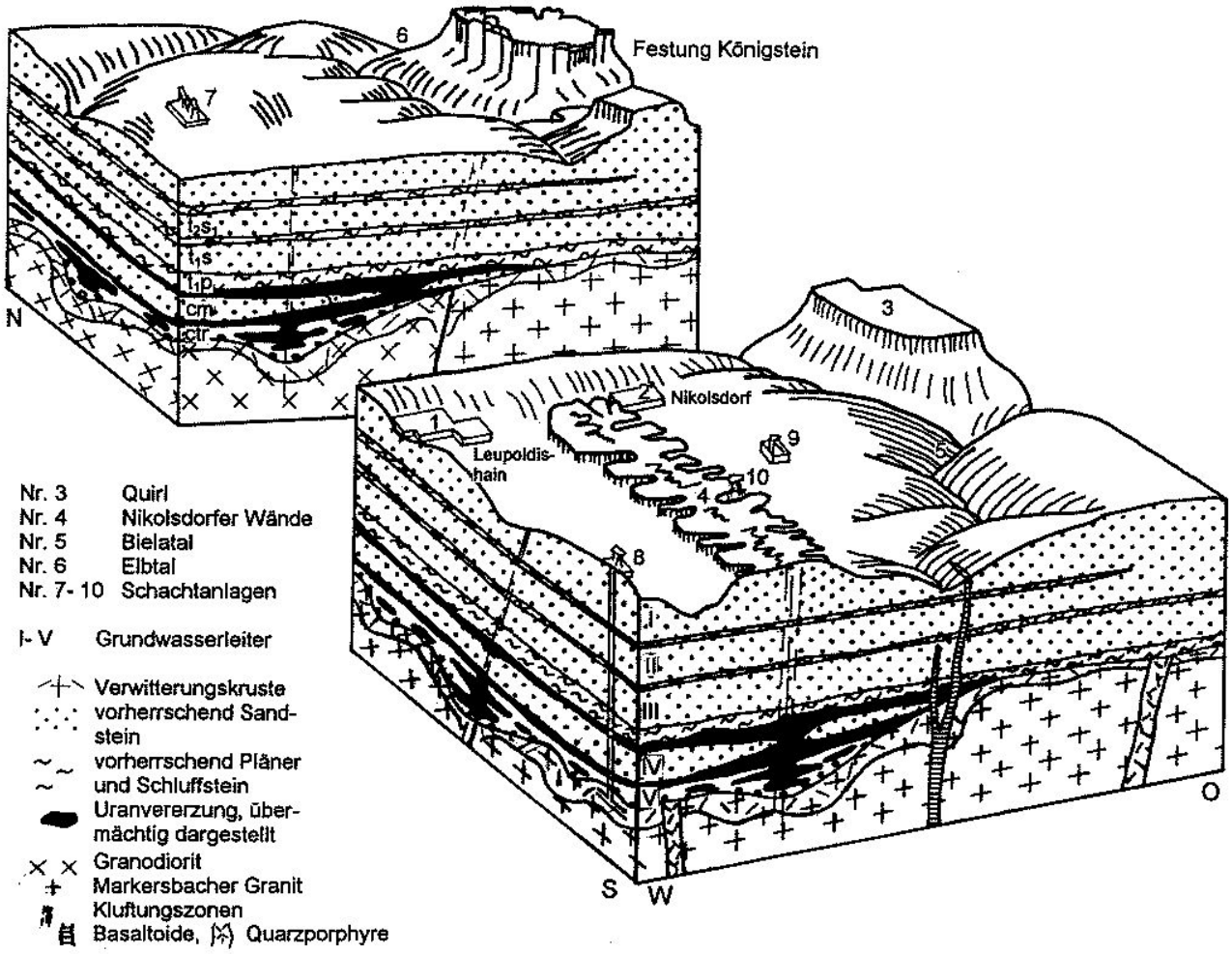


Abb. 35 Blockbild zum Lagerstättengebiet Königstein, nach einem Entwurf von O. WAGENBRETH, Erzführung ergänzt

zusammen. An ihrem Zusammenschluß beziehen sie den zwischenlagernden Unterquader mit in sich ein.

Das Lagerstättenprofil wird durch die Stufe der See-Sumpfablagerungen hydrogeologisch, lithofaziell und erzmorphologisch in eine untere und obere Vererzungsetage unterteilt. Die untere Etage enthält mit dem 5. Grundwasserleiter den 3. Erzhorizont. Die Vererzungen sind in Abhängigkeit von der sedimentären Struktur des Profils absetzig und linsenförmig ausgebildet. Die obere Etage führt mit dem 4. Grundwasserleiter den 2. und 1. Horizont. Beide Objekte sind im Zusammenhang mit der marinen flächigen Schichtenbildung aushaltend flözartig verbreitet.

Das Kluftsystem der Kreidetafel, welches die Erzhorizonte durchsetzt, bewirkt eine Gliederung der Lagerstätte auch im horizontalen Schnitt. Die Gesteinsklüftung weist im Verbreitungsbereich dieser Horizonte eine eigene vertikale, schichtenschneidende säulenförmige Erzführung auf. Diese verbindet die Erzlager beider Etagen der Lagerstätte zu einem stellenweise geschlossenen metallogenetischen System. Die Klüfte durchziehen die Lagerstätte axial in nebeneinander verlaufenden Zonen. Sie teilen die Lagerstätte in einzelne Streifen mit schwächerer und solche mit besonders reicher Erzführung ein.

Die linsenförmigen Erzkörper des 3., die tafelig-flözförmigen des 2. und 1. Horizontes und die säuligen des Kluftsystems bilden die erzmorphologischen Hauptbestandteile der Lagerstätte. Sie unterscheiden sich, wie es die Untersuchungen zeigten, auch in der stofflichen Zusammensetzung und ihrem Bildungsalter. Sie sind in ihren Eigenschaften durch fließende Übergänge miteinander verbunden. Sie sind als die Glieder einer genetischen Entwicklungskette anzunehmen. Ihre Position im Grundriß und im Profil der Lagerstätte ist in der Abb. 34 schematisch dargestellt. Ein schematisches Blockbild der Lagerstätte zeigt die Abb. 35. Die 3 unterscheidbaren Vererzungsformen werden nachfolgend im einzelnen ausführlicher beschrieben.

4.2 Der 3. Erzhorizont

Die Vererzungen in diesem Profilabschnitt sind die unbeständigsten in der Lagerstätte. Sie bilden, wie schon betont, keinen einheitlichen und durchgängigen Horizont im geologischen Sinne dieses Begriffes. Sie sind in einzelnen zentimeter- bis dezimeterstarken Intervallen niveauunbeständig und absetzig über das bis 20 m mächtige Profil und die Verbreitungsfläche der terrestrischen Ablagerungen hinweg verteilt. Lokal kommen diese Intervalle jedoch gehäufter vor, verdichten sich in ihrer vertikalen Aufeinanderfolge und schließen sich zu mächtigeren linsenförmigen Lagern zusammen. Ihre Verteilung im Grundriß und Profil der Schichtenfolge läßt sich am einfachsten aus dem dichten, über die Pirnaer Paläosenke gelegten Netz von geophysikalischen Bohrlochmessungen entnehmen.

Zur Veranschaulichung dieser Vererzungen im Grundriß wurden von den einzelnen Bohrlochmessungen die Maximalwerte der Radioaktivität aus dem terrestrischen Profilabschnitt ausgesondert und diese Werte in Isolinien dargestellt. Die Linienführung schließt auf dem Hintergrund einer normalen Streubreite der Meßwerte von 5-15 µR/h eine ausgedehnte und graduell scharf gegliederte Flächenanomalie in sich ein. Die Anomalie umfaßt mit der Isolinie 100 µR/h einschließlich des größten Teils der Lagerstättenkontur fast den gesamten Südabschnitt der Paläosenke. Mit der Isolinie 500 µR/h zerfällt das geschlossene Feld in einzelne voneinander getrennte Flächen, die ihrerseits Bereiche mit Strahlungsintensitäten bis 1000 µR/h und darüber in sich einschließen. Die von der Isolinie 500 µR/h umgrenzten Flächen bilden mit abbauwürdigen Urankonzentrierungen den 3. Erzhorizont.

Vergleicht man die untergliederte Anomalie mit dem sedimentären Bau des zugehörigen terrestrischen Schichtensystems, zeigt sich zwischen beiden Strukturen ein Zusammenhang. Die Form des anomalen Feldes widerspiegelt in ihren Grundzügen offensichtlich das ausgegliederte Paläo-Flußsystem. Die von der Isolinie 500 µR/h umgrenzten Areale sind fast ausschließlich an die linearen Zuflußsenken gebunden. Jedoch handelt es sich bei diesen Zuflüssen nur um jene, die sich aus der südlichen und südöstlichen Grundgebirgsumrahmung der Paläosenke und hier aus dem Granit von Markersbach und seinem Exokontakthof herleiten. So heben sich in der Anomalie die benannten Zuflußsenken „Schüsselgrund-Leupoldishain“, „Schacht 387-Forsthausweg“, „Breite Heide-Dürrer Grund“, „Hermsdorf-Langenhennersdorf“ und „Bahra-Kirchberg“ unzweideutig hervor. Die ersteren vier durchqueren die Kontur der Lagerstätte in ostwestlichen Richtungen, während die letztere an deren westlicher Flanke südnordwärts verläuft (Abb. 29). Die nördlich der Lagerstätte aus dem Lausitzer Granodiorit anlangenden Zuflußsenken „Waldbach“ und „Thürmsdorf“, Nr. 1 und 2, sind nicht in die Anomalie mit einbezogen (Abb. 34).

Die Erzareale der Zuflußsenken sind unregelmäßig begrenzt und bis über 1000, maximal 45 000 m², ausgedehnt. Sie sind an bestimmte Verlaufsabschnitte dieser Senken und dort an deren Zentren und Ränder gebunden. Sie kommen jeweils vereinzelt oder im Verband hinter- und nebeneinander angeordnet vor. Sie sind bevorzugt auf die Zuflußsenken „Schüsselgrund-Leupoldishain“, „Schacht 387-Forsthausweg“ und „Breite Heide-Dürrer Grund“ konzentriert. Darüber hinaus bilden sie in der Bahra-Kirchberger-Zuflußsenke die erwähnte eigenständige Klein- und Begleitlagerstätte „Pirna“.

Dieses Vorkommen streicht in einer durchschnittlichen Breite von 0,3 km und einer Länge von 1,5 km der Hauptlagerstätte parallel von Süd nach Nord. Es erstreckt sich etwa 1 km westlich der Lagerstätte. Es ist, wie aus Abb. 29 ersichtlich, an einen konzentrischen Zusammenschluß der Bahra-Kirchberger mit den aus der Hauptlagerstätte anlangenden Zuflußsenken gebunden. Es hält sich an ein sich komplizierendes Untergrundrelief.

Die einzelnen, lokal voneinander getrennten Vererzungsflächen gehören der Stufe der Flußauenschichten an, die im Liegenden der See-Sumpfablagerungen die konglomeratischen rotbuntfarbigen Basisschichten überdecken. Im Vertikalschnitt durch die Vererzungsflächen zeigt sich die Uranführung in der Schichtenfolge auf einzelne Intervalle verteilt. Die Intervalle folgen in unterschiedlicher Mächtigkeit sowie Urankonzentrierung und unregelmäßigen Abständen von unten nach oben aufeinander. Sie widerspiegeln den kleinrhythmischen Schichtenbau des Profils. Das Uran ist hauptsächlich in den graufarbigen feinsandigen Schluff- und Tonsteinlagen mit inkohltem Pflanzenhäcksel enthalten, welche die Sandsteinbänke des Schichtenprofils voneinander trennen und sie lebhaft untergliedern. Analoge Verteilungen des Urans wurden schon früher in lithologisch ähnlich strukturierten Sedimentkomplexen festgestellt. Sie sind z. B. für den terrestrischen Zechstein von Nordwestsachsen und Ostthüringen und dort insbesondere für die Uranlagerstätte Culmitzsch aber auch für den Buntsandstein am Südwestrand des Thüringer Waldes und da für die Kleinlagerstätte Schleusingen (Hirschbach-Erlau) kennzeichnend [49]. Im vorliegenden Fall bildet die beschriebene enge Wechsellagerung von hellgrauen hochsortierten und klassierten Sandsteinschichten und grau- bis schwarzgraufarbigen Schluff- und Tonsteinlagen, zusammengesetzt im Anteilsverhältnis von etwa 4 : 1 bis 1 : 1, die typische Sedimentärfazies für den 3. Erzhorizont. Die Fazies zeichnet sich durch scharfe Übergänge in ihren Permeabilitäs-, Adsorptions- und Redoxeigenschaften in vielfacher vertikaler Wiederholung aus. Sie enthält bis 20 m mächtige Vererzungsabschnitte mit einer Lokalisierung des Urans jeweils in Dach und Sohle der aufeinander folgenden Sandsteinbänke.

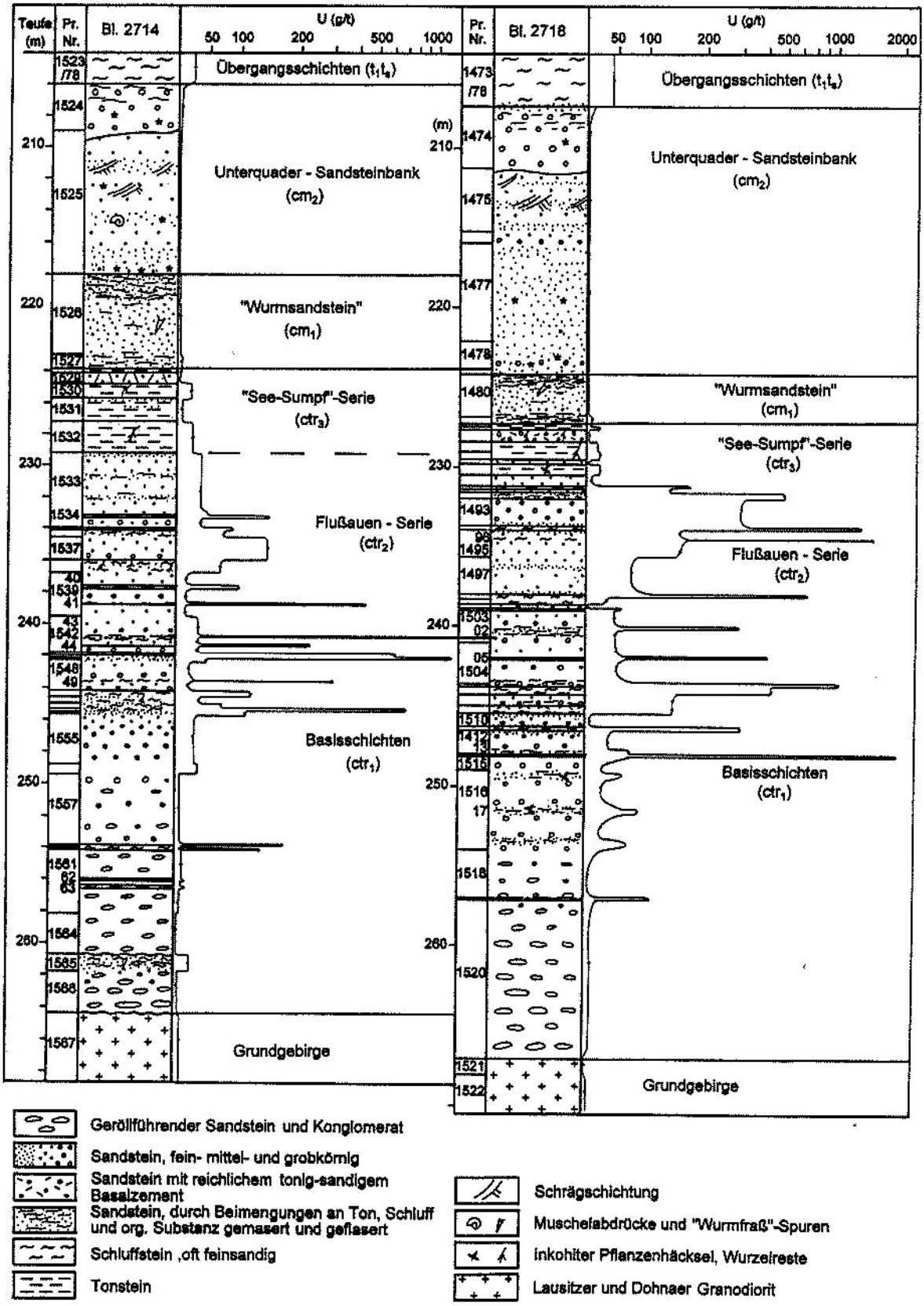


Abb. 36: Bohrprofile im Erzfeld[2] „Pirna“ mit dem 3. Erzhorizont in der Bahra-Kirchberger Zuflußsenke

[2] Erzfeld bedeutet eine Erzfläche und nicht, der Terminologie der Wismut entsprechend, eine Lagerstättengruppierung

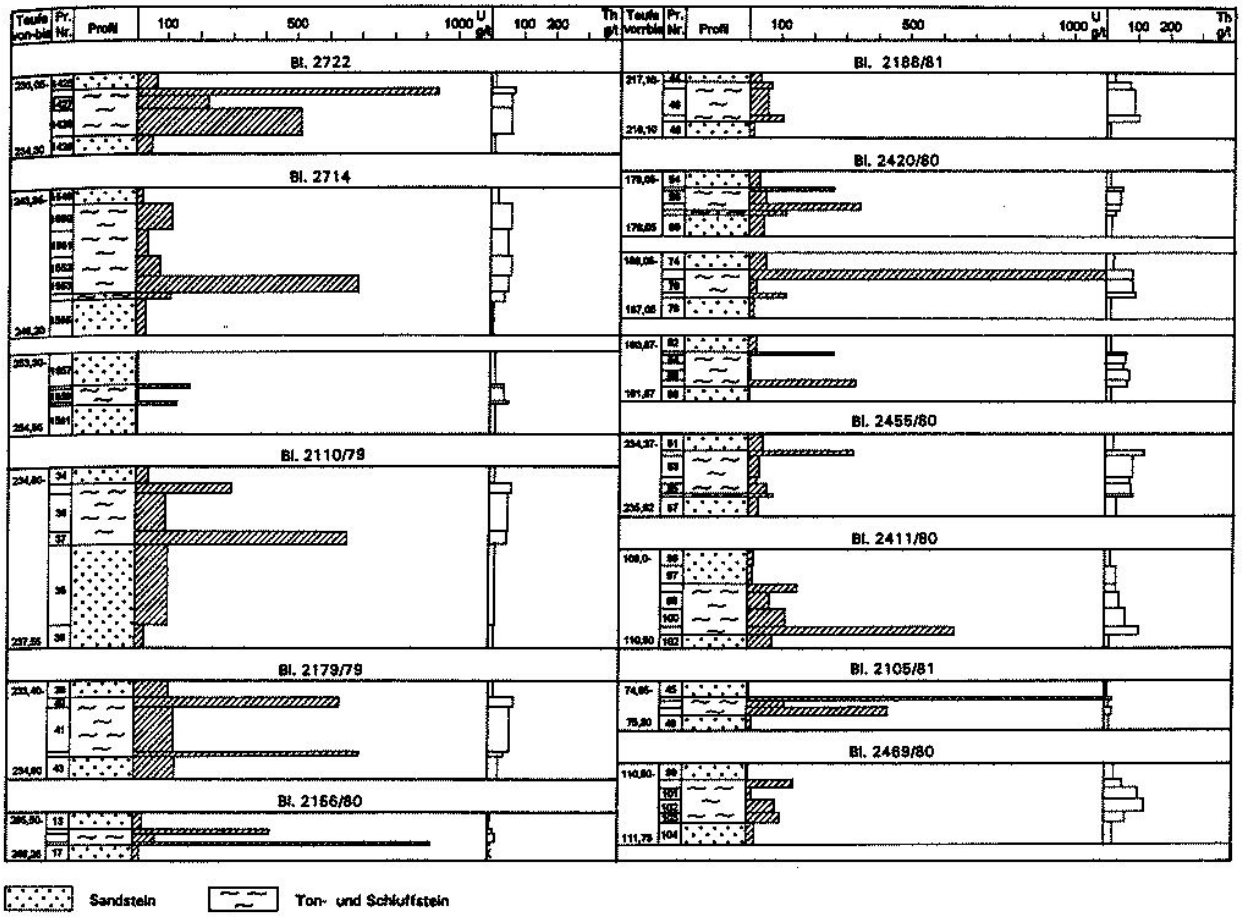


Abb. 37: Verteilung von Uran und Thorium in den Schluff- und Tonsteinzwischenlagen der Sandsteinbänke des 3. Erzhorizontes

In manchen Bohrungen wurden bis zu 14 derartiger im Profil aufeinanderfolgender Erzintervalle festgestellt (Abb. 36). Das Uran erreicht in den z. T. kohligen Schluffen und Tonen Gehalte von 0,03 % bis 0,3 %, während sie in den zwischenlagernden und mächtigeren Sandsteinbänken gewöhnlich nur 20-50 g/t betragen (Tab. 5). Der Schichtgrenzen-Charakter der Vererzung geht unzweideutig aus der Verteilung des Urans innerhalb der vererzten Lagen hervor. In Schnitten durch diese Lagen sind die maximalen Konzentrationswerte des Urans jeweils an die Sandsteinkontakte zum Hangenden und Liegenden gebunden. Mit wachsendem Abstand von diesen Übergängen nehmen die Konzentrationen in Richtung der zentralen Teilabschnitte dieser Lagen in derselben Lithologie schlagartig oder allmählich ab. Betragen an den Sandsteinkontakten die Urangehalte in den Schluff- und Tonsteinlagen bis zu zehntel Prozente, gehen sie in deren zentralen Bereichen bis auf hundertstel und tausendstel Prozente zurück. So wurden am oberen und unteren Sandsteinkontakt einer 70 cm mächtigen Schluffsteinbank (Bl. 2722) je 941 bzw. 512, doch dazwischen, in ihrem zentralen Profilabschnitt, nur 227 g/t Uran festgestellt. Für eine weitere, 42 cm starke Lage (Bl. 2420/80) betrugen die entsprechenden Werte 1110, 110 und 23 g/t Uran. Im Unterschied zum Uran ist das Thorium in diesen Lagen nur mit erhöhten Untergrundwerten vertreten und gleichmäßig in ihnen verteilt (Abb. 37). Mit abnehmender Mächtigkeit der Erzintervalle bis in den Zentimeterbereich rücken je ihre beiden Konzentrationsmaxima bis zu ihrer Überlagerung aufeinander zu. Damit verursachen sie die vereinzelt beobachtbaren extrem hohen Spitzenwerte.

Die Bindung der Vererzung an die Schichtgrenzen der Wechsellagerung geht über die gezeigte Element-Verteilung hinaus auch aus dem Verhältnis des Urans zur organischen Substanz in der Schichtenfolge hervor. Wie in der veröffentlichten Fachliteratur immer wieder hervorgehoben, fällt im Prozeß der Erzbildung dem organischen Kohlenstoff eine hohe Bedeutung zu [13]. So besteht in den erzführenden Profilabschnitten der Lagerstätte im allgemeinen und im 3. Erzhorizont im besonderen zwischen den Konzentrationen an organischer Substanz und Uran eine positive Korrelation. Die enge Bindung des Urans an die im Sediment verteilte organische Substanz geht zudem aus angefertigten Auto-Makroradiographien von entnommenen Erzproben hervor (Abb. 60-78 und 108-117).

Tab. 5: Metallometrische Profile durch den 3. Erzhorizont

I. Erzfeld Pirna

1. Bl 2722

Pr.Nr.	Teufe (m) von-bis	Mächtigk. m	U g/t	Th g/t	Erzinterv. m·g/tU	Litholog.	Stratigr.
1417	229,4-230,0	0,6	23	62		T	
1418	230,2	0,2	5,0	10,5		S	ctr_3
1419	230,7	0,5	25	70		T	
1420	231,0	0,3	4,2	12,5		S	
1421	231,4	0,4	72	15,0		S	
1422	231,6	0,2	397	52		S	
1423	231,75	0,15	533	88		T	
1424	232,0	0,25	529	80		S	
1425	233,3	1,3	67	18,5		S	
1426	233,5	0,2	941	72		T	
1427	233,7	0,2	227	65		T	
1428	233,9	0,2	512	65		T	
1429	235,0	1,1	49	11,0		S	
1430	235,2	0,2	780	68		T/S	
1431	235,6	0,4	340	26		T/S	
1432	236,5	0,9	68	9,5		S	
1433	236,6	0,1	325	91		T	
1432	237,5	0,9	68	9,5		S	
1434	238,0	0,5	18,5	34		S	ctr_2
1435	238,05	0,05	40	77		T	
1434	238,4	0,35	18,5	34		S	
1436	238,6	0,20	31	121		T	
1437	239,0	0,4	66	59		S	
1438	239,2	0,2	82	32		S	
1439	239,4	0,2	171	68		T	
1440	240,0	0,6	93	33		S	
1441	240,2	0,2	350	72		T/S	
1442	241,0	0,8	40	13		S	
1443	241,3	0,3	397	60		T	
1444	241,7	0,4	56	12,5		S	
1445	241,75	0,05	215	33		T	
1444	242,0	0,25	56	12,5		S	
1446	242,45	0,45	768	79	345,60	T	
1447	242,60	0,15	181	21	27,15	T/S	
1448	242,70	0,10	1030	75	103,00	T	
1449	243,0	0,30	195	32	58,50	S	
1450	243,2	0,20	740	47	148,0	T	
1451	244,5	1,3	90	7,2		S	
1452	244,8	0,3	642	72		T	
1453	246,0	1,2	29	9,1		S	
1454	246,2	0,2	92	46		T/S	
1455	246,8	0,6	42	7,2		S	
1456	247,0	0,2	320	82		T	
1457	247,5	0,5	124	8,8		S	
1458	247,7	0,2	460	51		T	
1459	248,5	0,8	29	19,0		S	
1460	248,58	0,08	65	54		T	
1461	248,66	0,08	817	69		T	
1462	248,75	0,09	3000	61		T	
1463	250,8	2,05	18,5	13,5		S	
1465	251,0	0,2	134	67		T	
1464	254,2	3,2	23	19		S	
1467	254,6	0,4	87	73		T	
1466	256,0	1,4	21	38		S	
1468	258,5	2,5	34	41		S	ctr_1
1469	259,4	0,9	99	49		T	
1470	261,8	2,4	20,0	19,5		S	
1471	264,0	2,2	9,3	15,0		S	
1472	270,0	6,0	5,7	16,5		GD	Altpal.
Erzintervall		1,20	568		682,25		

2. Bl. 2110/79 (s. Abb. 39)

Pr.Nr.	Teufe (m) von-bis	Mächtigk. m	U g/t	Th g/t	Erzinterv. m·g/tU	Litholog.	Stratigr.
14	222,7-223,8	1,10	15,0	54		T	
15	225,0	1,20	16,0	43		T	
16	225,17	0,17	8,7	25		S	ctr_3
1	225,35	0,18	48	64		T	
2	225,55	0,20	62	70		S	
3	226,45	0,90	51	27		S	
4	226,55	0,10	152	121	15,2	T	
5	226,95	0,40	63	37	25,2	S	
6	227,20	0,25	121	24	30,25	S	
7	227,45	0,25	325	14	81,25	S	
8	227,77	0,32	241	10,5	77,12	S	
9	228,00	0,23	345	6,0	79,35	S	
10	228,40	0,40	124	9,6	49,60	S	
11	228,65	0,25	455	12,0	113,75	S	
12	229,35	0,70	312	6,9	218,40	S	
13	229,47	0,12	1800	28,0	216,0	S	
14	229,57	0,10	1800	37,0	180,0	S	ctr_2
15	229,72	0,15	545	8,2	81,75	S	
16	229,77	0,05	2100	53	105,0	T	
17	230,00	0,23	780	20	179,4	S	
18	230,10	0,10	1450	79	145,0	S	
19	230,75	0,65	610	14,5	396,5	S	
20	231,00	0,25	610	11,0	152,5	S	
21	231,35	0,35	1100	11,0	385,0	S	
22	231,65	0,30	1400	19,5	420,0	S	
23	231,82	0,17	810	22	137,7	S	
24	232,00	0,18	1050	21	189,0	S	
25	232,32	0,32	4000	36	1280,0	S	
26	232,75	0,43	2200	21	946,0	S	
27	232,85	0,10	2000	42	200,0	S	
28	233,05	0,20	268	16	53,6	S	
29	233,15	0,10	760	36	76,0	S	
30	233,23	0,08	1450	69	116,0	S	
31	233,35	0,12	2400	95	288,0	T	
32	233,65	0,30	158	12,5	47,4	S	
33	234,00	0,35	1300	38	455,0	S	
34	235,05	1,05	43	16	45,15	S	
35	235,20	0,15	299	68	44,85	T	
36	235,77	0,57	97	55	55,29	T	
37	235,97	0,20	660	50	132,00	T	
38	237,20	1,23	107	17		S	
39	237,72	0,52	30	13,5		S	
40	237,80	0,08	95	79		T	
41	239,75	1,95	30	16		S	
Erzintervall		9,52	737		7017,26		

Fortsetzung Tab. 5

II. Erzfeld, "Breite Heide-Dürrer Grund"							
Bl. 2113/80 (s. Abb. 40)							
Pr.Nr.	Teufe (m) von-bis	Mächtigk. m	U g/t	Th g/t	Erzinterv. m·g/tU	Litholog.	Stratig.
31	228,25-228,65	0,40	15,5	107		T/S	
32	228,75	0,10	7,8	39		S	
33	228,85	0,10	21	83		T	
34	229,10	0,25	5,7	31		S	ctr_3
35	229,15	0,05	29	80		T	
36	229,40	0,25	9,2	40		S	
37	229,50	0,10	48	92		T	
38	230,15	0,65	16	30		S	
39	230,95	0,80	58	98		T	
40	231,20	0,25	129	76		T	
41	231,45	0,25	64	19,5		S	
42	232,00	0,55	244	51		T/S	
43	232,15	0,15	93	51	1. Erz-	T	ctr_2
44	233,10	0,95	26	7,4	intervall	S	
1	233,30	0,20	589	44	117,8	S	
2	233,40	0,10	419	77	41,9	T	
3	233,50	0,10	244	39	24,4	S	
4	233,95	0,45	180	89	81,0	T	
5	234,20	0,25	1174	102	293,5	T	
6	234,90	0,70	74	20		S	
7	235,15	0,25	68	68		T	
8	235,45	0,30	37	17,5		T	
9	235,70	0,25	200	84		T	
10	236,05	0,35	79	29		S	
11	236,25	0,20	168	74		T	
12	236,75	0,50	164	59		T	
13	236,85	0,10	99	74		T	
14	237,05	0,20	129	28		S	
15	237,30	0,25	145	75		B	
16	237,45	0,15	75	7,7		S	
17	237,55	0,10	1113	94	2. Erz-	T	
18	238,20	0,65	46	22	intervall	S	
19	238,25	0,05	1541	107	77,05	T	
20	238,55	0,30	313	19,5	93,9	S	
21	238,75	0,20	808	80	161,6	T	
22	238,80	0,05	1448	74	72,4	S	
23	239,12	0,32	1127	109	360,64	B	
24	239,40	0,28	1007	100	281,96	B	
25	239,70	0,30	280	99	84,0	B	
26	240,12	0,42	48	30		S	
45	240,17	0,05	43	75		T	
46	241,85	1,68	23	13		S	
47	241,95	0,10	42	75		T	
48	242,90	0,95	26	16,5		S	
49	243,00	0,10	74	80		T	
50	245,05	2,05	23	19		S	
51	245,15	0,10	37	73		T	
52	245,75	0,60	34	74		T	
53	246,00	0,25	54	86		T	
54	247,10	1,10	14	22		S	
55	247,20	0,10	37	65		T	
56	251,92	4,72	14,5	26		S	
57	252,17	0,25	39	51		T	ctr_1
58	253,50	1,33	22	20		S	
59	253,70	0,20	11,5	25		GD	Alt-
60	259,00	5,30	2,5	14		GD	pal.
1. Erzintervall		1,10	508		558,6		
2. Erzintervall		1,50	754		1131,55		

S: Sandstein
T: Ton- und Schluffstein, z. T. feinsandig
B: Brandschiefer
Gd: Granodiorit

Jedoch ist die positive Korrelation beider Komponenten streng auf die Bereiche der Erzbildung beschränkt. Von einer Unterscheidung zwischen Erz- und Erznebengestein nach ihren Gehalten an organischem Kohlenstoff kann aus diesem Grund nicht die Rede sein. Im 3. Erzhorizont stehen z. B. vererzte und sterile Brandschiefer stellenweise unmittelbar miteinander im Kontakt. Die Grenzlinie der Uranführung verläuft in diesem Fall in ein und derselben Schicht. So führt in der Zuflußsenke "Breite Heide" ein dem Grundgebirge auflagernder fluviatiler Sandsteinkomplex an der Bohrung 2172/79 weniger als 0,2 % organischen Kohlenstoff und maximal 12-53 g/t Uran. An der Grenze des Komplexes zur hangenden Stufe der See-Sumpfablagerungen steigen die Gehalte an organischem Kohlenstoff und an Uran zunächst gemeinsam bis auf 5,4 bzw. 0,3 %. Während sich von hier an der Anstieg des Kohlenstoffes im Dach der Sandsteine noch auf 2 Meter zum Hangenden weiter fortsetzt bis maximal 25 %, gehen die Werte für Uran allmählich bis auf 16 und 2,8 g/t und damit auf ihren normalen lokalen Untergrundspiegel zurück. Hier, vom Sandsteinkontakt entfernt, liegen die Urangehalte in Verbindung mit einer hohen Kohlenstoffkonzentration niedriger als im liegenden Sandsteinkomplex mit seiner nur in Spuren vorhandenen organischen Substanz (Abb. 38).

Aus der Art der Verteilung des Urans in den untersuchten Profilabschnitten läßt sich die Schlußfolgerung ziehen, daß es über die zwischenlagernden Sandsteinbänke zugeführt worden sein muß. Die weiträumige Verzettelung kleiner Erzintervalle über mächtige Profilabschnitte steht mit dieser Zuführung zum einen und mit der lebhaften lithologischen Gliederung der Schichtenfolge zum anderen im Zusammenhang. Die nur nach Zentimetern und Dezimetern messenden vertikal und lateral absetzigen kleinen Erzintervalle setzten trotz ihrer Häufigkeit ihrer bergmännischen Gewinnung enge Grenzen. Die von ihnen eingenommenen bis 20 m mächtigen Profilabschnitte enthalten infolge ihrer vielen sterilen Zwischenlagen im Ganzen durchschnittlich nicht mehr als 0,015-0,025 % Uran. Nur einzelne Teile dieser Abschnitte gehören nach Gehalt und Mächtigkeit zur Kategorie der abbauwürdigen „Bilanzintervalle“. Diese Bereiche zeichnen sich durch eine Verdichtung, Verfeinerung und Komplizierung der sandig-tonigen Wechsellagerung und durch einen Anstieg der Urangehalte auch in den Sandsteinbänken aus. Die Bereiche sind ein bis zwei Meter mächtig und enthalten bis 0,05 und 0,07 % Uran (Tab. 5, Bl. 2722, Bl. 2113/80). Örtlich wachsen die in Dach und Sohle der Sandsteinbänke verlaufenden Erzflügel fortschreitend nach unten und oben in diese Bänke hinein. Dabei schließen sie sich zu unregelmäßig begrenzten bis zu 9 Meter mächtigen Erzlagern zusammen. Ihre durchschnittlichen Urangehalte erreichen 0,074 % (Tab. 5, Bl. 2110/79).

In den durch die Lagerstätte und ihre Zuflußsenken geleg-

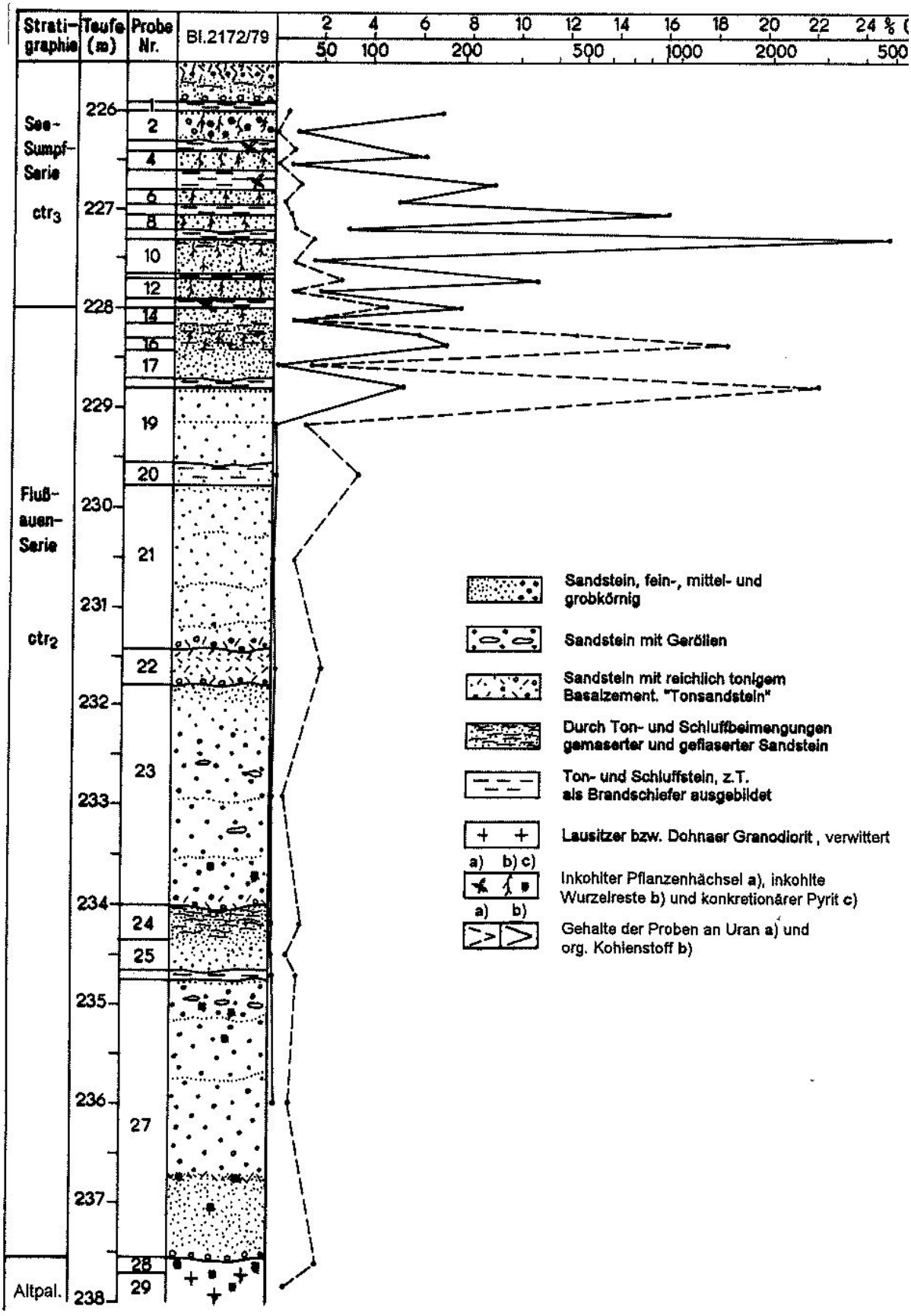


Abb. 38: Geochemisches Säulenprofil durch die Zuflußsenke „Breite Heide-Dürrer Grund“

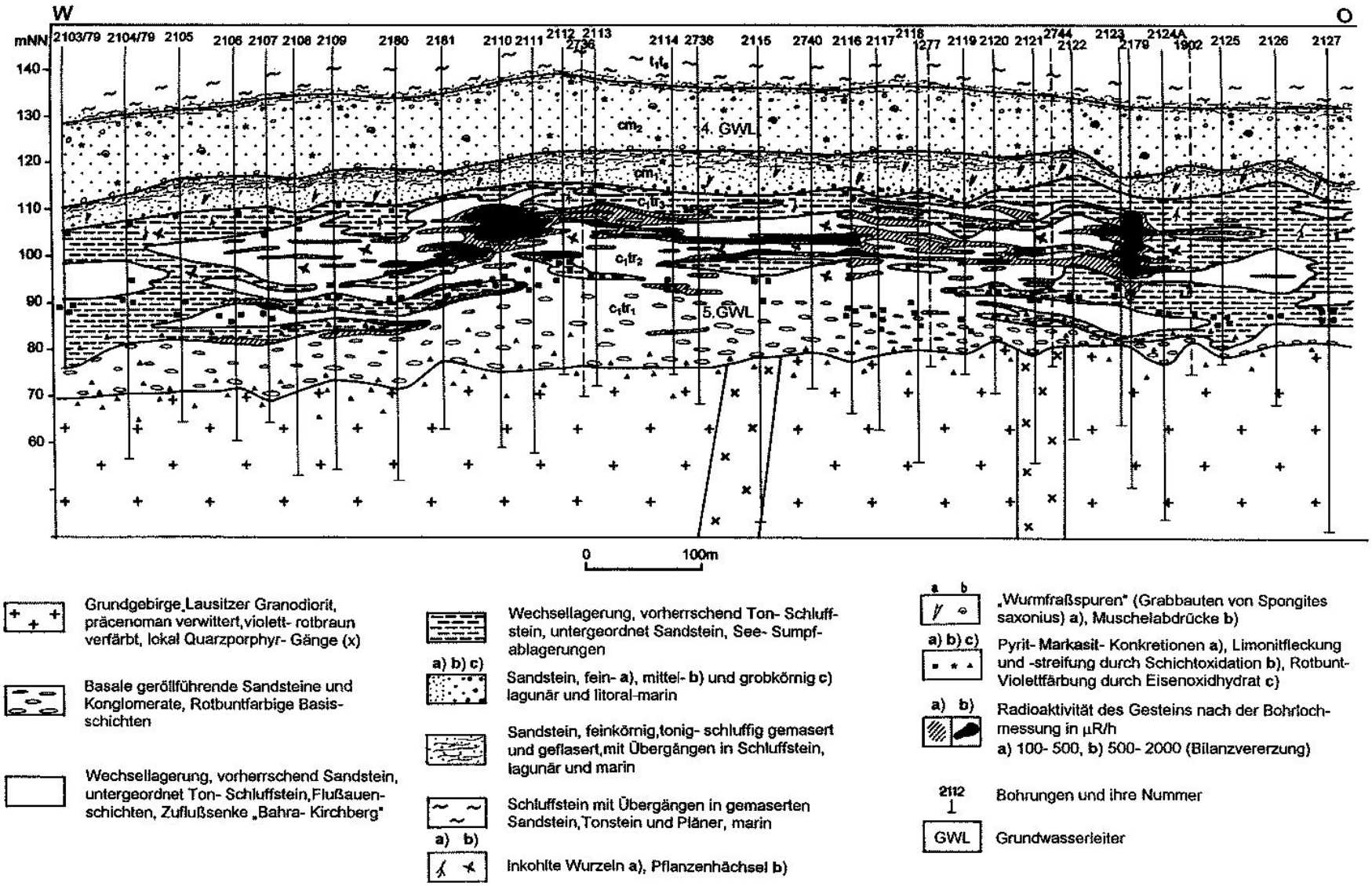


Abb. 39: Schnitt 58 im Erzfeld „Pirna" mit dem 3. Erzhorizont, Zuflußsenke „Bahra-Kirchberg"

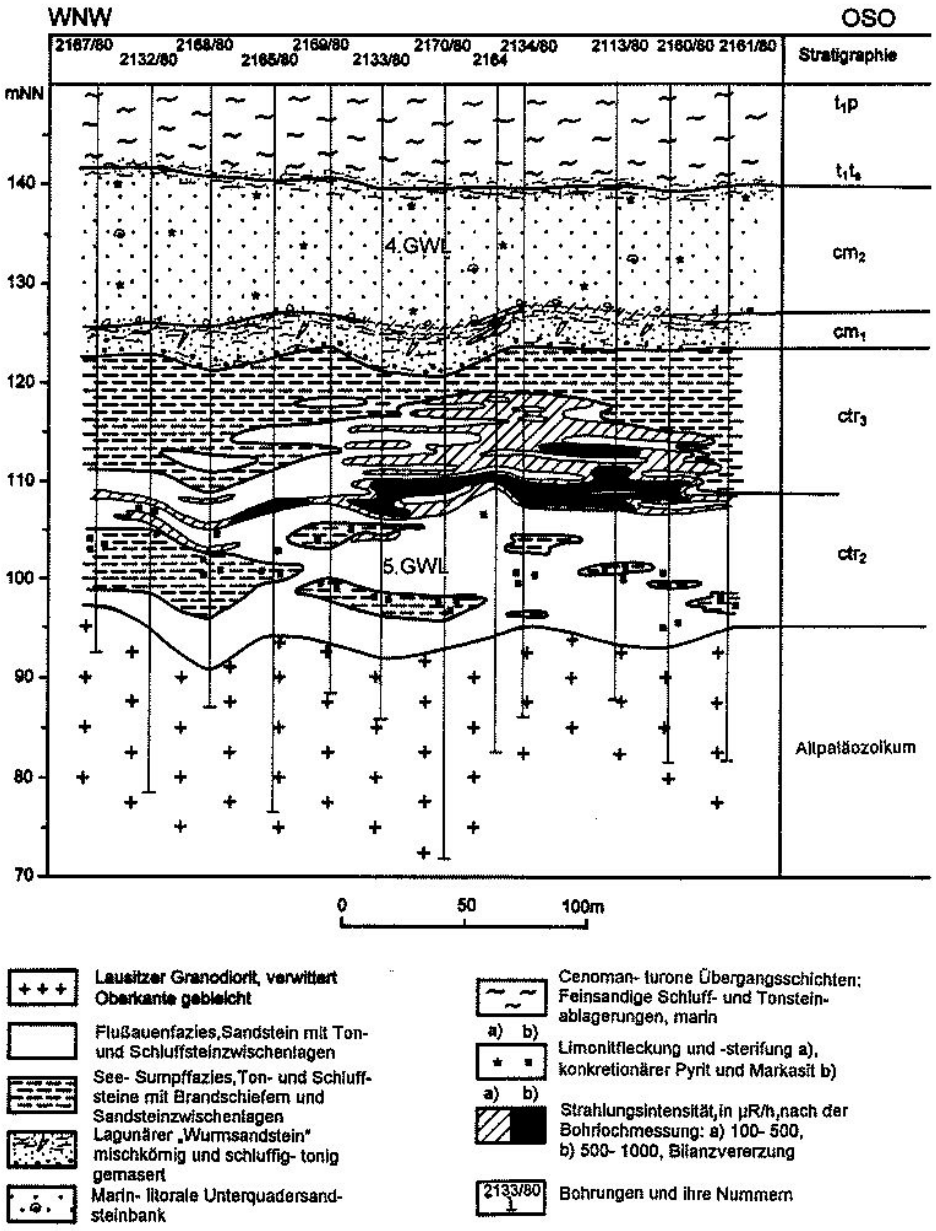


Abb. 40:
Schnitt durch den 3. Erzhorizont in einem Teilabschnitt der Zuflußsenke „Breite Heide-Dürrer Grund"

ten lithologisch-radiometrischen Bohrlochschnitten sind derartige Lager schicht- bis linsenförmig ausgebildet. Die Lager sind ca. 50 bis 150 m lang und 1-10 m mächtig. Sie sind mit unregelmäßigen Begrenzungen kulissenartig neben- und übereinander liegend in den terrestrischen Schichtenverband eingeordnet. Dabei ist zu erkennen, daß sie sich bevorzugt im oberen Teil der Flußauenschichten dicht unter der Decke der grundwasserstauenden See-Sumpfablagerungen konzentrieren. Auf diesem Niveau sind die Erzlager mehrheitlich im Dach jener Sandsteinkomplexe verbreitet, die sich in hoher Mächtigkeit aus den rotbuntfarbigen konglomeratischen Basisschichten kuppelartig nach oben bis in die See-Sumpfablagerungen hineinerstrecken und die eigentliche Flußbettfazies in den Zuflußsenken verkörpern. Außerdem sind sie an die seitlichen Verzahnungen der sandigen Flußbett- mit der kohligschluffigen See-Sumpf-Fazies gebunden. In der hydrogeologischen Gliederung nehmen sie die oberen und seitlichen Begrenzungen des 5. Grundwasserleiters ein.

Die Erzlager sind in Bohrlochschnitten durch die cenomane Schichtenfolge auf der Grundlage von Bohrkerndokumentation und der Bohrlochradiometrie dargestellt. In der Zuflußsenke „Bahra-Kirchberg" bilden sie die in Abb. 39 gezeigte Nebenlagerstätte Pirna. In der Abb. 40 nehmen sie einen beckenwärtigen Abschnitt der Zuflußsenke „Breite Heide" ein. In beiden Profilen sind sie ohne die Existenz der zwei oberen Erzhorizonte ausgebildet. In der Hauptlagerstätte sind sie im Liegenden der oberen Erzhorizonte an die dortigen Flußverläufe gebunden. Die Abb. 47 zeigt die Urankonzentrierungen daselbst in der Zufluß-

senke „Schüsselgrund-Leupoldishain“ und die Abb. 48 in der Senke „Schacht 387-Forsthausweg“ lokalisiert.

Jenseits ihrer Konturen klingen die Vererzungen allmählich oder unvermittelt aus. Ihre Bindung an bestimmte Verlaufsabschnitte der Zuflußsenken ist weniger auf dortige Besonderheiten in der faziellen Ausbildung ihrer Wirtsgesteine zurückzuführen. Vielmehr scheinen fazielle Veränderungen eine Rolle zu spielen, die im Liegenden des Erzhorizontes in beckenwärtiger Richtung vor sich gehen. So muß man betonen, daß die schon eingangs erwähnte mit häufiger Pyritbildung verbundene Grenzlinie zwischen den uranführenden Flußauen- und rotbuntfarbigen Basisschichten nicht niveaubeständig ist. Sie läuft durch die stratigraphischen Glieder des Profils hindurch. Die Grenzlinie sinkt beckenwärts bis in die Vererzungskonturen hinein tief ab. Dahinter, in den zentralen Depressionsabschnitten, verläuft sie unterhalb der Basisschichten in der präcenomanen Verwitterungskruste. Dagegen steigt sie in der Gegenrichtung beckenrandwärts auf das umrahmende Grundgebirge zu bis in das Niveau der Flußauenschichten auf. Im Zusammenhang mit der zunehmenden Rotfärbung der Sedimente greift in gleicher Richtung auch die Geröllführung auf jüngere Schichten über. Die Vorder- und Rückseiten der Vererzungsflächen unterscheiden sich demzufolge im lithologischen und geochemischen Charakter des terrestrischen Schichtenprofils. An den beckenwärtigen Rückseiten überwiegen reduzierende und an den randwärtigen Vorderseiten oxidierende Bedingungen im Profil. Die Vererzungen sind offensichtlich an die Zone des Übergangs von dem einen in das andere sedimentäre Milieu gebunden. Sie belegen in der lithologisch-faziellen Zonalität am Rande der Paläodepression eine feste Position.

Das Uran dürfte, im Grundwasser gelöst, den Erzflächen an ihrer oxidierenden Vorderseite über die Sandsteinkomplexe der Zuflußsenken kanalisiert zugeführt worden sein. An den zunehmend kohlenstoffhaltig-schluffigen Kontakten der Sandsteinbänke wurde es abgeschieden und angereichert. Die gewöhnlich graufarbigen Sandsteine erscheinen örtlich weißverfärbt und an ihren dunkelgrauen schluffigen Kontakten ausgeblichen. Wahrscheinlich handelt es sich bei diesen Merkmalen um die von sauerstoffhaltigen Wässern sichtbar hinterlassenen Spuren. An der Vorderseite der Vererzungsflächen nimmt die Uranführung der Sedimente allmählich zu. Nach überschrittenem Höhepunkt bricht sie dagegen an ihrer Rückenseite ziemlich unvermittelt ab. Dennoch setzt sich die charakteristische vererzungsgünstige Wechsellagerungsfazies in unveränderter Permeabilität und mit noch leicht ansteigenden Gehalten an inkohlter organischer Substanz in beckenwärtiger Richtung, gewissermaßen "flußabwärts", weiter fort. Dieses besagt, daß diese Fazies für das migrierende Uran eine undurchlässige Reduktions- und Adsorptionsbarriere bildete. Die Erzkörper des 3. Horizontes sind dieser Barriere aufgeprägt. Auf die Bedeutung der Barrierenfunktion der cenomanen Schichtenfolge für die Herausbildung der Lagerstätte insgesamt wird aus geochemischer Sicht in einem späteren Abschnitt noch einmal eingegangen.

4.3 Der 2. und 1. Erzhorizont

In der oberen Lagerstätten-Etage überdecken die mit dem Unterquadersandstein bzw. 4. Grundwasserleiter verbundenen Vererzungen des 2. und 1. Horizontes diskordant die erzführenden linearen Zuflußsenken des 3. Horizontes. Durch die Stufe der grundwasserstauenden See-Sumpfablagerungen von den letzteren getrennt, folgen sie über diesen mit einem Abstand von nur wenigen Metern im lithologischen Profil. In Abhängigkeit von der flächigen Sedimentation des Wirtsgesteines in einem marinen Milieu sind sie aushaltender und zusammenhängender als im 3. Horizont ausgebildet. Erst mit ihnen erreicht die Erzführung der Schichtenfolge die Dimension der abbauwürdigen Lagerstätte. Ihre Abbaukontur wurde nach den industriellen Mindestwerten von Urangehalt (0,035 %) und Mächtigkeit (1,0 m) festgelegt. Sie bildet den summarischen Grundriß für die Lagerstätte (Abb. 29, 33, 34, 41).

Die Kontur schließt mit Ausnahme der westlich vorgelagerten Kleinlagerstätte "Pirna" die Vererzungsflächen des 3. Horizontes größtenteils mit in sich ein (Abb. 29). Meridional in der Schichtenneigung streichend, stimmt sie geologisch mit der Auskeilzone des Unterquaders an der Grundgebirgsschwelle der Bahra-Königsteiner Halbinsel überein. Nach Osten endet sie an der Auskeillinie dieser Sandsteinbank und nach Westen etwa am Verlauf ihrer 12-Meter-Mächtigkeitsisolinie, die beckenwärts noch weiter bis auf ca. 20 Meter ansteigt. Nach Norden erstreckt sich die Erzführung längs der Bahra-Königsteiner Halbinsel bis zu deren nördlichem Ende. Zwischen dieser und der Wehlener Insel verbindet der Unterquadersandstein die Pirnaer mit der benachbarten Lausitz-Hinterhermsdorfer Senke im Osten. Er unterbricht an dieser Stelle die seitliche Abgrenzung des 4. Grundwasserleiters in der Pirnaer Senke. Hier an der Öffnung der Grundwasserleiters zerfällt die Erzkontur, wie in Abb. 43 ersichtlich, in einzelne Teilabschnitte, darunter in das gesondert erkundete Erzvorkommen "Thürmsdorf". Von da an setzt sich die Anreicherungszone als eine sich abschwächende Urananomalie noch 5 km weiter in ihrer Richtung fort. Sie streicht als Lagerstättenaureole zunächst noch meridional und lenkt längs der Wehlener Insel nach Nordwesten ein. Nach der Unterquerung des Elbelaufes klingt sie an der Ortslage des Dorfes Wehlen aus (Abb. 33). Das südliche Ende der Kontur ist geologisch nur schwer zu begründen, doch offensichtlich hauptsächlich durch das Aussetzen der vererzungsgünstigen Sedimente im Schichtenprofil bedingt.

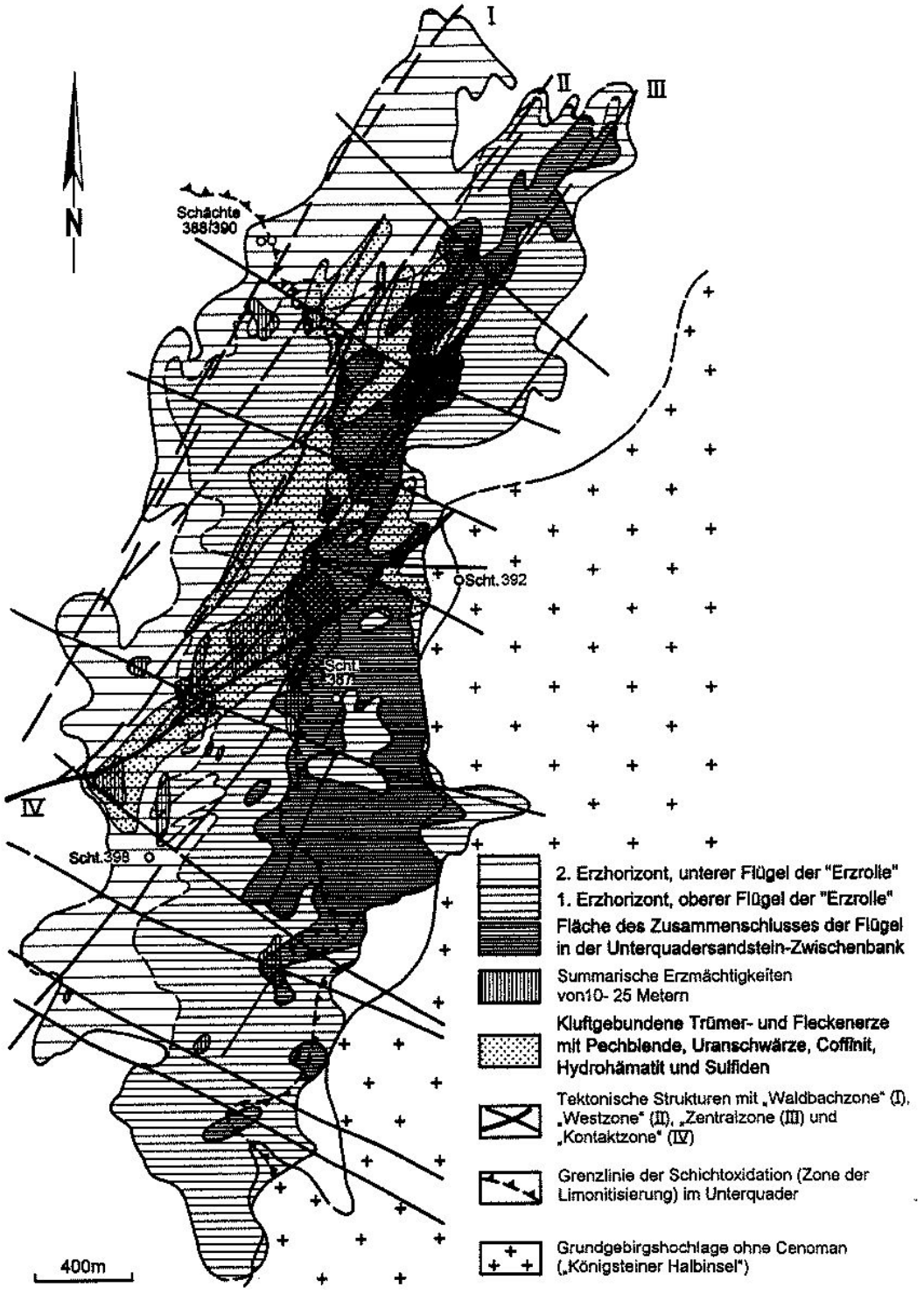


Abb. 41: Struktureller Grundriß der Lagerstätte nach A. I. WASSILJEV (1973)

Der Unterquader, der beide Erzhorizonte im Profil der Lagerstätte voneinander trennt, hebt sich, wie eingangs schon erwähnt, durch seine lebhafte und veränderliche Färbung aus der Schichtenfolge hervor. Stellenweise sieht er, wie die Flußauen-Sandsteine des 3. Erzhorizontes in seinem Liegenden, grau- und hellgraufarbig aus. Anderenortes ist er durch Beimengungen von Limonit und Hydrohämatit himbeerrötlich und wie die Turonsandsteine in seinem Hangenden rostfleckig und roststreifig ausgebildet. Dabei hängt seine Farbgebung jeweils von der Tiefenlage unter der Erdoberfläche ab. Seine rostfleckige Beschaffenheit ist an die herausgehobenen Teile der Kreidetafel an ihrem südlichen Rand gebunden. Seine Graufärbung setzt erst in Tiefenlagen ab 200 bis 300 Metern ein. Überdeckt

durch ebenfalls rostfleckigen Unterturonsandstein, geht die Limonitisierung des Unterquaders in der Paläosenke von seiner Auskeillinie an der südlichen granitischen Grundgebirgsumrahmung und außerdem von seinen Ausbissen am Hang des Gottleubatales aus. Weiter dehnt sich die Oxidation zungenförmig im Einfallen des Unterquaders tief in die Paläosenke hinein. Die Grenzlinie dieser Zunge verläuft im Osten der Senke längs der Königsteiner Schwelle. Hier durchzieht sie schlängelnd fast die gesamte Kontur der Lagerstätte axial von Süd nach Nord (Abb. 41). Noch vor dem nördlichen Ende der Kontur wendet sie sich von ihr ab und durchwindet im weit geschwungenen Bogen die Paläosenke von der Königsteiner Schwelle im Osten bis zur Copitzer Schwelle im Westen (Abb. 33).

Bei ihrer anfänglichen Beobachtung wurde die eisenoxidhydratische Fleckung und Streifung des Sandsteins für eine primäre Ausbildung gehalten. Sie kommt z. B. ähnlich vergleichbar an den Küsten rezenter Schelfmeere und auch an den Sandstränden der Ostsee vor. Ihr Ausgang im gegebenen Fall von der Erdoberfläche weist sie jedoch als eine sekundäre Erscheinung aus. Die Oxidation wurde offensichtlich durch sauerstoffhaltige, aus der südlichen Grundgebirgsumrahmung in die Kreidebasisschichten gelangende und im Unterquadersandstein beckenwärts absteigende Untergrundwässer hervorgerufen. Die Oxidhydrate wurden durch die Überführung des im Sediment enthaltenen Eisens aus seinem chemisch zweiwertigen in den dreiwertigen Zustand gebildet. So wurden durch die Sauerstoffeinwirkung z. B. vorhandener Glaukonit, Pyrit und Biotit zersetzt. In der Fachliteratur wird dieser Vorgang im Zusammenhang mit der Herausbildung sedimentärer Uranlagerstätten des Sandsteintyps als sog. „Zwischenschicht-Oxidation" bezeichnet und ausführlich dargelegt [13].

Die hier zu beschreibenden Vererzungen sind mit dem Unterquader je an das Dach und die Sohle einer derart oxidierten Zwischenschicht gebunden. Sie sind in sich und zueinander in ihrer Mächtigkeit und Intensität veränderlich ausgebildet und unterschiedlichen milieu-geographischen Lithologien aufgeprägt. Die Unterquader-Dachvererzung verläuft als 1. Erzhorizont an der Oberkante der Sandsteinbank in der Basis der marinen Übergangsschichten (t_1t_s) zum hangenden Labiatuspläner (t_1p).

Die Dachvererzung überlagert und begleitet die Erosionsdiskordanz, die im oberen Teil des Unterquaders den 4. cenomanen Großrhythmus einleitet (Tab. 3, Abb. 31). Sie ist in der „Zone der gemaserten Quarzsandsteine“, (c_1s_{mas}) lokalisiert. Sie wird von der Schichtoxidation tangiert. Die Unterquader-Sohlenvererzung erstreckt sich als 2. Erzhorizont in der Sandstein-Unterlage. Sie erfaßt in Abhängigkeit von der diskordanten übergreifenden Ablagerung des Unterquaders verschiedene stratigraphische Niveaus und Lithologien. Im zentralen und nördlichen Teil der Lager-

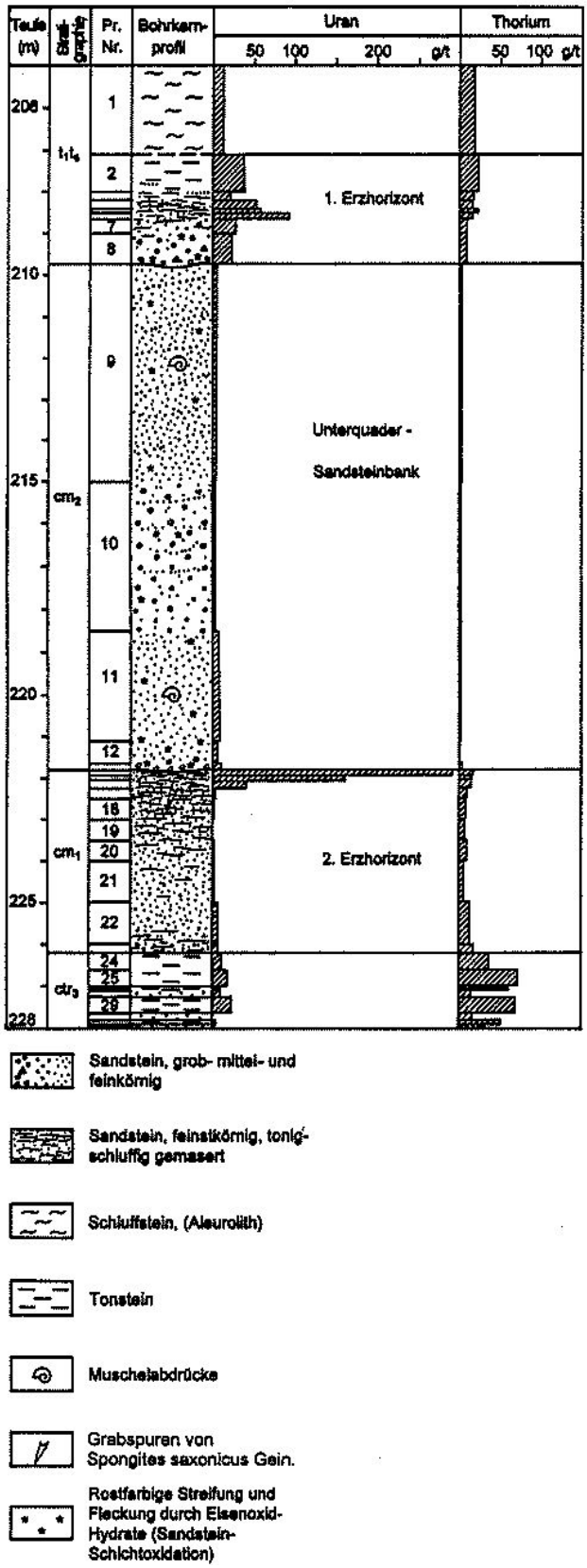


Abb. 42: Bohrprofil 2127/80 durch das marine Cenoman jenseits der westlichen Grenze der Abbaukontur des 1. und 2. Erzhorizonts

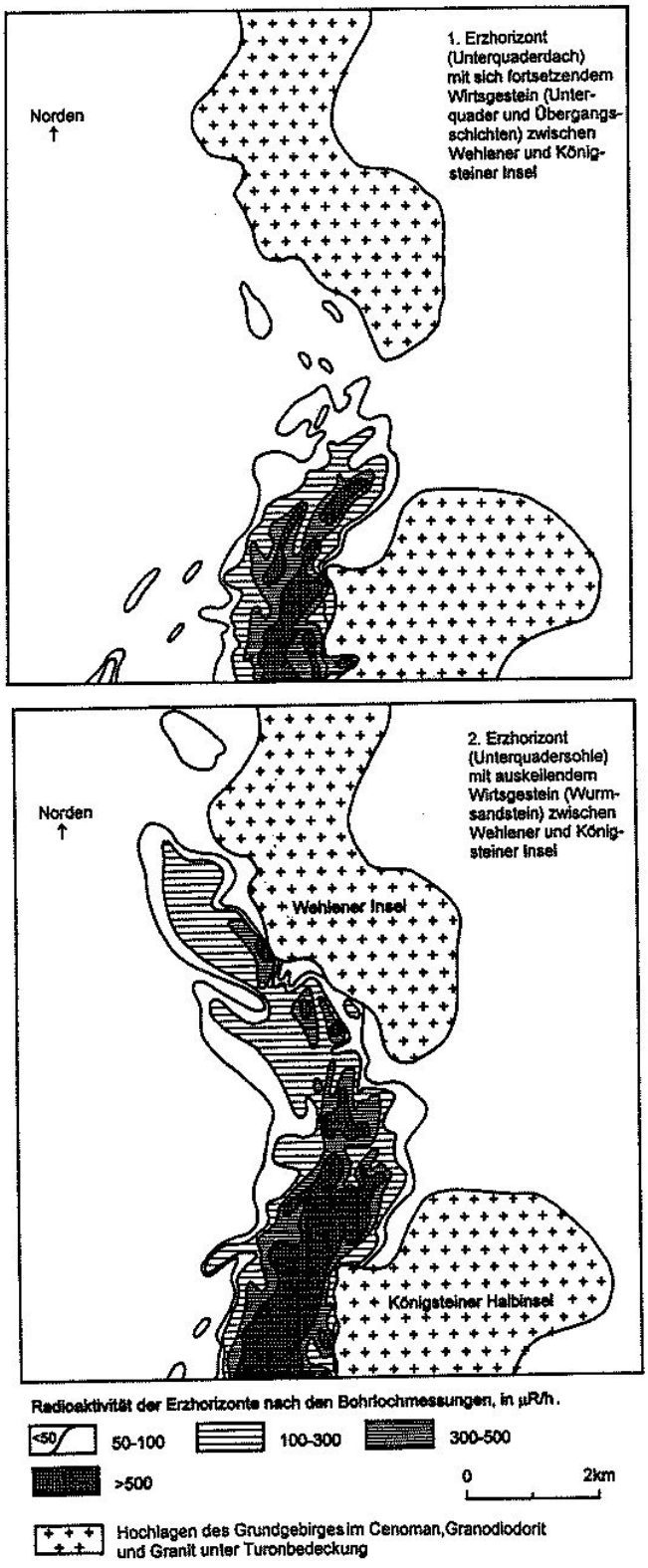


Abb. 43: Nördliches Ende der Lagerstättenkonturen des 1. und 2. Erzhorizontes, nach W. A. FELDGUN (1973)

stätte ist sie an den lagunären Wurmsandstein (cm_1) gebunden, der hier als Unterlage des Unterquaders dient. In dieser terrestrisch-marinen Übergangsfazies ist sie besonders mächtig und intensiv ausgebildet.

Das Uran ist in beiden Horizonten grundsätzlich wie auch in der unteren Lagerstättenetage verteilt. Jedoch ist es infolge eines einfacheren lithologischen Baues der Horizonte nicht wie in der unteren Etage über eine Vielzahl vertikal aufeinanderfolgender kleiner absetziger Schluff- und Tonsteinintervalle, die die einzelnen fluviatilen Sandsteinbänke voneinander trennen, verstreut. Stattdessen ist es massiv auf je ein Intervall in Dach und Sohle von nur einer Sandsteinschicht und örtlich auch auf diese selbst konzentriert. Der Grundcharakter der Uranverteilung in den beiden Intervallen tritt am deutlichsten am Rand der Erzführung außerhalb des Einflußbereichs von Faktoren hervor, die innerhalb der Lagerstätte diese Regelmäßigkeit beeinträchtigen.

An der westlichen Flanke der Lagerstätte führt der hier noch 12 m mächtige, die beiden Erzhorizonte voneinander trennende, Unterquader in seinem Profil zwischen 4 und 10 g/t Uran. In seiner Sohle steigt nach einer scharfen lithologischen Grenze die Konzentration in der Wurmsandstein-Oberkante sprunghaft auf ca. 300 g/t an und fällt mit wachsender Entfernung von dieser Faziesgrenze zum Liegenden in derselben Fazies wieder ab. Im Abstand eines halben Meters geht die Konzentration über Zwischenwerte von 160 und 40 g/t kontinuierlich bis auf den normalen Untergrundspiegel von ca. 3 g/t zurück. Entsprechend sprunghaft erfolgt der Konzentrationsanstieg an der Unterkante der schluffigen Übergangsschichten im Sandsteindach. Die Werte springen auf 100 g/t und fallen sodann mit zunehmendem Abstand von dieser Grenze nach dem Hangenden zu im Verlauf von 2 Metern allmählich auf ihr Normalniveau zurück. Das Thorium ist, wie auch im 3. Erzhorizont, in diese abrupten Konzentrationsschwankungen nicht mit einbezogen. Seine Werte verharren im Niveau des normalen gesteinsabhängigen geochemischen Untergrundes. Sie liegen hier im marinen deutlich niedriger als im terrestrischen Cenoman.

Am Beispiel von Bohrung 2127/80 (Abb. 42) dokumentiert, kommt der beschriebenen Uranverteilung für die obere Lagerstättenetage Modellcharakter zu. Die beiden Uran-Anreicherungsintervalle entsprechen den markantesten Schichtgrenzen im gegebenen Profilabschnitt in Bezug auf Durchlässigkeit, Adsorptions- und Redoxvermögen der Ablagerungen. Der litho-geochemischen Profilaufnahme ist zu entnehmen, daß das Uran aus dem zwischenlagernden Unterquader zugeführt worden sein muß. Hier an der westlichen Flanke der Vererzungszone noch schwach entwickelt, wachsen sich beide Urananomalien bis in die zentrale Lagerstätte zu den für sie typischen mächtigen in sich gegliederte Erzhorizonten aus. So führt in der Lager-

stätte, an der Bohrung Nr. 2082, der 1. Erzhorizont nach Gehalt und Mächtigkeit 0,053 % x 2,8 Meter Uran und der 2. Erzhorizont 0,17 % x 2,4 Meter. Die Uranmaxima liegen je am oberen und unteren Sandsteinkontakt des zwischenlagernden Unterquaders. Die Maxima erreichen 0,1 bzw. 0,7 % (Abb. 46, Tab. 6).

Die ausgegliederten Abbaukonturen beider Horizonte stimmen in ihren Grenzen nicht genau überein. Die Kontur des 1. Horizontes setzt am westlichen Rand der Lagerstätte erst etwa 200 Meter weiter östlich der des 2. ein (Abb. 41) und die des 2. Horizontes erstreckt sich weiter als die 1. nach Norden (Abb. 43). Auch fallen die jeweils reichsten Teilareale beider Horizonte im Grundriß nicht zusammen. Im südlichen Teil der Lagerstätte ist unter Verarmung des zweiten der erste und im nördlichen Teil unter einer Verkümmerung des ersten der zweite Erzhorizont intensiver vererzt. Nur der große mittlere Lagerstättenabschnitt enthält beide Erzintervalle gemeinsam mächtig und intensiv entwickelt, so daß sich unter diesem Gesichtspunkt die Lagerstätte in je einen ärmeren nördlichen und südlichen und einen reichen mittleren Feldesteil untergliedert. In dieser Unterteilung ist die Verarmung des zweiten Erzhorizontes im Süden auf die dortige Verbreitung vererzungsungünstiger Lithologien in der Unterquader-Sohle zurückzuführen. Die Verkümmerung des ersten Horizontes im Norden dürfte dagegen ursächlich mit der dortigen Verbindung des Unterquaders bzw. vierten Grundwasserleiters zur benachbarten Cenoman-Senke zusammenhängen. Die intensive Herausbildung beider Erzflügel gemeinsam im mittleren Feldesteil ist dagegen mit dem Auskeilen des Unterquaders an der Königsteiner Schwelle zum einen und der Verbreitung des Wurmsandsteins in seiner Sohle zum anderen zu erklären.

Im südlichen Feldesteil bilden in Abhängigkeit von der diskordanten Auflagerung des Unterquaders im stratigraphischen Profil auch ältere Schichten als der Wurmsandstein das Unterquader-Liegende. Der 2. Erzhorizont ist aus diesem Grund in dieser Region je nach dem Verlauf der Diskordanz im Schichtenprofil ortsabhängig auch an Ablagerungen der See-Sumpf-, der Flußauen- und der rotbuntfarbigen Basisschichten gebunden. In Verbindung mit dem transgressiven Übergreifen des Unterquaders auf das Grundgebirge ist er lokal, wie am äußersten Ostrand der Lagerstätte, auch dessen verwitterter Oberkante aufgeprägt. Unter derartigen Bedingungen liegt der 2. Erzhorizont geringmächtig, verarmt und absetzig vor. In einem durch die Hermsdorf-Langenhennersdorfer Zuflußsenke führendem Bohrprofil verläuft er z. B. an der Bohrung Nr. 2468 etwa 3 Meter über dem 3. Erzhorizont in den Flußauenschichten. An der Bohrung Nr. 2389 ist er bemerkenswerterweise unterhalb des Niveaus des 3. Horizontes an die rotbuntfarbigen Basisschichten gebunden. Beiderseits der Zuflußsenke, an den Bohrungen Nr. 2368 und Nr. 2330, betrifft er hingegen der Verwitterungskruste des Markersbacher Granites (Abb. 44, Tab. 6 III). Während in all diesen Bohrungen im Dach des Unterquaders der 1. Erzhorizont in Mächtigkeiten bis 3,65 Meter Urangehalte bis 0,042 % erreicht, nimmt in der Unterquadersohle der 2. Erzhorizont nur im Fall seiner Bindung an die kohlenstoffhaltigen Flußauen- und See-Sumpfablagerungen, wie an der Bohrung Nr. 2468 der Fall, einen Erzcharakter an. Bei seiner Aufprägung auf die Stufe der rotbuntfarbigen Basisschichten verkümmert er, wie in der Bohrung Nr. 2389 zu erkennen, zu einer schwächlichen Anomalie. An den Granitzersatz gebunden (Bl. Nr. 2330, Bl. Nr. 2368) wurde er, bis 0,5 m mächtig, mit Urangehalten von 0,03-0,04 % angetroffen (Abb. 44, Tab. 6 III). Jenseits der Auskeillinie des Unterquaders und in Bereichen der faziellen Ersetzung des Labiatuspläners durch Turonsandstein greift die Uranführung am Südost- und Südrand der Lagerstätte lokal, wie an den Bohrungen Nr. 2620/88 und Nr. 2330 (Abb. 44) nachweisbar, auf die Grenzlagen zum Labiatussandstein im 3. Grundwasserleiter über. Sie bildet hier die sog. "Labiatusanomalie". Die Anomalie steht wahrscheinlich mit einer Einflußnahme des tertiären Vulkanismus auf die Lagerstätte in Zusammenhang. Auf diese Frage wird in einem späteren Abschnitt des Berichtes ausführlicher eingegangen.

Im nördlichen Feldesteil schwächt sich im Unterschied zum südlichen der 1. Erzhorizont fortschreitend ab. Während dessen Urangehalte im Erzvorkommen Thürmsdorf nur noch 100 bis 150 g/t in Mächtigkeiten bis zu einem halben Meter betragen, führt der hier im Wurmsandstein entwickelte 2. Horizont in über 2 Meter Mächtigkeit noch bis durchschnittlich 0,045 % Uran (Tab. 6 IV, Abb. 45). Die maximale Uranführung des Horizontes hat sich abweichend vom Lagerstättenmodell aus der Wurmsandsteinoberkante in seine basalen Teile verlagert. Der Wurmsandstein keilt im Unterschied zum Unterquader auch weiterhin wenig weiter ostwärts zwischen Wehlener und Königsteiner Schwelle an der Grundgebirgsumrahmung der Pirnaer Paläosenke aus.

Im mittleren Feldesteil sind beide Horizonte gemeinsam mächtig und intensiv vererzt. Hier bilden sie mit den unterlagernden Erzkörpern des 3. Horizontes der Zuflußsenken "Leupoldishain", "Schacht 387-Forsthausweg" und "Breite Heide-Dürrer Grund" den eigentlichen Kern der Lagerstätte. Die drei Horizonte sind in lithologisch-radiometrischen Querprofilen durch die cenomane Schichtenfolge dargestellt (Abb. 47-48). Die Profile wurden nach den Kerndokumentationen und Gamma-Messungen der Bohrungen konstruiert. Mittlere Urangehalte und Mächtigkeiten erreichen im 1. Horizont 0,06 % und 2,8 Meter und im 2. Horizont 0,17 % und 2,4 Meter (Tab. 6 I-3). Beide Horizonte legen sich im Profil mit scharfen Grenzen von oben und unten an den zwischenlagernden roststreifigen Unterquadersandstein an. Sie stehen zu diesem Zwischenintervall in einem auffälligen

Tab. 6: Metallometrische Profile durch den 1. und 2. Erzhorizont

I. Westlicher und zentraler Teil der Lagerstätte

1. Bl 1925 (siehe Abb. 49)

Pr.Nr	Teufe (m) von-bis	Mächtigk. m	U g/t	Th g/t	Erzinterv m·g/tU	Litholog.			Stratigr.
1810	191,0-193,0	2,00	5,9	15,0		T			
1811	194,0	1,00	34	17,8		T			
1812	194,5	0,50	104	14,5		St	1. EH		t_1t_s
1813	195,0	0,50	229	11,5		St			
1814	205,0	10,00	10	1,8		S			cm_2
1815	205,1	0,10	71	5,4		S			
1816	205,2	0,10	437	12,0	43,7	St	2. EH	a	
1817	205,6	0,40	321	7,2	128,4	St			
1818	206,0	0,40	254	10,5	101,6	St			
1819	206,4	0,40	214	7,7	85,6	S			
1820	206,9	0,50	245	8,4	122,5	S		b	
1821	207,2	0,30	520	13,5	156,0	St			cm_1
1822	207,8	0,60	325	10,5	195,0	St			
1823	208,8	1,00	300	15,5	300,0	St			
1824	209,1	0,30	115	6,1		S			
1825	209,3	0,20	90	7,2		S			
1826	209,8	0,50	85	14,0		St			
1827	210,1	0,3	364	20,0	109,2	St		c	
1828	210,15	0,05	780	14,5	39,0	St			
1829	210,4	0,25	519	25	129,75	St			
1830	210,6	0,20	93	37		T			
1831	211,0	0,40	29	14,5		S			ctr_3
1832	212,4	1,40	56	77		T			
2. EH a + b		3,70	306		1132,8				
2. EH c		0,60	463		277,95				

2. Bl. 1936

Pr.Nr	Teufe (m) von-bis	Mächtigk. m	U g/t	Th g/t	Erzinterv m·g/tU	Litholog.		Stratigr.
8	192,0-193,3	1,30	6,6	18,0		T		
1	193,65	0,35	51	18,0		T		
2	194,40	0,75	79	10,0		T		
3	194,75	0,35	85	5,9		S		
4	195,00	0,25	211	9,0	52,75	S		t_1t_s
5	195,30	0,30	319	12,0	95,70	S	1. EH	
6	195,50	0,20	160	16,5	32,0	T		
7	195,60	0,10	1250	16,5	125,00	St		
9	196,00	0,40	520	11,0	208,00	St		
10	196,25	0,25	580	10,0	145,00	St		
11	196,80	0,55	820	14,0	451,00	S		
12	196,90	0,10	2700	21	270,00	S		
13	197,25	0,35	158	11,0		S		
14	197,80	0,55	215	12,0		S		cm_2
15	197,90	0,10	590	53		T		
16	198,10	0,20	102	2,2		S		
17	199,00	0,90	226	2,6		S		
18	199,70	0,70	197	3,7		S		
19	200,00	0,30	158	1,4		S		
20	200,40	0,40	89	1,6		S		
21	200,82	0,42	133	3,1	55,86	S		
22	201,00	0,18	3300	22	594,0	T	2. EH	
23	201,15	0,15	730	8,9	109,5	St		
24	201,55	0,40	234	14,0	93,6	S		
25	201,62	0,07	321	24	22,47	St		cm_1
26	201,80	0,18	29	17,0		T		
27	202,07	0,27	118	22		St		
28	202,55	0,48	9,5	16,5		St		
29	203,00	0,45	4,9	13,0		St		
30	203,60	0,60	5,9	10,5		St		
31	204,10	0,50	3,2	21		S		
32	204,25	0,15	11,0	76		T		ctr_3
1. EH		2,15	642		1379,45			
2. EH		1,22	718		875,43			

3. Bl. 2082 (siehe Abb. 46)

Pr.Nr	Teufe (m) von-bis	Mächtigk. m	U g/t	Th g/t	Erzinterv mg/tU	Litholog.		Stratigr.
1	191,95-192,35	0,40	110	nb		T		
2	192,55	0,20	710	nb	142,0	T		
3	193,00	0,45	430	nb	193,5	T		
4	193,50	0,50	390	nb	195,0	T	1. EH	t_1t_s
5	193,60	0,10	390	nb	39,0	St		
6	194,05	0,45	610	nb	274,5	St		
7	194,20	0,15	180	nb	27,0	St		
8	194,75	0,55	980	nb	539,0	St		
9	195,00	0,25	250	nb	62,5	S		
10	195,15	0,15	140	nb	21,0	S		
11	195,55	0,40	130	nb		S		cm_2
	200,40	4,85	nb	nb		S		
12	200,90	0,50	130	nb		S		
13	201,00	0,10	1780	nb	178,0	St		
14	201,35	0,35	6850	nb	2397,0	St	2. EH	
15	201,85	0,50	2020	nb	1010,0	St		cm_1
16	202,45	0,60	380	nb	228,0	S		
17	203,00	0,55	310	nb	170,5	St		
18	203,30	0,30	290	nb	87,0	T		
19	230,40	0,10	100	nb		S		ctr
1. EH		2,80	533		1493,5			
2. EH		2,40	1696		4070,5			

4. Bl. 1422 (siehe Abb. 46)

Pr.Nr.	Teufe (m) von-bis	Mächtigk. m	U g/t	Th g/t	Erzinterv. mg/tU	Litholog.		Stratigr.
1	207,8-208,5	0,80	60	nb		T		
2	208,95	0,45	70	nb		T		
3	209,40	0,45	180	nb		T		t_1t_s
4	209,90	0,50	270	nb	135,0	St		
5	210,00	0,10	300	nb	30,0	St	1. EH	
6	210,40	0,40	310	nb	124,0	St		
7	210,50	0,10	500	nb	50,0	St		
8	210,85	0,35	1430	nb	500,5	S		
9	211,05	0,20	680	nb	136,0	S		
10	211,25	0,20	610	nb	24,4	S		
11	211,45	0,20	350	nb	70,0	S		
12	211,95	0,50	430	nb	215,0	S		cm_2
13	212,35	0,40	210	nb		S		
14	212,50	0,15	240	nb		S		
15	213,65	1,15	150	nb		S		
16	214,10	0,45	110	nb		S		
17	214,65	0,55	180	nb		S		
18	215,15	0,50	980	nb	490,0	S	2. EH	
19	215,50	0,35	610	nb	213,5	St		
20	215,75	0,25	260	nb	65,0	St		
21	216,05	0,30	170	nb		St		cm_1
22	216,50	0,45	170	nb		St		
23	217,00	0,50	70	nb		S		
24	217,55	0,55	30	nb		S		
25	218,40	0,85	20	nb		St		
26	218,75	0,35	20	nb		T		
27	219,15	0,40	80	nb		S		ctr
28	219,80	0,65	20	nb		S		
1. EH		2,55	504		1284,9			
2. EH		1,10	699		768,5			

Fortsetzung Tab. 6

II. Zone des Zusammenschlusses beider Erzhorizonte

1. Bl. 1939

Pr.Nr.	Teufe (m) von-bis	Mächtigk. m	U g/t	Th g/t	Erzinterv. m·g/tU	Lithol.		Stratigr.
24	200-204,5	0,50	30	13,0		T		
25	205,0	0,50	34	15,5		T		
26	205,5	0,50	58	4,6		T		
27	205,95	0,45	188	7,8		T		
28	206,15	0,20	162	18,5		T		t_1t_s
29	206,50	0,35	280	8,5	98,00	St		
30	206,75	0,25	830	8,5	207,50	St		
31	206,85	0,10	3900	12,5	390,00	St		
32	207,00	0,15	3600	14,0	540,00	S	1.	
33	207,40	0,40	690	12,5	276,0	S	EH	
34	207,90	0,50	185	6,9	92,5	S		cm_2
35	208,10	0,20	690	14,5	138,0	S		
36	208,50	0,40	373	10,0	149,2	S		
37	209,00	0,50	134	8,8	67,0	S		
38	209,40	0,40	302	47	120,8	S		
39	209,70	0,30	62	2,4	18,6	S		
40	210,10	0,40	73	<1,0	29,2	S		
41	210,30	0,20	69	<1,0	13,8	S		
42	210,50	0,20	74	<1,0	14,8	S		
43	210,70	0,20	4600	13,5	920,0	St		
44	211,00	0,30	325	11,0	97,5	St	2.	cm_1
45	211,30	0,30	380	15,5	114,0	St	EH	
46	211,50	0,20	228	16,5	45,6	T		
47	211,55	0,05	41	14,5		S		ctr
48	211,70	0,15	33	29		T		
49	211,95	0,25	7,3	33		St		
50	212,30	0,35	5,2	10		S		
51	212,50	0,20	4,5	102		T		
1. und 2. EH		5,35	623		3332,5			

2. Bl. 1432 (siehe Abb. 48)

Pr.Nr.	Teufe (m) von-bis	Mächtigk. m	U g/t	Th g/t	Erzinterv. m·g/tU	Lithol.		Stratigr.
1	194,2-198,0	3,80	29	12,5		T		
2	198,8	0,80	31	4,8		T		
3	199,6	0,80	111	16,5		T		
4	200,2	0,60	211	10,5		St		
5	201,0	0,80	382	7,0	305,6	St		t_1t_s
6	201,7	0,70	396	9,2	277,2	St		
7	202,3	0,60	162	8,5	97,2	S		
8	202,6	0,30	74	7,3	22,2	S	1.	
9	203,4	0,80	144	<1,0	115,2	S	EH	
10	204,3	0,90	275	<1,0	247,5	S		
11	205,3	1,00	342	<1,0	342,0	S		cm_2
12	206,0	0,70	270	<1,0	189,0	S		
13	206,4	0,40	313	<1,0	125,2	S		
14	206,8	0,40	625	<1,0	250,0	S		
15	207,5	0,70	620	3,3	434,0	S	2.	
16	208,3	0,80	333	~ 1,2	266,4	S	EH	
17	208,7	0,40	325	<1,0	130,0	S		(cm_1)
18	209,1	0,40	359	7,4	143,6	S		
19	209,7	0,60	475	21	285,0	St		
20	209,9	0,20	510	41	102,0	St		
21	211,0	1,1	98	67		Gr		
22	212,0	1,0	12	51		Gr		Alt-
23	213,4	1,4	36	59		Gr		pal.
1. und 2. EH		9,7	343		3332,1			

III. Südlicher Lagerstättenrand

1. Bl. 2368

Pr.Nr.	Teufe (m) von-bis	Mächtigk. m	U g/t	Th g/t	Erzinterv. m·g/tU	Lithol.		Stratigr.
75	227,0-227,2	0,20	27	13,5		T		
76	228,0	0,80	53	14,5		T		
77	228,5	0,50	55	14,5		T		
78	229,0	0,50	100	14,5		T		
79	229,5	0,50	64	14,0		T		t_1t_s
80	230,0	0,50	148	15,0		T		
81	230,5	0,50	230	17,5	115	T		
82	230,75	0,25	360	19,0	90	St	1.	
83	230,92	0,17	950	21	161,5	St	EH	
84	231,05	0,13	1600	26	208	St		
85	231,20	0,15	1400	34	210	S		
86	231,37	0,17	605	6,7	102,85	S		
87	231,60	0,23	36	2,6		S		cm_2
88	232,15	0,55	183	<1,0		S		
89	232,90	0,75	28	2,0		S		
90	233,20	0,30	70	~ 1,3		S		
91	234,00	0,80	44	2,0		S		
92	235,20	1,20	33	< 1,0		S		
93	236,10	0,90	40	<1,0		S		
94	237,0	0,90	61	2,6		S		
95	237,6	0,60	67	2,2		S		
96	237,82	0,22	312	57	68,64	Gr	2.	Alt-
97	237,97	0,15	303	59	45,45	Gr	EH	pal.
98	239,00	1,03	2,9	62		Gr		
1. EH		2,65	418		1106,88			
2. EH		0,37	308		114,09			

2. Bl. 2330 (siehe Abb. 44)

Pr.Nr.	Teufe (m) von-bis	Mächtigk. m	U g/t	Th g/t	Erzinterv. m·g/tU	Lithol.		Stratigr.
176	148-152,5	4,50	21	3,0		S		
177	155,6	3,10	14	3,5		S		
178	156,0	0,40	20	3,2		S		t_1s
179	156,4	0,40	29	3,2		S		
180	156,75	0,35	430	4,0	150,5	St	Lab.	
181	157,10	0,35	685	4,4	239,75	St	An.	t_1ps_1
182	157,50	0,40	191	3,3	76,4	St		
183	157,95	0,45	8,2	2,8		S		t_1p-
184	159,50	1,55	10,5	2,2		S		Aquiv.
185	159,85	0,35	15,5	3,1		S		
186	159,95	0,10	3000	39	300,0	T	1.	t_1t_s
187	160,25	0,30	244,0	15	73,2	St	EH	
188	161,00	0,75	15	1,2		S		
189	162,10	1,10	6,9	1,4		S		
190	163,20	1,10	18	<1,0		S		cm_2
191	164,60	1,40	16	4,1		S		
192	166,10	1,50	32	<1,0		S		
193	166,20	0,10	39	4,6		S		
194	166,45	0,25	86	52		Gr		
195	166,70	0,25	400	84		Gr		Alt-
196	167,05	0,35	11,5	63		Gr		pal.
197	167,35	0,30	1,5	55		Gr		
Labiatus-Anom.		1,10	424		466,65			
1. EH		0,40	933		373,2			

Fortsetzung Tab. 6

IV. Nördliches Randgebiet (Erzfeld Thürmsdorf)								
Bl. 2630/89 (siehe Abb. 45)								
Pr.Nr.	Teufe (m) von-bis	Mächtigk. m	U g/t	Th g/t	Erzinterv. m·g/tU	Litholog.		Stratigr.
63	239,4-242,0	2,60	3,8	16,5		T		
64	245,0	3,00	6,3	17,0		T		t_1t_s
65	248,5	3,50	4,2	17,0		T		
66	249,0	0,50	126	7,7		St	1.EH	
67	249,9	0,90	18,0	<1,0		S		
68	250,9	1,00	14,0	<1,0		S		
69	252,7	1,80	14,0	~ 1,0		S		cm_2
70	252,9	0,20	13,5	<1,0		S		
71	253,8	0,90	21,0	<1,0		S		
72	255,6	1,80	18,5	1,7		S		
73	257,1	1,50	14,0	<1,0		S		
74	257,3	0,20	265	1,4		S		
75	257,4	0,10	620	6,5		T		
76	257,5	0,10	253	16,0		S		
77	257,7	0,20	148	6,7		S	2.	
78	258,15	0,45	65	5,6		S		
79	258,45	0,30	135	7,5		ST		
80	259,90	0,45	46	4,5		S	E	a
81	260,30	1,40	105	1,6		S	H	
82	260,40	0,10	99	<1,0		S		
83	260,65	0,25	85	<1,0		S		
84	260,75	0,10	105	1,5		S		
85	260,85	0,10	128	1,3		S		
86	261,00	0,15	155	1,6		S		cm_1
87	261,10	0,10	179	1,3	17,9	S		
88	261,25	0,15	241	5,9	36,15	ST		
89	261,35	0,10	1800	14,5	180,00	T		
91	261,40	0,05	14,5	5,5	0,72	S		b
90	261,50	0,10	970	21	97,00	T		
92	261,72	0,22	1050	6,0	231,00	S		
93	261,85	0,13	1150	7,8	149,50	S		
94	262,40	0,55	101	3,0	55,55	S		
95	262,50	0,10	102	2,0	10,20	S		
96	262,70	0,20	91	2,2	18,20	S		
97	262,85	0,15	800	12,5	120,00	ST		
98	263,00	0,15	224	14,0	33,60	ST		c
99	263,15	0,15	156	24	23,40	Gd		
100	263,50	0,35	13,0	18,0		Gd		Alt-pal.
101	264,30	0,80	15,0	21		Gd		
2. EH (b+c)		2,15	453		973,22			

S: Sandstein
St: Sandstein, durch Ton und Schluff feingeschichtet, gemasert und geflasert
T: Ton- und Schluffstein
Gr: Granit
Gd: Granodiorit
EH Erzhorizont
a, b, c Teilabschnitte des 2. EH

Farb- und Permeabilitätskontrast. Die Grenzlinien zwischen oxidiertem Unterquader und seiner Hangend- und Liegendvererzung verlaufen in den Bohrkernen (Abb. 46) und Grubenaufschlüssen (Abb. 58) gewöhnlich messerscharf und wie mit einem Lineal gezogen.

Der 2. Erzhorizont ist im Lagerstättenkern noch reichhaltiger als der 1. ausgebildet. Er ist auf das engste mit dem Wurmsandstein verknüpft. Die Erzführung beschränkt sich nicht mehr, wie noch am Beginn der Erzkontur in Bohrung 2127/80 gezeigt, auf dessen Oberkante am Übergang zum Unterquader (Abb. 42). Sie erfaßt den Wurmsandstein lokal in seiner gesamten bis 5 Meter betragenden Mächtigkeit (Abb. 46). Die Ursache für diese Abweichung vom „Normalmodell“ ist zum einen auf die noch zu erörternde Einwanderung des Urans in die steileinfallende Gesteinsklüftung zurückzuführen. Zum anderen steht sie mit der sedimentär bedingten Durchlässigkeitsstruktur des Wurmsandstein-Intervalles im Zusammenhang.

Das Intervall verhält sich im Unterschied zum 1. Erzhorizont nicht nur als Kollektor für das ihm aus dem Unterquader im Grundwasser gelöst zugeführte Uran. Es enthält als Bestandteil des 4. Grundwasserleiters einen eigenen wasserdurchlässigen und der Uranzuführung dienlichen Profilabschnitt. In dessen Dach und Sohle hat die Vererzung lokal zwei weitere Uranflügel ausgebildet (b und c, Tab. 6). Von beiden ist der obere, (b), an den Übergang des basalen grobkörnigen Wurmsandsteins in seine schluffige Hangendfazies gebunden. Der untere, (c), legt sich in der Wurmsandsteinsohle an den erwähnten kohligtonigen "Eierhorizont" sowie die Brandschiefer und Tonsteine an, die, wie beschrieben, im Schichtenprofil den Übergang von der terrestrischen in die lagunär-marine Sedimentation einleiten. Der obere Flügel ist vom Haupterzflügel, (a), der an der Unterkante des Unterquaders, in der schluffigen Wurmsandstein-Oberkante verläuft, je nach lithofazieller Ausbildung des Wurmsandsteins durch ein 1-2 m mächtiges steriles Zwischenintervall getrennt. Stellenweise lagert er sich dem Haupterzflügel unmittelbar an oder prägt sich ihm auf, wodurch dieser nach Mächtigkeit und Urangehalt extrem hohe Werte annimmt. Einzellagen erreichen bis 0,7 und maximal bis über 1 % Uran. Örtlich wachsen beide zusätzlichen Neben-Uranflügel von unten und oben fortschreitend in den zwischenlagernden Basissandstein hinein und schließen sich in ihrem Querschnitt lokal zu rollerzartigen Gebilden zusammen (Abb. 34; Bl. Nr. 1521 in Abb. 47; Bl. Nr. 2547 in Abb. 48).

Insgesamt betrachtet, erweist sich die Wurmsandsteinvererzung im Grund- und Aufriß an kompliziert verlaufende Grenzlinien der Grundwasserdurchlässigkeit und teilweisen Gesteinsoxidation gebunden. Im Kern des Zentralfeldes der Lagerstätte bildet sie ein 3-6 m mächtiges, 1,5 km langes und 50-150 m breites, überaus reiches, NNE-streichendes Lager mit einem durchschnittlichen Urangehalt von 0,1-0,3 % [38]. Trotz seiner komplexen Zusammensetzung aus mehreren Gliedern wurde das Lager aus bergbautechnischen Gründen zum 2. Erzhorizont zusammengefaßt. Es bildete den ergiebigsten Teil der Erzstruktur.

In den durch die Lagerstätte führenden Profilen nimmt die im Westen zögerlich einsetzende Vererzung beider Horizonte fortschreitend in Richtung nach Osten zu. Diese Entwicklung steht offensichtlich mit dem allmählichen

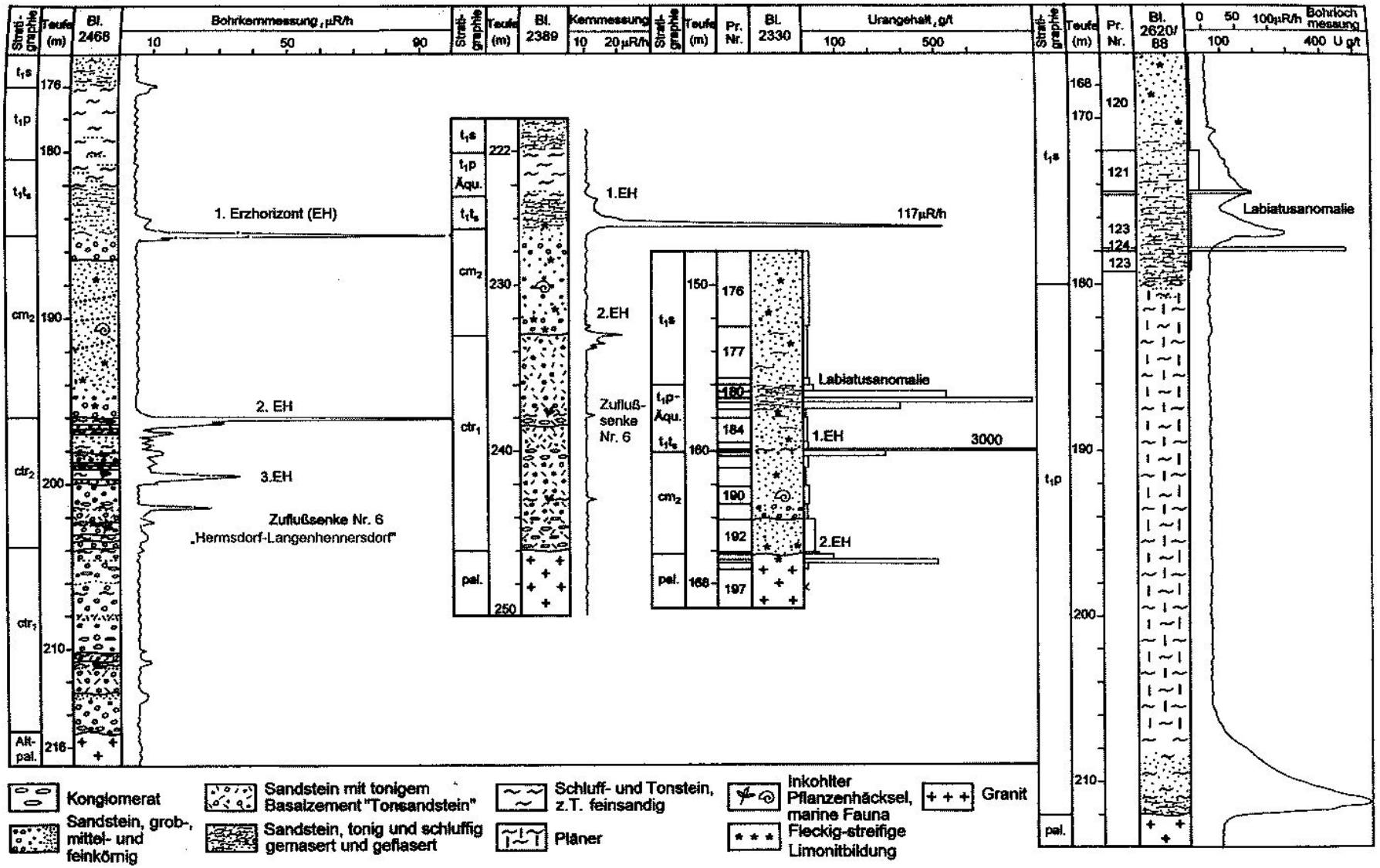


Abb. 44: Bohrprofile durch den südöstlichen Rand der Lagerstätte

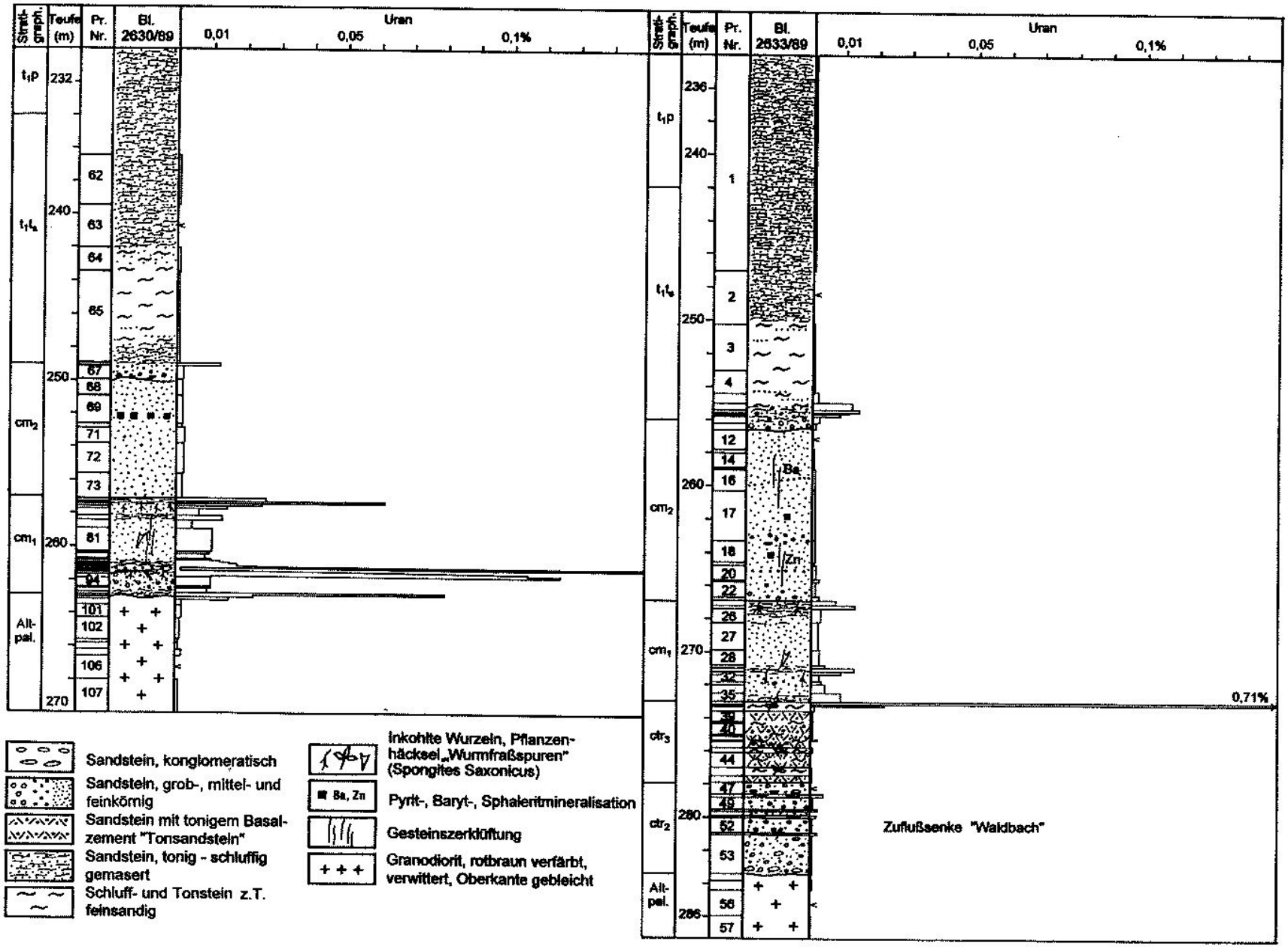


Abb. 45: Bohrprofile durch den nördlichen Rand der Lagerstätte

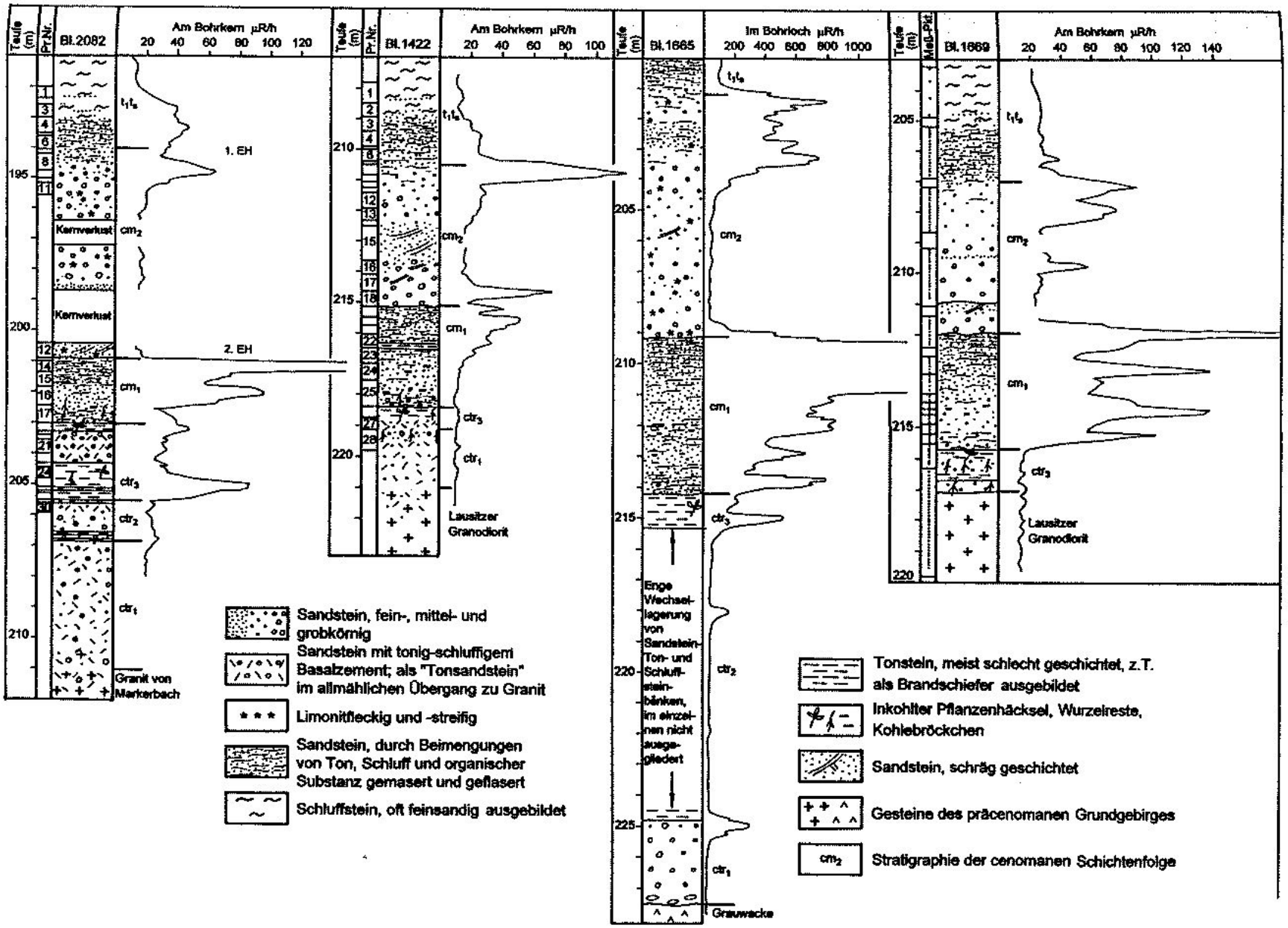


Abb. 46: Bohrkernprofile durch den zentralen Teil der Lagerstätte

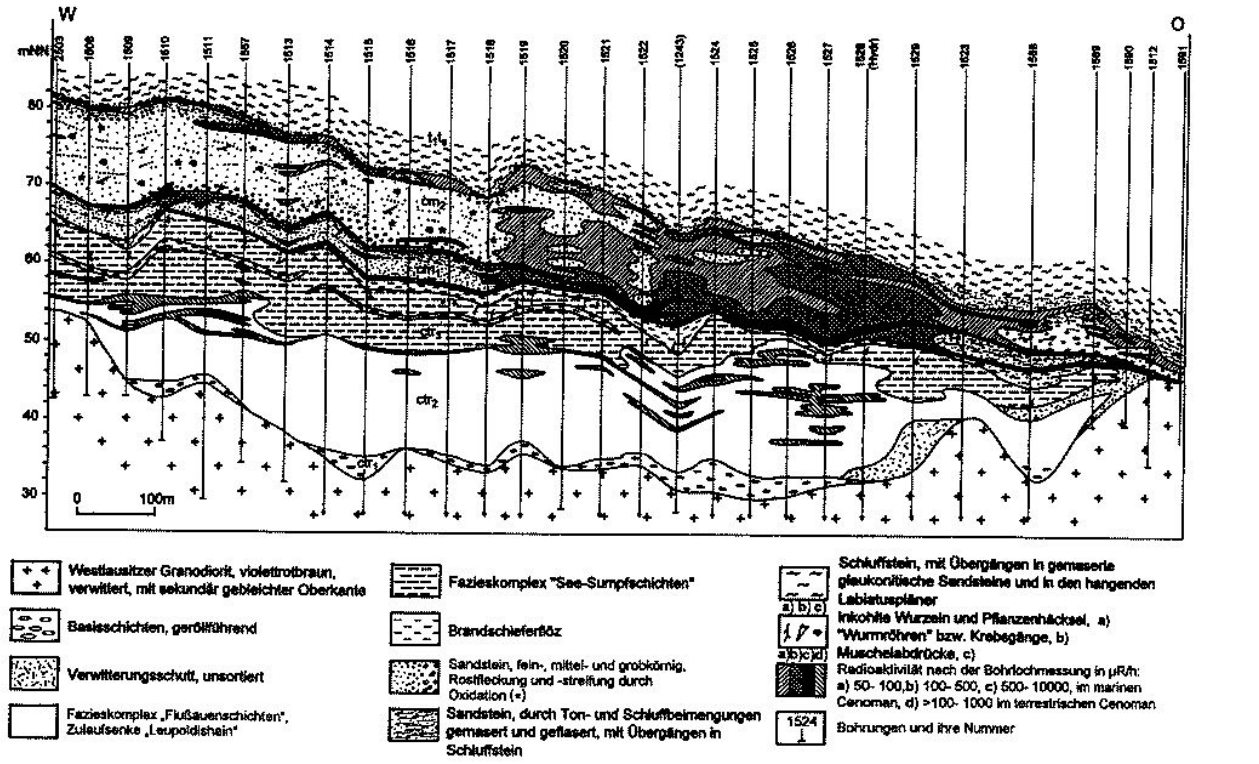


Abb. 47: Erkundungsschnitt Nr. 26

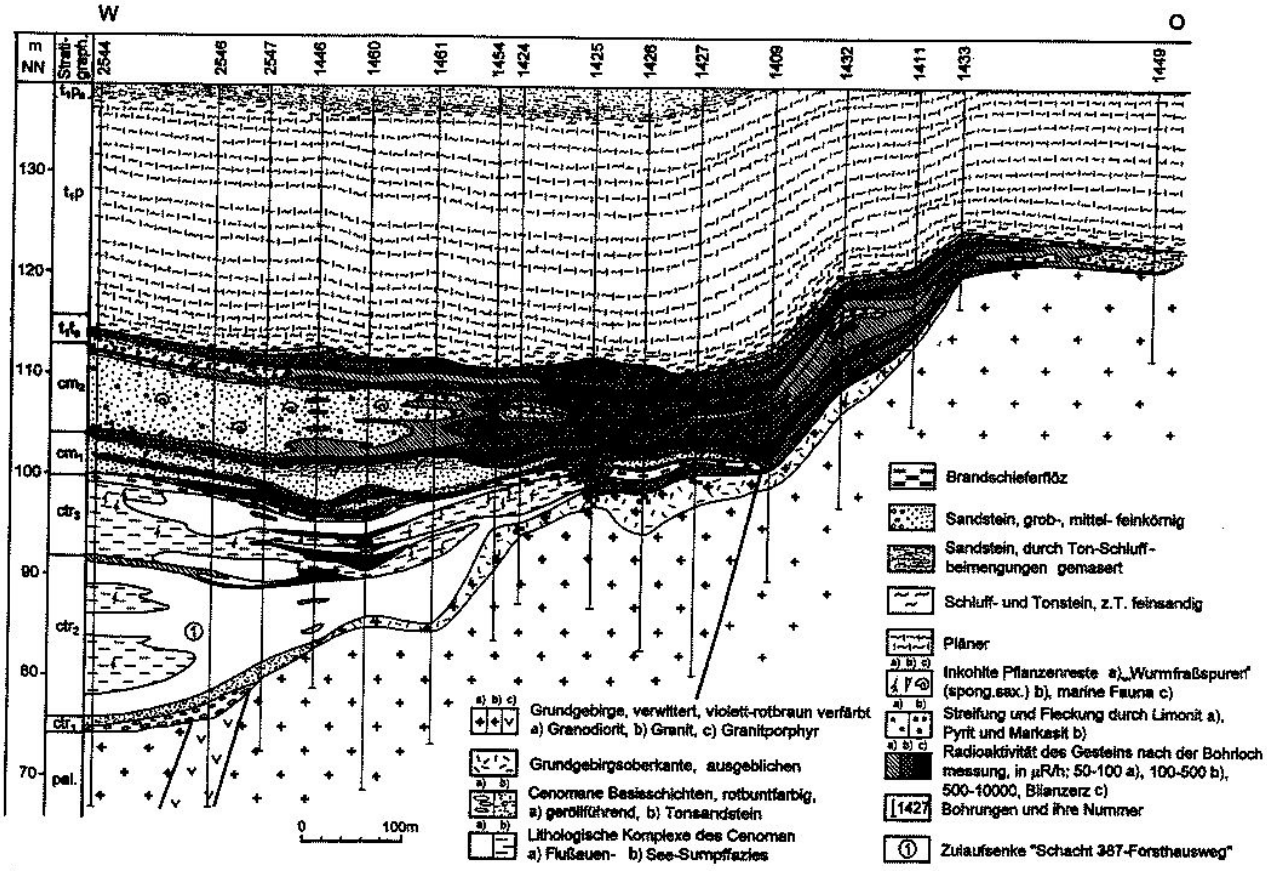


Abb. 48: Erkundungsschnitt Nr. 46

Auskeilen des zwischenlagernden Unterquaders an der begrenzenden Grundgebirgshochlage im Zusammenhang. Nicht mehr als ca. 1 km von der Abbaukontur der Horizonte weiter nach Westen zu ist selbst in der Kleinlagerstätte Pirna von der Uranführung dieser Profilabschnitte fast noch nichts zu bemerken. Die Kontakte des dort noch 20 m mächtigen und durchgängig oxidierten roststreifigen Unterquaders mit den Übergangsschichten im Hangenden und dem Wurmsandstein im Liegenden wurden sorgfältig überprüft. Danach erreicht der Urangehalt in je einer millimeter- bis zentimeterstarken schluffigen Grenzlage der üblichen lithofaziellen Ausbildung maximal 70 bzw. 17 g/t. Der Übergang von diesen beiden unbedeutenden Anomalien in den 1. und 2. Erzhorizont der Lagerstätte wurde anhand eines lithologisch-geochemischen Schnittes durch das marine Cenoman in Abb. 49 gesondert dargestellt. Längs des dazu genutzten Bohrerkundungsprofiles wachsen beide unscheinbaren Uran-Maxima bis zum Beginn der Abbaukontur des 2. Erzhorizontes an der Bohrung Nr. 1925 auf eine Entfernung von 330 m auf 230 g/t im Dach und 437 g/t in der Sohle des Unterquaders an. Dagegen nimmt die Mächtigkeit des Unterquaders bis auf 10 Meter ab. Während die Urankonzentration an beiden Unterquader-Kontakten allmählich und stetig ansteigt, wächst sie innerhalb des Wurmsandsteins in Abhängigkeit von seiner Durchlässigkeitsstruktur absetzig und sprunghaft an. Man erkennt an den Bohrungen Nr. 1923 und Nr. 1925 die Herausbildung der beiden zusätzlichen aus dem Wurm-Basissandstein heraus ernährten Erzintervalle.

Weiter ostwärts geht in der Abbaukontur die Entwicklung beider Erzhorizonte mit der fortschreitenden Abnahme der Mächtigkeit des zwischenlagernden Unterquaders und dem Ausklingen seiner Oxidationsmerkmale einher. Beide Erzflügel rücken im Profil auf Kosten der Ausdünnung der Sandsteinzwischenschicht bis auf 3 und 1 m Abstand aufeinander zu. Außerdem dehnen sie sich beiderseits von oben und unten in den Sandstein selbst hinein. Längs einer im Grundriß schmalen und unregelmäßig begrenzten Zone schließen sie sich an der Grenzlinie der Zwischenschichtoxidation zu dem für die Lagerstätte charakteristischen zweiflügeligem, im Querschnitt rollenartig gebauten Großerzkörper zusammen (Abb. 3, 34, 47, 48). Die Rostfleckigkeit des Unterquaders setzt an dieser Linie aus. Sie macht einer Weißverfärbung des Sandsteins Platz, welche ihrerseits weiter ostwärts in die normale primäre Grautönung des Sandsteins übergeht. Der beide Erzflügel miteinander verbindende Profilabschnitt bildet ein bis 5 und maximal bis 9 m mächtiges, vornehmlich aus Sandstein bestehendes Erzintervall mit einem durchschnittlichen Urangehalt von 0,034-0,06 %. Die maximale Uranführung ist jedoch auch in dieser Zone an die schluffigen Ablagerungen in Dach und Sohle des Unterquaders gebunden (Tab. 6-III). Die beiden Erzflügel behalten dadurch ihre Eigengestaltigkeit weiter bei. Sie setzen sich jenseits der Zone ihres Zusammenschlusses gewöhnlich wieder getrennt voneinander fort. Doch schwächen sie sich nunmehr zügig ab. An der Unterquader-Auskeillinie sind sie zu unbedeutenden Ausläufern verkümmert. Über der Königsteiner Schwelle verlieren sie sich in der Diskordanz, die das Grundgebirge im Liegenden vom auflagernden Labiatuspläner im Hangenden trennt (Abb. 48, 147).

Aus einer speziellen Überprüfung geht hervor, daß sich gemeinsam mit der Herausbildung der beiden Erzflügel der Hintergrundgehalt des Urans in der auskeilenden Sandstein-Zwischenschicht kontinuierlich erhöht. Urangehalt und Mächtigkeit des Sandsteins verhalten sich im Schnitt durch die Lagerstätte zueinander umgekehrt proportional. Der Mächtigkeitsabfall des Sandsteins von 20 bis auf 5 Meter geht mit einem Konzentrationsanstieg des Urans von im Mittel ~1 g/t auf ca. 100 g/t einher. Die Durchschnittsgehalte erreichen mit der weiteren Sandsteinausdünnung auf zwei Meter in der Zone der Vereinigung beider Erzhorizonte 300 g/t und sinken dahinter allmählich wieder ab. Im Zusammenhang mit dieser Entwicklung verändert sich auch das Konzentrationsverhältnis des Urans zu seinem Endzerfallsprodukt Blei. Die festgestellten Werte des Verhältnisses Pb-206 : U-238 steigen westwärts in Richtung der Rostfleckigkeit und Mächtigkeitszunahme des Sandsteins extrem hoch an und fallen ostwärts in Richtung seiner Weiß- und Grauverfärbung und Ausdünnung extrem tief ab. Sie liegen nach Westen in der Zone des Beginns der Herausbildung der beiden Uranerzflügel bei ca. 0,3 und fallen nach Osten zu bis in den Bereich der Vereinigung dieser Flügel und der Sandstein-Weißverfärbung auf 0,003. Sie weisen auf eine beträchtliche Störung im Gleichgewicht zwischen Uran und seinen Zerfallsprodukten hin. Die Störung drückt sich einerseits in viel zu hohen und andererseits viel zu niedrigen Werten des untersuchten Werteverhältnisses aus. Letzteres ist mit etwa 0,01 als normal für Kreideablagerungen anzunehmen. Das Ungleichgewicht wird durch die Trennung des Urans-238 von seinem Zerfallsprodukt Blei-206 infolge unterschiedlichen Migrationsverhaltens beider Elemente hervorgerufen. Es läßt darauf schließen, daß das Uran langzeitig schrittweise aus der westlichen oxidierenden rostfleckigen in die östliche reduzierende graufarbige Zone des Unterquadersandsteins hineinmigrierte. Die Untersuchungsbefunde zum auskeilenden Zwischenintervall sind in Abb. 50 graphisch dargestellt.

Das Uran des zweiflügeligen Großerzkörpers wirkt im Querschnitt durch die Lagerstätte wie von dem sich an der Bahra-Königsteiner Grundgebirgsschwelle schließenden Sandsteinkeil aufgefangen. Anscheinend wurde es an der geöffneten Seite des Keils von Westen her in ihn hineingeleitet, in ihm fixiert und langzeitig angereichert. Der Sandsteinkeil bildet insofern gleichermaßen eine lithofazielle wie auch strukturelle Elementfalle. In ihm verschärfen sich randwärts zunehmend die intraformationellen Diskordanzen und lithologischen Kontraste. So geht

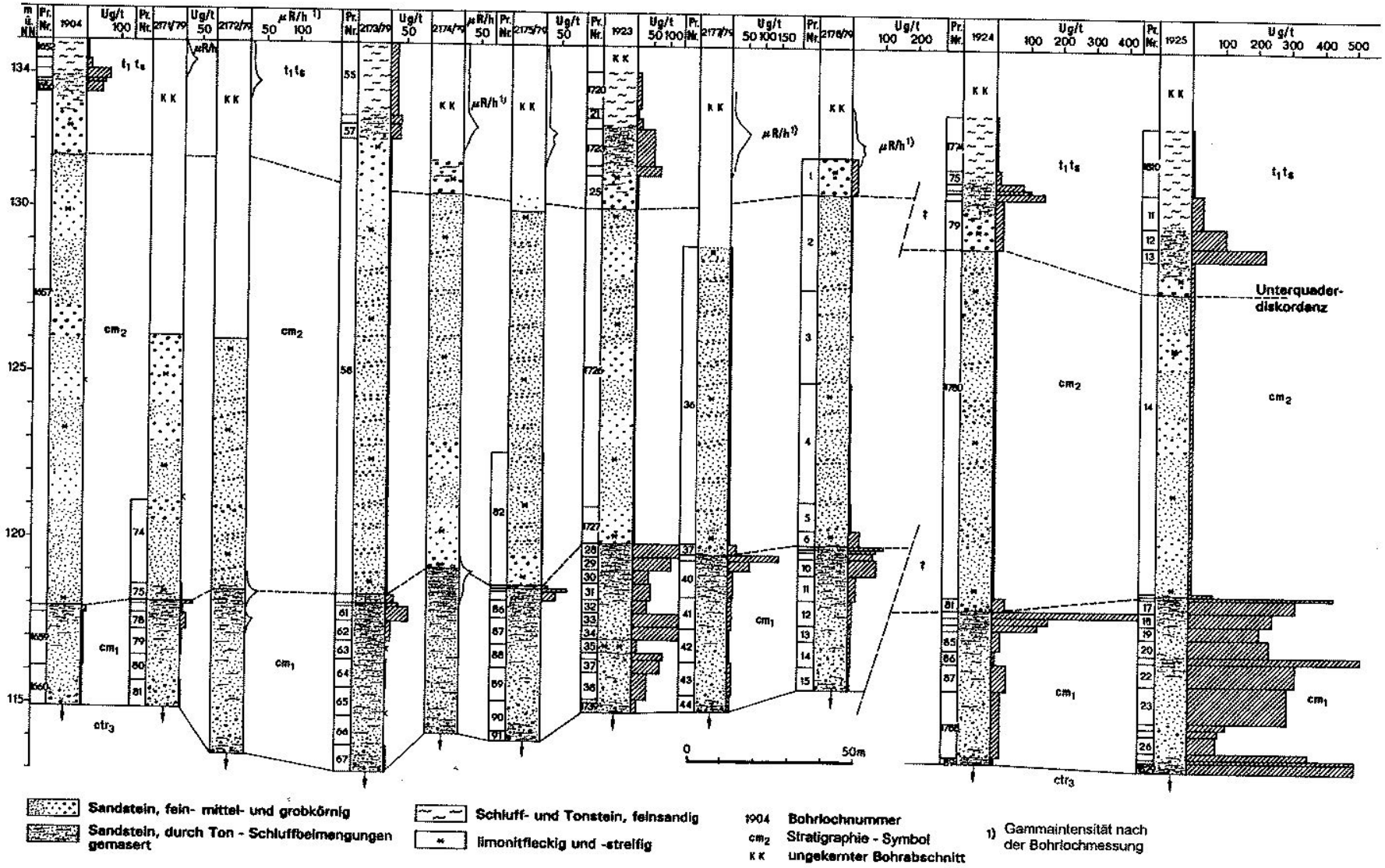


Abb. 49: Geochemischer Schnitt durch den 1. und 2. Erzhorizont am Westrand der Lagerstätte

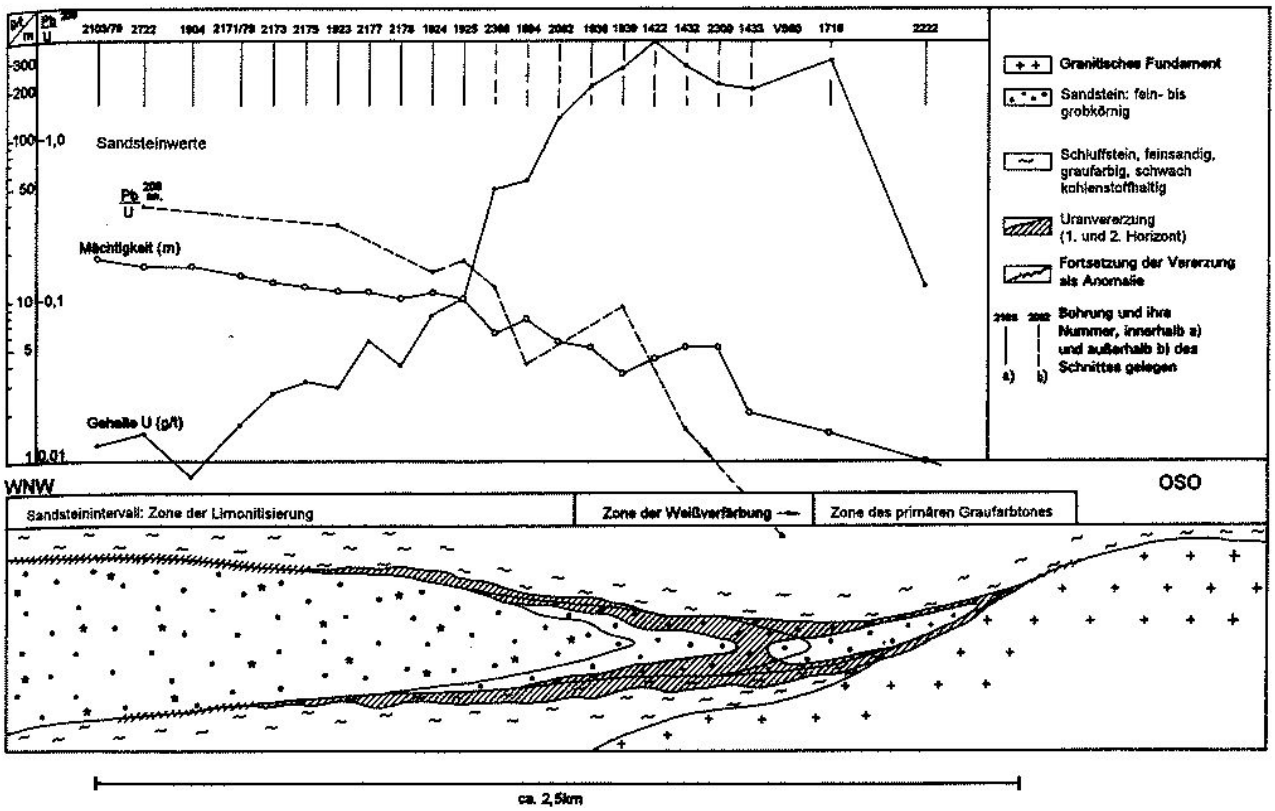


Abb. 50: Geochemischer Schnitt durch den auskeilenden Unterquadersandstein

eine randwärts fortschreitende Kornvergröberung im Unterquader mit einer allgemeinen Verschluffung und Kornverfeinerung des unter ihm auskeilenden und hochvererzten Wurmsandsteins einher. Die einzelnen Zonen der Limonitisierung, Weißverfärbung und Grautönung des Unterquaders folgen nacheinander von West nach Ost. Sie widerspiegeln das in dieser Richtung abnehmende Oxidationspotential in der Grundwasserführung des Sandstein-Intervalles. Der Erzkörper legt sich aureolenartig um die Schichtoxidation herum. Er ist an den Übergang von einem oxidierenden in ein reduzierendes Milieu gebunden. Zugleich befindet er sich im Bereich eines vertikalen und lateralen Schichtwasserstaues, an der äußersten Grenze des 4. Grundwasserleiters. Er besitzt, wie auch die Erzkörper des 3. Horizontes eine oxidierende Vorder- und reduzierende Rückseite. Im Unterschied zu diesen steht er jedoch nicht mit einer aus der Grundgebirgsumrahmung beckenwärts, sondern einer aus der Paläosenke zur östlichen Grundgebirgsschwelle hin ausgerichteten Grundwasserbewegung und Fazieszonalität im Zusammenhang.

4.4 Die klüftungsgebundene Erzführung

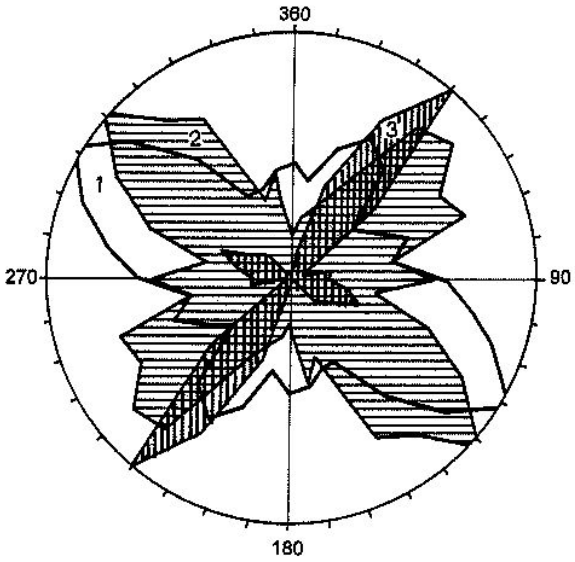
Das Kluftsystem der Kreidetafel ist in der Pirnaer Paläosenke im Ergebnis cenomaner Bewegungen, die die Senke zum Teil bedingen und ausgestalten, verhältnismäßig hoch entwickelt. Aus einer Kluftrosendarstellung für die Lagerstätte geht hervor, daß die Hauptkluftrichtung im Fundament der Kreidetafel herzyn, parallel zur Elbtalzone und Lausitzer Überschiebung, in der auflagernden Kreideformation hingegen erzgebirgisch, im Einfallen der Tafel verläuft. Hier streicht sie spitzwinkelig zur Lagerstätte und der sie nach Osten begrenzenden granitischen Grundgebirgshochlage. Für den Granodiorit des Fundamentes wurden 130°, für den Granit von Markersbach 120° und für den Unterquader, als typischsten Vertreter des Cenomans, 40° im Hauptstreichen der Gesteinsklüftung ermittelt (Abb. 51). Die Klüftung ist in der Lagerstätte orts- und gesteinsabhängig unterschiedlich stark ausgeprägt. Von den verbreitetsten uranführenden Gesteinsarten sind die harten cenomanen Quarz-Sandsteinbänke, wie z. B. der Unterquader (cm_2), der Wurmsandstein (cm_1), die gemaserten Sandsteine der Übergangsschichten (c_1s_{mas}) und die terrestrischen Flußsandsteine, am meisten, und die schmiegsameren Schluff- und Tonsteinlagen am wenigsten geklüftet (Tab. 7).

Der Einfluß der Gesteinsklüftung auf die Lagerstätte zeigt sich in den geologischen Dokumentationen in engräumigen Anschwellungen und Veredelungen der schichtkonformen Erzkörper an. Die drei Erzhorizonte sind längs von nordost-streichenden Klüften morphologisch modifiziert. In ihren Grundrissen zeigen sie nach Nordosten gerichtete Auslenkungen und in ihren vertikalen Schnitten keil- und sackförmige Ausstülpungen.

Die Auslenkungen der Vererzungen in ihren Grundrissen

Tab. 7: Durchschnittliche Klufthäufigkeiten in den einzelnen Gesteinsarten der Lagerstätte n. E. MEICHSNER, J. BECHER, J. HERHOLD u. a. [25]

Gesteinsart	Stratigraphie	Klüfte pro 10 m
Granodiorit	Grundgebirge	17
Markersbacher Granit		18
Quarzporphyr		19
Wechsellagerung, terrestrisches Cenoman	ctr (c_1c_{wl})	8
Wurmsandstein	cm_1 (c_1c_{wu})	11
Unterquadersandstein	cm_2 (c_1s_{qu})	25
Gemaserter Sandstein der Übergangsschichten	t_{sgem} (c_1s_{mas})	20
Grünsandstein der Übergangsschichten	t_{sglk} (c_1s_g)	9
Turonton	t_1t	5
Labiatuspläner	t_1p	2



1 Granodiorit, 2 Markersbacher Granit, 3 cenomaner Unterquader

Abb. 51: Kluftrosen für das Grund- und Deckgebirgsstockwerk der Lagerstätte Königstein, nach W. I. WASSILJEV (1973)

heben sich am auffälligsten im Niveau des 3. Erzhorizontes hervor. Hier sind sie am deutlichsten an den Kreuzungen der nordost-streichenden Klüfte mit den quer verlaufenden Zuflußsenken zu erkennen. Die im Maßstab 1 : 10 000 dokumentierten und in Abb. 29 dargestellten Erzkonturen der Zuflußsenken weisen 20 bis maximal 100 m breite und bis zu 500 m lange Ausbuchtungen auf. Die an die Zuflußsenke "Schacht 387-Forsthausweg" gebundene Erzkontur erscheint insgesamt aus der paläogeographischen Flußlauf- in die tektonische Nordostrichtung eingeregelt. In den Dokumentationen der untertägig im Maßstab 1 : 2 000 ausgeführten Detailerkundung drückt sich diese Umorientierung noch deutlicher aus. Die letztgenannte Fläche zerfällt in dieser präzisierten geologischen und in Abb. 52 enthaltenen Aufnahme in viele kleine einzelne, z. T. kompliziert miteinander verbundene, längsgestreckte Teilabschnitte. Die Teilgebilde streichen quer zur Achse der erzkontrollierenden Zuflußsenke nach Nordosten. Sie enden beiderseits der Senke plötzlich oder lösen sich allmählich auf.

Die vertikalen taschen-, sack- und keilförmigen Ausweitungen der Erzkörper sind am deutlichsten im 2. Erzhorizont ausgebildet. Längs der steil durchsetzenden Klüfte erstrecken sich die Auswüchse aus dem vererzten Wurmsandstein über eine Länge von mehreren Metern bis tief in die liegenden See-Sumpf-Ablagerungen hinein (Abb. 53). Dabei werden sie von Oxidationseffekten aus der hangenden Unterquader-Sandsteinbank heraus begleitet. Beobachtbar sind fleckige Limonitisierungen und grünlichgraue Ausbleichungen im dunklen kohlenstoffhaltigen Nebengestein. Die Klüfte sind gewöhnlich dicht geschlossen, vereinzelt aber auch auf Halb-Zentimeterbreite geöffnet und mit rostfleckigem Lockersand aus dem hangenden Unterquader ausgefüllt. Die an sie gebundene Erzführung ist von den erwähnten, im Wurmsandstein entwickelten kleinen Erzrollen, gewöhnlich nur schwer zu unterscheiden. Auch liegen beide verschiedenen Vererzungsformen stellenweise miteinander verwachsen vor. Sie getrennt voneinander auszugliedern war nur von Fall zu Fall möglich und nur unter Berücksichtigung des jeweils lokal gegebenen metallogenetischen Gesamtzusammenhanges.

Die modifizierten Erzkonturen sind am ausgeprägtesten in schmalen Zonen mit einer verdichteten Gesteinsklüftung festzustellen. Insgesamt werden im Gebiet der Lagerstätte vier entsprechende Strukturen unterschieden. Nebeneinanderverlaufend wurden sie, von West nach Ost folgend, als „Zwischen-“, „West-“, „Zentral-“ und „Kontaktzone“ ausgegliedert und benannt. Die drei ersten streichen mit 30-40° und die vierte bereits erwähnte mit 40-50° nach Nordosten. Das Schema einer Kluftzonenausbildung ist in Abb. 54 dargestellt.

In Kreuzungen dieser Zonen mit den Erzflächen des 3. Horizontes in den Zuflußsenken regelt sich die Uranführung nicht nur, wie in Abb. 52 im Grundriß zu erkennen, in die Nordostrichtung ein, sondern nimmt auch beträchtlich an Mächtigkeit zu. Sie ist im Schichtenprofil hier

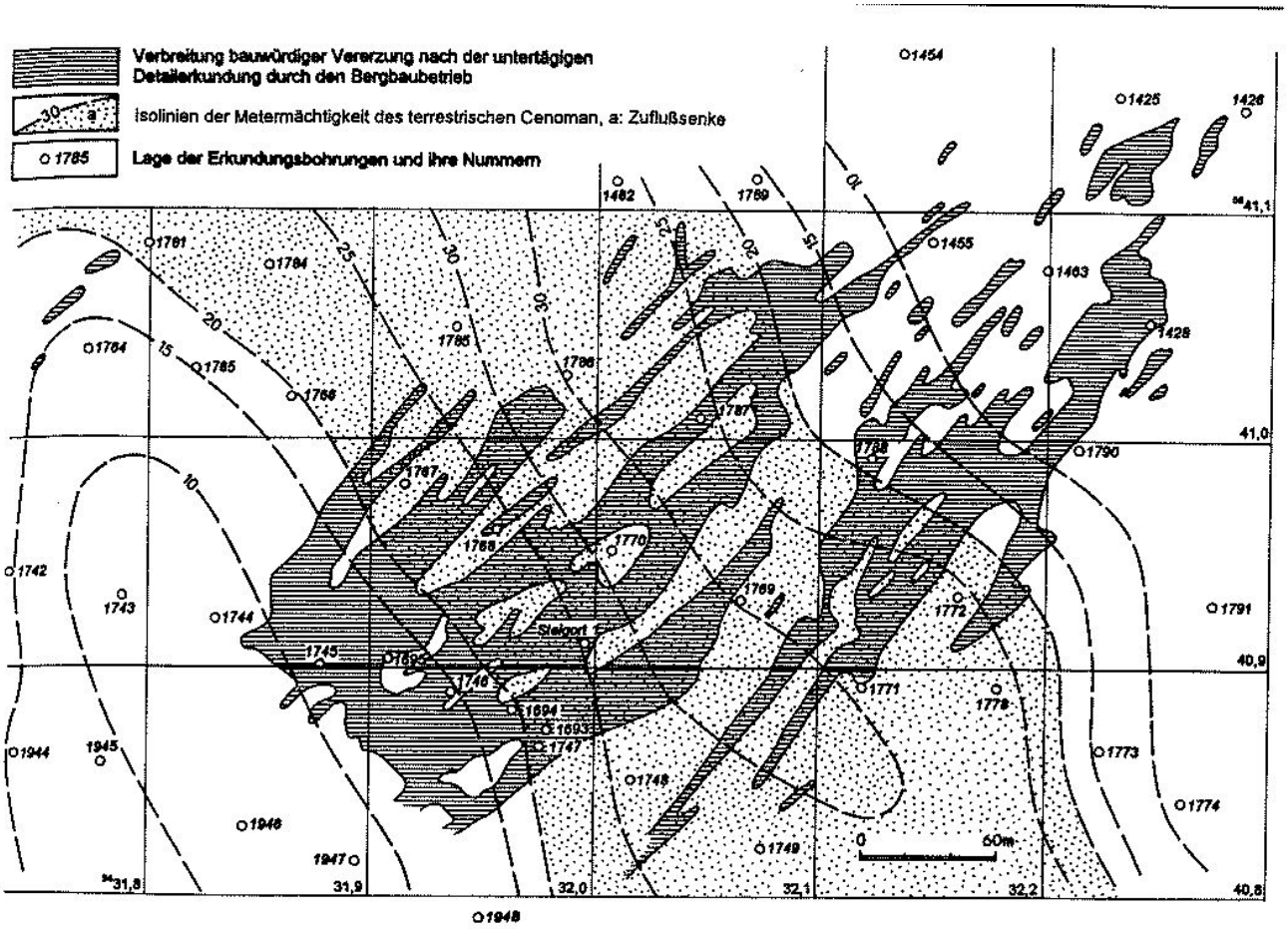


Abb. 52: Der 3. Erzhorizont im Kreuzungsbereich der Zuflußsenke „Schacht 387-Forsthausweg" mit der NO-streichenden Hauptkluftrichtung. Grundrißdarstellung einer Abbauscheibe.

nicht, wie allgemein üblich, auf die kohlenstoffhaltigen Schluff- und Tonsteinlagen der Flußauensedimente beschränkt. Sie schließt auch weitgehend die zwischenlagernden fluviatilen Sandsteinbänke mit in sich ein, so daß sie sich nicht mit den charakteristischen vielfachen Unterbrechungen, sondern durchgängig über mächtige Profilabschnitte erstreckt.

In der vom Bergbau nicht erfaßten „Zwischenzone" wurden derartige Profilabschnitte durch eine Verdichtung des bestehenden Bohrlochnetzes nachgewiesen. Diese Zone verläuft westlich der Abbaukontur der beiden oberen Erzhorizonte. Sie durchzieht den östlichen Rand der an die Bahra-Kirchberger-Zuflußsenke gebundenen Pirnaer Vererzungsfläche. Eine hier intensivierte Erzführung wurde auf 500 Meter nord-nordoststreichender Länge innerhalb eines schmalen Streifens festgestellt. Die beiderseits dieses Abschnittes im Profil der Flußauenschichten aufeinanderfolgenden und durch taube Zwischenlagen unterbrochenen kleinen Erzintervalle gehen in einer Breite von 20-25 m in ein geschlossenes 10-18 m mächtiges Lager über. Das Lager wurde durch vier, im Abstand von 100 m von Süd nach Nord aufeinanderfolgende, Bohrprofile mit Bohrabständen von 12-25 m erkundet. Seine durchschnittlichen Urangehalte betragen 0,04-0,07 % mit Spitzenwerten in Einzellagen des lithologischen Profiles von 0,30-0,38 % (Tab. 8-I). In den Bohrungen geht die Vererzungsintensität beiderseits der Zone, und besonders abrupt nach Osten zurück. So erschloß die Bohrung Nr. 1265/81 im südlichen Verlaufsabschnitt der Zone das Erzintervall in einer Mächtigkeit von 12 m. Sein durchschnittlicher Urangehalt betrug 0,073 % und die maximale Strahlungsintensität in der Bohrlochmessung erreichte über 1 000 µR/h. Die Nachbarbohrung Nr. 1266/81, 25 m daneben niedergebracht, traf dasselbe Intervall in der gleichen Schichtenfolge nur noch mit einer Radioaktivität von 20-70 µR/h und Urangehalten von nicht mehr als maximal 0,01 % in zentimeterstarken Einzellagen an. Die Situation ist in Abb. 55 wiedergegeben.

Östlich der „Zwischenzone" durchziehen die „West-", „Zentral"- und „Kontaktzone" die Konturen der gemeinsam zu dritt im Schichtenprofil übereinander ausgebildeten Erzhorizonte. Die kluftgebundene Vererzung ist hier entsprechend stärker ausgeprägt. In der Zentral- und Kontaktzone, die im Kern der Lagerstätte im spitzen Winkel aneinanderscharen (Abb. 41), erlangt sie lokal eine beherrschende Rolle. Darauf weisen die an den Erzkonturen

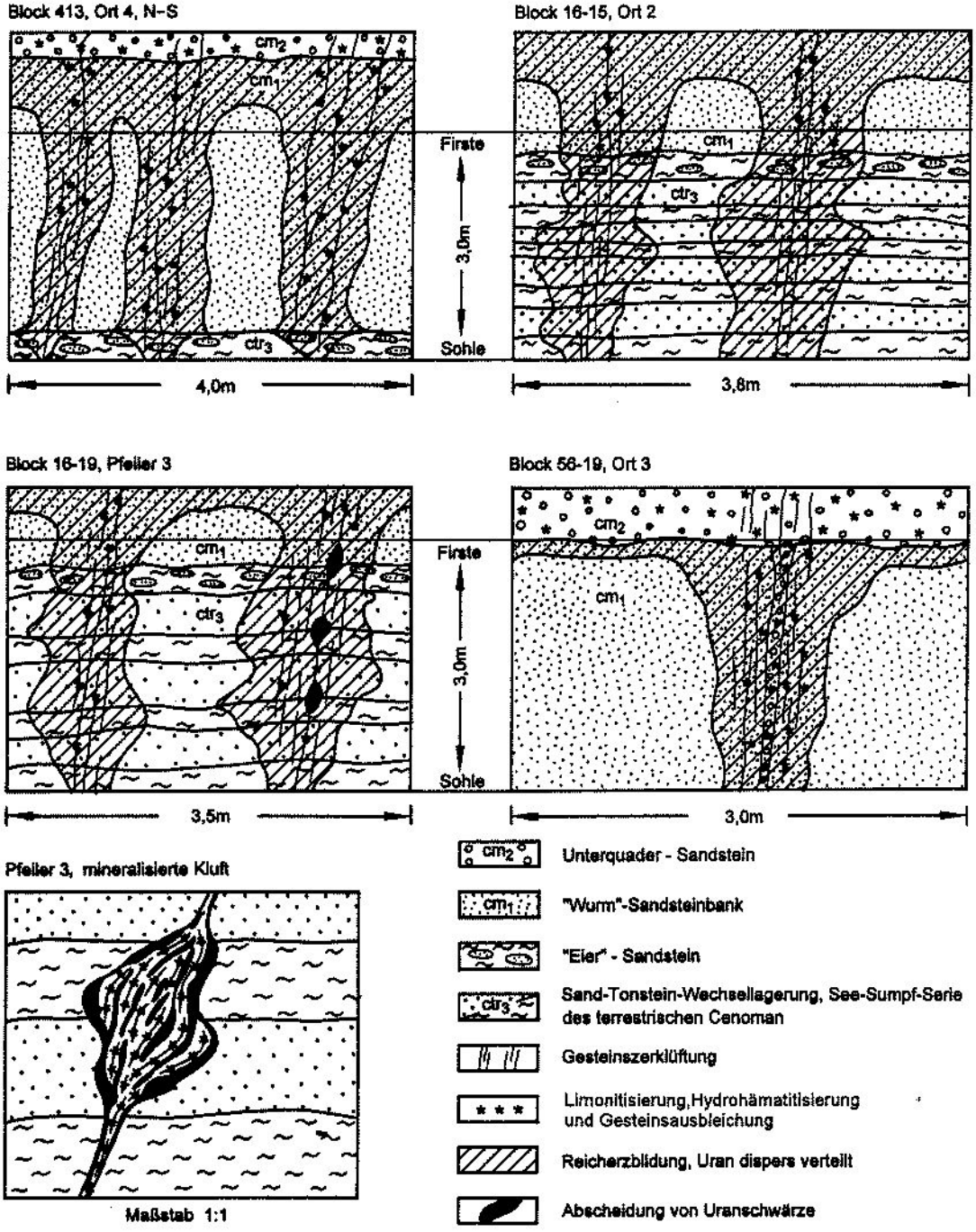


Abb. 53: Schnitte durch Kluftvererzungen im 2. und 3. Erzhorizont

in Abb. 29 vorhandenen Auslenkungen und Auflösungen in schmale nordoststreichende Streifen bereits unverkennbar hin. Im Schnitt durch diese Konturen und die mit ihnen verbundenen Zuflußsenken setzt sich die in der untertägigen Detailerkundung ausgegliederte und zum Abbau vorgesehene Reichvererzung aus bis 20 m mächtigen, 10-40 m breiten und bis 100 m langen Körpern zusammen, die in der Schichtenfolge kulissenartig neben- und übereinander liegen. Die Gebilde gehen mit fließenden Grenzen ineinander über und durchsetzen in säuligen Morphologien fast das gesamte terrestrische Cenoman. Sie streichen generell nordost und sind örtlich mit den Auswüchsen des 2. Erzhorizontes verbunden, die keil- und sackförmig in das Liegende gerichtet sind. So erschloß in der Zentral- und Kontaktzone die Bohrung Nr. 1694 über der Zuflußsenke "Schacht 387" zunächst die beiden oberen Erzhorizonte und darunter, in der Senke, ein mächtiges Erzlager des 3. Horizontes (Abb. 56). Die Urangehalte und Mächtigkeiten betragen, der Tab. 8.II entsprechend, im 1. Horizont 0,045 % und 0,9 Meter und im miteinander ver-

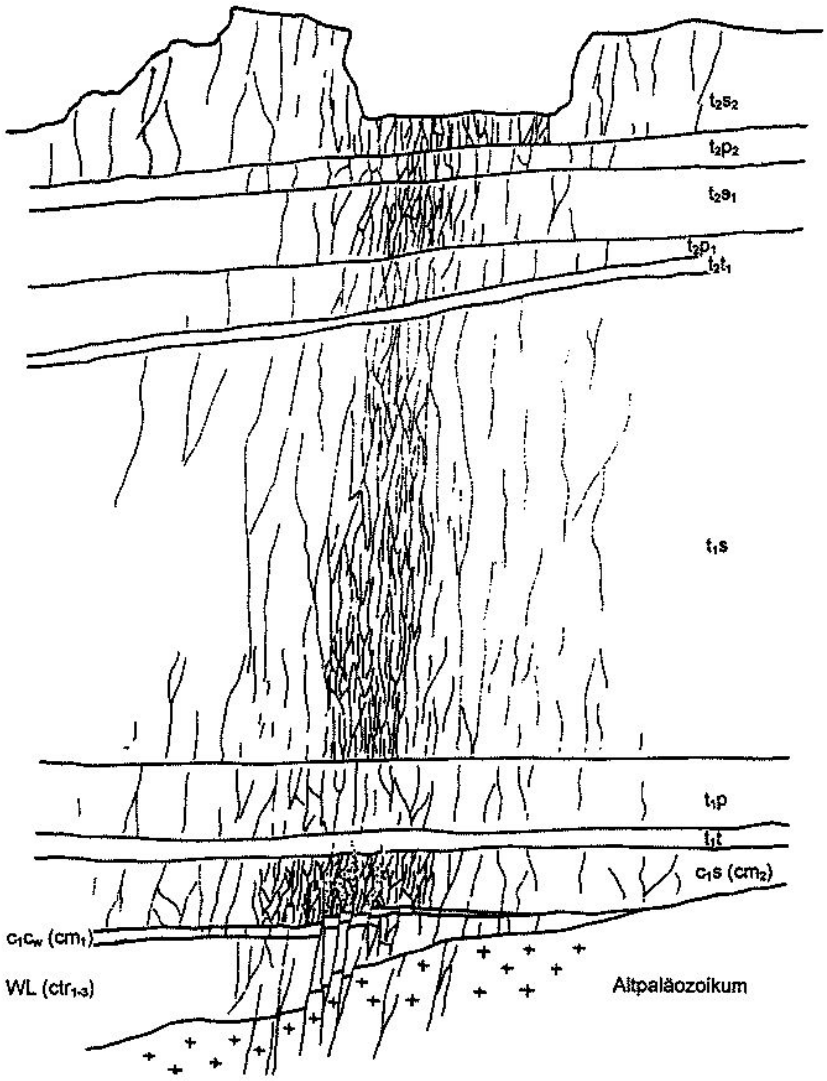


Abb. 54:
Schema einer Kluftzonenausbildung in verschiedenen Lithologien der Kreideablagerungen der Lagerstätte Königstein (MEICHSNER, E.; BECHER, J.; HERHOLD J.)

bundenen 2. und 3. Horizont 0,062 % und 17,9 Meter. Auf den gesamten cenomanen 25,8 Meter mächtigen Profilabschnitt einschließlich des 1. Horizontes bezogen, erreicht der Urangehalt 0,046 %.

Einen Querschnitt durch die Lagerstätte an der Zuflußsenke "Breite Heide" mit ihren dort angefahrenen Reicherzkörpern zeigt die Abb. 57. Die Erzführung erstreckt sich stellenweise auch hier bis 30 Meter mächtig durch das gesamte Cenoman und steht mit den oberen Horizonten im Verbund. Ein nach gleichem Verfahren konstruierter Schnitt durch die in Abb. 52 gezeigten Erzkonturen der Zuflußsenke "Schacht 387-Forsthausweg“ würde zu Abb. 57 ein analoges Bild ergeben. Jedoch stellte der Autor der Abb. 57 die Vererzung nur auf das Kluftsystem bezogen dar. Die an die Zuflußsenke gebundene schichtlinsenförmige Uranführung wurde von ihm nicht gesondert ausgehalten. Dennoch vermittelt die Darstellung eine überzeugende Vorstellung über das erreichte Ausmaß des Umbaues von einer primären schichtkonformen flußlaufgebundenen in eine sekundär vertikal ausgerichtete klüftungsabhängige Vererzungsform besonders anschaulich. Die Erzkörper wurden bei ihrer Gewinnung im konventionellen Verfahren in bis zu 5 nacheinander folgenden Scheiben von oben nach unten abgebaut.

Am Beispiel zweier Aufschlüsse aus dem Grubengebäude wurde die Orientierung von Urananreicherungen an die nordoststreichende Gesteinsklüftung metallometrisch quantitativ überprüft. Dazu wurden die beiden typischsten Fälle von Klufterzbildungen ausgewählt.

Im ersten Fall handelt es sich um einen sackförmigen Auswuchs des 2. Erzhorizontes in das Liegende. Der Fortsatz zieht sich aus dem oberen Wurmsandstein in die liegende See-Sumpf-Serie hinein. Er wurde im Ort 2 des Abbaublockes 1615 beiderseits einer steil einfallenden Kluft angefahren. Die terrestrische Wechsellagerung wurde an der

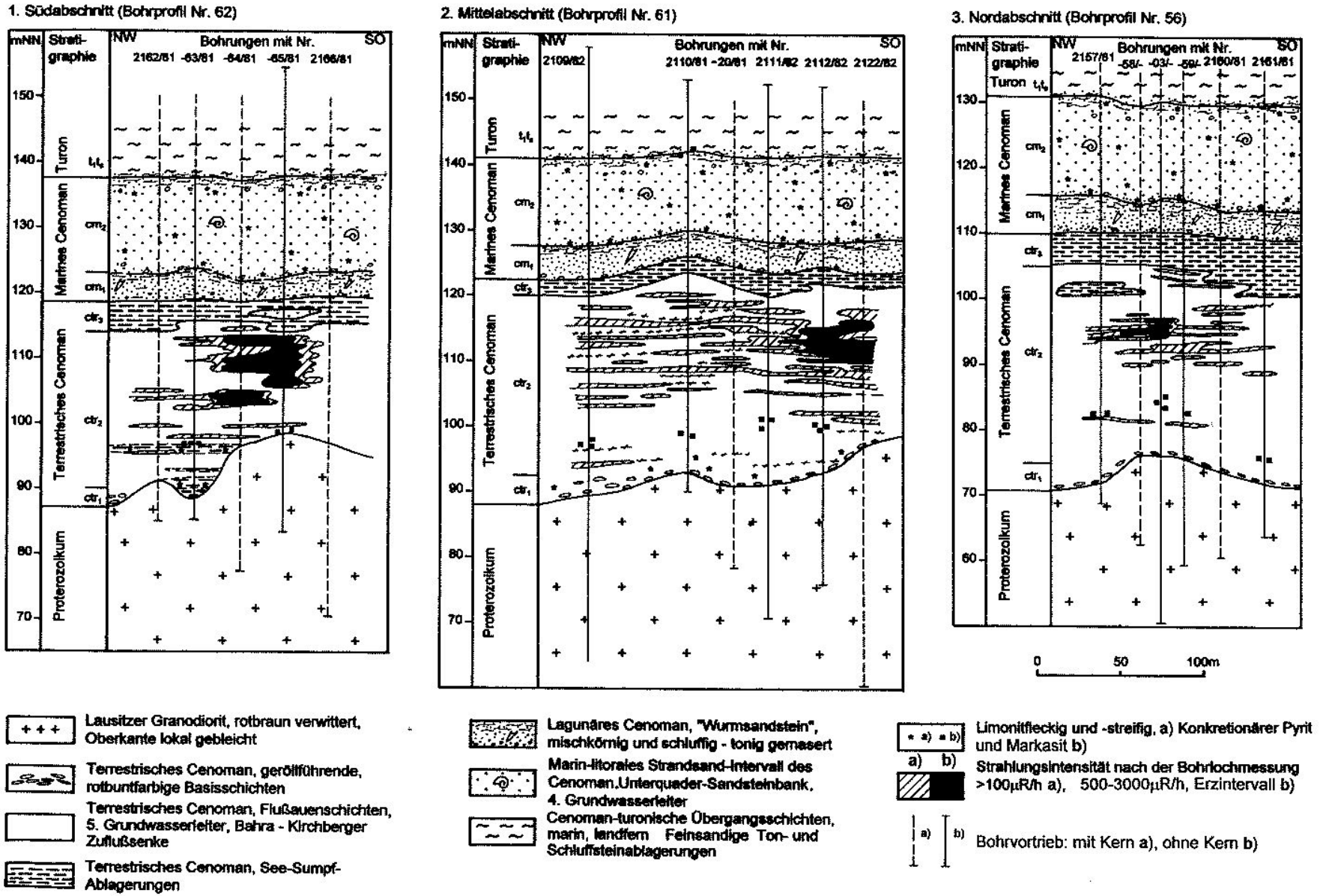


Abb. 55: Querschnitte durch die „Zwischenzone“

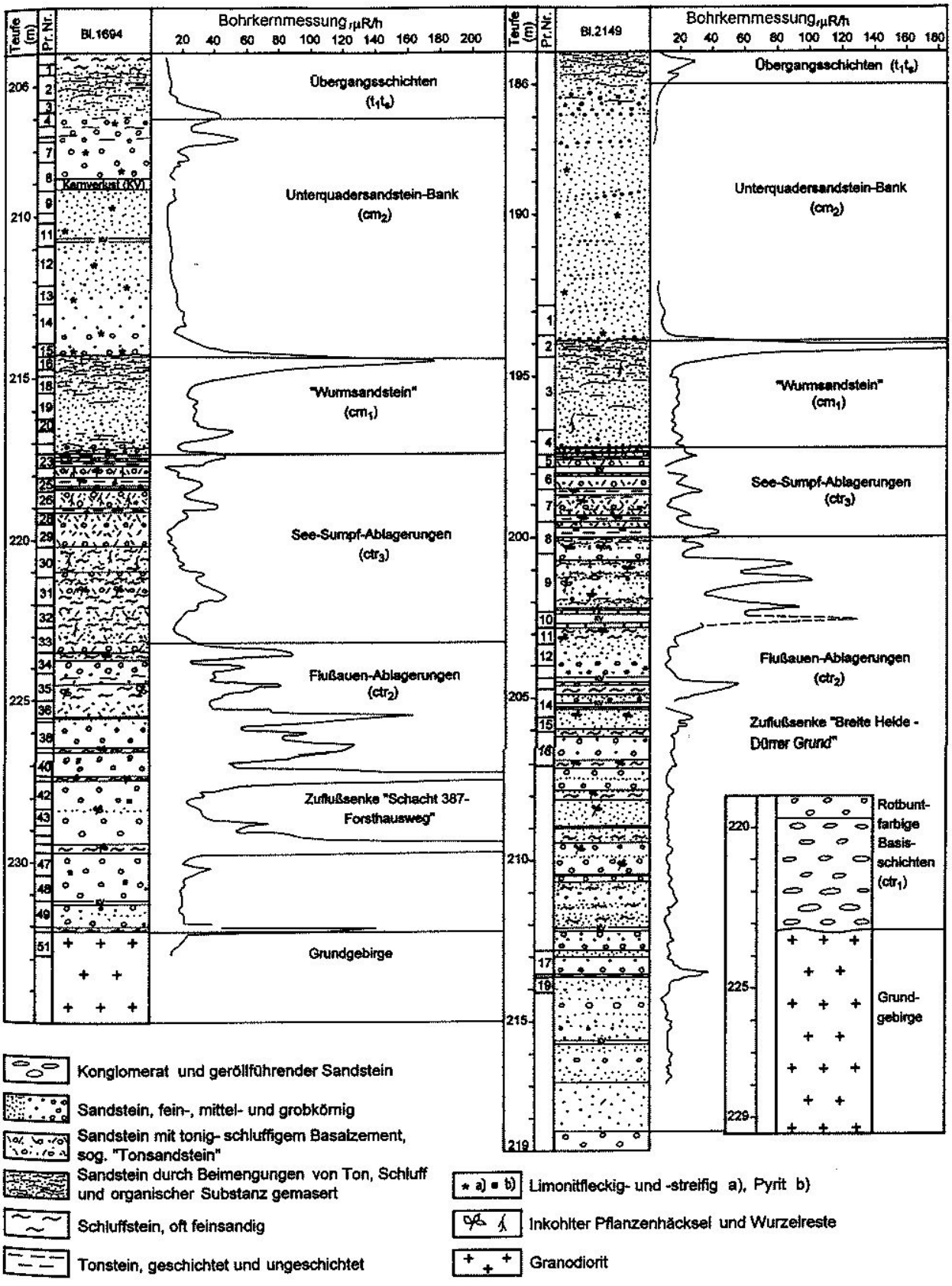


Abb. 56: Bohrprofile durch den 1., 2. und 3. Erzhorizont im zentralen Teil der Lagerstätte

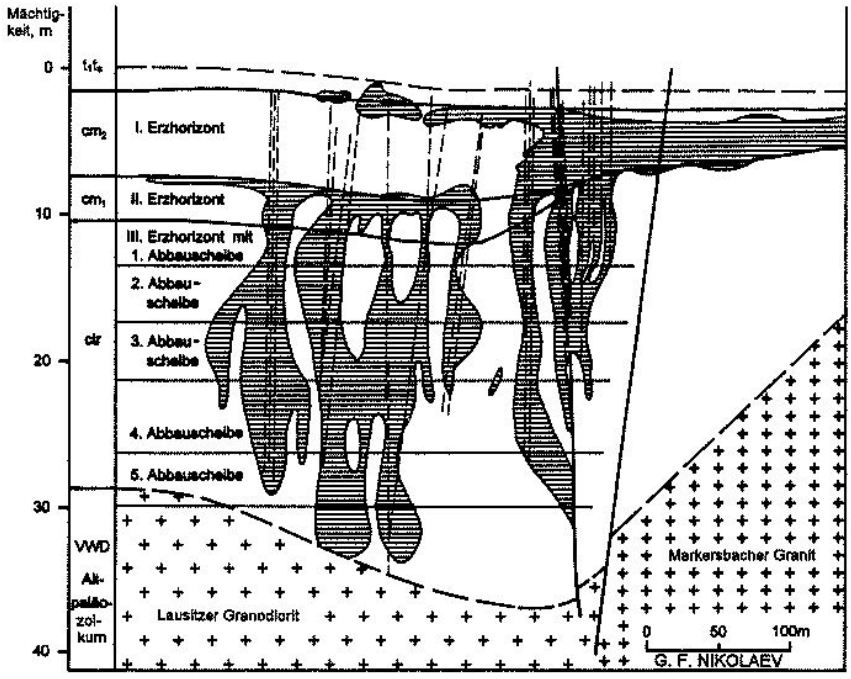


Abb. 57:
Schnitt durch die Erzkörper der Lagerstätte Königstein, mit dem 3. Erzhorizont in der Zulaufsenke „Breite Heide-Dürrer Grund“ (nach G. F. NIKOLAEV)

Kluft und je in Abständen von 0,75, 1,50 und 2,50 m beprobt und chemisch analysiert. Das Analysenergebnis bestätigt den radiometrisch angezeigten steilen Abfall der Vererzungsintensität mit wachsendem Abstand von der Kluft. Die mittleren Urangehalte gehen in den 4 untersuchten Profilen unter gleichbleibenden lithologisch-faziellen Bedingungen nacheinander von 0,24 auf 0,026 und weiter auf 0,017 und 0,006 % zurück (Tab. 9-I). In den Profilen ist das Uran wie in den schichtkonformen Vererzungen ungleichmäßig und deutlich gesteins- und permeabilitätsabhängig verteilt. Seine maximalen Konzentrationen, die an der Kluft bis 0,7 % ansteigen, sind, wie allgemein in der Lagerstätte üblich, jeweils auch hier an die Kontakte der wechsellagernden Ton-Schluff- und Sandsteinbänke gebunden. Die vorgefundene Verteilung wurde im Zusammenhang mit den beiden oberen Erzhorizonten in Abb. 58 schematisch dargestellt. Sie ist eindeutig auf die Zufuhr des Urans längs der verbindenden Kluft aus dem hangenden Wurmsandstein zurückzuführen. Das Uran wanderte, im Grundwasser gelöst, aus der Kluft in das Nebengestein ein. Hier wurde es in Abhängigkeit von der Durchlässigkeit und dem Adsorptions- und Reduktionsvermögen der Sedimente aus der Lösung wieder abgeschieden.

Der zweite Fall betrifft in der Zentralzone den 3. Erzhorizont in der Zuflußsenke "Schacht 387" am Steigort 1, nahe der untersuchten Bohrung Nr. 1694. Es handelt sich um den in Abb. 52 gezeigten Bereich mit den quer zur Senkenachse nach Nordosten streichenden Erzkonturen. Das Cenomanprofil war hier am Steigort in seiner typischen Ausbildung von der präcenomanen Verwitterungskruste bis hinauf zum Wurmsandstein und Unterquader durchgängig aufgeschlossen. Der 3. Erzhorizont zeigte sich regelgemäß in der üblichen schicht-linsenförmigen Ausbildung konform in den Schichtenverband eingeordnet. Etwa 8 m mächtig, verlief das uranführende Intervall zwischen den rotbuntfarbigen Basisschichten im Liegenden und den schwärzlichen See-Sumpf-Ablagerungen im Hangenden in den graufarbigen Flußauenschichten. Das Intervall setzte sich aus vergleichsweise schwach vererzten reinen Quarz-Sandsteinbänken und hochvererzten cm- bis dm-starken Ton-Schluffsteinzwischenlagen zusammen. Beiderseits von steil- bis senkrecht in das Intervall einfallenden und etwa mit 40° NE streichenden Klüften wurden jeweils hohe Anstiege der Urankonzentrationen festgestellt. Jedoch betrifft der Konzentrationsanstieg nicht nur die kohlenstoffreichen tonig-schluffigen Sedimente der Schichtenfolge, sondern voll und intensiv auch die mächtigen zwischenlagernden Sandsteinbänke selbst. Das Intervall geht an diesen Stellen in eine durchgängige Vererzung über. Von vier an einer Kluft und weiter im Abstand von 0,5, 1,0 und 3,5 m durch das Erzintervall gelegten metallometrischen Profilen betrugen die durchschnittlichen Urankonzentrationen in der genannten Reihenfolge je 0,35, 0,22, 0,16 und 0,08 %. Die Spitzenwerte in den Einzellagen der Profile erreichen in und an der Kluft 2,1 bis 5,8 % (Tab. 9 II). Das Uran-Verteilungsbild weist auf die modifizierende und veredelnde Einflußnahme der durchsetzenden Klüfte betreffs Morphologie und Intensität der schicht-linsenförmigen Vererzung bestätigend hin.

Beiderseits des Einflußbereiches der untersuchten Kluft setzt sich die Uranführung des Intervalles in der charakteristischen, durch sterile Sandsteinbänke unterbrochenen, Weise und allgemein abgeschwächt im Schichtenstoß fort.

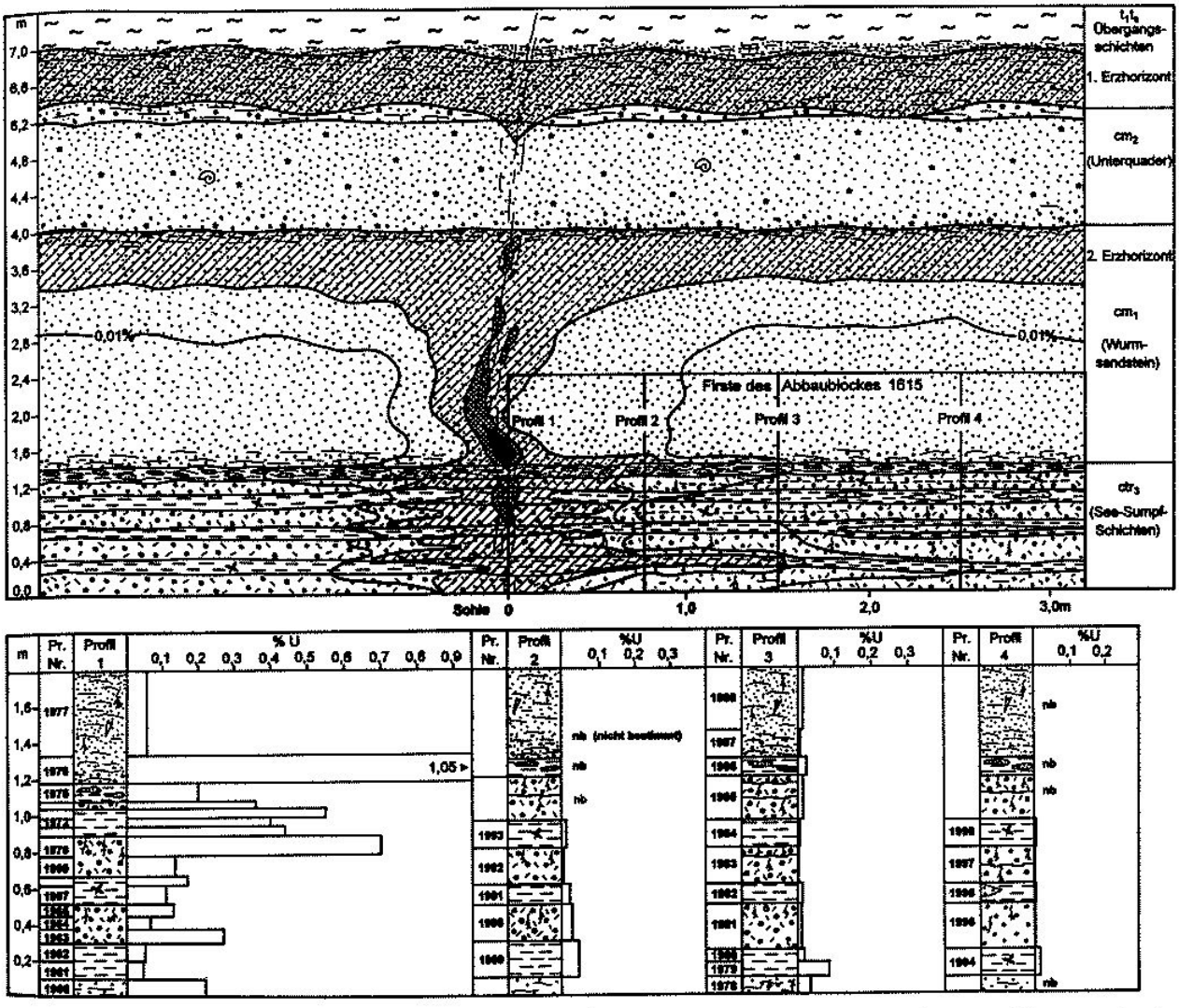


Abb. 58: Schnitt durch die Kluftvererzung, Ort 2/Block 1615. Urangehalte vgl. Tab. 9!

Eine überdurchschnittliche Klüftungsverdichtung, wie sie für einen Teilabschnitt der Zentralzone zu erwarten gewesen wäre, wurde am Aufschluß nicht beobachtet. Außer der speziell untersuchten wurden nur noch fünf weitere vereinzelte Klüfte festgestellt. Sie sind steil einfallend 4-6 m voneinander entfernt und ebenfalls von Reicherzbildungen umgeben. Von Urangehalten bis 0,016 % auch im Niveau der hangenden See-Sumpf-Ablagerungen begleitet, verbinden die Klüfte den 3. mit dem 2. Erzhorizont. Der Zusammenhang wurde in Abb. 59 schematisch dargestellt.

Aus den Untersuchungen läßt sich zur Genese des kluftgebundenen Vererzungstypes entnehmen, daß seine Herausbildung auf einer sekundären Umverteilung von Uran aus den primär schichtkonformen Anreicherungen beruht. Er ist mit den drei Erzhorizonten räumlich eng verbunden und außerhalb ihrer Verbreitung nicht entwickelt. Er ist über allmähliche Übergänge mit ihnen verknüpft und lithologisch und nach der Uranverteilung im Profil nur schwer von ihnen abgrenzbar. Seine Uranführung ist

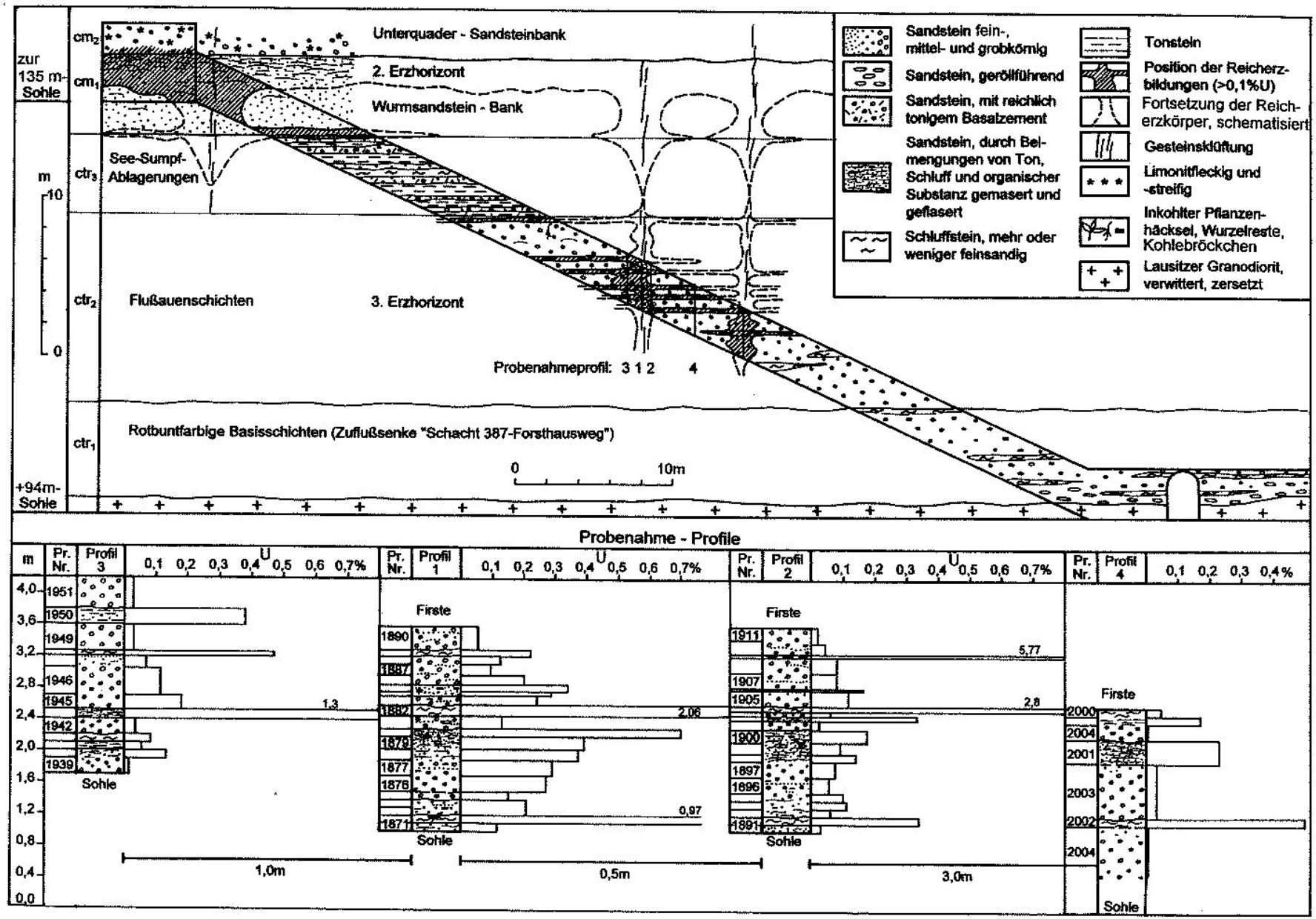


Abb. 59: Uranvererzung des Cenoman am Steigort 1

Tab. 8: Metallometrische Bohrprofile durch die Klufterzzonen

I. "Zwischenzone" an Zuflußsenke "Bahra-Kirchberg", östlich Erzfeld Pirna

1. Bl 2165/81 (siehe Abb. 55-1)

Pr.Nr	Teufe (m) von-bis	Mächtigk. m	U g/t	Th g/t	Erzinterv. m·g/tU	Litholog.		Stratigr.
37/1	-221,0	0,38	15	11,0				
39/1	221,10	0,10	98	16,0				
1	221,20	0,10	2500	36	250	S		
2	221,25	0,05	1900	20	95	S		
3	221,65	0,40	930	11,5	372	S		
4	221,95	0,30	610	79	183	T		
5	222,05	0,10	369	28	36,9	S		
6	222,15	0,10	341	35	34,1	S		
7	222,25	0,10	140	19,5	14	S		
8	222,40	0,15	67	11,0	10,05	S		
9	222,50	0,10	337	60	33,7	T		
10	222,65	0,15	234	25	35,1	S		
11	222,75	0,10	940	47	94,0	S	3.	
12	223,00	0,25	257	20	64,25	S	EH	
13	223,32	0,32	770	17,5	246,4	S		
14	223,40	0,08	3200	20	256	S		ctr_2
15	223,80	0,40	1650	14,0	660	S		
16	223,90	0,10	670	9,6	67	S		
17	224,02	0,12	1750	13,5	210	S		
18	224,05	0,03	3800	73	114	T		
19	224,25	0,20	280	53	56	T		
20	224,42	0,17	143	56	24,31	T		
21	224,50	0,08	177	83	14,16	T		
22	224,65	0,15	103	34	15,45	S		
23	224,80	0,15	426	92	63,9	T		
24	224,87	0,07	725	108	50,75	T		
25	225,00	0,13	1250	22	162,5	S		
26	225,25	0,25	595	8,7	148,75	S		
27	225,50	0,25	510	12,5	127,50	S		
28	225,60	0,10	570	81	57	T		
29	225,70	0,10	450	119	45	T		
30	225,80	0,10	134	37	13,4	S		
31	226,00	0,20	90	79	18	T		
32	226,25	0,25	800	100	200	T		
33	226,35	0,10	1000	62	100	T		
34	226,47	0,12	610	7,0	73,2	S		
35	226,60	0,13	1080	10,5	140,4	S		
36	226,65	0,05	3000	74	150	T		
37	226,90	0,25	1070	35	267,5	S		
38	227,05	0,15	970	14,5	145,5	S		
39	227,20	0,15	760	5,6	114	S		
40	227,37	0,17	1020	41	173,4	S		
41	227,60	0,23	2100	14,5	483	S		
42	227,83	0,23	1800	14,0	414	S		
43	228,25	0,42	675	85	283,5	T		
44	228,45	0,20	1250	68	250	T		
45	228,90	0,45	480	26	216	S		
46	229,10	0,20	630	86	126	T		
47	229,30	0,20	1400	25	280	S		
48	229,50	0,20	840	8,2	168	S		
49	229,60	0,10	745	64	74,5	T		
50	229,70	0,10	310	48	31	S		
40/1	229,85	0,15	196	18,5	29,4	S		
41	229,90	0,05	1050	36	52,5	S		
42	230,80	0,90	172	11,5	154,8	S		
43	231,50	0,70	188	12,5	131,6	S		
44	231,52	0,02	65	40		T		
45	232,00	0,48	22	11,5		S		
3. EH		10,40	734		7630,53			

2. Bl. 2179/79 (siehe Abb. 39)

Pr.Nr	Teufe (m) von-bis	Mächtigk. m	U g/t	Th g/t	Erzinterv. m·g/tU	Litholog.		Stratigr.
1	218,00	0,55	25	68		T		
2	218,35	0,35	40	75		T		ctr_3
3	218,67	0,35	38	25		S		
4	219,15	0,48	100	82	480	T		
5	219,55	0,40	559	60	223,6	T		
6	219,87	0,32	1000	56	320	T		
7	220,20	0,33	360	9,3	118,8	S		
8	220,40	0,20	493	70	98,6	T		
9	220,50	0,10	1800	118	180	T		
10	220,90	0,40	990	30	396	S		
11	221,50	0,60	189	65	113,4	T		
12	222,05	0,55	850	35	467,5	S		
13	222,10	0,05	3000	29	150	S		
14	222,43	0,33	540	7,7	178,2	S		ctr_2
15	222,82	0,39	1900	17,5	741	S		
16	223,43	0,61	420	7,6	256,2	S	3.	
17	223,85	0,42	655	64	275,1	T	EH	
18	224,07	0,22	206	19,5	45,32	S		
19	224,95	0,28	160	78	44,8	T		
20	224,75	0,40	158	31	63,2	S		
21	225,50	0,75	98	78	73,5	T		
22	225,80	0,30	113	33	33,9	S		
23	226,10	0,30	209	76	62,7	T		
24	226,75	0,65	325	26	211,25	S		
25	227,30	0,55	370	86	203,5	T		
26	227,55	0,25	970	31	242,5	S		
27	227,70	0,15	410	55	61,5	T		
28	227,90	0,20	251	26	50,2	S		
29	228,50	0,60	325	73	195	T		
30	229,00	0,50	276	11	138	S		
31	229,32	0,32	285	22	91,2	S		
32	229,75	0,43	440	70	189,2	T		
33	230,30	0,55	405	35	222,75	S		
34	230,90	0,60	420	63	252	T		
35	231,45	0,55	173	40	95,15	T		
36	231,70	0,25	101	71	25,25	T		
37	232,05	0,35	149	11,5	52,15	S		
38	232,55	0,50	560	30	280	S		
39	233,65	1,10	112	16,5	123,2	S		
40	233,80	0,15	640	75	96	T		
41	234,47	0,67	124	65	83,08	T		
42	234,55	0,08	700	47	56	T		
43	234,97	0,42	128	30	53,76	S		
44	235,25	0,28	117	75	32,76	T		
45	235,55	0,30	44	22	13,2	S		
46	235,77	0,22	605	70	133,1	T		
47	236,12	0,35	213	29	74,55	S		
48	236,50	0,38	470	62	178,6	T		
49	237,05	0,55	64	19		S		
50	237,25	0,20	75	47		T		
51	238,00	0,75	360	57		T		
52	238,20	0,20	99	39		S		
53	238,60	0,40	12,5	30		S		
54	238,90	0,30	25	85		T		
3. EH		17,83	419		7475,72			

Fortsetzung Tab. 8

II. Zentralzone an Zuflußsenke "Schacht 387-Forsthausweg"								
Bl. 1694 (siehe Abb. 56)								
Pr.Nr.	Teufe (m) von-bis	Mächtigk. m	U g/t	Th g/t	Erzinterv. m·g/tU	Lithol.		Stratigr.
1	205,75	0,45	90	nb		T		t_1t_s
2	206,40	0,65	60	nb		St		
3	206,80	0,40	170	nb		St		
4	207,20	0,40	470	nb	188	St	1. EH	
5	207,55	0,35	350	nb	122,5	St		
6	207,70	0,15	650	nb	97,5	St		
7	208,35	0,65	90	nb		S		cm_2
8	209,20	0,85	30	nb		S		
9	209,90	0,70	60	nb		S		
10	210,20	0,30	20	nb		S		
11	210,90	0,70	40	nb		S		
12	212,15	1,25	80	nb		S		
13	212,70	0,55	10	nb		S		
14	213,90	1,20	60	nb		S		
15	214,30	0,40	100	nb		S		
16	214,70	0,40	2700	nb	1088	T	2. EH	cm_1
17	214,90	0,20	310	nb	62	T		
18	215,45	0,55	100	nb	55	St		
19	216,25	0,80	210	nb	168	S		
20	216,60	0,35	230	nb	80,5	S		
21	217,00	0,40	380	nb	152	St		
22	217,30	0,30	100	nb	30	St		
23	217,75	0,45	170	nb	76,5	T		ctr_3
24	218,05	0,30	130	nb	39	S		
25	218,50	0,45	160	nb	72	T		
26	219,00	0,50	210	nb	105	S		
27	219,15	0,15	280	nb	42	T		
28	219,50	0,35	100	nb	35	S		
29	220,20	0,70	20	nb	14	S		
30	221,15	0,95	80	nb	76	T		
31	222,00	0,85	360	nb	306	T		
32	222,70	0,70	110	nb	77	T		
33	223,50	0,80	80	nb	64	S		
34	224,15	0,65	1180	nb	767	T/S	3. EH	ctr_2
35	225,00	0,85	340	nb	289	T/S		
36	225,55	0,55	840	nb	462	S		
37	225,65	0,10	5450	nb	545	T		
38	226,45	0,80	1390	nb	1112	S		
39	226,60	0,15	1740	nb	261	T		
40	227,35	0,75	1660	nb	1245	S		
41	227,50	0,15	5420	nb	813	T		
42	228,35	0,85	580	nb	493	S		
43	228,85	0,50	730	nb	365	S		
44	229,15	0,30	970	nb	291	S		
45	229,45	0,30	2150	nb	645	S		
46	229,75	0,30	2720	nb	816	T		
47	230,40	0,65	260	nb	169	S		
48	231,20	0,80	130	nb	104	S		
49	232,05	0,85	120	nb	102	S		
50	232,20	0,15	700	nb	105	T		
51	232,90	0,70	90	nb		Gd		Altpal.
1. EH		0,90	453		408			
2. und 3. EH		17,90	622		11126			

III. "Westzone" an Zuflußsenke "Breite Heide"								
Bl. 2149 (siehe Abb. 56)								
Pr.Nr.	Teufe (m) von-bis	Mächtigk. m	U g/t	Th g/t	Erzinterv. m·g/tU	Lithol.		Stratigr.
1	193,70	0,90	90	nb		S		cm_2
2	194,40	0,70	1670	nb	1169	T	2. EH	cm_1
3	196,65	2,25	120	nb	270	St		
4	197,40	0,75	240	nb	180	S		
5	197,80	0,40	100	nb	40	T/S		ctr_3
6	198,50	0,70	210	nb	147	T/S		
7	199,50	1,00	130	nb	130	T/S		
8	200,50	1,00	300	nb	300	T/S		
9	202,30	1,80	980	nb	1764	St	3. EH	ctr_2
10	202,80	0,50	290	nb	145	St		
11	203,30	0,50	100	nb	50	T		
12	204,40	1,10	110	nb	121	S		
13	204,70	0,30	320	nb	96	T/S		
14	205,60	0,90	330	nb	297	St		
15	206,05	0,45	110	nb	49,5	S		
16	207,05	1,00	60	nb		St		
2. und 3. EH		12,35	385		4748,5			

S: Sandstein
St: Sandstein durch Ton und Schluff feingeschichtet, gemasert und geflasert
T: Ton- und Schluffstein
Gr: Granit
Gd: Granodiorit
EH Erzhorizont

nicht, wie in hydrothermalen Lagerstätten in von Salbändern begrenzten mineralisierten Erzgängen konzentriert. Das Uran ist beiderseits der Klüfte im Gestein nach denselben Grundregeln verteilt, wie sie auch für die schichtkonformen Erzkörper herausgefunden wurden. Zum einen migrierte das Uran, der Tinte in einem Löschblatt vergleichbar, aus den Klüften in das porige, wasser- und lösungsaufnahmefähige und zugleich adsorbierende und reduzierende Nebengestein hinein. Zum anderen wanderte es aus dem vererzten Nebengestein additiv auf die Klüfte zu. Eine im Vergleich mit den schichtigen Erzhorizonten besondere Herkunft des Klufturans anzunehmen, geben die Untersuchungsbefunde keine Veranlassung.

Tab. 9: Metallometrie an Klüften des 2. und 3. Erzhorizontes in der Grube

I. Ausweitungskeil des 2. Erzhorizontes in die liegende-See-Sumpf-Serie (ctr_3), Ort 2. Abbaublock 1615 (siehe Abb. 58)												
Pr.-Nr.	Lithologie	Mächtigkeit	U		Th		Mo		Pb		Cu	
		m	g/t	g/t.m	g/t	g/t.m	g/t	g/t.m	g/t	g/t.m	g/t	g/t.m
Profil 1, Einfallende Kluft												
1977	Wurmsandstein	0,47	542		9,7		20		50		20	
1976	Wurmsandstein cm_1	0,15	10520		47		70		150		50	
1975	„Eiersandsteinhorizont“	0,10	2000		64		40		70		30	
1974	Sandstein	0,04	3600	144	23	0,92	50	2,0	400	16,0	70	2,8
1973	Ton-Schluffstein}	0,05	5500	275	86	4,3	100	5,0	400	20,0	40	2,0
1972	Ton-Schluffstein} Lage Nr. 3	0,05	4000	200	87	4,35	60	3,0	250	12,5	40	2,0
1971	Ton-Schluffstein}	0,05	4380	219	93	4,65	100	5,0	400	20,0	70	3,5
1970	Sandstein	0,11	7000	770	23	2,53	200	2,2	150	16,5	25	2,75
1969	Sandstein	0,11	1350	148,5	22	2,42	25	2,75	60	6,6	20	2,2
1968	Ton-Schluffstein}	0,05	1700	85	75	3,75	40	2,0	80	4,0	15	0,75
1967	Ton-Schluffstein} Lage Nr. 2	0,10	1100	110	69	6,90	20	2,0	100	10,0	50	5,0
1965	Sandstein	0,07	1300	91	18	1,26	80	5,6	100	7,0	50	3,5
1964	Sandstein	0,07	626	43,82	8,3	0,58	8	0,56	80	5,6	20	1,4
1963	Sandstein	0,08	2700	216	22	1,76	6	0,48	40	3,2	50	4,0
1962	Ton-Schluffstein}	0,10	500	50	102	10,2	8	0,80	60	6,0	25	2,5
1961	Ton-Schluffstein} Lage Nr. 1	0,10	477	47,7	80	8,0	25	2,50	70	7,0	70	7,0
1966	Sandstein	0,10	2200	220	31	3,1	100	10,0	80	8,0	70	7,0
	Σ	1,08		2620,02		54,72		43,89		142,4		46,4
	Ø		2426		50,7		40,6		132		43	
Profil 2, Abstand zur Kluft 0,85 m												
1993	Ton-Schluffstein Lage Nr. 3	0,15	165	24,75	82	12,3	15	2,25	200	30,0	60	9,0
1992	Sandstein	0,22	78	17,16	8,5	1,87	5	1,10	70	15,4	20	4,0
1991	Ton-Schluffstein Lage Nr. 2	0,15	231	34,65	82	12,3	10	1,50	700	105,0	100	15,0
1990	Sandstein	0,22	302	66,44	10	2,2	5	1,10	15	3,3	20	4,4
1989	Ton-Schluffstein Lage Nr. 1	0,20	498	99,6	99	19,8	10	2,00	200	40,0	60	12,0
	Σ	0,94		242,6		48,47		7,95		193,7		44,4
	Ø		258		51,6		8,5		206		47	
Profil 3, Abstand zur Kluft 1,5 m												
1988	Wurmsandstein	0,35	131		16,5		10		600		70	
1987	Wurmsandstein cm_1	0,15	60		21		15		400		70	
1986	„Eiersandsteinhorizont“	0,10	252		43		20		100		40	
1985	Sandstein	0,24	141	33,84	11,5	2,76	10	2,4	700	168,0	60	14,4
1984	Ton-Schluffstein-Lage Nr. 3	0,15	69	10,35	64	9,6	8	1,2	70	10,5	50	7,5
1983	Sandstein	0,20	19,5	3,9	17,5	3,5	7	1,4	60	12,0	30	6,0
1982	Ton-Schluffstein-Lage Nr. 2	0,11	127	13,97	75	8,25	25	2,75	300	33,0	60	6,6
1981	Sandstein	0,25	107	26,75	8,9	2,22	5	1,25	40	10,0	25	6,25
1980	Ton-Schluffstein} Lage Nr. 1	0,07	177	12,39	90	6,3	15	1,05	250	17,5	60	4,2
1979	Ton-Schluffstein}	0,08	867	69,36	95	7,6	100	8,0	200	16,0	80	6,4
1978	Sandstein	0,10	341	34,10	12,5	1,25	20	2,0	80	8,0	25	2,5
	Σ	1,20		204,66		41,48		20,05		275,0		53,85
	Ø		171		34,6		16,7		229		45	
Profil 4, Abstand zur Kluft 2,5 m												
1998	Ton-Schluffstein-Lage Nr. 3	0,15	63	9,45	73	9,45	15	2,25	250	37,5	50	7,5
1997	Sandstein	0,20	18,5	3,7	18	3,60	20	4,00	70	14,0	100	20,0
1996	Ton-Schluffstein-Lage Nr. 2	0,11	35	3,85	59	6,49	10	1,10	800	88	70	7,7
1995	Sandstein	0,25	32	8,0	21	5,25	15	3,75	50	12,5	50	12,5
1994	Ton-Schluffstein- Lage Nr.1	0,15	178	26,7	85	12,75	20	3,00	700	105,0	100	15,0
	Σ	0,86		51,7		37,54		14,1		257,0		62,7
	Ø		60		43,6		16,4		299		73	

Fortsetzung Tab. 9

II. 3. Erzhorizont (ctr_2) in Zuflußsenke "Schacht 387 - Forsthausweg", Aufschluß Steigort 1 (siehe Abb. 59)

Pr. Nr.	Lithologie	m	U g/t	U g/t.m	Th g/t
	Profil 1. Einfallende Kluft				
1890	Sandstein, Firste	0,30	560	168	12
1889	Schluffstein Lage Nr. 4	0,08	2200	176	66
1888	Sandstein	0,10	1250	125	17
1887	Sandstein	0,14	930	130,2	17
1886	Sandstein	0,12	2020	242,4	20
1884	Sandstein	0,09	3420	307,8	34
1885	Sandstein	0,05	2860	143	23
1883	Sandstein	0,12	2390	286,8	18
1882	Schluffstein Lage Nr. 3	0,14	20600	2884,0	87
1881	Sandstein	0,16	1290	206,4	29
1880	Schluffstein Lage Nr. 2	0,10	6970	697,0	109
1879	Schluffstein	0,16	3910	625,6	68
1878	Sandstein	0,14	3700	518,0	43
1877	Sandstein	0,20	2850	570,0	24
1876	Sandstein	0,20	2670	534,0	26
1875	Sandstein	0,10	1490	149,0	17
1874	Sandstein	0,10	2070	207,0	23
1873	Sandstein	0,10	1420	142,0	20
1872	Schluffstein Lage Nr. 1	0,10	9700	970,0	85
1871	Sandstein, Sohle	0,10	1150	115,0	18
	Σ	2,60		9197,2	
	Ø		3537		
	Profil 2, Abstand zur Kluft 0,5 m → rechts				
1911	Sandstein, Firste	0,16	210	33,6	7
1910	Sandstein	0,19	460	87,4	26
1909	Schluffstein Lage Nr. 4	0,03	57700	1731,0	142
1908	Sandstein	0,20	1730	346,0	17
1907	Sandstein	0,20	760	152	18
1906	Sandstein	0,02	1590	31,8	27
1905	Sandstein	0,20	1160	232	20
1904	Schluffstein	0,06	27900	1674	100
1903	Sandstein	0,06	580	34,8	53
1902	Schluffstein Lage Nr. 3	0,06	3330	199,8	89
1901	Sandstein	0,12	240	28,8	27
1900	Schluffstein}	0,15	1720	258	96
1899	Schluffstein} Lage Nr. 2	0,15	900	135	80
1898	Schluffstein}	0,10	1370	137	72
1897	Sandstein	0,20	740	148	19
1896	Sandstein	0,20	570	114	15
1895	Sandstein	0,10	980	98	14
1894	Sandstein	0,10	1090	109	25
1893	Sandstein	0,10	630	63	30
1892	Schluffstein Lage Nr. 1	0,10	3360	336	76
1891	Sandstein, Sohle	0,10	300	30	20
	Σ	2,60		5858,2	
	Ø		2253		

Pr. Nr.	Lithologie	m	U g/t	U g/t.m	Th g/t
	Profil 3, Abstand zur Kluft 1,0 m → links				
1951	Sandstein, Firste	0,40	341	136,40	6,9
1950	Schluffstein Lage Nr. 5	0,20	3800	760	79
1949	Sandstein	0,34	290	98,6	16
1948	Schluffstein Lage Nr. 4	0,06	4700	282	89
1947	Sandstein	0,15	904	135,6	24
1946	Sandstein	0,35	1150	402,5	16,5
1945	Sandstein	0,18	1800	324	25
1944	Schluffstein Lage Nr. 3	0,12	13000	1560	95
1943	Sandstein	0,20	321	64,2	24
1942	Schluffstein} Lage Nr, 2	0,10	867	86,7	79
1941	Schluffstein}	0,10	539	53,9	65
1940	Sandstein	0,10	1350	135	43
1939	Sandstein, Sohle	0,20	133	26,6	15,5
	Σ	2,50		4065,5	
	Ø		1626		
	Profil 4, Abstand zur Kluft ~ 3,5 m → rechts				
2000	Schluffstein}	0,10	491	49,1	104
1999	Schluffstein} Lage Nr. 3	0,10	1700	170	109
2004	Sandstein	0,20	42	8,4	13
2001	Schluffstein Lage Nr. 2	0,30	2300	690	96
2003	Sandstein	0,70	334	233,8	39
2002	Schluffstein Lage Nr. 1	0,10	5000	500,0	88
2004	Sandstein, Sohle	0,60	42	25,2	13
	Σ	2,10		1676,5	
	Ø		798		

4.5 Grundzüge der Erzlithologie und Erzmineralogie

Von Uraninfiltrationen sind in der Lagerstätte grundsätzlich alle Lithologien, Faziesarten und Stratigraphien betroffen, die im Schichtenprofil den 5. und 4. Grundwasserleiter begrenzen, zusammensetzen und untergliedern. Doch unterscheiden sich die Lithotypen erheblich nach ihrer Vererzbarkeit. Diese hängt unter sonst gleichen Bedingungen allein vom Grad der Befähigung einer Gesteinsart ab, durch Adsorption und Reduktion den Untergrundwässern gelöstes Uran zu entziehen. Das Spektrum uranhaltiger Lithologien ist daher weit gefächert. Es bezieht alle Ablagerungsarten von den Schluff- und Tonsteinen über die Brandschiefer bis zu Sandsteinen und Konglomeraten in sich ein. Selbst präcenoman verwittertes Grundgebirge und zersetzte tertiäre Basalte (Abb. 28) sind dabei mit einbegriffen. Infolge der Bindung des Urans im lithologischen Profil an markante Grenzen der Grundwasserdurchlässigkeit und des Übergangs der Ablagerungen von dem einen in den anderen Litho-Typ stellt das Erz gewöhnlich keine reine Gesteinsart dar. Vornehmlich an die

Kontakte von Sand- und Schluffsteinlagen gebunden, besteht es aus einem Gemisch von beiden Litho-Typen.

Der in der Lagerstätte verbreitetste Träger des Urans mit dem 1. Platz in der bergmännischen Gewinnung ist komplex aus primär-detritischem Feinsand, sekundär detritischen tonigen Hydrolysaten und figurierter wie auch dispers zersetzter inkohlter pflanzlicher Substanz zusammengesetzt. Er enthält kaum Karbonat und ist durch ein kieseliges und toniges Bindemittel lithifiziert. Seine sedimentär-detritischen Bestandteile sind gut bis sehr gut sortiert und klassiert. Sie sind in veränderlichen Fein- und Feinstschichtungen voneinander getrennt und enthalten Einschlüsse von Pyrit, Markasit und gelegentlich von Sphalerit und Galenit. Je nach ihrer äußeren Beschaffenheit werden sie in den Dokumentationen der Bohrkerne und untertägigen Auffahrungen als gemaserte Sandsteine, sandige Schluffe und feinsandige Schiefertone beschrieben. Im Niveau des 3. Erzhorizontes und 5. Grundwasserleiters bilden sie die „Überschwemmungsfazies“ der Flußauenschichten und untergliedern die fluviatilen Sandsteinbänke in den Zuflußsenken (Abb. 60, 61, 75, 76). Mit dem lagunären Wurmsandstein (Abb. 10, 17, 19, 77) bilden sie in der Sohle des Unterquaders und 4. Grundwasserleiters den 2. und mit den gemaserten und Glaukonit führenden marinen Sand- und Schluffsteinen in dessen Dach den 1. Erzhorizont.

Das gemeinsame Merkmal für in milieu-fazieller Hinsicht derartig unterschiedliche Ablagerungen besteht in deren schlierig-flaserig-strähniger Feinschichtungs- und Maserungstextur. Dieser Eigenschaft ist eine unter den gegebenen Bedingungen hohe metallogenetische Bedeutung zuzuschreiben. Die besondere Eignung der Feingliederungstextur zur Elementanreicherung dürfte auf ein gemeinsames Zusammenwirken der einzelnen Gesteinsbestandteile in stofflicher und struktureller Beziehung zurückzuführen sein. Zum einen gestattet diese Textur den Untergrundwässern, verhältnismäßig tief in die Ablagerung einzudringen. Zum anderen verfügt diese Mischung über ein großes Oberflächenvolumen. Sie vermag daher mit dem zugeführten Uran mittels ihrer adsorbierenden und reduzierenden tonigen und organischen Bestandteile innig zu reagieren. Der Ablagerungstyp kommt mit seinen stofflichen und texturellen Eigenschaften den Vorstellungen über natürliche Filter und potentielle Elementfallen von allen in der Lagerstätte vertretenen Gesteinsarten am nächsten.

Den 2. Platz in der Reihe des Fördererzes nimmt der Sandstein ein. Selbst er ist als Erzträger, sei es auch schwach und unscheinbar, schluffig, kohlig, eisensulfidisch oder eisenoxid-hydratisch texturiert, mit einem tonigen Bindemittel versehen oder von Tongallen durchsetzt (Abb. 62, 64, 69, 72, 78). Seine Vererzung ist jeweils räumlich eng beschränkt. Sie ist in der oberen Lagerstätten-Etage in der Zone des Zusammenschlusses von erstem und zweitem Erzhorizont auf den zwischenlagernden Unterquader und im 2. Erzhorizont auf Teilabschnitte des basalen Wurmsandsteins begrenzt. In der unteren Lagerstätten-Etage betrifft sie die fluviatilen Sandsteinbänke des 3. Erzhorizontes hauptsächlich in den Klüftungszonen.

Den 3. und letzten Platz in dieser Reihe belegen die kompakten, weniger strukturierten, längs der Kontakte der beiden Grundwasserleiter verlaufenden Ton-Schluffstein- und Brandschieferablagerungen. Eine Außenseiterrolle spielen zersetzter Granit aus der grundgebirgischen präcenomanen Verwitterungskruste und vertonte, die Grundwasserleiter durchsetzende Basaltoide. Die terrestrischen rotbuntfarbigen Basisschichten bleiben wegen ihres fehlenden Reduktions- und verminderten Adsorptionsvermögens im Kontakt mit den Grundwasserleitern steril. Im Falle ihrer den Unterquader unmittelbar unterlagernden und damit den 2. Erzhorizont ersetzenden Position führen die rotbuntfarbigen Basisschichten am Sandsteinkontakt zwar eine nachweisbare, doch wie in Abb. 44 an der Bohrung Nr. 2389 zu erkennen, wirtschaftlich bedeutungslose Anomalie.

Das Uran ist in seinen Wirtsgesteinen überwiegend feindispers verteilt. Die Art seiner Existenz ist in diesem Zustand selbst mit optischen Hilfsmitteln kaum zu diagnostizieren. Die unauffällig disperse Form bildet in der Lagerstätte die Hauptvererzungsart. Nur an exponierten Profilabschnitten wechselt das Uran von seinem feinstverteilten in einen beobachtbaren mineralischen Zustand über. Die Mineralisationen sind auf Kluft- und Schichtungsflächen sowie in Poren und Kavernen der Gesteine und an Grundwasserkontakten ausgebildet. Sie finden sich jeweils an vertikalen und horizontalen Wasserbewegungsbahnen mit sich wiederholender Auflösung, Weitertransport und Wiederabscheidung von Uran und insofern an Stellen erhöhter physiko-chemischer Unstetigkeit. Sie sind bevorzugt in den Reicherzpartien der Lagerstätte und dort in den Klüftungszonen zu beobachten. Die disperse und die mineralisierte Vererzungsform sind miteinander eng verbunden. Die letztere kommt nur mit der ersteren gemeinsam vor. Sie geht allem Anschein nach aus der ersteren hervor und prägt sich dieser auf. Sie bildet die so benannte Abfolge der Trümer-Fleckenerze. Beide Vererzungsformen seien nachfolgend kurz beschrieben.

Die Dispersvererzung wurde anhand hergestellter Makro-Autoradiographien von angeschliffenen Gesteinshandstücken kenntlich gemacht. Die Radiographien zeigen das Uran sehr ungleichmäßig in seinem Wirtsgestein und zwar in Abhängigkeit von dessen charakteristischer und beschriebener Textur verteilt. Die Schwärzungen sind nach Formung und Intensität stark gegliedert. Sie bilden in wolkigen Schleiern und Streifungen die schluffigen, tonigen und kohligen Zwischenlagen, Strähnen und Maserungen ab, welche die sandigen Gesteinspartien durchziehen.

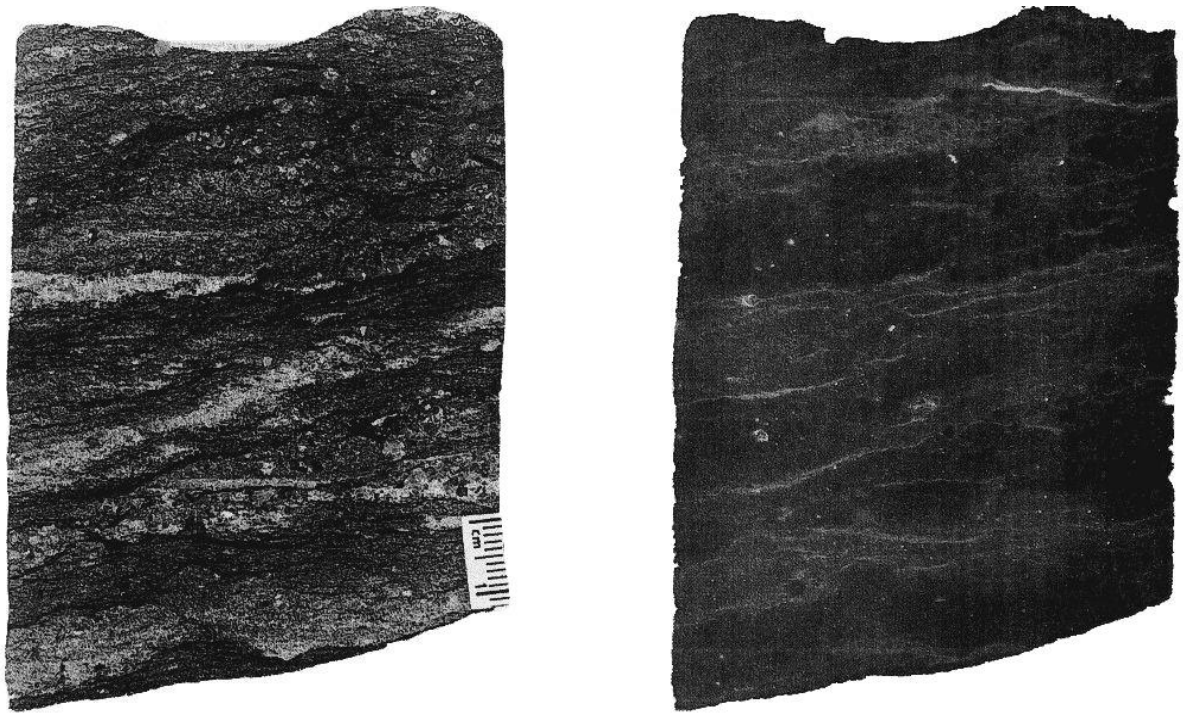


Abb. 60: (links Gesteinsaufnahme, rechts Radiographie):
Sandstein, feinkörnig, mit kohlig-tonigen Schlieren und örtlich konkretionärem Pyrit. Erzfeld Pirna, 3. Erzhorizont. Terrestrisches Cenoman, Flußauenschichten (ctr_2), Bahra-Kirchberger Zuflußsenke, Bohrung 2722, Teufe 240 m, Probe 1441/78

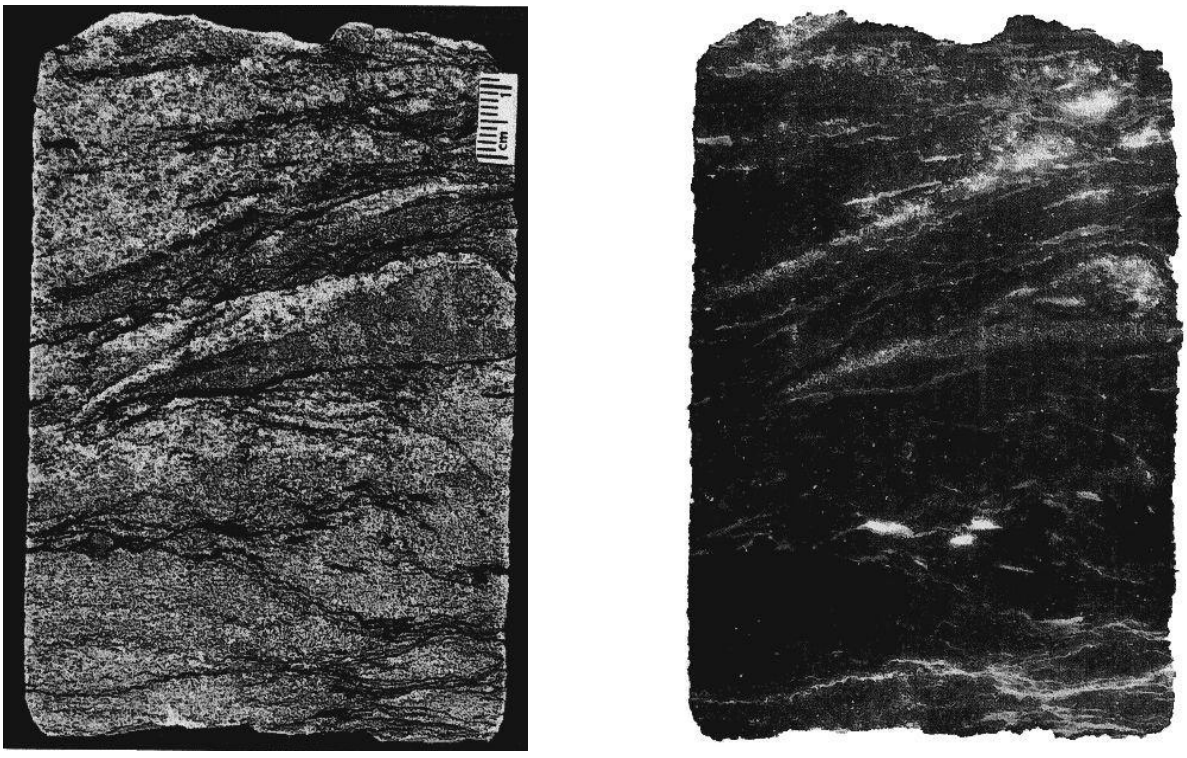


Abb. 61: (links Gesteinsaufnahme, rechts Radiographie):
Quarzsandstein, fein- bis mittelkörnig mit kohlig-tonigen Flasern, inkohltem Pflanzenhäcksel, Kohlebröckchen. Erzfeld Pirna, 3. Erzhorizont. Terrestrisches Cenoman, Flußauenschichten (ctr_2), Bahra-Kirchberger Zuflußsenke, Bohrung 2713, Teufe 240 m, Probe 1543/78

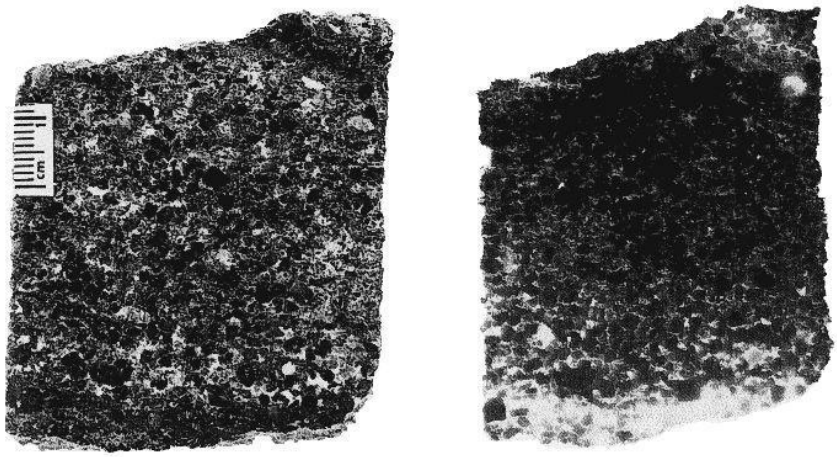


Abb. 62: (links Gestein, rechts Radiographie):
Erzfeld Pirna, Bahra-Kirchberger Zuflußsenke, Quarzsandstein, grobkörnig, hellgrau, kaolinitischer Zement, Flußauenschichten (ctr_2), Bohrung 2110/79, Teufe 229,5 m, Probe 13

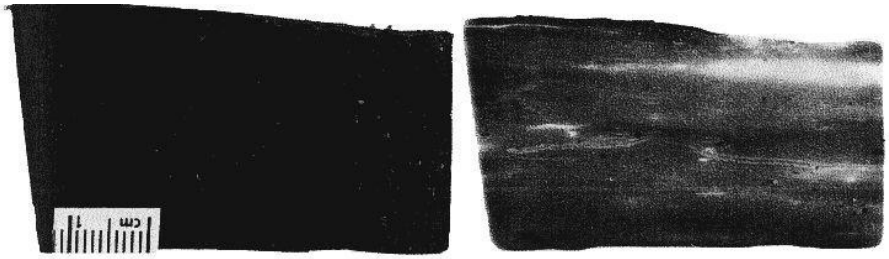


Abb. 63: (links Gestein, rechts Radiographie):
Tonsteinzwischenlage im Sandstein der Bahra-Kirchberger Zuflußsenke, Erzfeld Pirna, Flußauenschichten (ctr_2), Bohrung 2110/79, Teufe 233,3 m, Probe 31

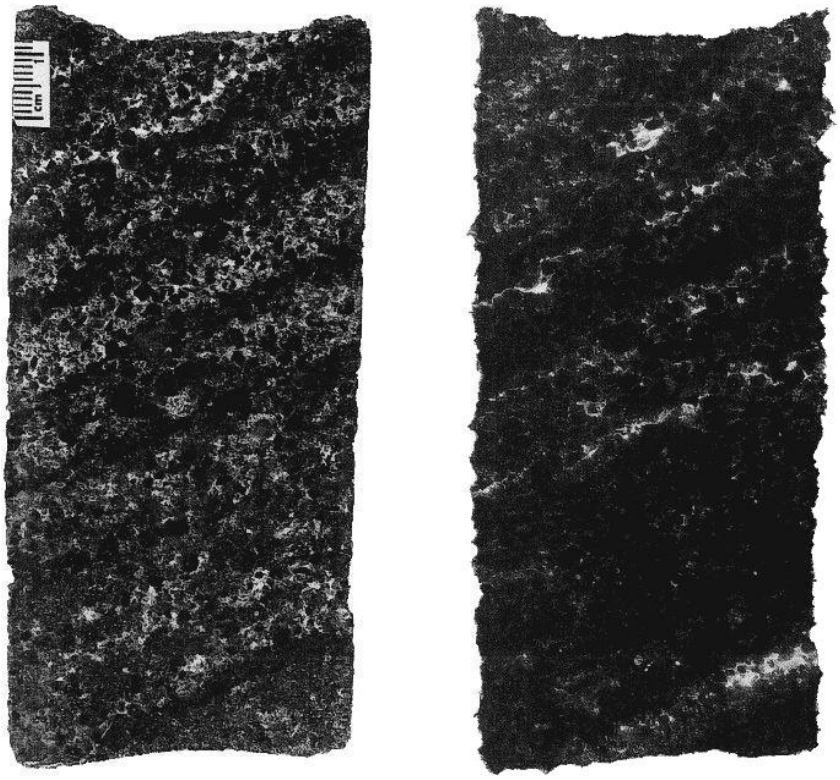


Abb. 64: (links Gestein, rechts Radiographie):
Sandstein, grobkörnig, grau, mit Schrägschichtung, kaolinitisches Bindemittel, Erzfeld Pirna, 3. Erzhorizont. Terrestrisches Cenoman, Flußauenschichten (ctr_2), Bahra-Kirchberger Zuflußsenke, Bohrung 2110/79, Teufe 230,5 m, Probe 22

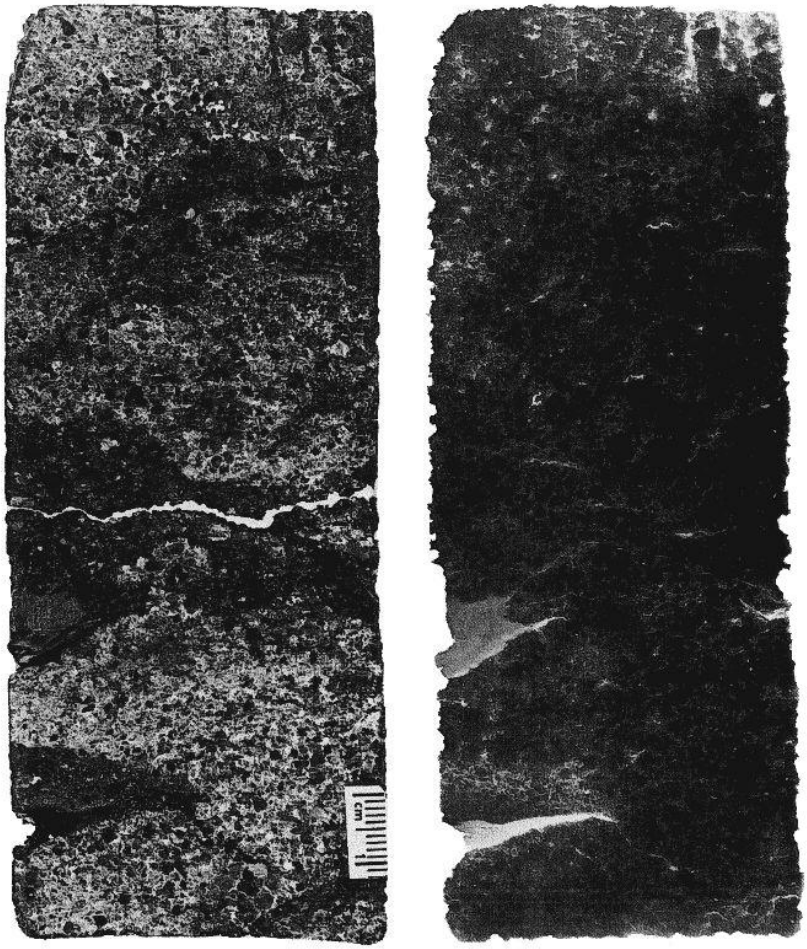


Abb. 65: (links Gestein, rechts Radiographie):
Quarzsandstein, grau, fein- bis grobkörnig mit Tongallen, kaolinitisches Bindemittel, oben mit inkohlten Wurzeln. Erzfeld Pirna, 3. Erzhorizont. Terrestrisches Cenoman, Flußauenschichten (ctr_2), Bahra-Kirchberger Zuflußsenke, Bohrung 2110/79, Teufe 231,5 m, Probe 24

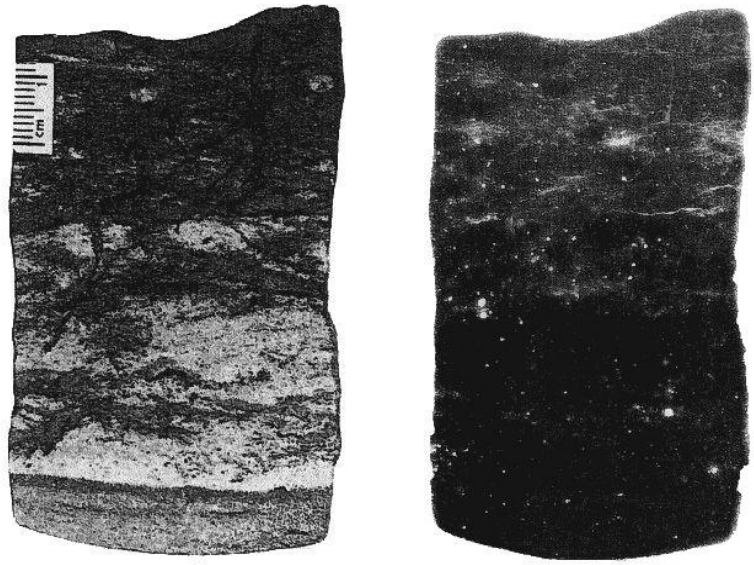


Abb. 66: (links Gestein, rechts Radiographie):
Quarzsandstein, grau, feinkörnig mit kohlig-schluffigen Schlieren und feiner Durchwurzelung. „Zwischenzone", 3. Erzhorizont. Terrestrisches Cenoman, Flußauenschichten (ctr_2), Bahra-Kirchberger Zuflußsenke, Bohrung 2179/79, Teufe 221,5 m, Probe 12-1

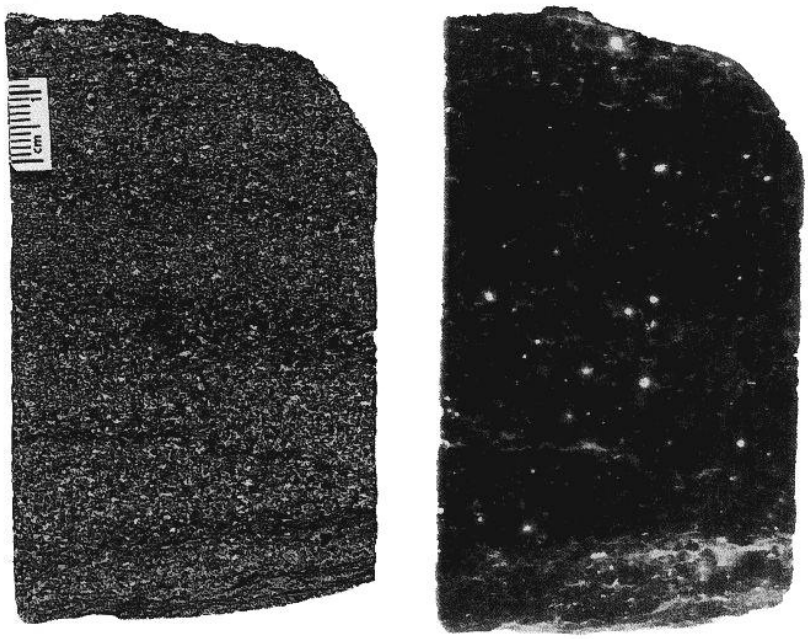


Abb. 67: (links Gestein, rechts Radiographie):
Sandstein, feinkörnig, tonig. „Zwischenzone“, 3. Erzhorizont. Terrestrisches Cenoman, Flußauenschichten (ctr_2), Bahra-Kirchberger Zuflußsenke, Bohrung 2179/79, Teufe 222,5 m, Probe 15

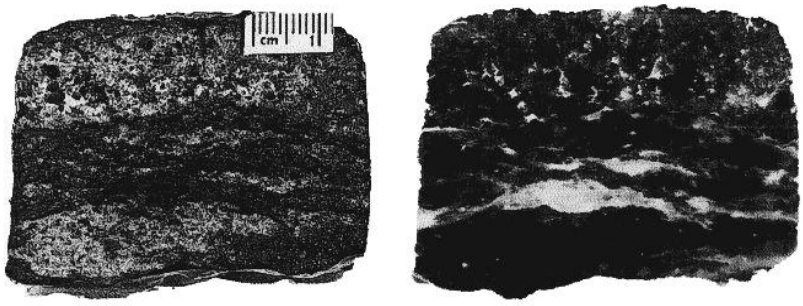


Abb. 68: (links Gestein, rechts Radiographie):
Quarzsandstein, fein- bis grobkörnig, kohlig-tonige Schlieren, kaolinitisches Bindemittel. Bohrung 2179/79, Teufe 222,1 m, Probe 13

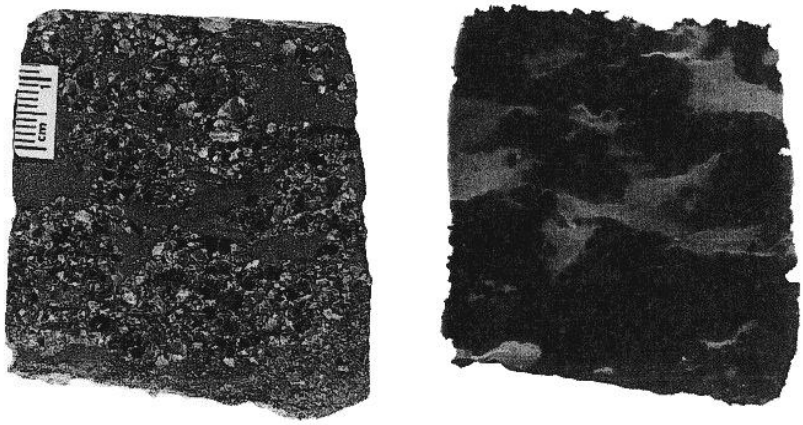


Abb. 69: (links Gestein, rechts Radiographie):
Sandstein, grobkörnig, grau mit reichlich Tongallen. Erzfeld Pirna, 3. Erzhorizont. Terrestrisches Cenoman, Flußauenschichten (ctr_2), Bahra-Kirchberger Zuflußsenke, Bohrung 2111/79, Teufe 231,4 m

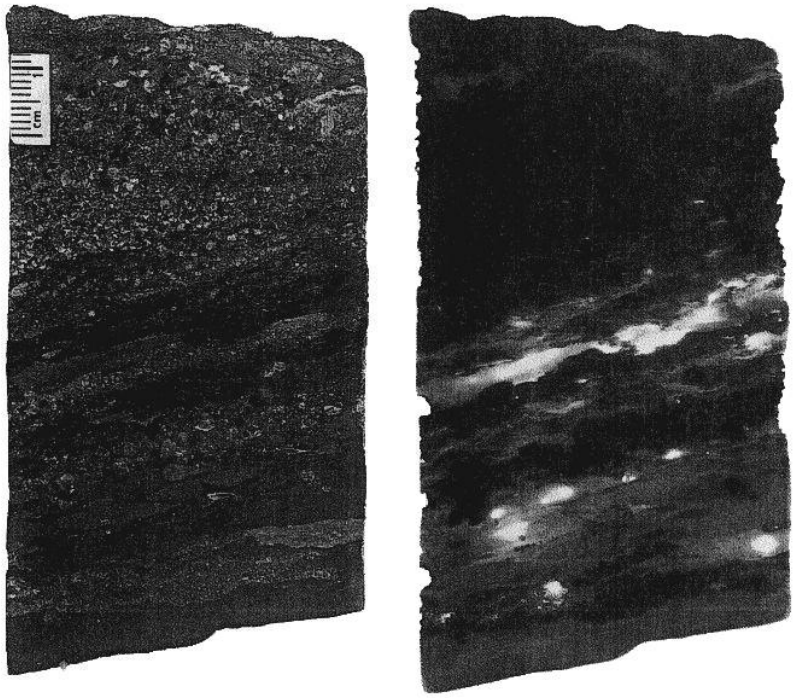


Abb. 70: (links Gestein, rechts Radiographie):
Sandstein, fein- bis mittelkörnig, grau mit Einlagerungen von Schluff und Ton. Erzfeld Pirna, 3. Erzhorizont. Terrestrisches Cenoman, Flußauenschichten (ctr_2), Bahra-Kirchberger Zuflußsenke, Bohrung 2111/79, Teufe 231,5 m

Die Radiographie zeigt Dispers-Uran mit Übergängen in die mineralisierte Form.

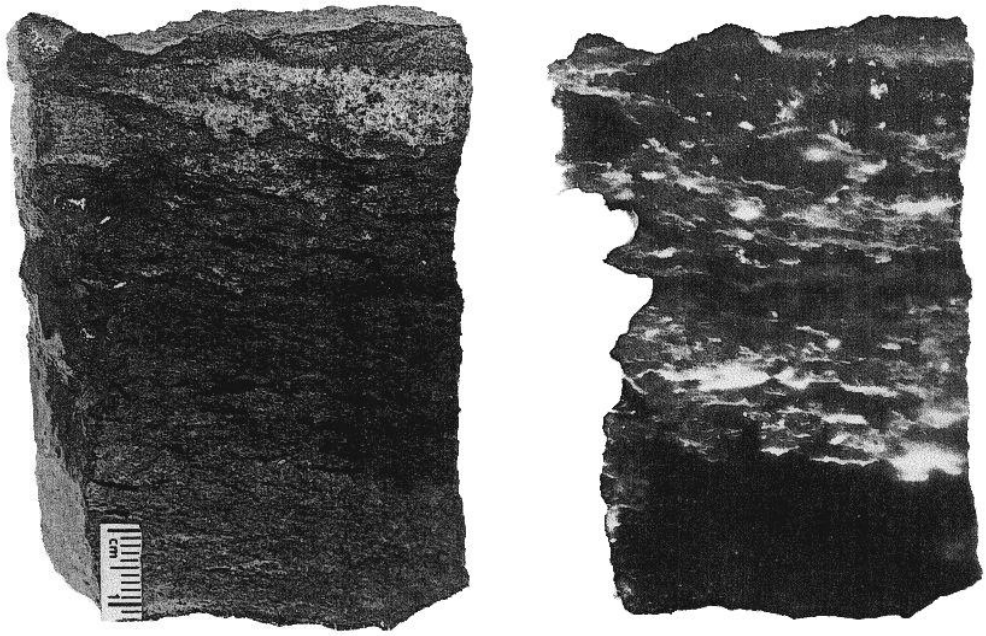


Abb. 71: (links Gestein, rechts Radiographie):
Schluffsteinlage, Übergang in Sandstein, reichlich inkohltes Pflanzenhäcksel, Zuflußsenke „Schacht 387-Forsthausweg". Terrestrisches Cenoman, Flußauenschichten (ctr_2), Steigort 1, Probe 1872

(Jeweils links Gesteinsfoto und rechts Radiographie)

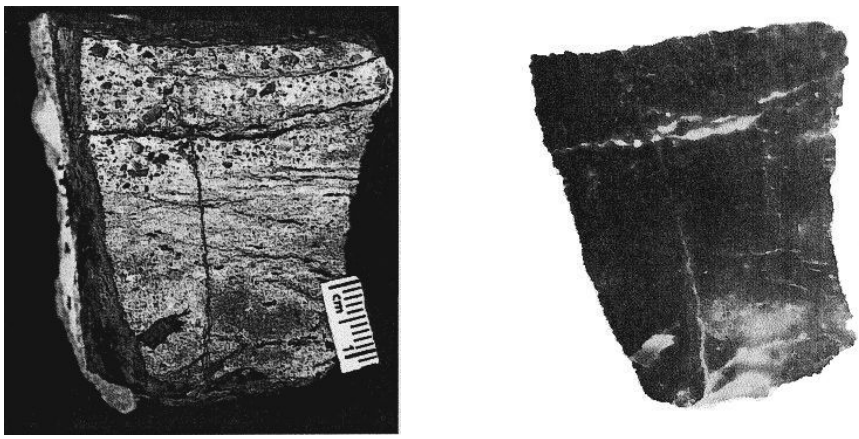


Abb. 72: Sandstein, fein- und grobkörnig, inkohltes Pflanzenhäcksel, unten mit Uranschwärze, dunkelfleckig mit verwaschenen Grenzen, Einwanderung von Uran in die Gesteinsklüftung. ctr_2, Steigort 1, Probe 1882-2

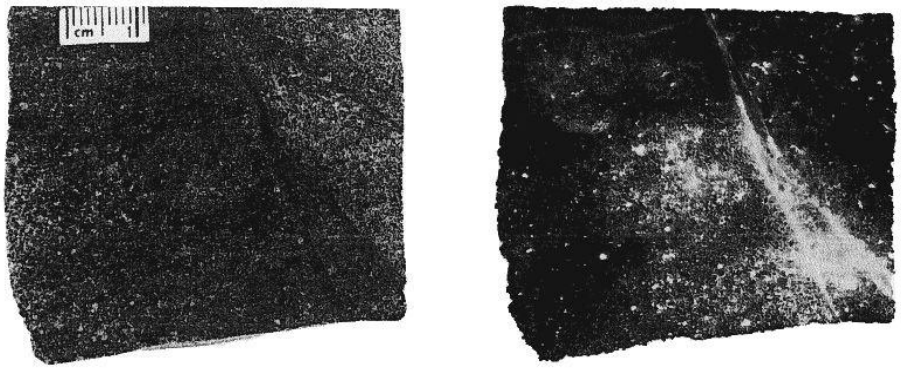


Abb. 73: Sandstein, fein- bis mittelkörnig, durchsetzt mit dunkelgrauer disperser organischer Substanz. Die Radiographie zeigt deutlich das Einwandern von Uran in die Klüftung. Uranvorkommen Hinterhermsdorf, Basis Unterquader, über Crednerienschichten. Bohrung 2418A, Teufe 603 m.

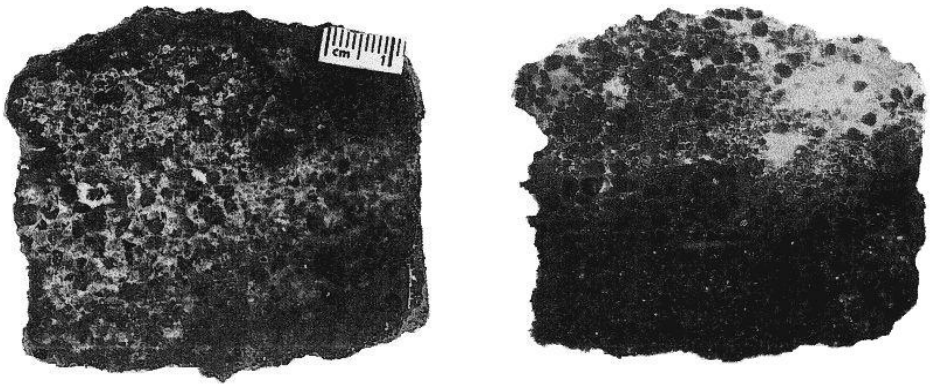


Abb. 74: Quarzsandstein, grobkörnig, grau, Uranschwärze in dunklen verwaschenen Flecken (z. B. oben rechts), Zentralzone, 3. Erzhorizont, ctr_2, Zuflußsenke „Schacht 387-Forsthausweg“, Steigort 1, Probe 1883

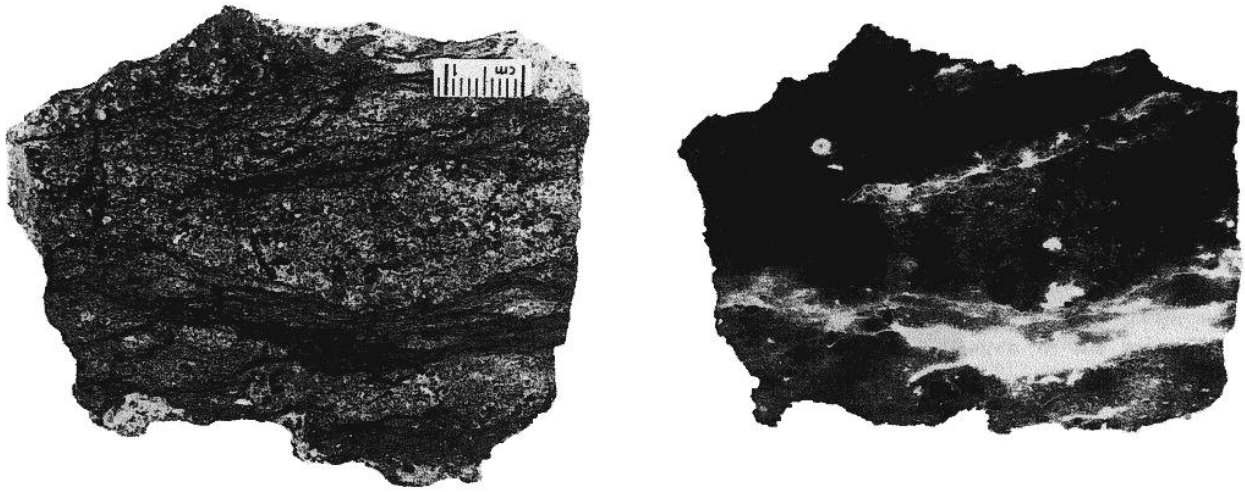


Abb. 75: (links Gestein, rechts Radiographie): Quarzsandstein, mischkörnig, schluffig-kohlig-tonig durchflasert. Auf der Radiographie oben links Uranabscheidung um konkretionären Pyrit. Zentralzone, 3. Erzhorizont, terrestrisches Cenoman, Flußauenschichten (ctr_2), Zuflußsenke „Schacht 387-Forsthausweg", Steigort 1, Probe 13

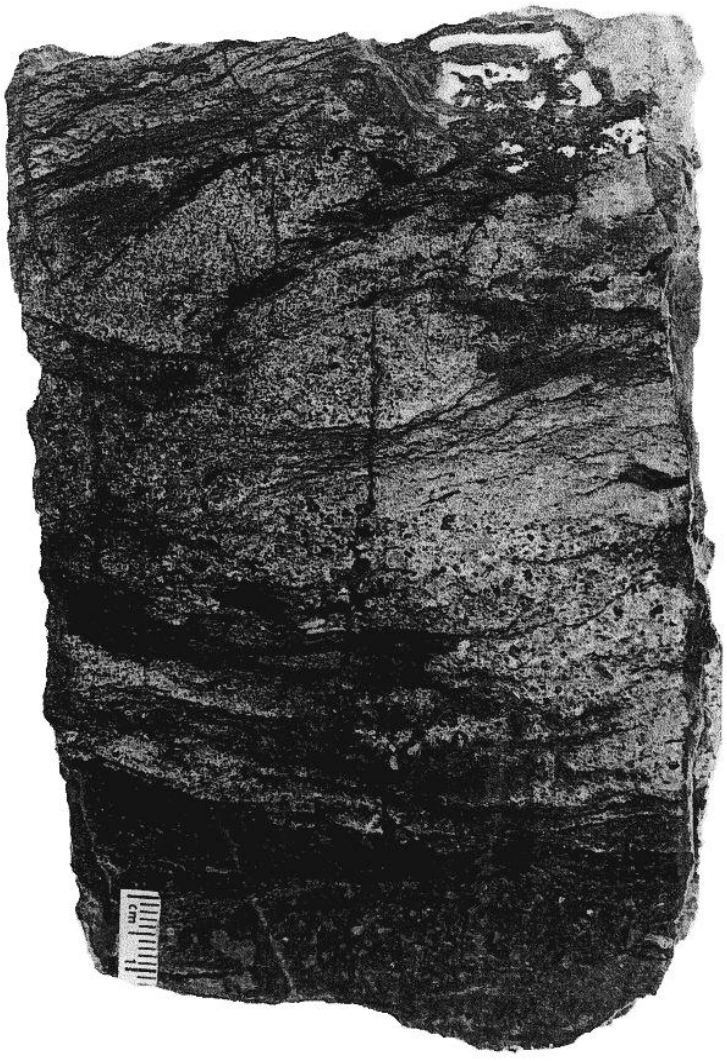


Abb. 76: (links Gestein, Radiographie dazu auf Seite 91):
Quarzsandstein, fein- und mischkörnig, grau, kohlig-tonige Schlieren. Uranschwärze verursacht im hellen Sandstein dunkle, verwaschene Flecken. 3. Erzhorizont, Zuflußsenke „Schacht 387-Forsthausweg", terrestrisches Cenoman, Flußauenschichten (ctr_2) Typische Uranerz-Fazies im 3. Horizont, Steigort 1, Probe 1882-1

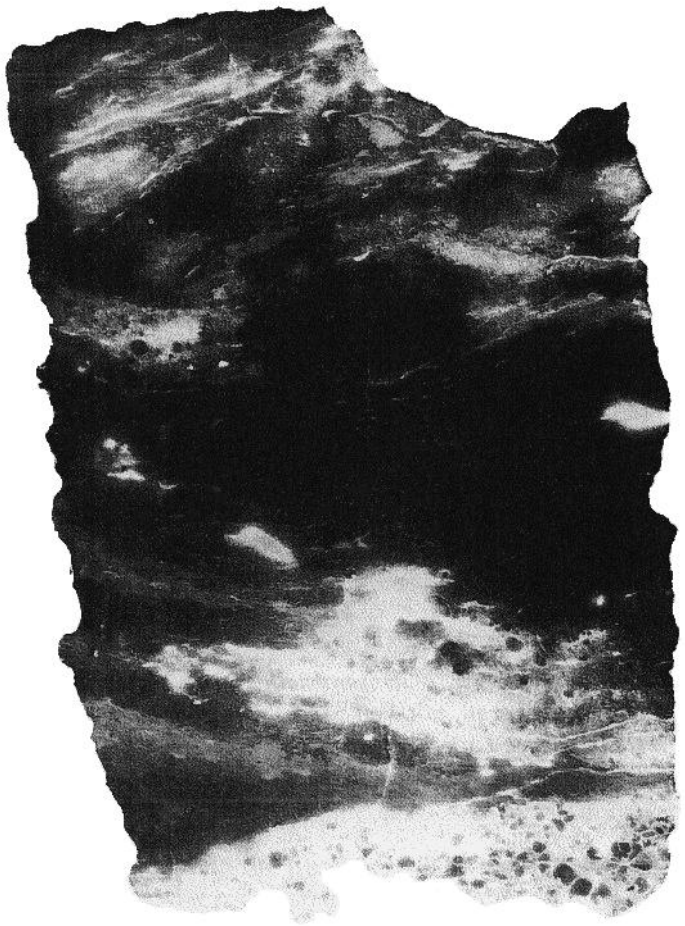
Dabei kopieren sie inkohltes Pflanzenhäcksel, Kohlebröckchen, aufrechtstehendes und durcheinander wachsendes Wurzelwerk und Sulfideinschlüsse (Abb. 60, 61, 66, 76). Sie zeichnen diese Gemengteile zum Teil bis in ihre filigranen Einzelheiten nach.

Vom Hintergrund der wolkigen Schleier und feinen Musterungen heben sich stellenweise schärfer begrenzte und intensivere Schwärzungen kontrastreich ab. Diese zeigen manchmal eine zonare Struktur und wirken wie von der Hintergrundschwärzung genährt. Es ist anzunehmen, daß es sich bei ihnen um die besagten Übergänge von der dispersen in die mineralisierte Vererzungsform handelt. Sie sind am deutlichsten in den Abb. 70 und 77 zu erkennen. Mitunter bestehen sie aus zu unregelmäßigen Flächen verfließenden Punktanhäufungen (Abb. 61, 73, 76). Die Kontrastschwärzungen sind an inkohlten organischen Detritus gebunden (Abb. 61, 71, 72), umschließen Sulfideinschlüsse (Abb. 60, 75), durchsetzen toniges Bindemittel der Sandsteine (Abb. 62, 64, 74) und bilden sich auf Klüftungsflächen ab (Abb. 72, 73).

Außer diesen Indikationen sind auf einigen Radiographien von der Hintergrundschwärzung unabhängige punktuelle Schwärzungen über die gesamte Aufnahmefläche verstreut (Abb. 66, 67). Dieses Merkmal zeichnet Proben aus dem 3. Erzhorizont und insbesondere solche aus dem Feldesteil Pirna aus. Bei seiner erzmikroskopischen Untersuchung wurden als Quelle der Strahlung winzige, nicht diagnostizierbare Partikeln in Ausmessungen von <0,001 mm ausgemacht. Ein solches im röntgenfluoreszenzanalytisch-mikroskopischen Verfahren überprüftes Teilchen erwies sich inhomogen aus Uran und Titan zusammengesetzt. Es enthielt 32,6 % U und 34,75 % Titan in seinen inneren und 77 % U und 1,7 % Ti in seinen äußeren Partien [16]. Da die unterschiedliche Zusammensetzung auch in der Lichtreflexion zum Ausdruck kam, wurde statt eines einheitlichen Minerals das Vorliegen einer Verwachsung von Uran- und Titanoxiden vermutet. Außerdem wurden in solchen Proben uranhaltige Leukoxene angetroffen. Wahrscheinlich geht diese Schwärzungsart von uran- und thoriumhaltigen Schwermineralen und Einschlüssen von Zirkonen aus, die für das terrestrische Cenoman charakteristisch sind [27].

Die Trümer-Flecken-Erze bilden sich auf den beschriebenen Radiographien mit den kontrastreichsten Schwärzungen ab. Im Gestein heben sie sich dunkelfleckig visuell erkennbar hervor (Abb. 72, 74, 76). Die Flecken werden durch Mineralisationen von Uranschwärze, Pechblende

Radiographie zu Abb. 76:



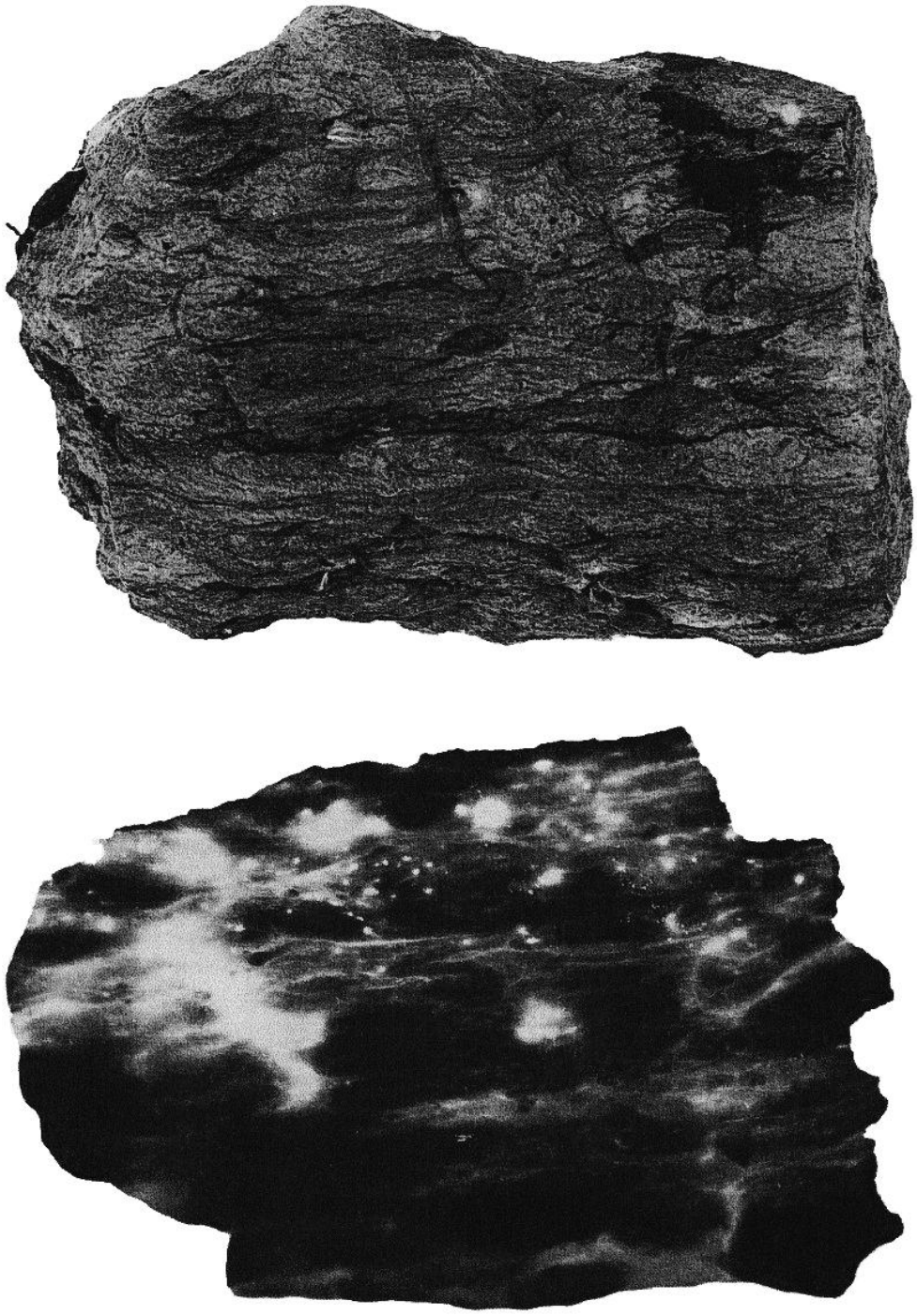


Abb. 77 (oben Gesteinsfoto, unten Radiographie): „Wurmsandstein“ unter der Unterkante des Unterquadersandsteins (cm_1), Lagunärfazies. Sandstein, feinkörnig, grau, mit Ton- und Schluffeinlagerungen und organischer Substanz gemasert. Haupterzträger der Lagerstätte. Obere Lagerstättenetage, 2. Erzhorizont.
Das Uran ist an die Schluff- und Tonmaserung gebunden, dispers verteilt, mit Übergängen in die mineralisierte Form. Fotos: S. A. NEKRASSOVA

Abb. 78 (oben Gesteinsfoto, unten Radiographie): Unterquadersandstein (cm_2) in der Kontaktzone. Fleckenerz mit Hydrohämatit und Goethit (Г), Pechblende (H) und Uranschwärze. Obere Lagerstättenetage, 1. Erzhorizont.
Fotos: S. A. NEKRASSOVA

und Coffinit hervorgerufen, wobei unter der Uranschwärze feindisperse Imprägnationen von Uranoxiden zu verstehen sind. Die Mineralisationen wurden erzmikroskopisch und geologisch ausführlich von S. A. NEKRASSOVA und A. I. WASSILJEW untersucht und beschrieben [28, 50]. Sie werden nach ihren Lagerungsbedingungen sowie nach ihren morphologischen und stofflichen Besonderheiten in verschiedene Typen unterteilt. Sie kommen in folgenden Abschnitten der Lagerstätte am höchsten entwickelt vor:

1. An den beiden Kontaktflächen des 1. und 2. Erzhorizontes mit der zwischenlagernden oxidierten Unterquader-Sandsteinbank.

2. In der Unterquader-Sandsteinbank, hinter der Grenzlinie ihrer Oxidation in der Zone ihrer Ausbleichung und des Zusammenschlusses beider Erzhorizonte.
3. In den in der West-, Zentral- und Kontaktzone verbreiteten und beschriebenen Klufterzkörpern.

Die Erze sind gewöhnlich mit Eisensulfiden, Eisenoxid-Hydraten und Baryt assoziiert. Sie werden in folgende hauptsächliche Mineralisationstypen unterteilt:

1. Mineralisation mit Pechblende und Uranschwärze
2. Mineralisation mit Pechblende, Coffinit und Eisensulfiden
3. Mineralisation mit reliktischer Pechblende, Eisensulfiden und sekundären Oxidationsmineralen des Urans
4. Mineralisation mit Pechblende, Uranschwärze und Hydrohämatiten

Der Mineralisationstyp mit Pechblende und Uranschwärze ist an den Kontakt des Wurmsandsteins bzw. 2. Erzhorizontes mit dem hangenden oxidierten Unterquader gebunden. Längs dieser Schichtgrenze ist er bevorzugt in der West-, Kontakt-, und Zentralzone ausgeprägt. Die Abscheidungen bilden an den nordoststreichenden Klüften 1-2,5 cm starke vertikale Schnüre und Streifungen von 2-5 Metern Tiefenerstreckung und mit durchschnittlichen Urangehalten bis 25 %. Die Mineralisation setzt in der Wurmsandstein-Oberkante, als Belag auf steileinfallenden Kluftflächen, unvermittelt ein und klingt nach der Tiefe allmählich ab. Sie wird von einer Oxidation des Nebengesteins begleitet, die sich aus dem hangenden Unterquader herausstreckt. Das Nebengestein ist nach oben hin fleckig limonitisiert und nach unten zu hellgrünlichgrau ausgeblichen. Örtlich setzt sich die Mineralisation bis hinein in die unterlagernden See-Sumpf-Ablagerungen fort. Hier sind die Uranoxide an die Schichtgrenzen der sandig-tonigen Wechsellagerung gebunden. Die Imprägnationen bilden den Kern solcher, wie in den Abbildungen 53 und 57-59 gezeigten Klufterzkörper. Die Verteilung der Mineralisation im Wurmsandstein-Profil und die mit ihr verbundene Veränderung des Nebengesteins verdeutlicht die Abb. 79. Jedoch hat der Autor der Darstellung (A. I. WASSILJEV) den in der Oberkante des Wurmsandsteins verlaufenden flözförmigen 2. Erzhorizont nicht gesondert ausgehalten und dadurch den Zusammenhang von disperser schichtkonformer Uranführung und kluftgebundener Mineralisation nicht herausgestellt. Damit bleibt die Ursache für das Fehlen der Mineralisation im 3. Profil der Darstellung verborgen, das auf eine Verarmung der dispersen Schichtkonform-Vererzung zurückzuführen ist.

Die Mineralisation mit Pechblende, Coffinit und Sulfiden, ist im Grundriß hauptsächlich hinter der Grenzlinie der Oxidation des Unterquaders anzutreffen. Hier ist sie in der Zone der Weißverfärbung des Sandsteins und des Zusammenschlußes der beiden, je in seinem Dach und Sohle verlaufenden Erzhorizonte ausgebildet. Das Sandsteinintervall ist intensiv geklüftet und die Mineralisationen bilden einzelne, bis 2 m mächtige steilstehende Körper mit Urangehalten von 6-10 %. Sie heben sich gegen den Hintergrund des Dispersurans mit Gehalten von nur einigen hundertstel Prozent besonders kontrastreich ab. Pechblende, Coffinit und Sulfide durchtrümern den Sandstein und bilden Beläge auf den Klüftungsflächen. Die Sulfide bestehen hauptsächlich aus Pyrit, Markasit und Melnikovit und seltener aus Sphalerit und Galenit. Mit ihnen und den Uranoxiden in Assoziation findet sich hier auch Baryt. Er bildet, auf Kluftflächen ausgeschieden, tafelige oder radialstrahlige Kristalle unterschiedlicher Größe, etwa von 4 mm bis 2 cm Kantenlänge.

Die Mineralisation mit reliktischer Pechblende und sekundären Oxidationsmineralen ist im Grundriß weiter nach Westen zu und hier an die Vorderseite der Unterquader-Vererzung gebunden. Sie fällt mit der Linie des Übergangs der oxidationsbedingten Rostfleckigkeit des Unterquaders in seine Weißverfärbung zusammen. Hier abgeschiedene Pechblende unterliegt an der Oxidationsfront der teilweisen Oxidation. Sie ist in dieser Zone mit aus der Oxidation hervorgegangenen Sekundärmineralen phosphatischer, arsenatischer und sulfatischer Zusammensetzung vergesellschaftet. Von Phosphaten wurden Autunit, Torbernit und Metatorbernit, von Arsenaten Uranozirzit und Metauranozirzit und von Sulfaten Zippeit und Uranospilit festgestellt. Jedoch bilden Pechblende und Oxidationsminerale nur einen Teil des Urans an der Oxidationsgrenzlinie. Ein weiterer Teil wurde gelöst und abgeführt und hinter der Grenzlinie der Oxidation in der Zone der Sandstein-Weißverfärbung neuerlich abgeschieden. Hier trägt er zur Ernährung und Weiterentwicklung der oben beschriebenen rückseitigen Mineralisationen bei. Die Paragenese von Primär- und Oxidationsmineralen des Urans bestätigt das Wirken einer elementanreichernden „Roll“-Dynamik. Die Dynamik beruht im gegebenen Fall auf einer Auflösung von Uran an der vorderen oxidierenden und seiner Wiederabscheidung an der hinteren reduzierenden Seite des Unterquaders bzw. 4. Grundwasserleiters in Abhängigkeit von der allmählichen progressiven Verlagerung dieser Oxidations- und Vererzungsfront.

Die Mineralisation mit Pechblende, Uranschwärze und Hydrohämatit bildet die auffälligste und bemerkenswerteste Vererzungsform in der Lagerstätte. Sie betrifft im 1. Erzhorizont die gemaserten Sandsteine im Unterquader-Dach und über dem 2. Erzhorizont den auflagernden grobkörnigen Unterquader-Quarzsandstein. Die Mineralisation ist in drei nordoststreichenden Erzlagern entwickelt, von denen sich zwei in der Zentral- und ein Lager weiter südlich in der Kontaktzone befinden. Pechblende und Uranschwärze sind in diesen Vererzungen mit oxidhydratischen Eisenabscheidungen verbunden, die den Sandstein zementieren und imprägnieren. Die Uranoxide

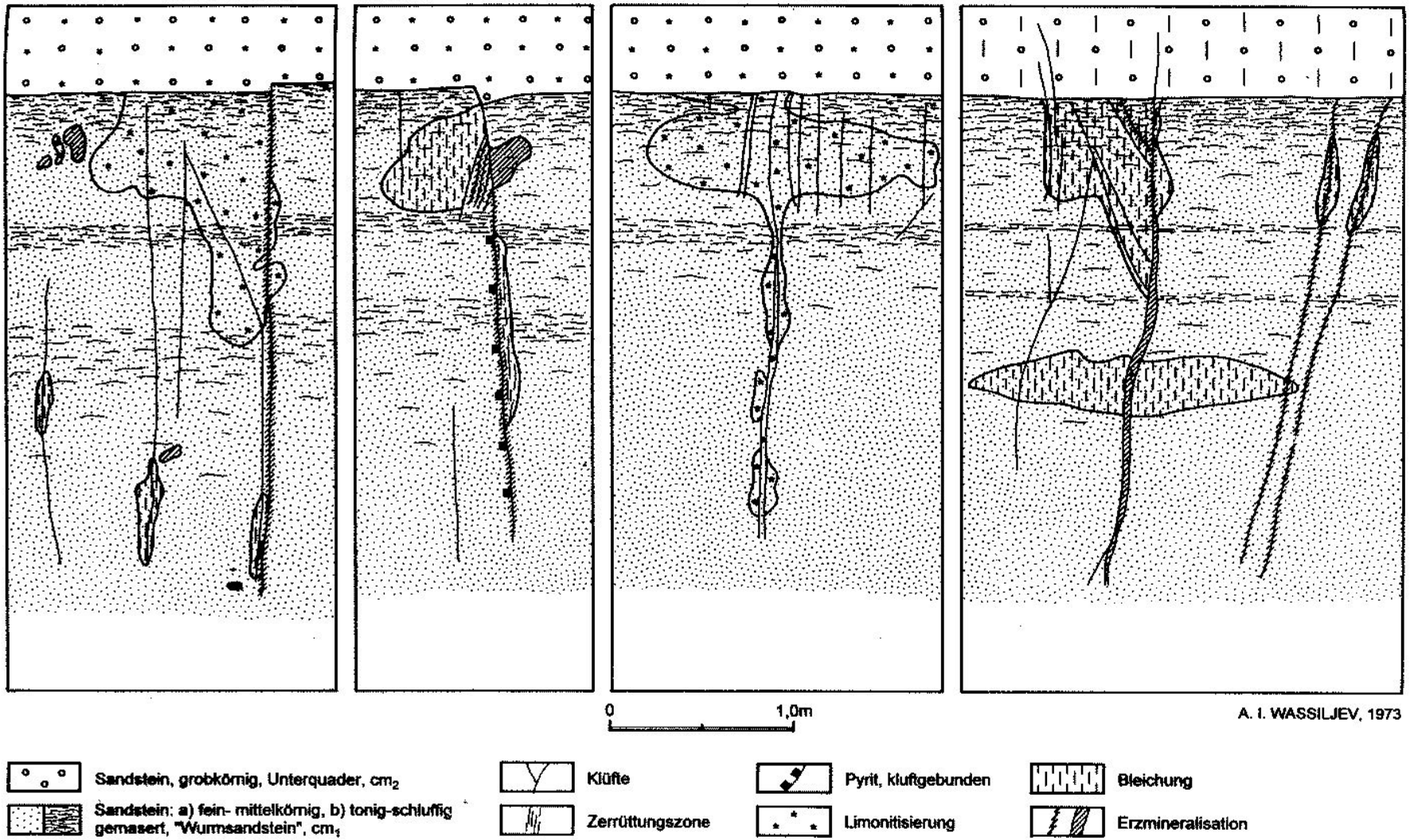


Abb. 79: Dokumentation von Fleckenerzen mit Uranschwärze und Pechblende im "Wurmsandstein" (nach A. I. WASSILJEV, 1973)

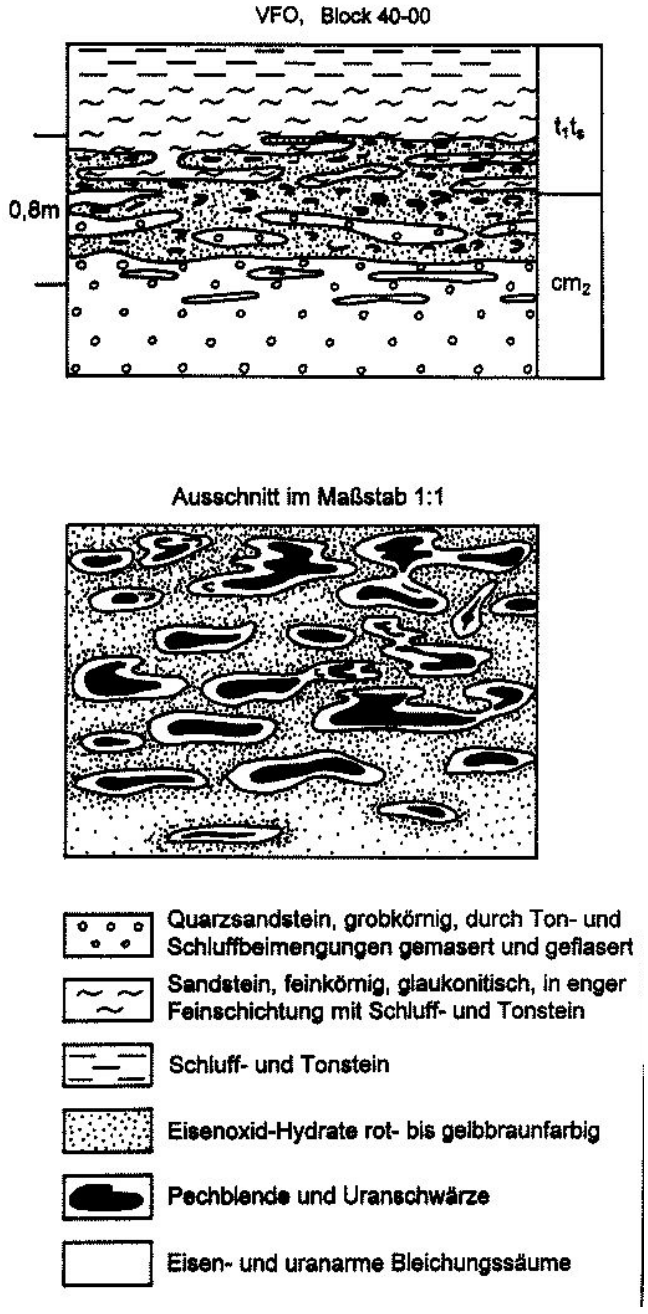
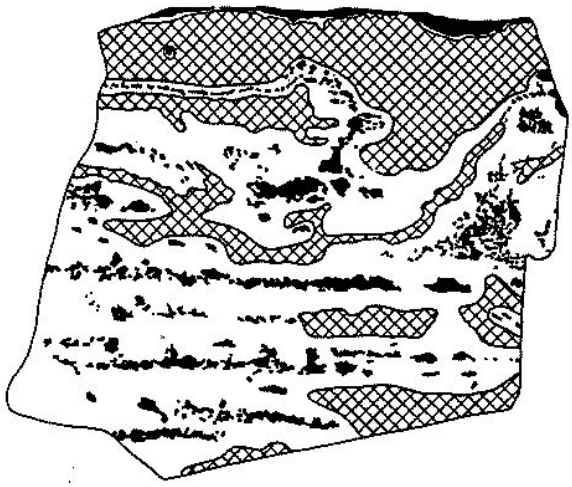


Abb. 80: Hydrohämatit-Uranschwärze-Pechblende-Vererzung, schichtenkonform, 1. Erzhorizont. Gemaserte Sandsteine des Unterquaders am Kontakt zu den Übergangsschichten, Oberkante des 4. Grundwasserleiters.

sind in die Eisenoxidhydrate eingeschlossen. Sie heben sich in den untertägigen Auffahrungen in dunklen Flecken auf rotbraunfarbigem Gesteinsuntergrund deutlich hervor. Sie bilden gemeinsam mit der Rotfärbung die unterschiedlichsten Fleckungsmuster. Die Muster ziehen sich schichtungskonform in unregelmäßigen Schnüren, Streifen, Bändern und Girlanden durch die gemaserten Sandsteine im Unterquader-Dach. Dabei nehmen sie bevorzugt die charakteristischen und so bezeichneten "Augen"- oder "Leopardenfell"-Texturen an. Die dunklen, uranoxidischen Augen sind länglich oval geformt und bis zentimetergroß. Sie sind von millimeterbreiten Bleichungssäumen umgeben, welche sie von den Eisenoxidhydraten trennen und die Lebhaftigkeit der Gesteinstexturierung noch erhöhen (Abb. 80). Das Uran ist texturabhängig im Gestein verteilt. Chemische Analysen von Erzproben ergaben für die uranoxidischen Flecken 10-12 %, für die eisenoxidischen Partien 0,1-0,8 % und für die Bleichungsstellen weniger als 0,1 % Uran [50].

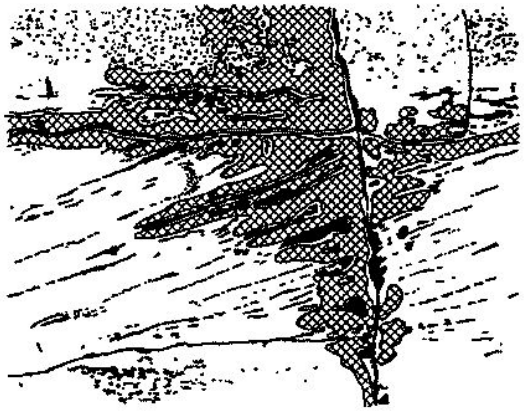
In der erzmikroskopischen Untersuchung wurden die Eisenoxid-Hydrate als enge Verwachsung von Hydrohämatit, Goethit, Hydrogoethit, Hämatit und amorphen Eisenhydroxid-Gel diagnostiziert [28]. Von der jeweiligen Vorherrschaft der einzelnen Eisenoxid-Varietäten hängt der Grundfarbton des Erzsandsteins ab, z. B. kirschrotbraun von Hydrohämatit und Hämatit und zimtbraun bis ockergelb von Goethit und Hydrogoethit. Die Eisenoxid-Hydrate bilden im Anschliff rhythmisch-zonare, kollomorphe, nierig-kugelige Abscheidungen. Sie umwachsen und korrodieren gewöhnlich die Regenerationssäume der Quarze des Sandsteins und durchdringen dessen toniges Bindemittel. Das Bindemittel besteht aus Dickit und Halloysit und wird als metasomatisch aus Kaolinit hervorgegangen angenommen [28]. Pechblende und Uranschwärze imprägnieren, den Eisenoxid-Hydraten analog mit nierig-kugeligen Ausscheidungen in Mikrogrößen von 1-3 µm und weniger das tonige Sandsteinzement. Sie korrodieren und verdrängen Dickit und Halloysit und die Regenerationssäume der Quarze bis auf deren Primärsubstanz. Solche Verwachsungen bedeuten nach Auffassung der Bearbeiter nicht, daß das Uran die genannten Komponenten direkt verdrängt. Die Pechblende könnte ihren Platz auch anstelle vorhanden gewesener Eisenoxidhydrate durch deren Verdrängung eingenommen haben. Die identischen Abscheidungsformen der Uran- und Eisenoxide, wie auch die stark herabgesetzten Eisengehalte in den uranoxidischen Imprägnationen würden dieser Interpretation nicht widersprechen. Auch wird in diesem Zusammenhang auf die bevorzugte Abscheidung der Pechblende in kompakter Form in offene Porenräume verwiesen. Solche Bedingungen ließen auf eine Einwanderung des Urans in den Sandstein erst nach dessen Hydro-Hämatitisierung schließen. Nach persönlicher Auffassung wäre jedoch zu erwägen, inwieweit das enge Gemisch von Eisen- und Uranoxiden mit der teilweisen Zersetzung eines anfänglich einheitlich einphasigen Geles in seine beiden chemischen Bestandteile erklärt werden kann.

Das 3., in der Kontaktzone in den grobkörnigen Quarzsandsteinen des Unterquaders ausgebildete Erzlager ist hauptsächlich an die steileinfallende Gesteinsklüftung ge-



a) Pechblende und Eisenoxidhydrate in fein- bis grobkörnigem Quarzsandstein, Zeichnung nach einem Handstück

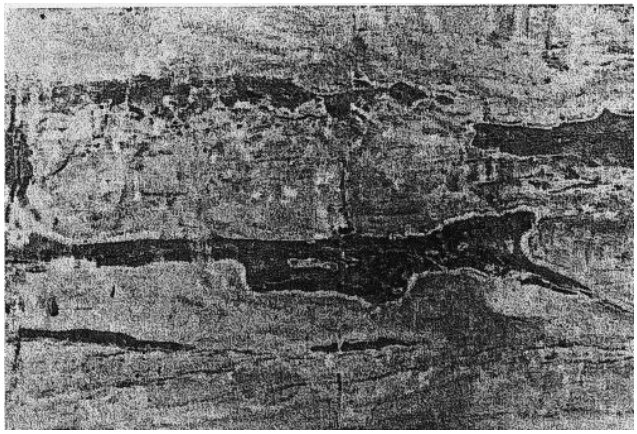
b) Pechblende und Eisenoxidhydrate in fein- bis grobkörnigem Sandstein, Darstellung eines Grubenaufschlusses etwa 1 : 1

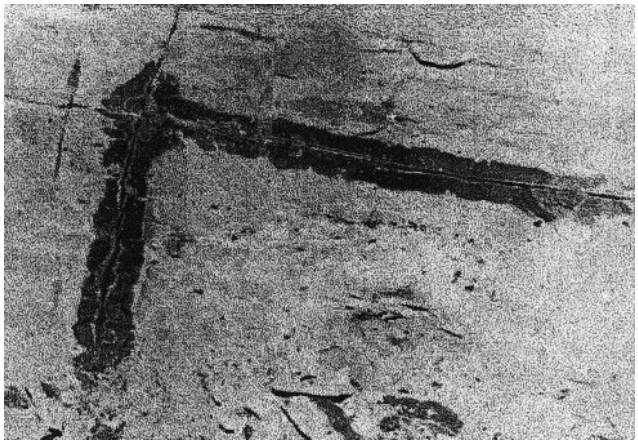


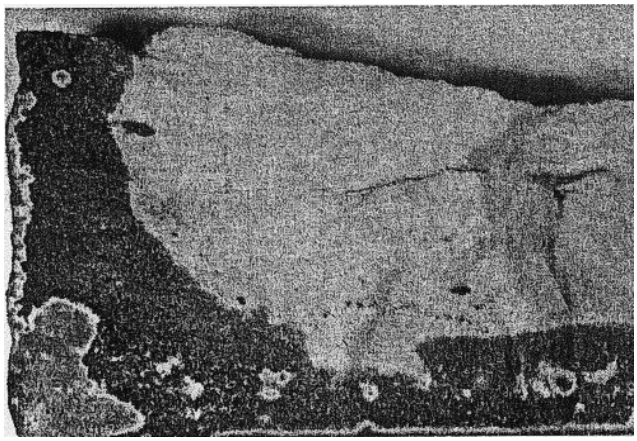
c) „Flaggenerz", Dokumentation eines Grubenaufschlusses etwa 1 : 10

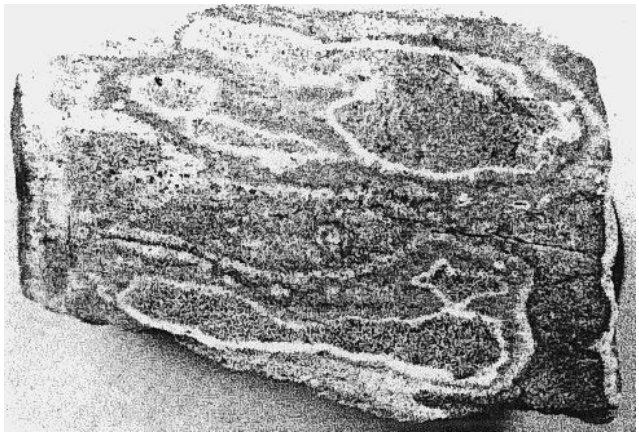
Abb. 81: Dokumentationen zu Trümer-Fleckenerzen, Typ Eisenoxidhydrat-Pechblende-Uranschwärze-Assoziation. Unterquadersandstein der Kontakt- und Zentralzone (aus A. I. WASSILJEV, 1973)

bunden. Die uranführende Hydro-Hämatitisierung verbreitet sich von den Klüften aus mit unregelmäßigen Begrenzungen in das Nebengestein. Mit denselben Texturen wie beschrieben und desgleichen durch Bleichungsräume voneinander getrennt, imprägniert und durchtrümert das rot-schwarz-fleckige Gemisch aus Eisen- und Uranoxiden den Unterquadersandstein. Stellenweise zieht sich die Vererzung von den Klüften aus einseitig und fahnenartig in Richtung von Schichtenfallen und Grundwasserbewegung in das Nebengestein hinein. In solchen Fällen bildet sie die typischen Formen des in Abb. 81 dargestellten "Flaggenerzes" aus. Der Eisengehalt, in Fe_2O_3, beträgt im allgemeinen, wie aus Tab. 11, Teil II, zu entnehmen, im Unterquader im Mittel nicht mehr als 0,94 %. Hier, in den









Erzmineralisationen in Grubenauffahrungen und entnommenen Gesteinsproben (aus: WASSILJEV, A. I. & NEKRASSOVA, S. A., 1973)

Abb. 82 (oben links): Eisenoxidhydrat-Abscheidungen mit Pechblende und Uranschwärze, Abbaustoß im Unterquadersandstein, etwa 1 : 50

Abb. 83 (oben rechts): Gleiche Vererzung, gebunden an die steil einfallende, NO-streichende, etwa schichtparallele Gesteinsklüftung, etwa 1 : 50

Abb. 84 (unten links): Eisenoxidhydrat-Pechblende-Vererzung im gebleichten, feinkörnigen Unterquadersandstein. Dunkelgrau = Eisenoxidhydrate, grau mit Bleichungssäumen = Pechblende-Mineralisation, etwa 1 : 1

Abb. 85 (unten rechts): Eisenoxidhydrat-Pechblende-Vererzung mit „Leopardenfell"-Textur im Unterquadersandstein. rotbraun = Eisenoxidhydrate, grau mit Bleichungssäumen = Pechblende-Mineralisation, etwa 1 : 1

hydrohämatitischen Uranerzkörpern, liegt er zwischen 5 und 15 und maximal bei 24 % (Tab. 10). Das klüftungsgebundene Erzlager ist nicht mit der Zone der Schichtoxidation verbunden, sondern von dieser getrennt etwa 200 Meter weiter nach Osten zu ausgebildet. Aus diesem Grund könnte ihm hinsichtlich der genetischen Erklärung der beiden oberen Erzhorizonte eine besondere Bedeutung zuzumessen sein. Auf dieses Lager wird daher weiter unten noch einmal zurückgekommen.

Photographien von Abbaustößen und Handstücken mit primärer Uran-Mineralisation zeigen die Abb. 82-87. Einige Mikrophotos von Erzanschliffen aus unterschiedlichen Mineralisationstypen werden in den Abb. 88-97 aus

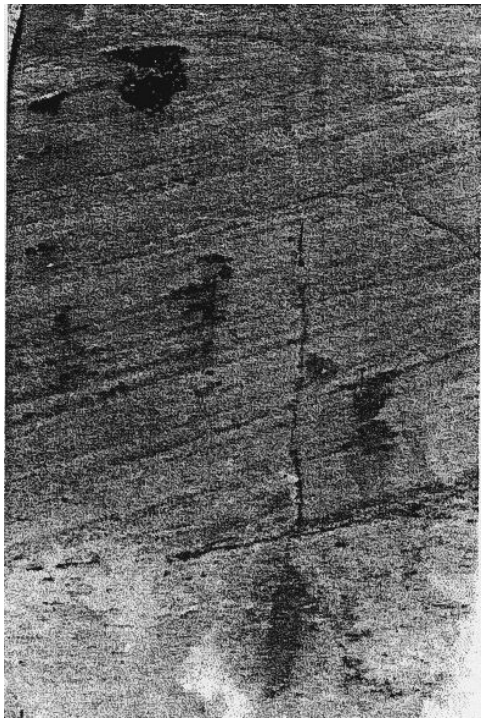
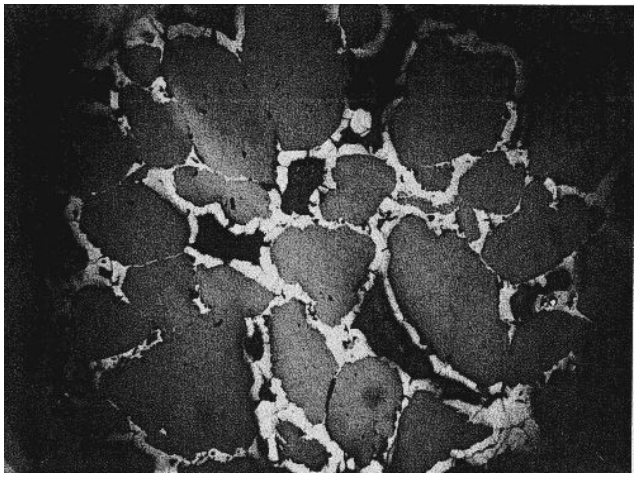


Abb. 86: Flecken von Pechblende und Uranschwärze im schräggeschichteten Unterquadersandstein und im unterlagernden „Wurmsandstein", Kluftmineralisation. Abbaustoß etwa 1 : 20

Abb. 87: Überzüge von Uranschwärze (= schwarze Flecken) auf einer Kultfläche im „Wurmsandstein". Bohrung 1916, Teufe 197,3 m

Tab. 10: Uran- und Eisengehalte in hydrohämatitischen Trümer-Fleckenerzen der Unterquadersandsteinbank (aus A. I. WASSILJEV, 1973, Angaben in %)

Pr. Nr.	Fe_2O_3	FeO	U	Pr. Nr.	Fe_2O_3	FeO	U
1. Hydrohämatitischer Erzsandstein							
a) ohne Uranmineralisation				b) mit Pechblende und Uranschwärze			
H-155	16,61	8,42	0,288	H-155	7,98	7,13	1,09
H-169	9,25	5,00	0,312	H-169	4,15	3,60	1,545
				WK-24	1,16	0,22	2,115
WK-42	6,34	0,32	0,118				
				WK-36	0,83	0,21	2,334
WK-23	6,97	4,35	0,785				
2. Erz-Nebengestein							
a) gebleicht				b) limonitisiert			
WK-I	0,04	0,36	0,011	WK-38	0,54	0,25	0,063
WK-3	0,02	0,43	0,042	WK-42b	0,57	0,07	0,092
WK-5	0,06	0,40	0,035	763/3	0,71	0,10	0,004
WK-6	0,16	0,34	0,013	763/4	0,61	0,08	0,003
WK-7	0,76	0,43	0,015	763/5	0,52	0,06	0,001
WK-8	0,46	0,40	0,002	763/6	0,78	0,11	0,026
WK-9	0,08	0,47	0,049	771/17	0,42	0,05	0,142
WK-12	0,10	0,18	0,032	771/18	0,33	0,04	0,008
WK-19	0,06	3,10	0,081	771/19	0,70	0,09	0,020
WK-21	0,03	2,90	0,037	771/20	0,67	0,11	0,006
WK-27	0,05	6,23	0,101	771/21	0,38	0,02	0,010
WK-39	0,43	0,11	0,107	771/22	0,48	0,03	0,003
WK-40	0,89	0,32	0,127				



Fotos von Erzanschliffen
(aus NEKRASSOVA, S. A., 1973)

Abb. 88:
Pechblende (weiß) umwächst Quarzkörner und füllt Porenräume im Sandstein aus. Vergrößerung etwa 70fach

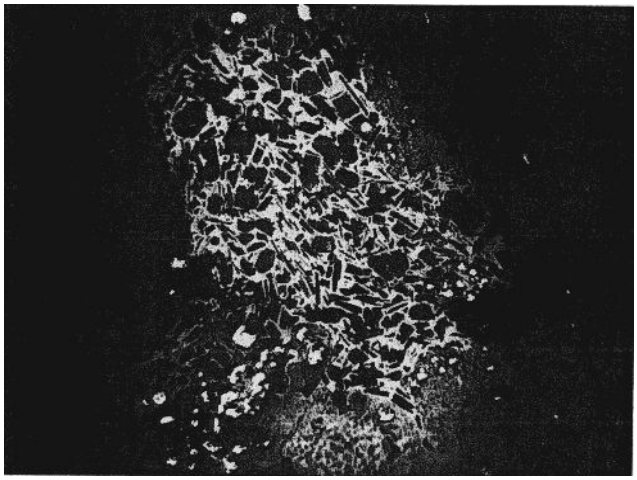


Abb. 89:
Verdrängung von Dickit (schwarz) durch Pechblende (hellgrau) im Sandstein-Bindemittel. Vereinzelte kleinkugelige Körper (weiß) = Pyrit. Vergrößerung etwa 70fach

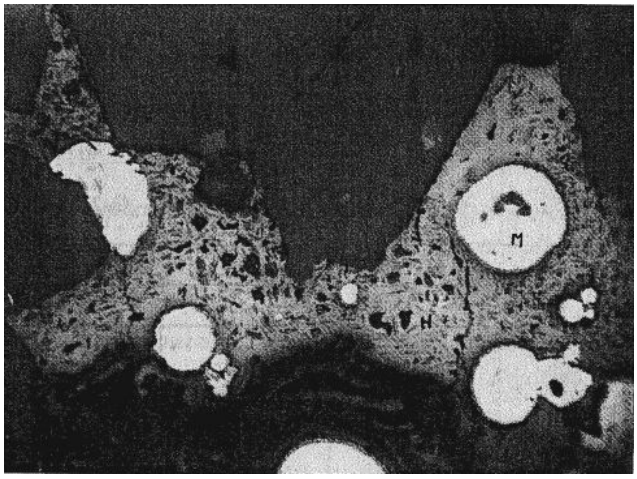


Abb. 90:
Pechblende (Nasturan, H) verdrängt bis auf verbliebene Relikte Dickit im Bindemittel des Sandsteins. M = konkretionärer Markasit, Vergrößerung etwa 70fach.

Abhandlung [28] zusammengestellt. Erzmikroskopisch wurden keine allgemein gültigen Regelmäßigkeiten in den Mineralisationsabfolgen festgestellt. Im Sandstein füllen die primären Uranminerale (Pechblende, Uranschwärze, Coffinit) gewöhnlich Porenräume aus, umwachsen und verdrängen, zuweilen in mehreren Generationen, kieseliges Bindemittel, Detritus, inkohlte organische Substanz, Sulfide (hauptsächlich Markasit) und Eisenoxidhydrate.

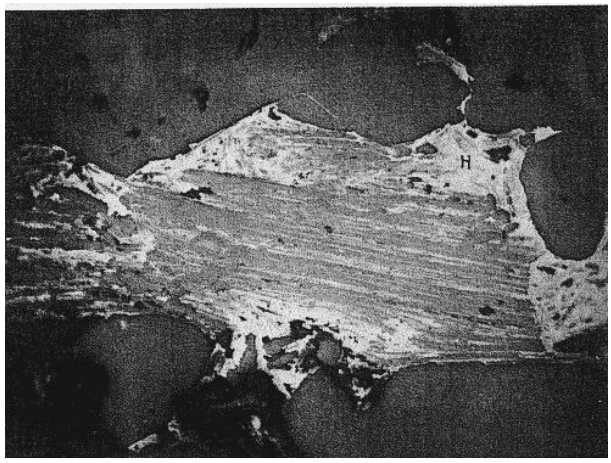


Abb. 91: Pechblende (Nasturan, H) verdrängt detritischen Glimmer im Sandstein-Bindemittel.
Vergrößerung etwa 70fach

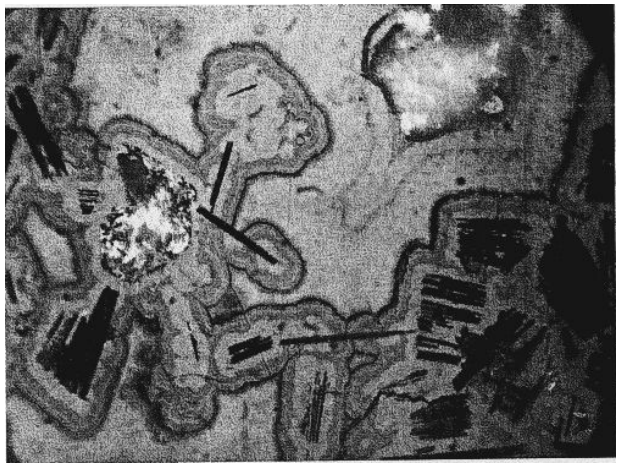


Abb. 92: Kollomorphe Pechblende, aus mehreren Generationen bestehend, mit Relikten von Dickit im Sandstein-Bindemittel.
Vergrößerung etwa 500fach

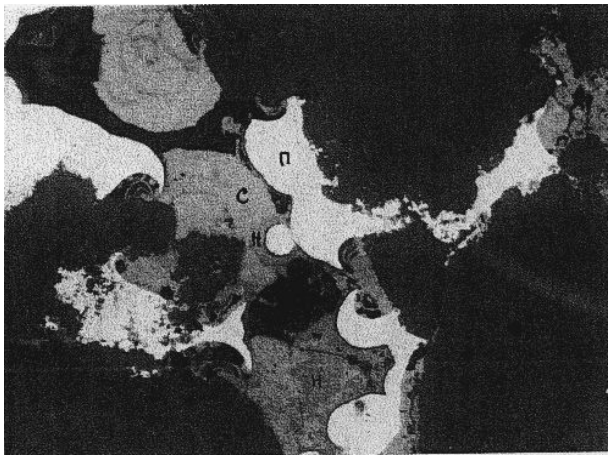
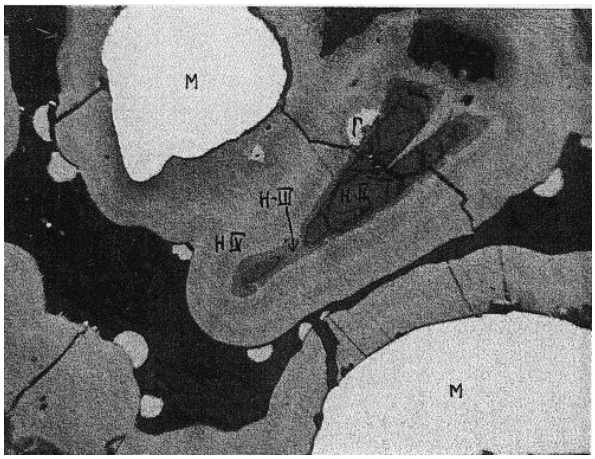
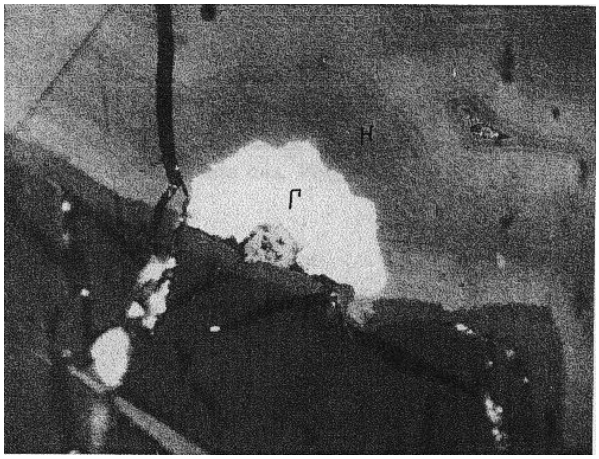


Abb. 93: Erztrümchen im Sandstein. Verwachsungen von Pyrit (П), Sphalerit (C) und Pechblende (Nasturan, H).
Vergrößerung etwa 200fach





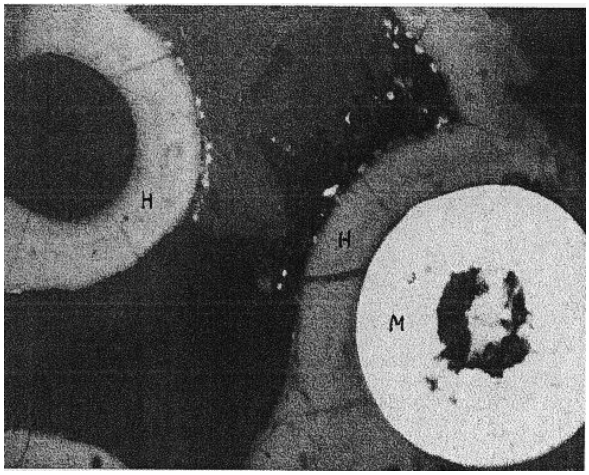


Abb. 94: (Oben links):
Eisenoxidhydrat-Gel (Г) auf Pechblende II (H-II). Dünne Schalen von Pechblende III (H-III). Darüber kollomorphe Pechblende IV (H-IV). Weiß = konkretionärer Markasit (M). Etwa 70fach

Abb. 95 (Oben rechts):
Detail aus Abb. 92; Eisenoxidhydrat-Gel (Г) enthält im Kern Pechblende I. Etwa 500fach.

Abb. 96 (links unten):
Sphärolithe von Pechblende (H), innen hohl oder mit Markasitkern (M). Etwa 200fach.

Doch kommen auch umgekehrt Verdrängungen des Urans durch Sulfide und Oxidhydrate vor. Die Herausbildung der einzelnen beschriebenen Mineralparagenesen wird anscheinend nach Zufälligkeit von den jeweils besonderen lokalen stofflichen Bedingungen und Voraussetzungen zur Migration, Abscheidung und Umverteilung der Elemente bestimmt. Einer Gesetzmäßigkeit im Sinne des erzgenetischen Formationsbegriffes unterliegen diese Assoziationen sicherlich nicht.

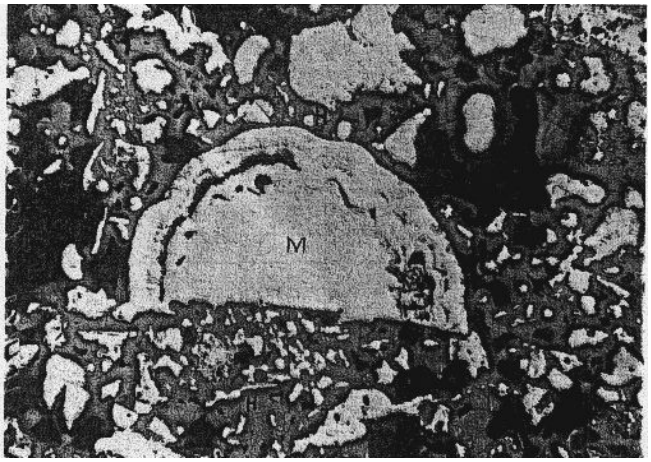


Abb. 97: Pechblende (H) korrodiert und verdrängt Markasit (M) im Sandstein-Bindemittel. Vergrößerung etwa 150fach

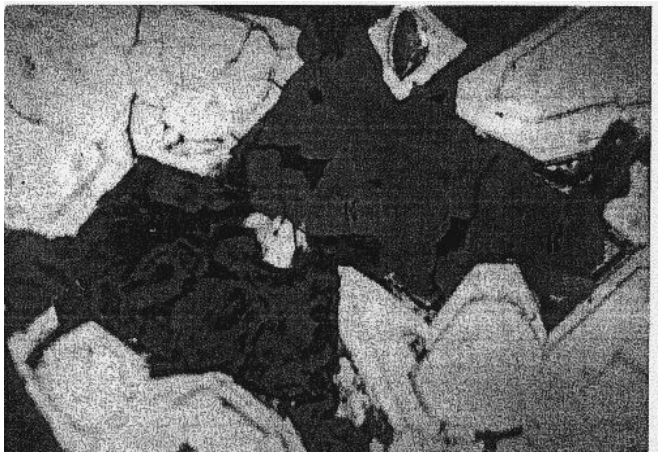


Abb. 98: Koffinit (K) umwächst und korrodiert Kristalle von Markasit im Sandstein-Bindemittel Vergrößerung etwa 200fach

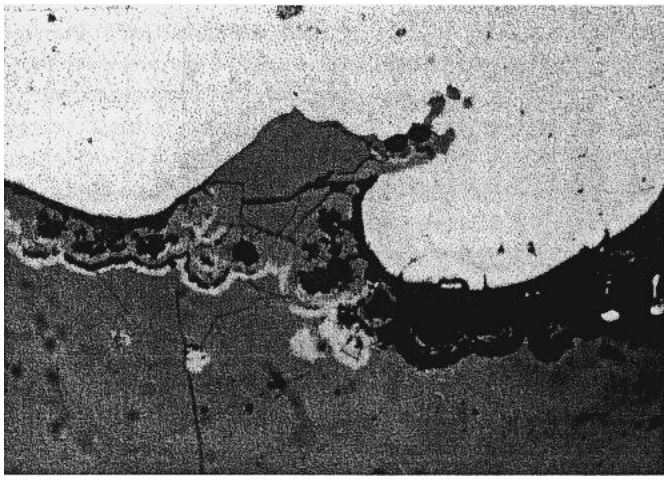


Abb. 99: Pechblende (dunkelgrau) umwächst Pyrit (weiß) im Quarzsandstein. Erkennbar sind streifige Umkrustungen von Nichterzmineralen (schwarz) durch Hydrohämatit (weißgrau).

Tab. 11: Angaben zur mineralischen und makrochemischen Zusammensetzung von Grund- und cenomanen Deckgebirgean und in der Pirnaer Paläosenke

I. Grundgebirge

1. Granit von Markersbach

a) Mineralbestand, unverwittert, nach Dünnschliffintegration (G. Herrmann)

Pr. Nr.	Probenort	Plagioklas	K-Feldspat	Albit-Perthit	Quarz	Biotit	Muskovit	Fluorit	Zir-kon	Opak-Minerale	Σ %
I 431/1	Steinbruch bei Bahra	24,44	23,86	10,83	36,48	4,18	0,03	Spuren	0,01	0,15	99,98

b) Chemismus, unverwitterter Granit

Pr. Nr.	Probenort	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O	Σ %
1	Katzenkopf [30]	74,59	-	12,98	2,81	0,18	-	0,09	1,52	3,77	5,25	0,25	0,53	101,97
2	BL.-Wismut [31]	75,30	<0,05	12,60	1,62	0,42	0,01	0,25	1,03	3,99	5,33	0,14	0,87	101,61
3	BL. 3952-4 [31]	76,00	0,05	12,20	0,42	0,66	0,88	0,40	0,55	2,80	5,40	0,03	1,20	99,79
Σ		225,89		37,78	4,85	1,26	0,09	0,74	3,10	10,56	15,98	0,42	2,60	
Ø		75,30	<0,05	12,59	1,62	0,42	0,03	0,25	1,03	3,52	5,33	0,14	0,87	

c) Chemismus, präcenoman verwitterter Granit (28)

Pr. Nr.	Probenort	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O	Σ %
1	Bl. 1705-2	73,75	0,13	14,20	1,87	0,75	0,02	0,20	0,27	0,60	4,52	-	3,76	100,01

2. Granodiorit

a) Mineralbestand unverwittert, nach Dünnschliffintegration (G. Herrmann)

Pr. Nr.	Probenort	Plagi-oklas	K-Feldspat	Albit-Perthit	Quarz	Bio-tit	Muskovit	Apatit	Zir-kon	Opak-Minerale	Σ %
I 8511/1	Steinbruch a. d. Straße Dohna-Sürßen	43,01	11,27	0,54	26,57	17,37	-	0,29	0,05	0,89	99,99

b) Chemismus, unverwitterter Granodiorit

Pr. Nr.	Probenort	SiO_2	TiO	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O	CO_2	GV	Σ %
1	Sürßengrund/Dohna [30]	68,02	0,85	15,40	0,58	3,03	-	1,89	1,77	3,61	4,06	0,11	1,04	-		100,36
2	Artusfelsen/Decin [30]	67,29	0,71	15,58	0,99	2,62	0,01	1,86	1,89	4,02	3,94	0,18	1,05	-		100,14
3	Bl. 2409/82	66,00	0,78	15,10	1,20	2,90	0,05	1,80	2,00	3,00	2,90	-	0,24	0,80	3,80	100,57
Σ		201,31	2,34	46,08	2,77	8,55	0,06	5,55	5,66	10,63	10,90					
Ø		67,1	0,78	15,36	0,92	2,85	0,02	1,85	1,89	3,54	3,63					

c) Chemismus, präcenoman verwitterter Granodiorit

Pr. Nr.	Probenort	SiO_2	TiO	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	H_2O	CO_2	GV	Σ %
1	Bl. 2409/82-1	59,5	0,90	21,5	0,40	2,80	0,65	0,52	0,40	0,10	2,5	0,56	2,30	9,6	101,73
2	Bl. 2409/82-2	58,5	1,20	21,5	7,50	0,30	0,05	0,22	0,22	0,11	2,4	0,50	0,20	7,2	99,9
3	Bl. 2718/1	nb	nb	nb	1,1}		nb	0,16	0,10	0,04	0,89	nb	nb	nb	
4	Bl. 2718/2	nb	nb	nb	6,1}	Σ Fe	nb	0,84	0,15	0,09	2,4	nb	nb	nb	
5	Bl. 2714	nb	nb	nb	7,7}		nb	1,50	0,09	0,11	3,5	nb	nb	nb	
Σ		118,0	2,10	43,0	Σ Fe [Fe_2O_3] 26,24		0,70	3,24	0,96	0,45	11,69	1,06	2,50	16,8	
Ø		59,0	1,05	21,5	5,25		0,35	0,65	0,19	0,09	2,34	0,53	1,25	8,4	

II. Stufe des Cenoman

1. Chemismus, Schluff- und Tonsteinlagen, terrestrisches Cenoman, Crednerienschichten

Pr. Nr.	Probenort	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	S	GV	Σ %
1	Bl. 1235, b. 248,9 m	68,44	0,52	15,60	1,79	0,92	0,01	-	-	0,48	0,16	0,08	3,44	7,95	99,39
2	Bl. 1409, b. 227,0 m	61,76	0,17	23,25	-	1,00	0,01	0,17	0,22	0,10	0,13	0,10	0,11	12,94	99,56
3	Bl. 1698, b. 184,8 m	52,50	-	28,76	3,91	-	-	0,55	0,49	-	-	0,10	-	13,00	99,31
4	Bl. 1698, b. 185,8 m	60,25	-	22,03	6,26	-	-	-	0,63	0,45	-	-	0,11	10,00	99,73

2. Mineralbestand und Teilchemismus, Schluff- und Tonsteinlagen aus dem terrestrischen Cenoman, Crednerienschichten

Pr. Nr.	Probenort	Röntgen-Phasenanalyse %				Teilchemische Analyse %							
		Quarz	Kaolinit	Illit	Chlorit	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	Σ Fe_2O_3	S	$C_{org.}$	CO_2
1	Bl. 1043-464/72	12	73	11	4	0,28	0,04	0,10	0,71	1,50	0,69	9,56	0,00
2	Bl. 1045-492/72	24	59	17	-	0,17	0,06	0,05	0,71	1,15	0,37	3,19	0,00
3	Bl. 1093-507/72	11	63	26	-	0,27	0,19	0,05	1,04	2,70	0,10	2,02	0,19
Σ		47	195	54	4	0,72	0,29	0,20	2,46	5,35	1,16	14,77	0,19
Ø		15,7	65	18	1,3	0,24	0,10	0,07	0,82	1,78	0,39	4,92	0,06

Fortsetzung Tab. 11

3. Vertikale Gliederung des Cenoman nach Teilchemismus (CaO, MgO, Na_2O, K_2O, Fe_2O_3, $C_{org.}$ S, Sr, Rb)

Stratigraphie		Ablagerungen	Proben-anzahl	in %				Proben-anzahl	in %			Proben-anzah	in g/t		Sr/Rb
				CaO	MgO	Na_2O	K_2O		Fe_2O_3	C_{org}	$S_{ges.}$		Sr	Rb	
Übergangs schichten	t_1t_s	Schluffstein ± feinsandig	5	0,13	0,43	0,08	1,39	32-5	2,14	0,43	0,71	37-23	710	79	15,3
Unter-quader	cm_2	Sandstein	2	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	9-2	0,94	<0,10	<0,10	42-17	28,6	6,3	6,1
Wurm-sandstein	cm_1	Sandstein, schluffig-tonig, gemasert	2	<0,01	<0,01	~ 0,03	0,31	69-6	1,64	0,45	1,04	51,47	58,0	27,2	2,5
Credne- rien-schichten	ctr_{2-3}	Schluffstein	54	0,09	0,20	0,08	1,04	282-85	1,15	3,4	≤0,43	87-84	25,0	55,6	0,51
		Sandstein	17	~0,009	~0,01	0,03	0,51	216-41	1,03	0,55	≤0,19	89-87	13,6	24,6	0,57
	ctr_1	Schluffstein	8	0,10	0,24	0,09	1,64	30-7	2,87	≤0,15	≤0,17	3	55,0	81	0,62
		Sandstein	4	-		0,045	0,94	33-11	1,79	≤0,20	≤0,10	8	29,0	45	0,62

4. Regionale Gliederung der See-Sumpf- und Flußauenschichten, $ctr_{2-3,}$ nach ihrem Gehalt an Eisen, Schwefel und org. Kohlenstoff

Bereiche der Senke	Ablagerungen	Probenanzahl	in %			
			Σ Fe [Fe_2O_3]	C_{org}	S_{ges}	Co_2
Nord- und Nordwestteil	Ton-Schluffstein	4	2,00	2,8	≤0,61	-
	Sandstein	-				
Nordostteil	Ton-Schluffstein	13	1,7	nb	nb	nb
	Sandstein	-				
Südwestteil	Ton-Schluffstein	32-26	1,1	3,9	nb	nb
	Sandstein	19-18	1,5	0,32	nb	nb
Rückseite von Erzfeld "Pirna"	Ton-Schluffstein	24-3	1,1	4,4	≤0,44	nb
	Sandstein	16	nb	0,31	nb	nb
Erzfeld "Pirna"	Ton-Schluffstein	49-35	1,1	3,2	≤0,59	-
	Sandstein	15-12	1,0	0,43	≤0,22	-
Erzfeld "Breite Heide"	Ton-Schluffstein	102-43	0,72	4,3	nb	-
	Sandstein	74-21	0,80	0,72	nb	-
Erzfeld "Steigort1"	Ton-Schluffstein	49-36	0,64	2,8	≤0,30	-
	Sandstein	56-24	0,71	0,33	≤0,18	-

5 Zu stofflichen Beziehungen zwischen Cenoman und Grundgebirge, unter besonderer Berücksichtigung der Geochemie von Uran und Thorium

Zu den auffälligsten Merkmalen der Erzführung zählt ihre enge Anlehnung an die Oberkante des alten Grundgebirges. Die Vererzungen liegen nahe an der großen Diskordanz, die das Grundgebirge vom Tafelstockwerk trennt. Sie befinden sich nicht mehr als maximal 40 Meter über dem Hiatus. Stellenweise liegen sie, wie gezeigt, auch in der Oberkante des Fundamentes selbst. Die enge Nachbarschaft der Lagerstätte zum Grundgebirge weist auf deren Beziehungen zu diesem hin. Es stellt sich jedoch die Frage nach Charakter und Intensität des Zusammenhanges. Unter stofflichen Gesichtspunkten und insbesondere im Hinblick auf die Überführung kristalliner Primär- in sekundäre Sedimentgesteine wurden das alte Grundgebirge und seine cenomane Auflagerung speziell untersucht. Die erhaltenen Ergebnisse werden nachfolgend dargelegt.

5.1 Mineralischer, makrochemischer und mikrochemischer Vergleich

Als Ausgangsgestein zur sekundären Sedimentbildung in der Pirnaer Paläosenke kommen in erster Linie der Dohnaer bzw. Westlausitzer Granodiorit und der Markersbacher Granit in Frage, da sie das Cenoman in der Senke am verbreitetsten unterlagern und umrahmen. Die Granite und Granodiorite bestehen, Dünnschliff-Integrationen zufolge, zu 99 % aus Feldspat, Quarz und Glimmer (Tab. 11-I), die cenomanen Sedimente dagegen überwiegend aus Quarz, Kaolinit und Illit. Röntgenographische Phasenanalysen von terrestrischen Schluffen und Tonen ergaben, daß diese, von organischen und sulfidischen Beimengungen abgesehen, durchschnittlich aus 65 % Kaolinit, 18 % Illit und 1 % Chlorit bestehen (Tab. 11-II_2). Kaolinit, Illit und Chlorit gehen bei der chemischen Verwitterung der Granodiorite und Granite aus deren Feldspäten, Glimmern und gegebenenfalls vorhandenen Hornblenden und Augiten hervor. Die eingangs nach ihren äußeren Kennzeichen beschriebene, die Sedimente unterlagernde granodioritische und granitische Verwitterungskruste wurde außerdem gesteinsmikroskopisch untersucht. Sie wurde von unten

nach oben in Richtung zunehmender Gesteinsveränderung in folgende 4 Zonen unterteilt, die ohne scharfe Grenzen ineinander übergehen [31].

1. Zone I, mit Neubildung von Hydro-Glimmer
2. Zone II, mit Neubildung von Hydro-Glimmer- und Kaolinit
3. Zone III, mit Neubildung von Hydro-Glimmer, Kaolinit und Hydrohämatit
4. Zone IV, mit einer Ausbleichung der hydrohämatitischen Rotfärbung und Neubildung von Pyrit im Falle der Überdeckung der Verwitterungskruste durch Sedimente mit reichlicher organischer Substanz

Der Abbau der Feldspäte (Plagioklas, Kali-Feldspat, Albit-Perthit) und Glimmer (Biotit und Muskovit) im Granit und Granodiorit zugunsten der Neubildung von Kaolinit, illitischem Hydro-Glimmer und Hydrohämatit geht mit einer Freisetzung von Alkali- und Erdalkali-Elementen (Na, K, Ca, Mg, Ba) und etwas Silizium bei einer Anreicherung von Aluminium, Eisen und Titan einher. Aus einem Vergleich chemischer Analysen von unverändert frischen und präcenoman verwitterten Granodioriten und Graniten (Tab. 11-I) ergeben sich folgende durchschnittliche Freisetzungsbeträge:

bei Na_2O von 97,5 bzw. 83 %
bei CaO von 90 bzw. 73,8 %
bei MgO von 64,9 bzw. 20 %
bei K_2O von 35,5 bzw. 15 %
bei SiO_2 von 12,1 bzw. 2,1 %.

Die Anreicherungswerte betragen

bei Fe_2O_3 28,7 bzw. 29,2 %
bei Al_2O_3 40 bzw. 12,8 %
bei TiO_2 34,6 bzw. 160 %

Diese Zahlen wurden auf unverändertes Ausgangsgestein nach der Beziehung:

$$\text{KF (Konzentrationsfaktor)} = \frac{\text{Gehalt im verwitterten Gestein, in \%}}{\text{Gehalt im Ausgangsgestein, in \%}}$$

bezogen. Sie ergeben KF-Werte für die Rückstandskomponenten (Ti, Al, Fe) von größer und für die freigesetzten Komponenten (K, Mg, Ca, Na, Si) von kleiner als 1. Die letzteren rangieren in Abhängigkeit von ihrer Beweglichkeit zwischen 0,85 und 0,025. Die beiden Mikro-Elemente Thorium und Uran ordnen sich in die Unterteilung unterschiedlich ein. Nach den für sie charakteristischen KF-Werten (Tab. 12-V) schließt sich das Thorium an die verbleibenden, das Uran hingegen an die abmigrierenden Elemente an. Die Befunde sind in Abb. 100 graphisch dargestellt.

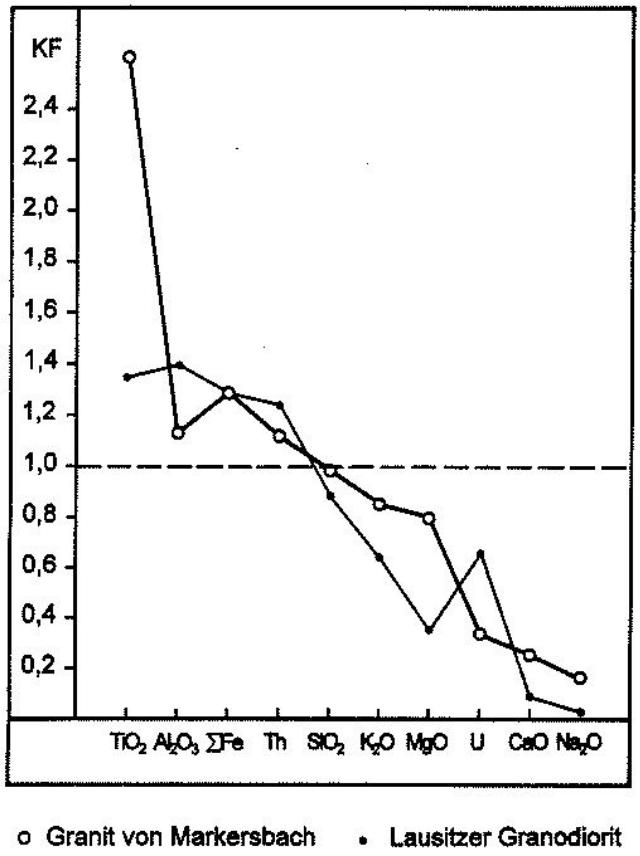


Abb. 100: Konzentrationsverhältnisse chemischer Komponenten (in KF-Werten) zwischen präcenoman verwittertem und unverwittertem Grundgebirge (Werte aus Tabelle 11-I)

Die stoffliche Zersetzung von Grundgebirge durch Verwitterung drückt sich außer in der angeführten mineralischen auch in der makrochemischen Zusammensetzung der terrestrisch-sedimentären Neubildungen in der Paläosenke aus. Im Vergleich der Ablagerungen mit ihren Primärgesteinen sind ihre Gehalte an Alkalien und Erdalkalien wie in der alten Verwitterungskruste stark erniedrigt und an Aluminium überhöht. Die kaolinitisch-illitisch zusammengesetzten Pelite führen in der Paläosenke im Mittel 0,07 % Na_2O, 0,10 % CaO, 0,24 % MgO, 0,82 % K_2O aber ca. 22 % (15,6-28,7 %) Al_2O_3 (Tab. 11-II_{1-3}). Die Eisengehalte steigen mit durchschnittlich 2,9 % Fe_2O_3 in den Peliten und mit 1,8 % in den Sandsteinen der rotbuntfarbigen Basisschichten und hier unmittelbar über der rotviolett getönten Verwitterungskruste am höchsten an. Die Beimengungen an organischem Kohlenstoff und Schwefel in den Ablagerungen sind faziesabhängig verteilt. Der organische Kohlenstoff ist mit durchschnittlich 3,4 % in den schluffig-tonigen und mit 0,5 % in den sandigen Ablagerungen am höchsten in den Stufen der Flußauen- und See-Sumpf-Ablagerungen konzentriert. Die maximalen Mittelwerte für Schwefel werden weiter im Hangenden in den marin beeinflußten Sedimenten er-

Tab. 12: Mikrochemische Gliederung von Kreideformation und Grundgebirge in der Pirnaer Paläodepression, Durchschnittsgehalte der Elemente

Teilbereiche der Depresssion		Stichpr. Nr.	Proben-anzahl	Gesteinsart	RFA, g/t U	RFA, g/t Th	Th/U	Spektralanalyse, nach Pulverschüttverfahren, g/t Pb	Zn	Cu	Co	Ni	Mo	V	As	Be	Sn
I. Stufe des Turon, marin, Deckgebirge der Lagerstätte																	
Gebiet insgesamt		1	50	Sandstein	~0,9	3,2	nb	9	79,4	18,1	9,5	12,3	4	14	15,9	<1	12,5
		2	77	Plänersandstein	2,7	11,1	nb	24,9	111,6	16	13,9	17,7	4,4	32,5	32,5	<1	10,9
		3	54	Pläner	2,8	11,5	nb	34,3	127,8	16,4	13,1	20,5	4,3	49,2	49,2	~1	7,1
		4	4	Tonstein	3,0	14,9	nb	62,5	125,0	31,2	22,5	48,8	5,2	152,5	152,5	3,6	7,5
II. Turon-cenomanes Übergangsintervall (t_1t_5) und cenoman-litorale Unterquader-Sandsteinbank (cm_2), Zone des 1. Erzhorizontes der Lagerstätte																	
t_1t_5	Allgemein	5	18a)	Sandstein, schluffig, tonig	4,2	15,6	nb	43,2	160,6	36,8	13,0	28,2	4,1	76,2	26,1	3,1	7,3
	Lagerstätte	6	72b)	gemasert	382	13,2	nb	292,3	706,6	34,3	15,3	25,1	16,1	54,7	35,8	4,4	11,0
	KF				90,9	0,85	nb	6,8	4,4	0,93	1,2	0,89	3,9	0,72	1,4	1,4	1,5
cm_2	Nordteil 1	7	7a)	Sandstein, graufarbig	1,1	~0,8	nb	6,9	65,7	27,5	12,6	15,2	3,3	8,3	13,2	nb	12,2
	Nordteil 2	8	41a)	Sandstein, graufarbig	1,2	1,8	nb	14,6	101,3	21,5	10,7	15,5	4,6	9,7	15,3	nb	12,8
	Zentralteil	9	61a)	Sandstein, roststreifig	2,1	1,8	nb	12,2	80,3	21,6	11,7	10,8	6,4	9,1	20,0	nb	10,3
	Südteil	10	56a)	Sandstein, roststreifig	3,8	4,0	nb	32,4	96,3	25,1	12,0	13,5	10,0	10,3	23,4	nb	13,5
	Südostteil	11	63	Sandstein, roststreifig	4,4	2,5	nb	29,8	85,9	19,2	8,8	12,4	8,5	10,2	21,3	nb	11,5
	Allgemein	7 - 10	Ø a)	Sandstein	2,4	2,5	nb	19,6	90	23,0	11,6	13,1	7,0	9,6	19,7	nb	12,1
	Lagerstätte	12	59b)	Sandstein	307	5,1	nb	280,0	188,4	19,3	8,0	11,2	20,7	8,8	37,1	nb	10,5
	KF				127,9	2,0		14,3	2,1	0,84	0,69	0,85	3,0	0,92	1,9		0,87
III. Lagunäre Stufe des Cenoman "Wurmsandsteinbank" (cm_1), Zone des 2. Erzhorizontes																	
Nordteil der Senke		13	93a)	Sandstein,	1,5	3,0	nb	36,8	464,7	30,1	15,8	24,2	6,4	15,0	23,9	nb	17,2
		14	43a)	Schluffzwischenlagen	8,5	19,1	nb	97,0	197,2	49,4	28,4	56,3	8,7	71,9	52,2	nb	23,2
Zentralteil der Senke		15	65	Sandstein	3,2	5,3	nb	47,1	344,0	30,4	14,1	16,9	6,8	18,5	24,0	nb	17,3
		16	16	Schluffzwischenlagen	9,4	15,7	nb	175,7	389,2	60,9	23,2	43,2	17,0	61,5	52,9	nb	25,1
Südostteil der Senke		17	123	Sandstein	4,9	9,5	nb	33,4	252,9	29,8	16,0	22,7	6,5	26,7	26,3	nb	22,0
		18	20	Schluffzwischenlagen	23,6	22,6	nb	129,7	353,2	58,3	22,4	39,7	15,5	47,8	44,5	nb	41,9
Südteil der Senke		19	76	Sandstein	9,6	18,7	nb	164,4	667,1	71,7	25,3	36,8	11,6	38,8	40,9	nb	70,2
		20	13	Schluffzwischenlagen	48	42,8	nb	805,0	1254,0	94,5	32,3	66,8	27,3	92,8	41,4	nb	91,2
Nordteil der Senke		13 - 14	Ø a)	Sandstein, schluffig gemasert	3,6	8,1	nb	55,5	385,7	36,2	19,7	34,6	7,2	33,0	32,8	nb	19,0
Lagerstätte		21	80b)	Sandstein, schluffig gemasert	539,2	10,1	nb	268,0	538,5	43,6	22,7	32,4	20,5	46,5	41,6	nb	19,8
KF					149,8	1,2		10,8	1,4	1,2	1,2	0,94	2,8	1,4	1,3		1,0
IV. Terrestrische Stufe des Cenoman, Sandig-tonige Wechsellagerung (ctr_1 - ctr_3) Zone des 3. Erzhorizontes																	
Nordostteil der Senke		22	47	Schluffstein	4,0	20,4	5,6	94,9	155,6	146	26,5	115,0	3,3	186,5	43,2	7,8	15,9
		23	31	Sandstein	~0,8	6,6	6,6	34,1	185,5	98,1	17,6	44,8	4,4	55	32,1	nb	14,9
Zulaufsenke "Waldbach"		24	8a)	Schluffstein	5,3	22,8	4,4	93,8	200	217,5	7,9	77,5	4,0	165,0	50,6	6,6	18,8
		25	7b)	Schluffstein	32,5	28,1	nb	255,7	547,1	478,6	90,7	158,6	3,7	157,1	180,0	14,6	17,9
	KF			Schluffstein	6,1	1,2		2,7	2,7	2,2	11,5	2,0	0,92	0,95	3,6	2,2	0,95
Nord- und Nordwest-teil der Senke		26	73	Schluffstein	6,2	23,1	4,2	89,8	220,0	75	23,4	79,6	3,7	127,2	28,6	15,0	16,0
		27	48	Sandstein	1,6	7,4	5,3	34,0	305,7	45,9	19,7	26,2	4,3	33,1	21,3	nb	16,4
Südwestteil der Senke mit Zulaufsenke "Zwiesel"		28	39a)	Schluffstein	12,0	28,3	3,2	395,0	671,0	129,8	31,9	201,3	16,0	164,8	50,8	10,8	62,9
		29	53a)	Sandstein	5,7	12,4	3,7	269,8	470,8	77,2	25,6	64,4	18,1	51,3	43,5	3,9	66,3
		30	21b)	Schluffstein	70,3	25,0	nb	>404,3	>790,0	170,2	107,6	340,9	94,3	131,4	188,8	24,4	85,2
		31	6b)	Sandstein	21,3	20,4	nb	125,8	>475,0	63,3	16,7	51	9,3	45	35	5,0	61,7
	KF			Schluffstein	5,9	0,88		>1,02	>1,2	1,3	3,4	1,7	5,9	0,80	3,7	2,2	1,3
				Sandstein	3,7	1,6		0,46	1,0	0,82	0,65	0,79	0,51	0,88	0,8	1,3	0,93

Fortsetzung Tab. 12

Teilbereiche der Depresssion		Nr.	Proben-anzahl	Gesteinsart	RFA, g/t			Spektralanalyse, nach Pulverschüttverfahren, g/t									
					U	Th	Th/U	Pb	Zn	Cu	Co	Ni	Mo	V	As	Be	Sn
Zulauf-senke "Bahra-Kirch-berg"	Rückseite v. Erzfeld "Pirna"	32	188	Schluffstein	12,3	37,3	3,4	128,6	283,4	106,5	27,1	87,7	5,8	108,1	35	20,4	40,1
		33	153	Sandstein	2,3	11,8	6,6	51,1	275,5	54,5	17,4	29,1	5,1	23,4	19,8	~1,9	27,8
	Erzfeld "Pirna"	34	135a)	Schluffstein	19,6	56,6	3,1	219,6	515,9	101,7	22,5	113,8	10,8	111,2	44,6	15,0	56,5
		35	78a)	Sandstein	5,7	21,2	5,4	185,4	829,8	56,2	17,0	45,2	9,3	26,4	27,2	nb	36,1
		36	155b)	Schluffstein	358,1	66,1	nb	330,6	642,0	109,3	37,7	134,2	50,2	83,1	58,9	15,3	63,5
		37	155b)	Sandstein	219,8	19,4	nb	172,4	499,6	49,0	17,2	26,1	25,5	19,4	42,5	nb	29,3
			KF	Schluffstein	18,3	1,2		1,5	1,2	1,1	1,7	1,2	4,0	0,74	1,3	1,0	1,1
				Sandstein	38,5	0,9		0,93	0,60	0,87	1,0	0,58	2,7	0,73	1,56	nb	0,81
	"Zwischen-zone"	38	92b)	Schluffstein	468,5	73,1	nb	203,6	541,8	94,2	31,0	74,2	23,8	53,0	42,8	22,4	34,6
		39	102b)	Sandstein	521,7	23,5	nb	86,3	755,6	52,8	16,7	28,6	20,0	17,5	42,9	nb	23,4
			KF	Schluffstein	23,9	1,3		0,97	1,0	0,93	1,4	0,88	1,9	0,48	0,96	1,5	0,61
				Sandstein	91,5	1,1		0,46	0,91	0,94	0,98	0,63	2,2	0,66	1,58	nb	0,65
	Basisschichten rotbuntfarbig	40	64	Schluffstein	13,7	55,4	nb	192,5	172,0	121,7	13,7	84,2	8,2	139,1	33,8	8,9	57,7
		41	53	Sandstein	7,4	25,0	nb	54,9	134,8	68,0	13,2	17,7	5,5	21,3	22,4	nb	134,5
	Vorder-seite vom "Erzfeld Pirna" (südliches Vorfeld)	42	78a)	Schluffstein	29,7	87,1	3,7	479,6	607,8	66,0	11,3	49,5	8,4	49,3	24,9	16,3	73,5
		43	54a)	Sandstein	12,7	28,5	3,0	203,4	507,9	49,5	9,8	18,4	5,2	14,7	18,4	2,6	47,4
		44	47b)	Schluffstein	179,7	78,8	nb	>742,4	>775,5	122,7	31,8	86,7	58,6	60,1	52,9	22,8	85,7
		45	42b)	Sandstein	152,7	29,4	nb	>365,5	>501,9	127,5	11,4	21,2	17,0	12,5	30,5	nb	48,8
			KF	Schluffstein	6,05	0,90		>1,55	>1,28	1,86	2,8	1,75	7,0	1,22	2,12	1,4	1,16
				Sandstein	12,0	1,0		>1,8	>0,99	2,58	1,16	1,15	3,3	0,85	1,66	nb	1,03
	Basisschichten rotbuntfarbig	46	45	Schluffstein	10,0	79,3	10,8	103,4	219,4	82,4	4,7	19,2	3,6	29,8	25,3	11,9	58,8
		47	58	Sandstein	7,8	29,1	5,5	33,5	128,7	50,0	8,7	13,0	3,9	10,1	17,3	nb	80,8
Zulauf-senke "Breite Heide"	Erzfeld "Breite Heide"	48	184a)	Schluffstein	17,0	78,4	5,1	141,4	235,0	75,4	13,3	37,2	5,8	46,0	32,5	20,5	31,4
		49	135a)	Sandstein	4,9	26,1	7,2	90,2	592,4	48,9	13,7	18,6	6,2	15,0	22,6	nb	20,8
		50	123b)	Schluffstein	335,8	79,3	nb	281,5	686	77,3	23,4	42,0	22,8	32,7	46,7	33,4	25,3
		51	97b)	Sandstein	88,2	24,1	nb	153,0	751	53,4	12,6	18,0	11,4	11,6	24,5	nb	17,6
			KF	Schluffstein	19,7	1,0		1,99	2,9	1,0	1,76	21,12	3,9	0,7	1,4	1,6	0,80
				Sandstein	18,0	0,92		1,7	1,3	1,1	0,92	0,97	1,8	0,8	1,1	nb	0,85
	Basisschichten graufarbig	52	28	Schluffstein	29,7	72,9	2,7	228,2	404,9	70,1	17,8	45,0	5,0	33,7	28,0	8,1	23,6
		53	33	Sandstein	11,3	25,0	2,6	195,5	472,0	134,9	13,8	19,1	5,8	16,7	21,2	nb	19,3
Zulauf-senke "Schacht 387-Forst-hausweg"	Vorderseite vom Erzfeld "Schacht 387" (südöstliches Vorfeld)	54	31a)	Schluffstein	39,0	104,2	3,3	231,8	384,2	31,9	5,8	12,8	4,6	21,0	27,6	8,6	14,0
		55	44a)	Sandstein	11,2	38,1	5,0	79,2	505,8	16,8	5,2	8,9	3,5	8,2	18,2	1,1	12,4
		56	15b)	Schluffstein	226,6	99,6	nb	580,0	843,0	41,7	5,9	11,5	20,0	15,5	24,7	20,0	17,7
		57	8b)	Sandstein	134,0	28,0	nb	71,8	158,6	40,0	4,9	12,5	4,7	8,1	20,7	0,9	14,8
			KF	Schluffstein	5,8	0,96		2,5	2,2	1,3	1,0	0,90	4,3	0,74	0,89	2,3	1,3
				Sandstein	12,0	0,73		0,91	0,31	2,4	0,94	1,4	1,34	0,99	1,14	0,82	1,19
	Erzfeld "Schacht 387"	58	29b)	Schluffstein	6334,0	85,8	nb	253,8	675,0	30,5	18,0	13,3	35,1	20,2	36,2	11,6	27,4
		59	41b)	Sandstein	1172,0	21,4	nb	82,8	231,2	11,8	12,3	15,3	7,8	10,3	37,2	nb	16,1
			KF	Schluffstein	162,4	0,82		1,1	1,8	0,96	3,1	1,0	7,6	0,96	1,3	1,3	1,96
				Sandstein	104,6	0,56		1,04	0,46	0,70	2,36	1,72	2,2	1,26	2,0	nb	1,30
	Basisschichten rotbuntfarbig	60	9	Schluffstein	6,6	74,0	11,7	40,0	100,0	44,0	>3,0	18,9	6,2	34,4	18,9	10,8	18,9
		61	10	Sandstein	7,5	33,8	6,7	15,0	126,7	66,4	5,1	14,3	5,8	8,7	16,7	nb	39,3

Fortsetzung Tab. 12

V. Grundgebirge, Liegendes der Lagerstätte																		
Teilbereiche der Depresssion	Nr.	Proben-anzahl	Gesteinsart	RFA, g/t			Spektralanalyse, nach Pulverschüttverfahren, g/t											
				U	Th	Th/U	Pb	Zn	Cu	Co	Ni	Mo	V	As	Be	Sn
Nordteil der Depression Lausitzer Block	62	71a)	Granodiorit, frisch	3,9	13,0	3,4	27,3	116,0	35,8	10,4	42,5	4,1	124,5	2,6	nb	4,3
	63	155b)	Granodiorit, verwittert	2,6	16,1	7,6	24,5	101,3	15,2	8,8	40,9	3,9	149,8	3,2	2,9	4,6
		KF		0,67	1,24		0,90	0,87	0,42	0,85	0,96	0,93	1,2	1,2	nb	1,1
	64	29	Grauwacke, frisch	3,4	14,0	4,3	30,7	194,8	98,6	22,6	69,7	nb	170,0	13,9	nb	nb
Südteil der Depression Granit von Markersbach	65	486a)	Granit, frisch	10,1	50,6	4,9	20,5	36,1	16,4	8,0	9,6	12,6	7,1	3,0	3,9	17,8
	66	187b)	Granit, verwittert	3,7	56,8	14,8	16,0	61,0	7,9	3,4	5,4	3,0	4,7	2,1	2,0	7,5
		KF		0,34	1,12		0,78	1,7	0,48	0,42	0,56	0,24	0,66	0,7	0,51	0,42
Südbegrenzung d. Depression, am Granitausstrich	67	99	Granit, frisch	13,1	40,1	2,6	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb
	68	27	Granit, rezent verwittert	11,3	32,4	nb	18,5	35,9	3,6	5,7	5,0	3,0	5,2	2,1	2,9	7,5

a): Lokale Untergrundgehalte von Uran; b): Infiltrative Urananreicherung, Uranverlust im Grundgebirge; KF: Konzentrationsfaktoren der Elemente aus b : a; RFA: Röntgen-Fluoreszens-Analyse, nb: nicht bestimmt.

reicht. In den schluffigen Lagen des Wurmsandsteins wurden im Durchschnitt 1,0 und in den Übergangsschichten in das Turon 0,7 % Schwefel festgestellt. Zum Makrochemismus des Cenomans siehe auch Tab. 11-II.

Unter den Bedingungen der tiefgreifenden Zerstörung und Auslöschung der primären Mineral- und Elementassoziationen in der Verwitterungskruste weisen nur noch die Geröll- und Schwermineralfraktionen der cenomanen Ablagerungen auf ihre unterschiedlichen Einzugsgebiete hin. Genauere und differenziertere Aussagen zu ihren Ursprungsgesteinen als es diese Bestandteile erlauben, läßt jedoch, wie es sich zeigte, der Mikrochemismus der Ablagerungen zu.

Zu einem diesbezüglichen Vergleich von Grund- und Deckgebirge wurden die bisherigen geochemischen Untersuchungen substanziell und räumlich weiter ausgedehnt. Auf der Grundlage von Bohrkernen und untertägigen Grubenaufschlüssen wurde einschließlich der Lagerstätte das Profil der Kreidetafel durchgängig bis in ihr Fundament erfaßt. Von über 4000 systematisch entnommenen Einzelproben wurden mit röntgen-fluoreszenzanalytischen Verfahren Uran und Thorium und spektralanalytisch nach der "Pulverschüttmethode" Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Mo, V, As, Be und Sn bestimmt. Die erhaltenen Werte für die Einzelproben wurden nach stratigraphischen, lithologischen, strukturellen, regionalen und erzgenetischen Gesichtspunkten in 68 Gruppen (Stichproben) zusammengefaßt, aus diesen nach den Regeln der Statistik die arithmetischen Mittelwerte für die einzelnen Elemente gebildet und die Ergebnisse tabellarisch eingeordnet (Tab. 12).

Aus den erhaltenen Daten geht zunächst hervor, daß sich der Lausitzer Block und der Markersbacher Granit, die die cenomane Schichtenfolge je im nördlichen und südlichen Teil der Paläosenke unterlagern und umrahmen, nach ihrem Mikrochemismus deutlich unterscheiden. Im Vergleich der beiden Grundgebirgseinheiten enthalten die Granodiorite und Grauwacken des Lausitzer Blockes mehr Cu, Co, Ni und V. Der Markersbacher Granit hingegen führt mehr Sn und Mo und insbesondere, wie schon darauf verwiesen, mehr Th und U (Tab. 12, Stichpr. Nr. 62, 64, 65, 67). Beide unterscheidbaren Elementassoziationen herrschen auch in den in der Senke abgelagerten cenomanen Schichten vor. Sie bilden für diese Schichten den mikrochemischen Hinter- bzw. Untergrund. Die Elementassoziation des Lausitzer Blockes kennzeichnet die Ablagerungen im nördlichen und die des Markersbacher Granites die Ablagerungen im südlichen Teil der Senke.

Bei Uran und Thorium sind die lokalen Hintergrundunterschiede am markantesten ausgeprägt. Die Untergrundwerte beider Elemente wurden in Verteilungsdiagrammen, je nach Fundament und cenomaner Auflagerung sowie nach nördlichem und südlichem Teil der Paläosenke un-

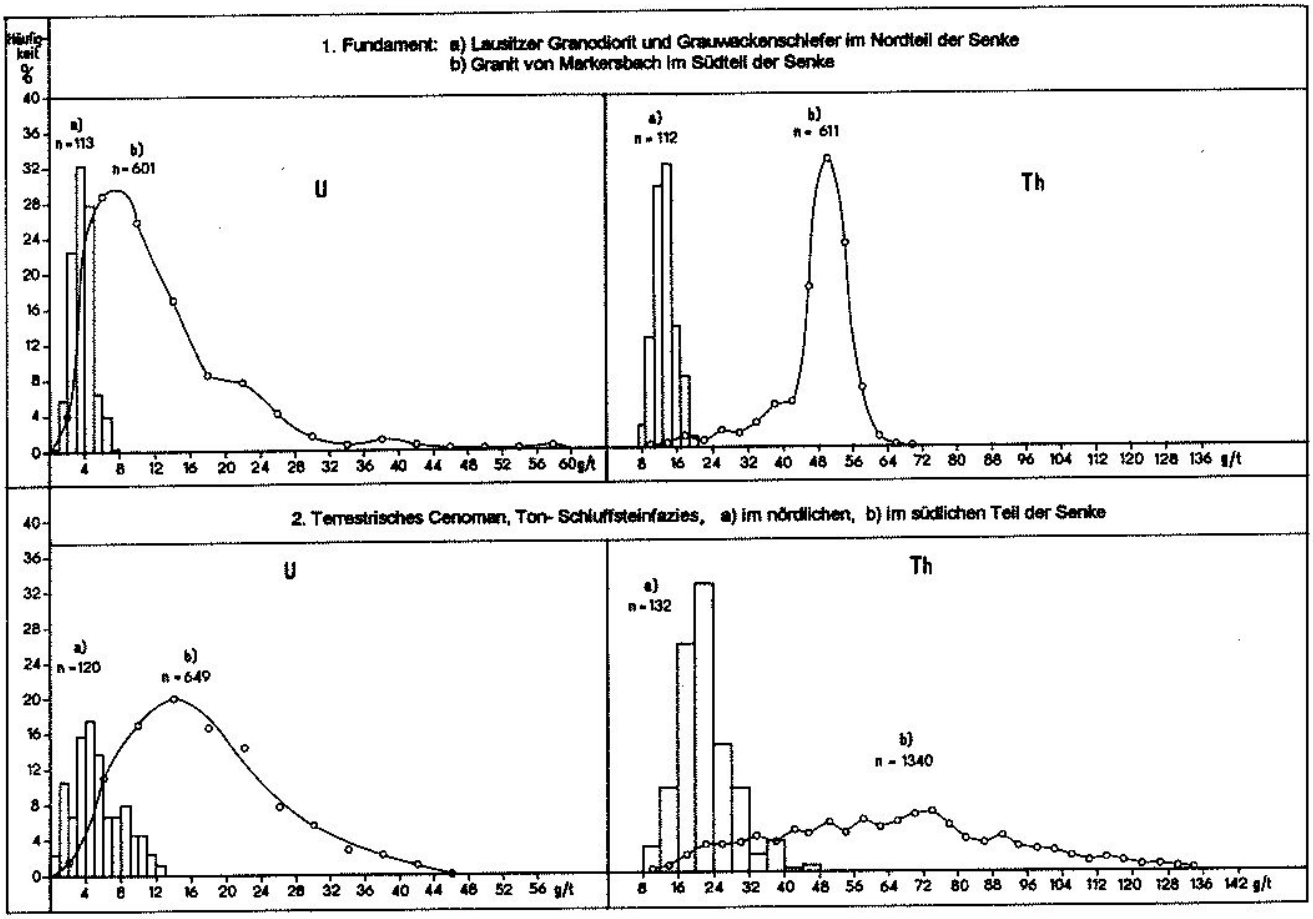


Abb. 101: Häufigkeitsverteilung der Hintergrundgehalte von Uran und Thorium im Fundament (oben) und im terrestrischen Cenoman (unten) der Pirnaer Senke

terschieden, graphisch dargestellt. Die Diagramme zeigen ein für Fundament und sedimentäres Deckgebirge gemeinsam bestehendes süd-nord-gerichtetes Konzentrationsgefälle an (Abb. 101). Die für die einzelnen Verteilungsdiagramme zugehörigen Mittelwerte von Uran und Thorium betragen im Fundament und überlagernden Peliten im südlichen Teil der Senke je 13 und 48 bzw. 17 und 65 g/t und im nördlichen Teil je 3,7 und 13,5 bzw. 5,4 und 22 g/t. Ein analoges Konzentrationsgefälle zeichnet sich für die zugehörige Sandsteinfazies ab (Tab. 12, Stichpr. Nr. 23, 27, 35, 43, 55). Bei den übrigen Elementen hebt sich diese Beziehung infolge der ungenaueren Spektralanalyse weniger scharf, doch noch ausreichend deutlich hervor. Grund- und Deckgebirge stimmen damit in ihren mikrochemischen Elementverhältnissen, in einen südlichen und nördlichen Teil der Senke untergliedert, generell überein (Abb. 102-I).

Der dargestellte Zusammenhang bedeutet, daß der mikrochemische Untergrund des terrestrischen Cenoman in der Paläosenke aus zwei verschiedenen, einander gegenläufigen Elementassoziationen besteht. Die erstere Assoziation herrscht mit Cu, Co, Ni und V im nördlichen und die letztere mit U, Th, Sn und Mo im südlichen Teil der Senke vor (Abb. 102-II). So wurden im nordöstlichen Teil der Senke in den Peliten der Schichtenfolge im Mittel 187 g/t V, 115 g/t Ni und 146 g/t Cu aber nur 4 g/t U und 20,4 g/t Th festgestellt. Im äußersten südöstlichen Teil der Senke wurden dagegen in denselben Ablagerungen nur 21 g/t V, 13 g/t Ni und 32 g/t Cu, aber 39 g/t U und 104 g/t Th nachgewiesen (Tab. 12, Stichpr. Nr. 22 u. 54). Diese Konzentrationen weichen auf eine Entfernung von ca. 12 km um das Vier- bis fast Zehnfache von den entsprechenden Werten im Norden ab. In zusätzlich ausgeführten Kontrollanalysen wurden im Süden außerdem erhöhte Werte für Zr, Y, und wie in Tab. 11-II_3 vermerkt, für Rubidium, dagegen stark erniedrigte für Eisen festgestellt. Letzteres kommt im Norden im Durchschnitt mit 2,0 und im Süden mit 0,64 % vor.

Mit seinem hohen Hintergrundgehalten für Uran und Thorium und niedrigen Werten für Cu, Co, Ni und V dürfte das im Südteil der Senke bestehende sedimentär-

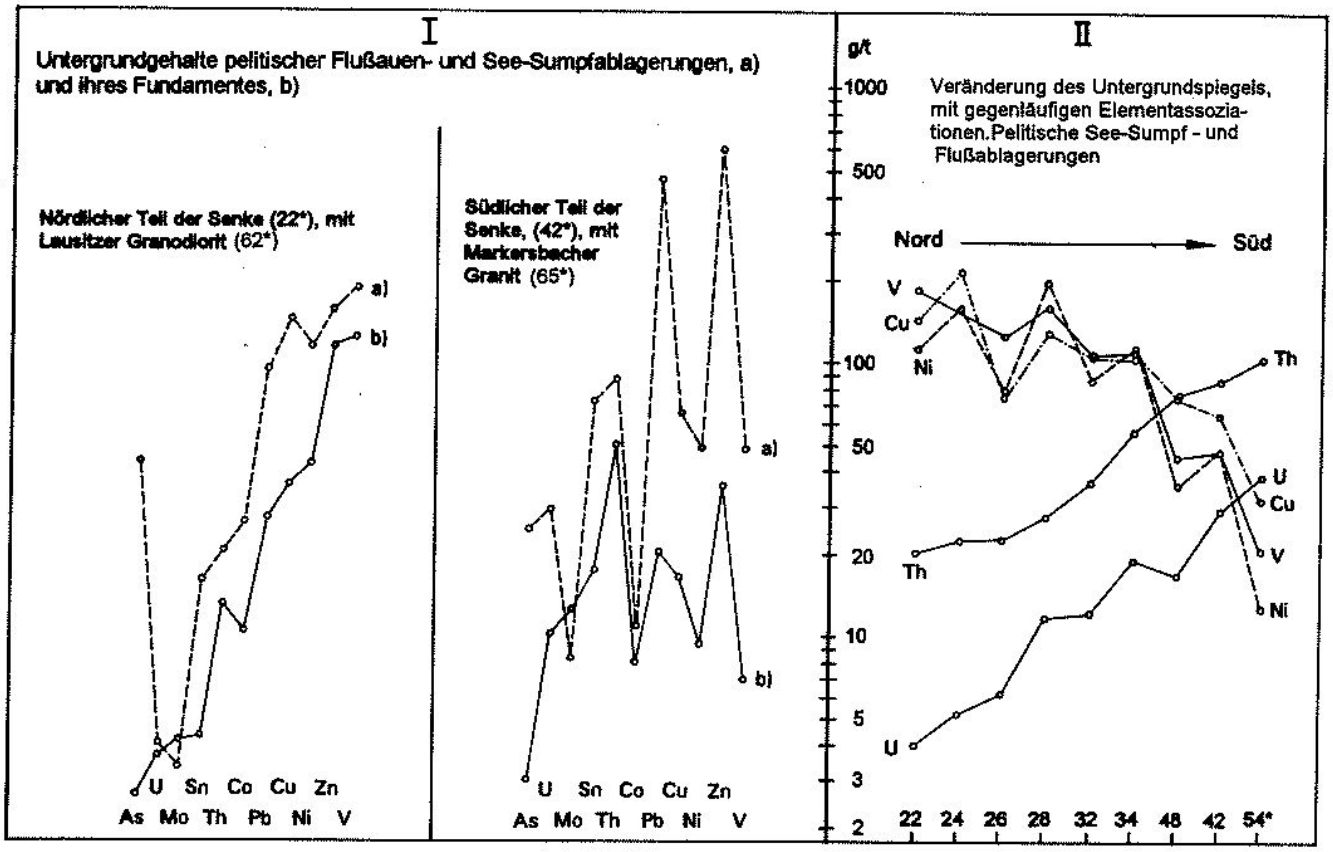


Abb. 102: Mikrochemische Beziehungen zwischen Fundament und terrestrischer Kreideauflagerung in der Pirnaer Paläosenke (Werte und Stichproben-Nr. (*) aus Tab. 12)

geochemische Normalfeld sowohl im regionalen wie auch im globalen Vergleich eine seltene Besonderheit darstellen. Man wird lange zu suchen haben, um Ablagerungen mit einem derart differenzierten Mikrochemismus anzutreffen. Es drückt sich in dieser Zusammensetzung ein hoher Grad an erreichter geochemischer Spezialisierung aus, die in der Lagerstättenprospektion eine nicht geringe Rolle spielt. Die Spezialisierung leitet sich im gegebenen Fall aus dem zugehörigen Primärgestein ab. Sie wurde als ein Erbgut mit in die sedimentäre Neubildung übernommen. Es ist kaum zu bezweifeln, daß sie auf den Markersbacher Granit zurückzuführen ist.

Dieser Granit ist das einzige Fundamentgestein, das mit deutlich erhöhten Clarks für Uran und Thorium und geringsten Gehalten an Kupfer und Vanadium die Paläosenke unterlagert und umrahmt. Der analog zusammengesetzte Granit von Schellerhau befindet sich weit entfernt im östlichen Erzgebirge und spielt als Materiallieferant in die Senke wohl keine entscheidende Rolle. Der ebenfalls uran- und thoriumreiche Syenit von Meißen kommt zwar als Materiallieferant für das Rotliegende im östlichen Teil des Döhlener Beckens, nicht aber für das Cenoman in der Pirnaer Senke in Betracht. So läßt sich aus den erörterten Untersuchungsergebnissen die Schlußfolgerung ziehen, daß der terrestrische Profilabschnitt der cenomanen Schichtenfolge im nördlichen Teil der Pirnaer Depression vorherrschend aus dem Abtragungsschutt der Lausitzer Granodiorite, im Süden aber aus dem des Granites von Markersbach besteht. Der stoffliche Befund stimmt mit der erörterten Paläogeographie des Profilabschnittes im allgemeinen und mit dem ausgegliederten Paläoflußsystem im besonderen sehr gut überein.

5.2 Synsedimentäre polymetallische Basisanomalie und monometallische Infiltrationsvererzung

Den obigen Befunden zufolge ist der mikrochemische Hintergrund des terrestrischen Cenoman im südlichen Teil der Pirnaer Senke extrem gegensätzlich beschaffen. Er bildet im regionalen Vergleich mit Elementen wie V, Cu, Co und Ni eine negative, mit Th, U, Sn, Mo, Pb, Zn hingegen eine positive Anomalie. Die Positivanomalie, die schon eingangs der Abhandlung Erwähnung fand (Kapitel 3.3, Abb. 32) hebt sich in geochemischen Profilen der Kreidetafel kontrastreich hervor (Abb. 103). Sie ist an die basalen Ablagerungen der Formation gebunden und nimmt über dem Grundgebirge das Intervall von den rotbuntfarbigen Basisschichten bis hinauf in die See-

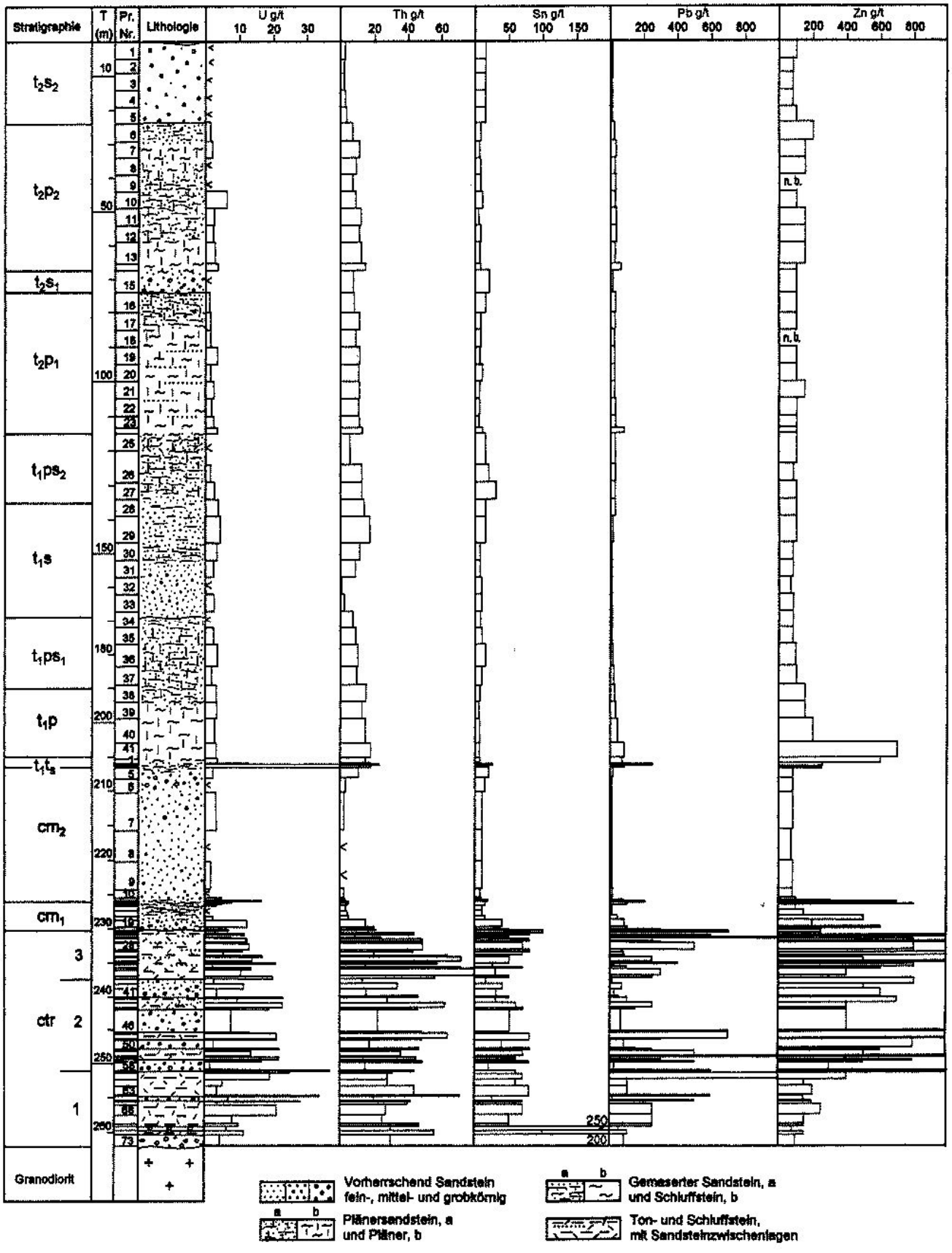


Abb. 103: Lithologisch-geochemisches Profil durch die Kreide an der Bohrung 2103/79

Sumpfablagerungen ein. Die in der Abb. 103 noch weiter oben in der Sohle und im Dach des Unterquaders angezeigten Anreicherungen von U, Pb und Zn gehören nicht dieser Anomalie, sondern den letzten Ausläufern der beiden oberen Erzhorizonte aus der Lagerstätte an.

Die Anomalie wurde in den untersuchten Bohrungen auf der Grundlage des geochemischen Normalfeldes mit Grenzwerten des Urans und Thoriums in den Sandsteinen von maximal 5 bzw. 14 (Tab. 2) und in den Schluff- und Tonsteinlagen von 9 bzw. 33 g/t (Tab. 4), ausgegliedert. Sie nimmt mit diesen Grenzwerten eine etwa 12 km² große Fläche und damit das dreifache Areal der Uranlagerstätte ein. Sie beginnt an der südlichen paläogeographischen Begrenzung des terrestrischen Cenomans durch den Granit von Markersbach und sein kontaktmetamorphes Schiefergebirge. Von hier aus erstreckt sie sich längs der Hauptachse der Paläosenke fahnenförmig nach Norden bis weit in das Gebiet der Unterlagerung und Umrahmung der Depression durch den Lausitzer Block (Abb. 104). Pälaogeographisch orientiert schwächt sie sich mit der Entfernung von der granitischen Umrahmung in Richtung der zentralen Teile der Senke allmählich ab. Ihre vorrangige Bindung an die Randbereiche der Sedimentation läßt sich am deutlichsten an der lateralen Verteilung des Thoriums zeigen. In den überprüften Bohrprofilen steigen die Thoriumgehalte aus dem Senkeninneren in Richtung der südlichen und südöstlichen Granitumrahmung von Bohrung zu Bohrung kontinuierlich an. So enthalten in einem von West nach Ost durch die Anomalie führenden Profil die sandigen und schluffigen Ablagerungen der Schichtenfolge in den beckenwärtigsten westlichen Profilabschnitten im Mittel je 13 bzw. 24 g/t (Bl. HG22, Bl. Nr. 1043) und in den östlichen randnächsten Bereichen bis 40 bzw. 100 g/t Thorium (Bl. Nr. 1936, Nr. 1939, Nr. 1717). In den einzelnen Zuflußsenken steigt die Thoriumkonzentration entsprechend in Richtung ihres granitischen Einzugsgebiets an: In den Sandsteinen und Peliten des Bahra-Kirchberger Zuflusses z. B. von durchschnittlich 7 bzw. 25 auf 36 bzw. 105 g/t, in der Zuflußsenke „Schacht 387-Forsthausweg“ von 30 bzw. 72 g/t auf 35 bzw. 92 g/t und in der Zuflußsenke "Hermsdorf-Langenhennersdorf" von 12 bzw. 29 g/t auf 51 bzw. 115 g/t. Diese Entwicklung ist in Abb. 105 dargestellt.

Die Anreicherungsmaxima für die einzelnen Elemente der Anomalie fallen im Grundriß nicht zusammen und das Zinn nimmt im Vergleich mit Thorium und Uran nur einen kleinen Teilbereich der anomalen Fläche ein. Außerdem ist es nicht wie Uran und Thorium bevorzugt an die Pelite, sondern mit seinen Höchstkonzentrationen an die Sandsteine und insbesondere an die konglomeratischen Basisschichten am Grund der Senke gebunden. Es wurde nur spektralanalytisch bestimmt und nach diesem Verfahren in geringen Mächtigkeiten mit Spitzenwerten von 300 bis >800 g/t festgestellt. Die Spitzenwerte sind auf die Zuflußsenken "Bahra-Kirchberg" und "Zwiesel" beschränkt (Bl. Nr. 2110/79, Nr. 2413/80, Nr. 2455/80, Nr. 2469/80, Nr. 2127A/79, Nr. 2152/80, Nr. 2408/80, Nr. 2152/81, Nr. 2420/80). Hier nimmt die Zinnführung in den angeführten Bohrungen den Charakter einer schwachen Paläoseife an. Die zinnhaltigen Basisschichten wurden ebenfalls auf ihre Goldführung überprüft. Unter 63 untersuchten waren nur 2 Proben mit Werten über der Nachweisgrenze des Analysenverfahrens von 0,005 ppm vertreten. Die eine Probe betrifft die Bohrung 2412/80 mit einem Goldgehalt von 0,03 ppm im Intervall von 126,0-127,5 m und die zweite Probe die Bohrung 2450/80 mit 0,01 ppm Au im Intervall von 234,4-235,8 m. Beide Intervalle liegen in Bereichen mit festgestellten und in den Abb. 109-112 und 115 gezeigten „Erzgeröllen“. Als Nähr- und Einzugsgebiet für das Zinn ist die nur wenige Kilometer weiter südlich zutage liegende Granitfläche um das Große und Kleine Horn und der sich anschließende Exo-Kontakthof des Granites bei Berggießhübel anzunehmen. Nach Angaben in der Fachliteratur ist der Granit am Kleinen und Großen Horn vergreist. Vorhandene Zinnsteintrümer sollen hier und in den angrenzenden kontaktmetamorphen Schiefern zu früheren kleinen Abbauversuchen veranlaßt haben [30].

Die Maxima für Blei und Zink stimmen in groben Zügen mit dem Zinn überein, doch sind beide Elemente nicht wie das Seifenzinn an die konglomeratischen Basissandsteine der Kreide sondern weiter im Hangenden an die kohlenstoffreichen Schluff- und Tonsteinschichten in den Flußauen- und See-Sumpfablagerungen gebunden. Hier wurden im Bereich der Zuflußsenke Zwiesel außer den typischen Komponenten Th, U, Sn, Mo, Pb und Zn auch die für die Anomalie uncharakteristischen Elemente Cu, Co, Ni, As und Ag mit anomal erhöhten Konzentrationen angetroffen (Tab. 12, Stichprobe Nr. 28, 29). In Einzellagen der Schichtenfolge wurden spektralanalytisch bis zu 0,1 % Pb, Zn und Cu, 0,05 % Co und Ni, 0,01 % Mo, >0,07 % As und 30 g/t Ag festgestellt (Bl. Nr. 2182/79, Pr. Nr. 57). Diese Elemente sind hier in denselben Ablagerungen stärker angereichert wie in den benachbarten Uranerzkörpern der Lagerstätte. Sie sind an den von der Lagerstätte abgewandten südwestlichen Teil der Senke gebunden und wahrscheinlich aus der cenomanen Abtragung von Skarnvererzungen im Kontakthof des Granites herzuleiten. Aus der allseitigen Überprüfung der Anomalie ist somit zu entnehmen, daß sie einen polymetallischen Charakter trägt. Sie ist komplex zusammengesetzt. Sie enthält in Abhängigkeit von der mikrochemischen Spezialisierung der Gesteine in der südlichen Grundgebirgsumrahmung lokal verschiedene Elementassoziationen.

Mit der Überdeckung des terrestrischen Cenomans durch den lagunären Wurmsandstein bricht im Profil der Schichtenfolge die Anomalie nach dem Hangenden zu ab. Ihr Verschwinden ist am einfachsten mit der Überdeckung

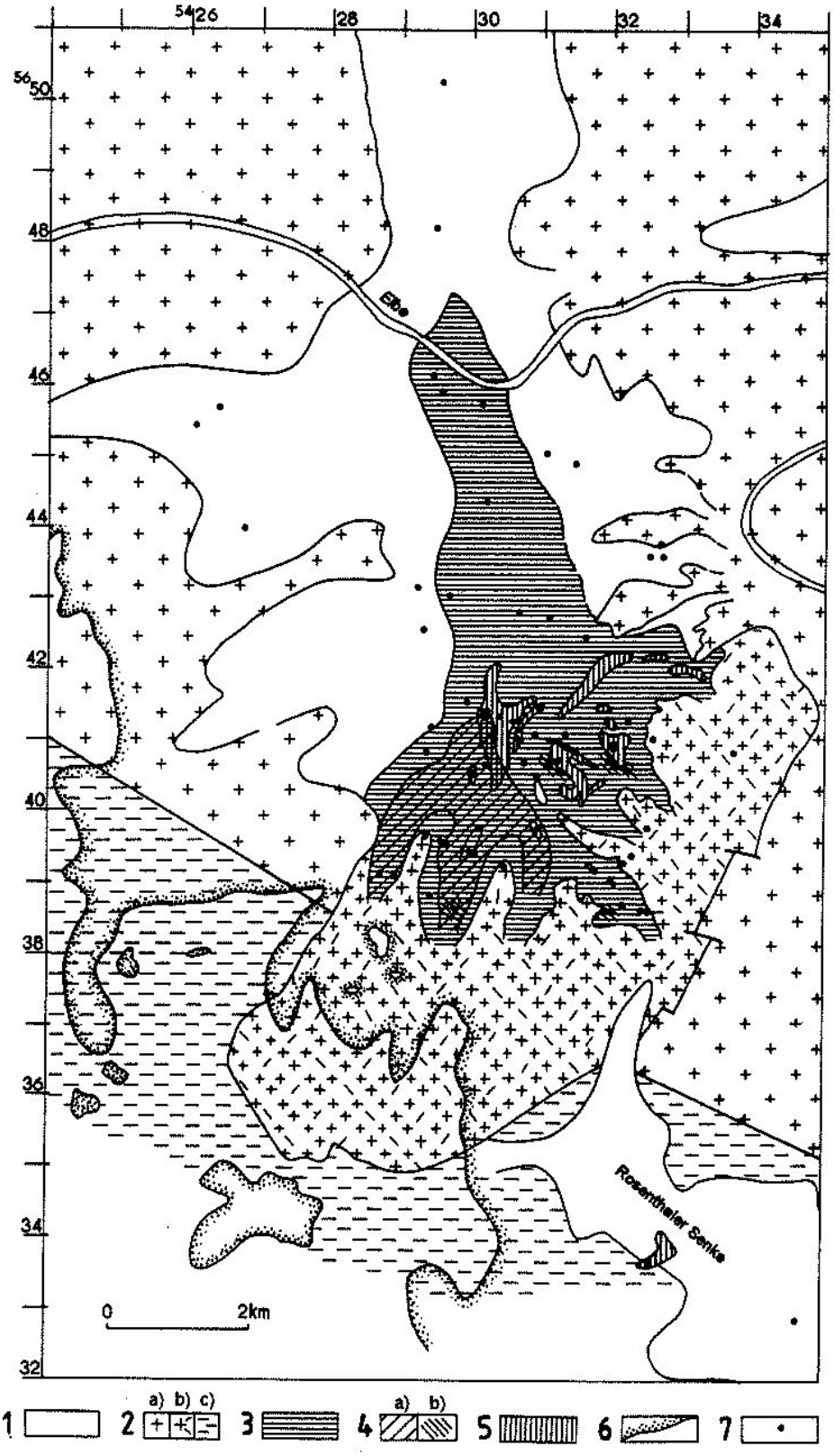


Abb. 104:
Position der polymetallischen Basisanomalie in der Paläosenke

1- terrestrisches Cenoman über Grundgebirge,
2 – umrahmendes Grundgebirge,
a – Lausitzer Granodiorit und Grauwacke,
b – Markersbacher Granit,
c – Elbtalschiefergebirge
3 – Durchschnittsgehalte der Pelite des terrestrischen Cenoman:
bei Uran 12-39 g/t
bei Thorium 28-104 g/t
bei Zinn 40-74 g/t
4 – Gehalte in Einzelproben:
Sn ≥400 g/t (a)
Th ≥150 g/t (b)
5 – Erzflächen des 3. Horizontes
6 – Ausstrich des Kreidefundamentes an der Oberfläche
7 – untersuchte Bohrungen

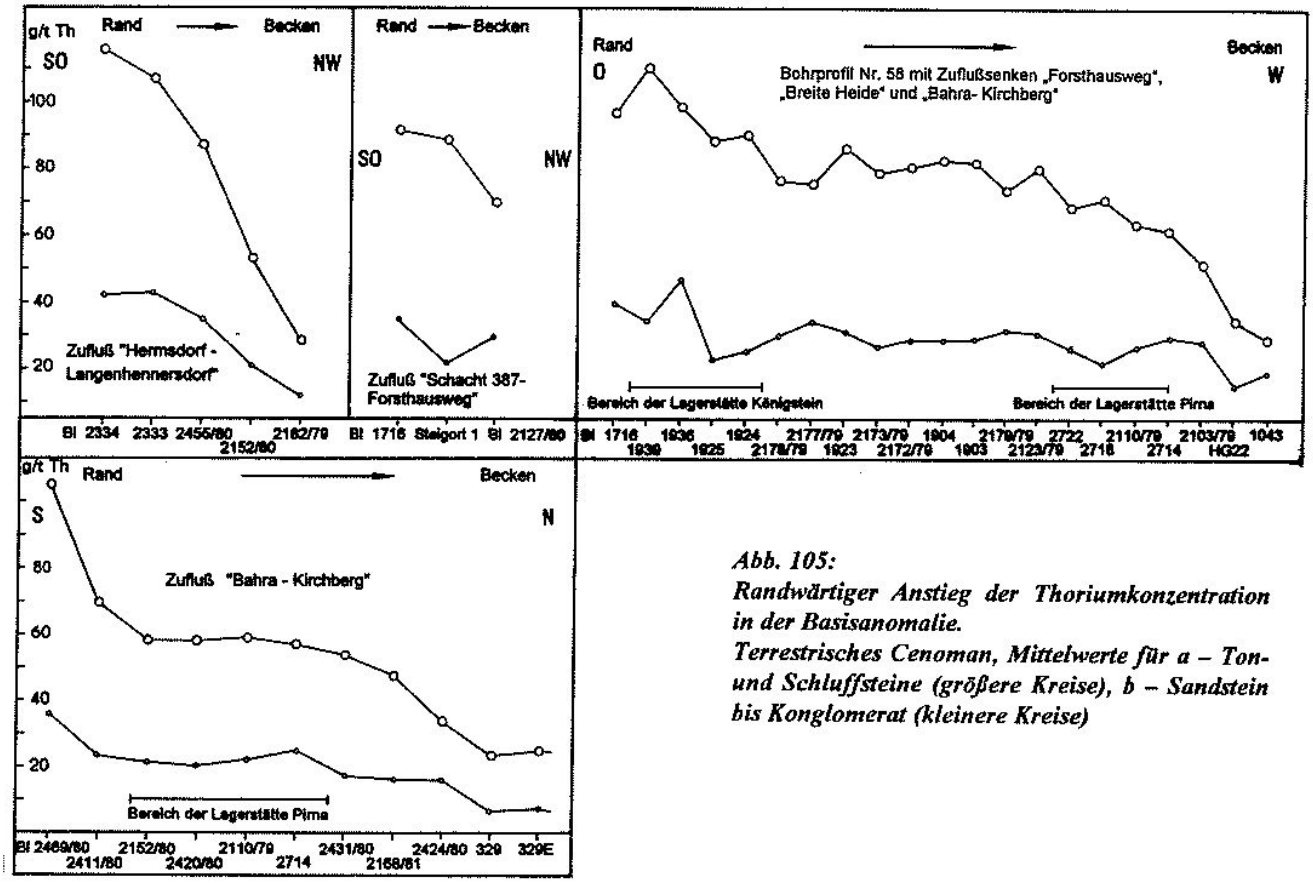


Abb. 105:
Randwärtiger Anstieg der Thoriumkonzentration in der Basisanomalie.
Terrestrisches Cenoman, Mittelwerte für a – Ton- und Schluffsteine (größere Kreise), b – Sandstein bis Konglomerat (kleinere Kreise)

ihrer Ernährungsquellen im umrahmenden Grundgebirge durch die Ablagerungen des transgredierenden Kreidemeeres zu erklären. Nur am äußersten südlichen Rand der Paläosenke reicht die Elementführung abgeschwächt noch bis in den Wurmsandstein und den Unterquader hinein. Thorium und Zinn klingen in den Bohrkernprofilen hier nicht gemeinsam sondern nacheinander aus (Bl. Nr. 2171/80, Nr. 2407/80, Nr. 2152/81, Nr. 2154/81). Wahrscheinlich wurde im Verlauf der marinen Transgression der thoriumreiche Granit früher als sein zinnhaltiger Kontakthof überdeckt.

Die polymetallische Anomalie entspricht stratigraphisch dem 3. Erzhorizont der Lagerstätte. Sie schließt dessen Erzlager und Erzintervalle in und außerhalb der Lagerstätte in sich ein (Abb. 75). Sie wird von diesen Vererzungen überprägt und betrifft deren Neben- und Wirtsgestein. Dabei unterscheiden sich beide Anreicherungsarten nicht nur im Konzentrationsniveau sondern auch im Konzentrationsverhältnis der einbezogenen Elemente. Der Unterschied geht aus einem Vergleich der Konzentrationsfaktoren für das anomale Neben- und das eigentliche Erzgestein hervor. Die Faktoren geben die durchschnittliche Anreicherung desselben Elementes zum einen im Nebengestein auf das geochemische Normalfeld im nordöstlichen Teil der Paläosenke und zum anderen in den Uranerzlagern auf das Nebengestein bezogen an. Betreffs der Pelite des Erzfeldes Pirna ergeben sie nach Tab. 12 für die hauptsächlichen Elemente der Polymetallanomalie folgende Konzentrationsverhältnisse:

	U	:	Th	:	Sn	:	Mo	:	Pb	:	Zn	
a) im Nebengestein	4,9	:	2,8	:	3,8	:	3,3	:	2,3	:	3,3	Stichprobe Nr. 34/22
b) im Erz	18,3	:	1,2	:	1,1	:	4,0	:	1,5	:	1,2	Stichprobe Nr. 36/34

In allen weiteren Vererzungen des 3. Horizontes liegen die entsprechend auf die Polymetallanomalie als Hintergrund bezogenen KF-Werte bei Uran zwischen 18 und 24 und steigen in der Zentralzone der Lagerstätte auf über 100. Dagegen halten sie sich bei Mo, Pb und Zn zwischen 1 und 7 und fallen bei Th, Sn, Cu, V, Co, Ni und As zum Teil bis auf unter 1. Im 1. und 2. Erzhorizont, der wegen des Fehlens der Basisanomalie in diesem Profilabschnitt auf geochemisch normalen Hintergrund bezogen wurde, hebt sich das Uran mit KF-Werten von 90 bis 150 noch schärfer aus der Reihe der übrigen Elemente hervor. Blei, Zink und Molybdän erreichen Werte von 2 bis 14, die übrigen Komponenten solche von <1 bis 2. Die erörterten Beziehungen sind nach den Angaben von Tab. 12 in der Abb. 106 graphisch dargestellt.

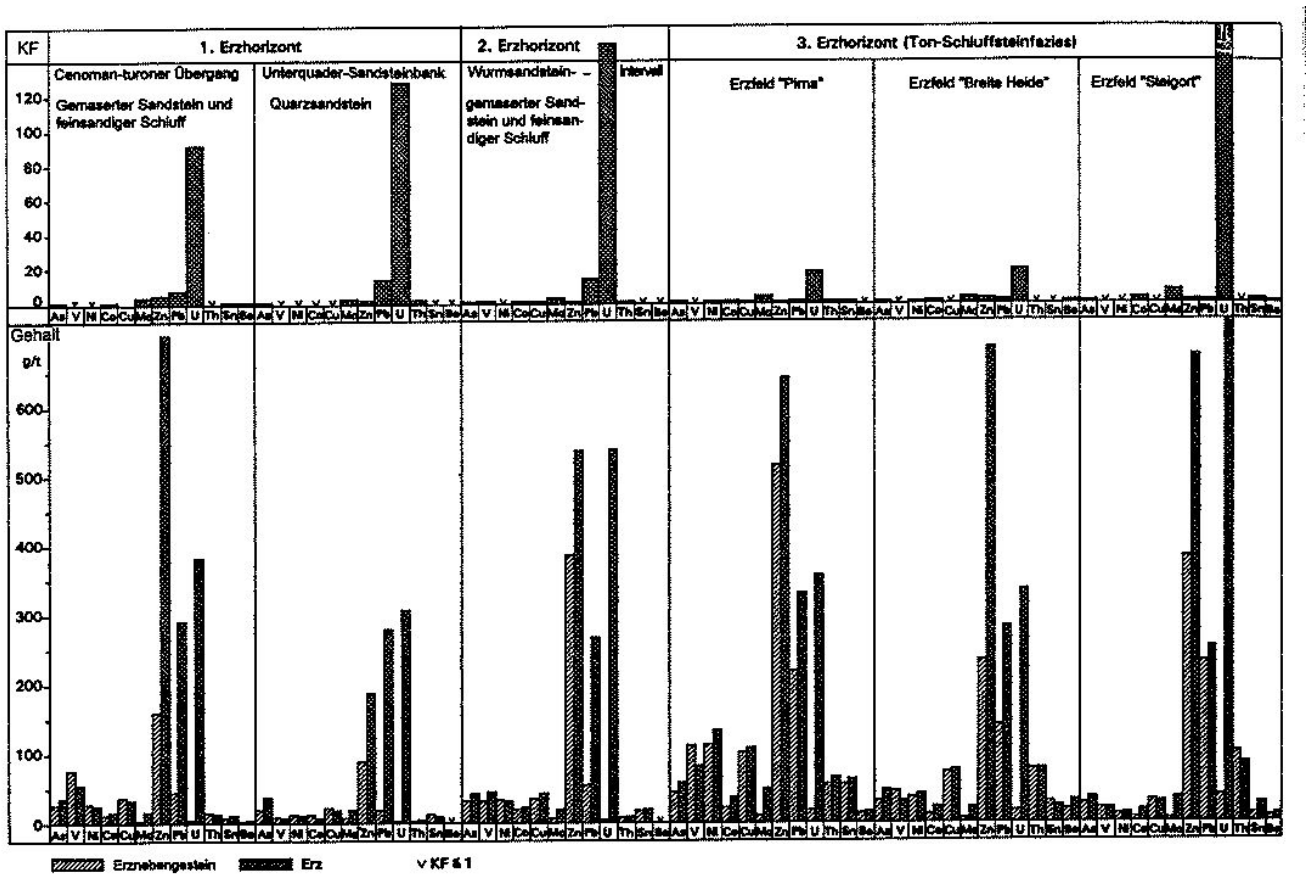


Abb. 106: Durchschnittsgehalte untersuchter Mikroelemente im Erz und Erznebengestein, Konzentrationsfaktoren KF, vgl. Tab. 12

Mit dem Ziel ihrer Gewinnung als Nebenprodukt zum Uran wurden dessen Begleitelemente und ihre Anreicherungsfaktoren in der Lagerstätte schon in den sechziger Jahren bestimmt [35]. Lithologie und geochemisches Umfeld fanden dabei kaum Berücksichtigung. Für die drei Erzhorizonte wurde ein breites Spektrum von Begleitelementen angegeben. Als engste Begleiter des Urans wurden die Elemente W, Zr, Mo, Zn, Ni, Co und Ag ausgewiesen (Tab. 13).

Aus den neu erhaltenen Resultaten ist aber zu entnehmen, daß man bei der Bestimmung der Begleitelemente des Urans zwischen der polymetallischen Basisanomalie und der überprägenden Erzführung unterscheiden muß. Aus dem Vergleich der KF-Werte der Elemente beider Anreicherungsformen geht eine auffällige Selektivität in der Konzentrierung des Urans über die Basisanomalie hinaus zur Lagerstätte hervor. Die Lagerstätte erscheint als eine lokale Weiterentwicklung der Basisanomalie ohne Anteilnahme ihrer charakteristischen Elemente wie Thorium, Zirkon und Zinn. Als untergeordnete Begleiter des Urans heben sich aus dem untersuchten Elementspektrum nur noch Mo, Pb und Zn hervor. Die Lagerstätte stellt insofern eine in der Tendenz monometallische Elementanreicherung dar. Blei und Zink treten in den beiden oberen Erzhorizonten am auffälligsten am westlichen Rand der Lagerstätte in Erscheinung. Hier befinden sie sich in den untersuchten Bohrkernprofilen mit Uran in enger Korrelation (Abb. 107). In Richtung des zentralen Lagerstättenfeldes nimmt ihr Anteil im Erz zugunsten von Uran jedoch kontinuierlich ab.

So läßt sich aus den vergleichenden Untersuchungen insgesamt entnehmen, daß das Uran in den cenomanen Ablagerungen der Paläosenke in zweierlei Verbreitungsformen existiert. Zum einen gehört es mit Thorium und Zinn und nur geringfügig bis max. ca. 40 g/t angereichert, weitflächig verteilt und aus der cenomanen Abtragung der Grundgebirgsumrahmung hervorgegangen, der polymetallischen synsedimentären Basisanomalie an. Zum anderen ist es, über die Sandsteinbänke des 5. und 4. Grundwasserleiters zugeführt, in den fast monometallischen Erzkörpern der Lagerstätte infiltrativ konzentriert. Beide Verbreitungsformen liegen im Niveau des 3. Erzhorizontes miteinander verwachsen vor. Im Niveau der beiden oberen Erzhorizonte ist nur die letztere ausgebildet. Im 3. Horizont bildet die erstere, synsedimentäre Verbreitungsform, den geochemischen Hintergrund für die letztere, infiltrati-

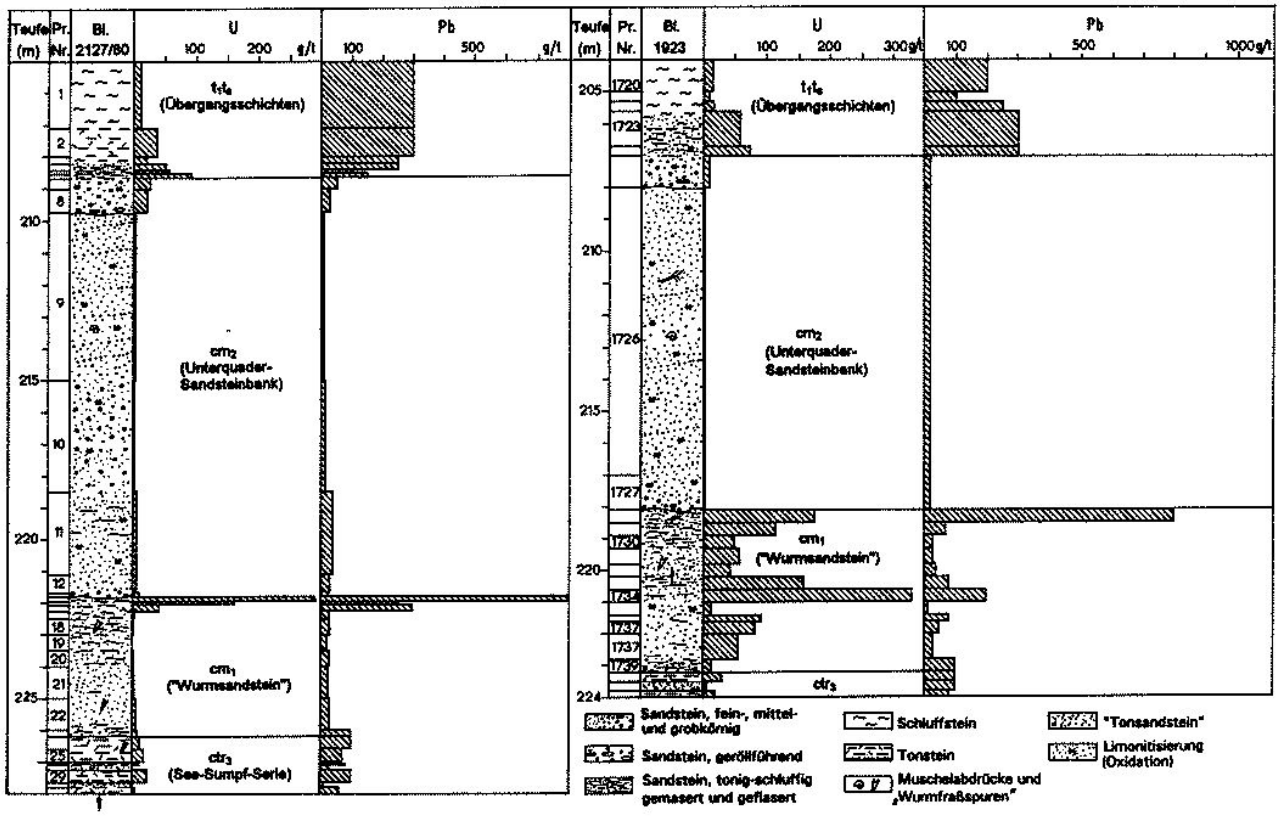


Abb. 107: Uran und Blei am Westrand der Lagerstätte Königstein, Bohrprofilausschnitte zum 1. und 2. Erzhorizont

Tab. 13: Elementgehalte (in g/t) von Erz- und Nebengestein der drei Erzhorizonte, nach O. ROSCHER und W. CLAUß, 1966 [35]

1. Bilanz- und Außerbilanzbereiche der 3 Erzhorizonte																	
Erzhorizont	Clarkes f. Sandstein n. Turekian und Wedepohl	I. Horizont 186 Proben				II. Horizont, 230 Proben				III. Horizont, 117 Proben				KF-Werte			
Element		Z	X	V%	von-bis	Z	X	V%	von-bis	Z	X	V%	von-bis	I.	II.	III.	
U	0,45	339	542	89	70-3210	339	815	213	0-18910	229	472	178	10-5440	1204,0	1811	1049	
Pb	7	590	984	137	5-10000	740	1396	120	2->10000	660	1068	119	16-7500	141	199	153	Z: Werte der Mittellinie (Median)
Zn	16	245	894	234	2-16100	445	849	265	<1-22000	280	729	179	3-7800	56	53	46	
Cu	~5	42	214	445	0-9700	36	100	244	0-1660	40	96	233	0-915	43	20	19	
Co	0,3	1,5	19	273	0-390	1,5	12	246	0-1480	10	53	267	0-1100	63	40	177	
Ni	2	47	157	222	0-3000	47	66	173	0-2900	87	202	170	0-1980	78	33	101	
Mo	0,2	32	75	157	1-600	45	198	170	0-990	25	53	233	0-250	375	990	265	X: Mittlerer arithmetischer Gehalt
V	20	32	44	105	0-210	26	56	270	0-730	8	23	148	0-170	2	2,8	1,1	
Ag	0,05	4	22	165	0-210	4	20	201	0-250	9	20	161	0-205	440	400	400	
Sn	0,5	32	54	199	1-1150	42	172	194	0-1710	65	93	106	0-570	108	344	186	
Be	0,5	2	11	276	0->275	4	45	264	0-800	30	123	155	0-810	22	90	246	V %: Variationskoeffizient
Cr	35	57	85	143	0-865	44	93	226	0-2700	17	62	311	0-1800	2,4	2,7	1,8	
Ti	1500	910	2690	161	0-22400	1130	2216	207	0-33300	780	2810	216	0-35000	1,8	1,5	1,9	
Zr	220	120	188	154	0-2600	100	596	242	0-7700	<1	333	371	0-9100	0,9	2,7	1,5	
Cd	0,0n	<1	nb	nb	0-840	1	nb	nb	0-720	<<1	nb	nb	0-440	-	-	-	
Ba	n0	90	nb	nb	8-870	89	nb	nb	1-1900	74	nb	nb	10-2320	-	-	-	nb: wurde nicht bestimmt
Sr	20	210	nb	nb	0-1750	49	nb	nb	0-990	25	nb	nb	0-54	-	-	-	
Nb	0,0n	22	nb	nb	0-2180	15	nb	nb	0-770	10	nb	nb	0-630	-	-	-	
Ga	12	55	144	154	0-1300	49	169	163	0-1640	185	292	106	<1-1610	12	14	24	
Sc	1	<<1	2	374	0-66	<<1	5	312	0-165	<1	10	217	0-97	2,0	5,0	10	
Y	40	49	121	177	0-2000	56	124	207	0-3200	43	124	213	0-1470	3,0	3,0	3,0	
Li	15	<<1	11	425	0-465	<1	31	304	0-910	41	130	166	0-1290	0,7	2,0	8,7	
W	1,6	12	18	129	0,150	19	44	499	0-3280	15	16	89	0-76	11,2	27,5	10	

2. Elementgehalte b): Bilanz- und Außerbilanzbereiche der 3 Erzhorizonte, (533 Proben); a): Erznebengestein (642 Proben)																			
	U	Pb	Zn	Cu	Co	Ni	Mo	V	Ag	Sn	Cr	Ti	Zr	Cd	Ba	Sr	Nb	Ga	W
b)	316	630	325	36	2,1	53	35	22	4,3	40	41	890	63	<1	85	71	14	76	43
a)	56	760	93	20	<1	16	9	15	1,8	25	36	575	<1	<<1	55	44	7	55	10
KF(b/a)	5,64	0,83	3,5	1,8	>2,1	3,31	3,89	1,47	2,49	1,6	1,14	1,55	>63	nb	1,57	1,61	2,0	1,38	4,3

ve Anreicherung. Beide Verteilungs- und Anreicherungsarten werden, soweit als möglich und erforderlich, als U_1 und U_2 voneinander unterschieden.

5.3 Über "Erzgerölle" in den cenomanen Basisschichten

Von den Geröllen aus der Stufe der rotbuntfarbigen Basisschichten erwiesen sich im Umfeld der Lagerstätte einzelne als radioaktiv. Diese wurden in den basalen, unmittelbar über dem granitischen Grundgebirge aufgeschütteten konglomeratischen Sandsteinen festgestellt, die außer Quarz und Granit auch massenhaft dunkelfarbige Hornsteine, schwarze Kiesel-Alaunschiefer und plattige schichtstreifige Grauwacken enthalten. Die Gerölle erreichen Faustgröße und sind nur schwach kantengerundet. Sie sind in eine Quarzsand-Matrix eingebettet und durch ein kieseliges und toniges Bindemittel verkittet. Von zahlreich im Sediment vorhandenen Geröllen der gleichen Gesteinsart waren jeweils immer nur einzelne vererzt. Solche wurden in Bohrkernen im Abstand von nicht mehr als 6 Metern über dem Kreidefundament festgestellt (Bl. Nr. 2450/80, Nr. 2414/80, Nr. 2420/80). Sie wurden als kontaktmetamorphe Hornsteine, Grauwacken, vergreiste Granite und Kiesel-Alaunschiefer bestimmt.

In den von Handstücken solcher Bohrkerne angefertigten Makro-Autoradiographien heben sich deutlich die radioaktiven Partikel von ihren unvererzten Vertretern ab (Abb. 108-115). Die Radioaktivität ist im Geröll nicht gleichmäßig verteilt sondern in unterschiedlicher Intensität auf einzelne Teilbereiche lokalisiert. Die Schwärzungen sind wie in den Radiographien aus der Lagerstätte nach Intensität und Verteilung texturiert. Sie bestehen aus diffus wolkigen Schlieren und Streifen mit darin eingeschlossenen schärfer begrenzten, teils punktuellen Intensivierungen. Die Effekte verweisen auf ein Vorliegen des Urans in der dispersen mit Übergängen in die mineralisierte Form. Die Schwärzungen sind bei den Hornsteinen und Grauwacken überwiegend auf die Ränder der Gerölle konzentriert. Hier bilden sie einen inneren und zum Teil um sie herum einen äußeren Saum (Abb. 111, 113). Im Granit sind sie an seine Durchtrümerung gebunden (Abb. 114). Die granitischen Gerölle bilden sich nach längerer Expositionzeit allein durch ihre erhöhten Untergrundgehalte an Uran und Thorium auf den Autoradiographien ab (Abb. 109). Die rotbuntfarbigen Schluffstein- und Feinsandsteinlagen, welche die konglomeratischen, radioaktive Gerölle führenden Sandsteinbänke voneinander trennen, sind ebenfalls von radioaktiven, doch winzig kleinen, visuell nicht identifizierbaren Partikeln durchsetzt. Bei ihnen handelt es sich

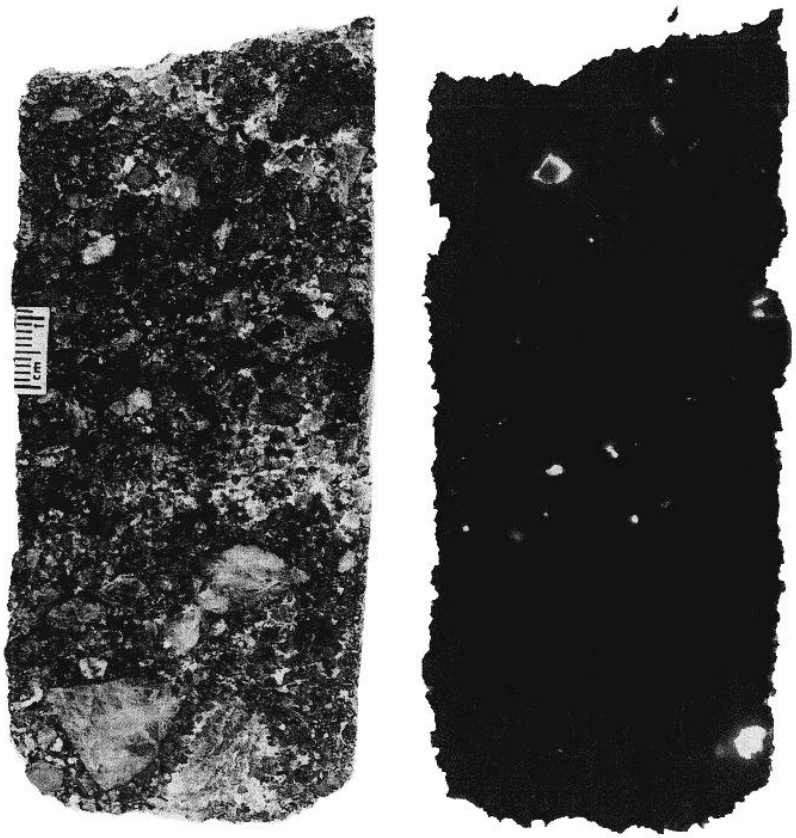


Abb. 108: (links Gesteinsfoto, rechts Autoradiographie): Terrestrisches Cenoman, rotbunte Basisschichten (ctr_1), Zuflußsenke Bahra-Kirchberg; Sandstein, grobkörnig mit Geröllen. Bohrung 2480/80, Teufe 203,0 m

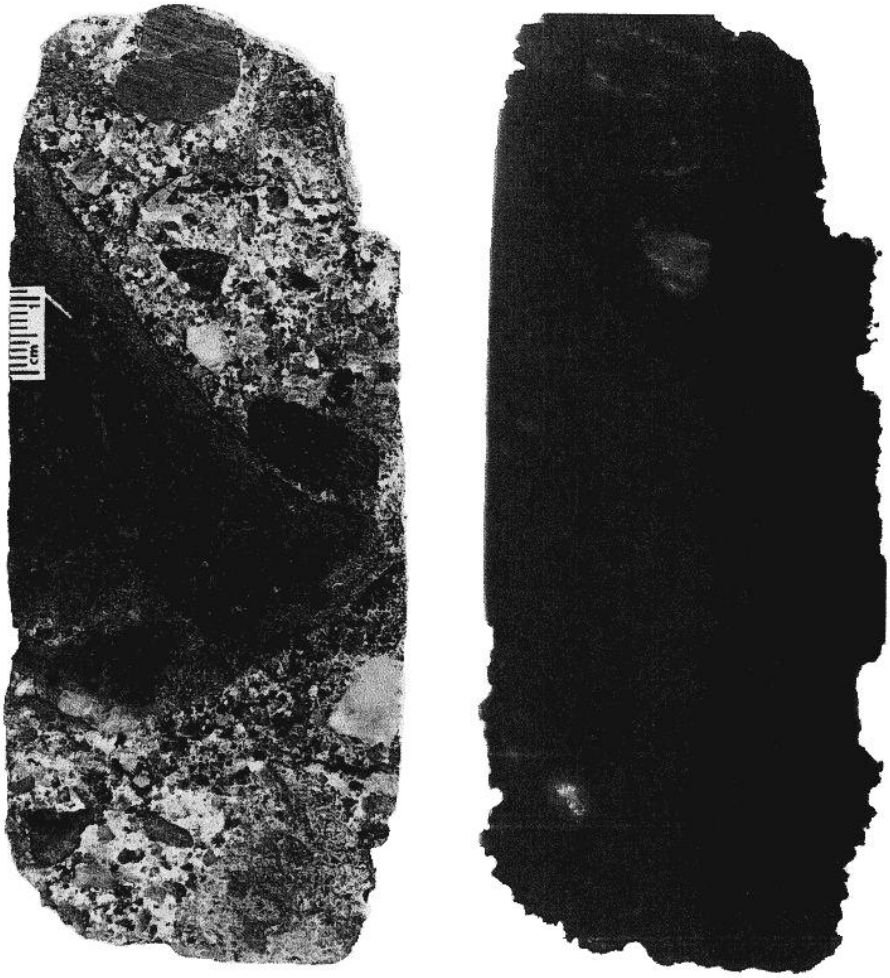


Abb. 109: (links Gesteinsfoto, rechts Autoradiographie): Terrestrisches Cenoman, rotbunte Basisschichten (ctr_1), Zuflußsenke Bahra-Kirchberg. Konglomeratischer Sandstein, großes Geröll = Granit von Markersbach. Bohrung 2412/80, Teufe 129 m

entweder desgleichen um primären, aber feingrusigen Gesteinsdetritus, vielleicht aber auch um konkretionäre Neubildungen. Die Teilchen sind dunkelfarbig im rötlich getönten Gestein verteilt. Sie sind, wie auch die Hornsteine und Kieselschiefer in den Konglomeraten (Abb. 108, 112, 115), von hellen Bleichungssäumen umgeben und ebenfalls nur vereinzelt radioaktiv (Abb. 117).

Radioaktives Geröll wurde schon früher im Zechstein in den Basiskonglomeraten der Lagerstätte Culmitzsch sowie im Zechsteinkonglomerat bei Rudolstadt festgestellt [49]. Als Indikator für noch unentdeckte Uranvorkommen im Gebiet seiner Herkunft wurde ihm stets eine Suchbedeutung beigemessen. Zugleich war sein Charakter als reliktisches Primärerz immer umstritten. Daß diese Komponenten erst nachträglich am Ort ihrer Ablagerung und Einbettung einer Vererzung unterlagen, wurde für nicht weniger wahrscheinlich gehalten.

Im gegebenen Fall wurden die radioaktiven Gerölle in den Zuflußsenken Bahra-Kirchberg und Zwiesel angetroffen. Ihre Verbreitung fällt mit dem Bereich maximaler Gehalte an Sn, Pb, Zn, Cu, Co und Ni in der polymetallischen Basisanomalie zusammen. Nicht auszuschließen wäre es, daß sie sich gemeinsam, mit den hohen Konzentrationen an Polymetallen, die in den hangenden Flußauen- und See-Sumpfablagerungen vorliegen, aus einem gemeinsamen Ursprung herleiten. Als ein solcher käme die schon erwähnte vermutete Skarnvererzung im Exo-Kontakthof des Markersbacher Granites bei Berggießhübel in Betracht.

So wurden bei späteren Sucharbeiten im unterlagernden und umrahmenden Grundgebirge der Kreideformation tatsächlich Uranvererzungen im Einzugsgebiet der beschriebenen Gerölle nachgewiesen. Noch in den achtziger Jahren erschloß eine Bohrung (Bl. Nr. 2470/80) am Ladenberg bei Berggießhübel in 650 m Tiefe unter der Kreidetafel in der Westlausitzer Störungszone im Exo-

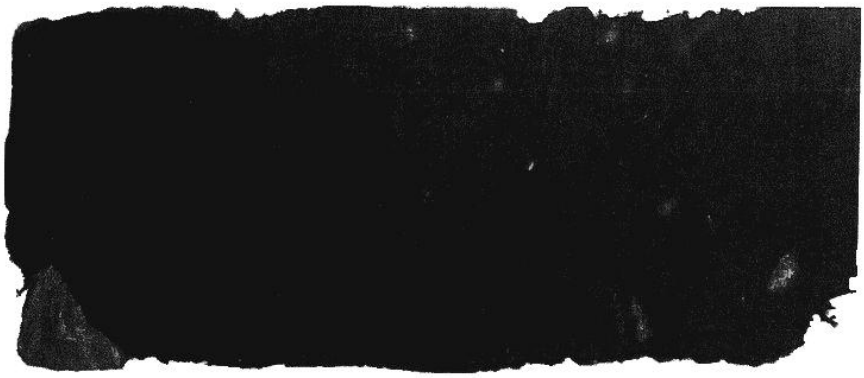


Abb. 110: (oben Autoradiographie, unten Gesteinsfoto): Stratigraphie wie Abb. 109, Bohrung 2412/80, Teufe 130 m. Konglomerat.

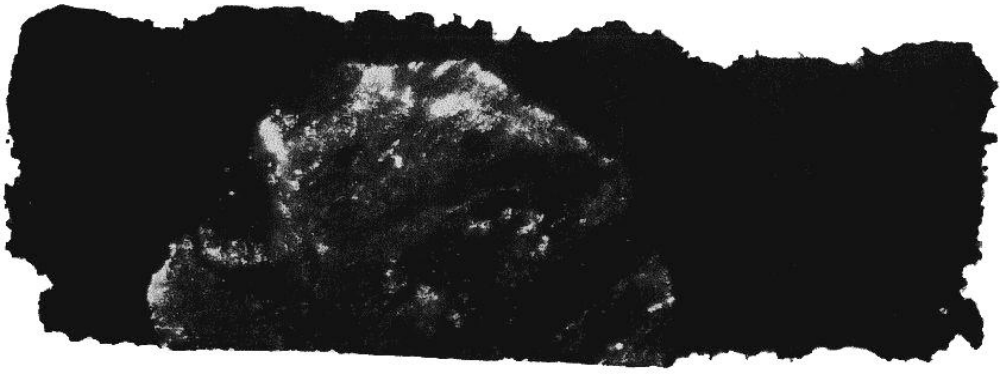


Abb. 111 (oben Autoradiographie, unten Gesteinsfoto): Stratigraphie wie Abb. 109, Bohrung 2450/80, Teufe 232,7 m. Konglomerat aus Hornstein (großes Geröll), Quarz, Quarzit, Grauwacke, Kiesel- und Alaunschiefer

Abb. 112 (oben Autoradiographie, unten Gesteinsfoto):
Stratigraphie wie Abb. 109, Bohrung 2450/80, Teufe 232,5 m. Sandstein, wechselnd fein- und grobkörnig, rotbunt, mit einem stärker aktiven Geröll.

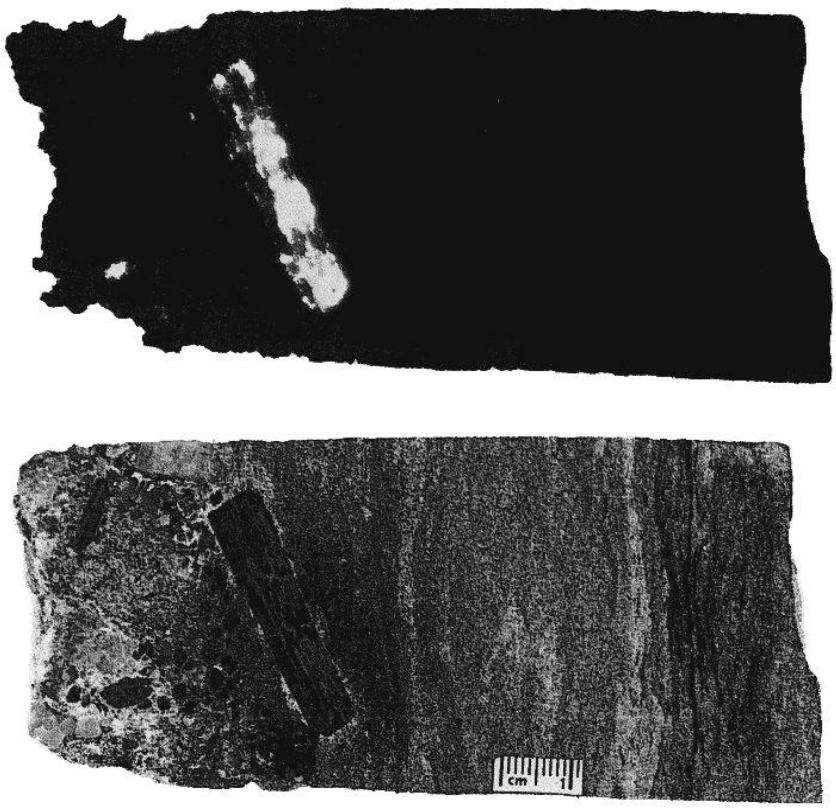
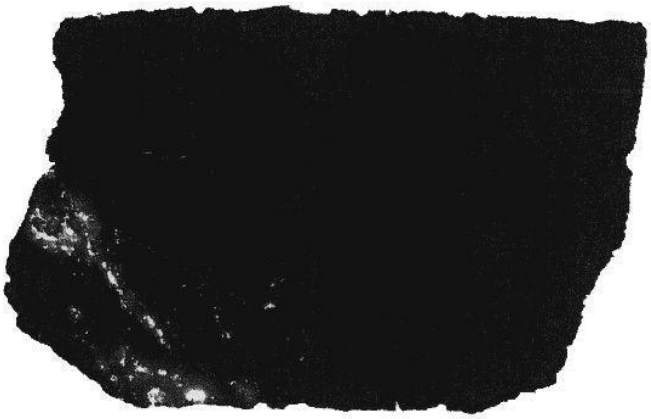


Abb. 113 (oben Autoradiographie, unten Gesteinsfoto):
Stratigraphie wie Abb. 109, Bohrung 2420/80, Teufe 203 m. Konglomerat



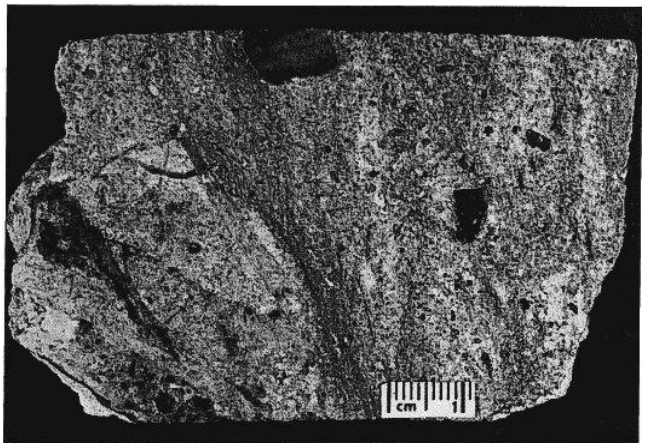


Abb. 114 (oben Autoradiographie, unten Gesteinsfoto):
Stratigraphie wie Abb. 109, Bohrung 2414/80, Teufe 129 m. Sandstein, fein- bis mittelkörnig, links unten ein größeres Geröll von vergreistem Granit.

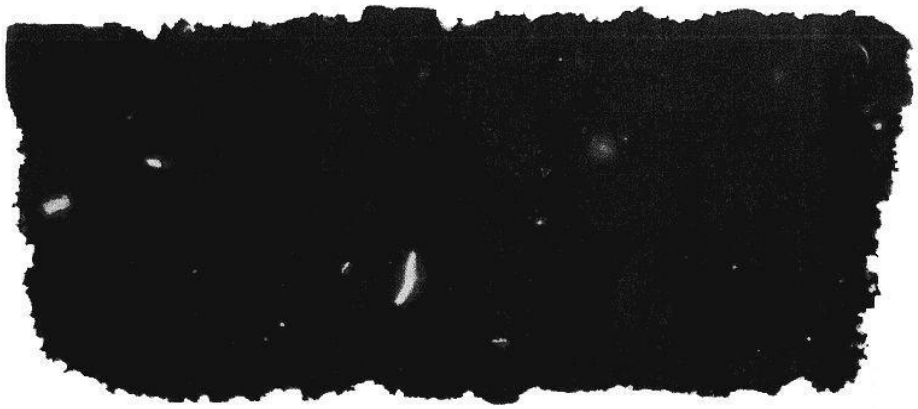


Abb. 115: (oben Autoradiographie, unten Gesteinsfoto): Stratigraphie wie Abb. 109, Bohrung 2420/80, Teufe 203,5 m. Konglomerat

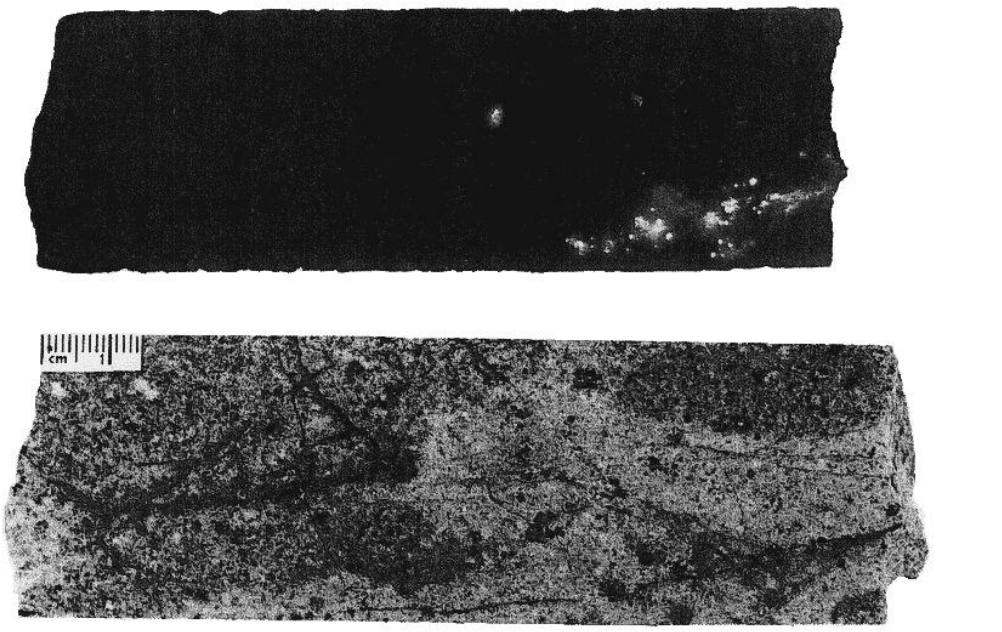
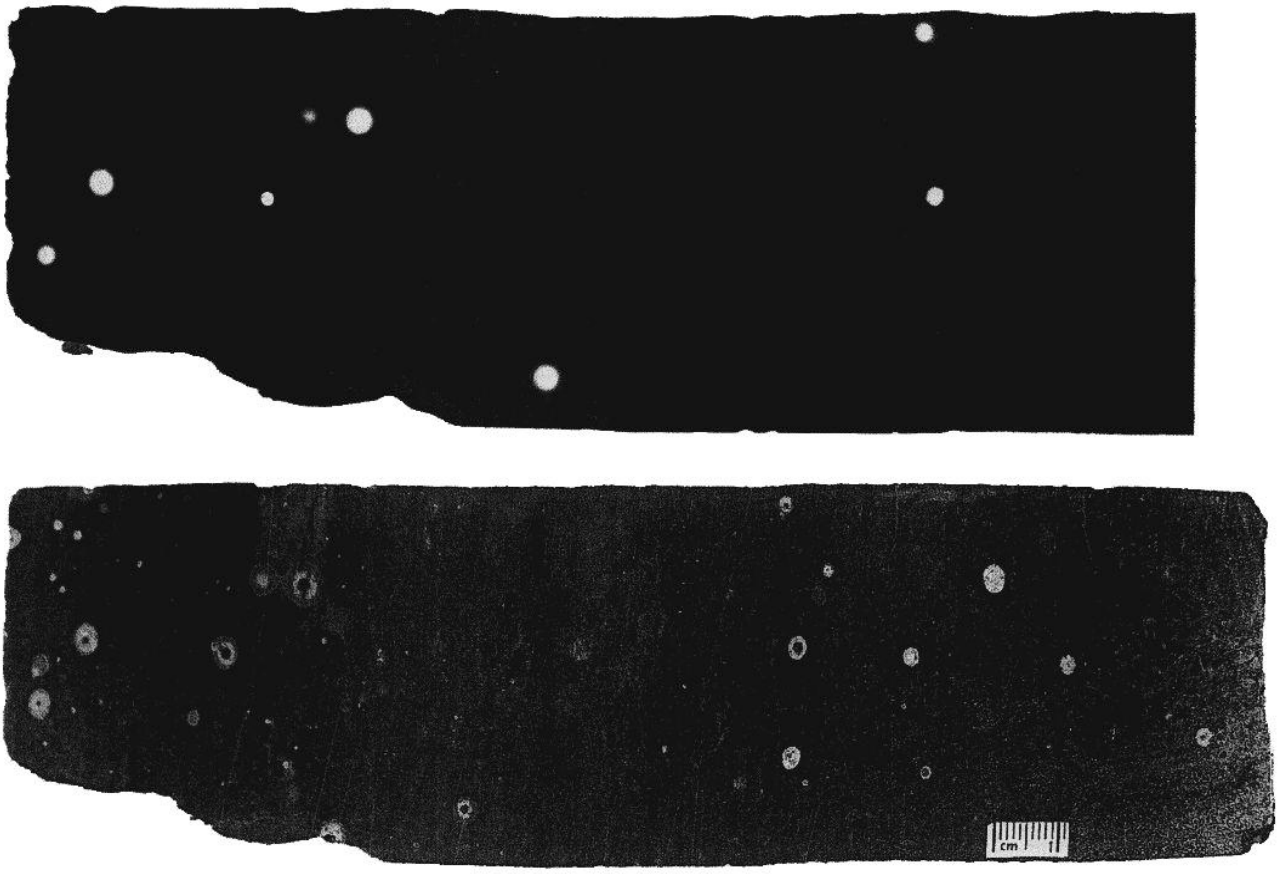


Abb. 116 (oben Autoradiographie, unten Gesteinsfoto):
Granit von Markersbach vom Ostrand der Lagerstätte, Bahra-Königsteiner Schwelle. Im Granit Erztrümchen und Bleichungen. Bohrung 2620/88, Teufe 450,9-460,0 m.



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.

Kontakthof des Granites von Markersbach ein Uran-Bilanzerz-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 Radioaktiväten nach der Bohrlochmessung bis 300 µR/h und Urangehalten 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 radioaktives 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.

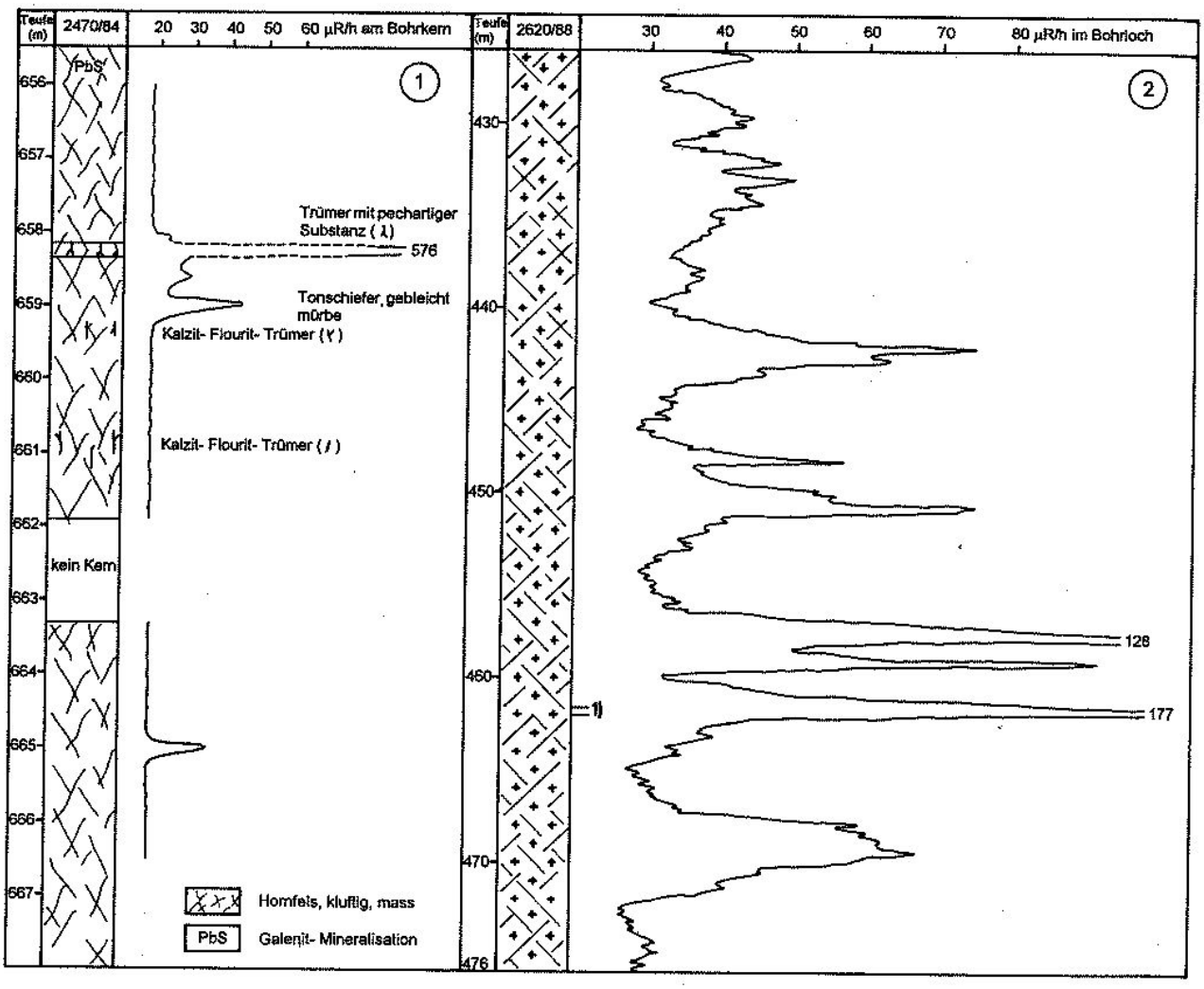


Abb. 118: Beispiele für Anreicherungen von Uran im Kreidefundament im Umfeld der Lagerstätte Königstein. (1) Bohrung im Exokontakt des Markersbacher Granites an der Westlausitzer Störung nördlich Zwiesel, (2) Bohrung im Markersbacher Granit am Ostrand der Lagerstätte mit Probenahmepunkt zu Abb. 116 (1).

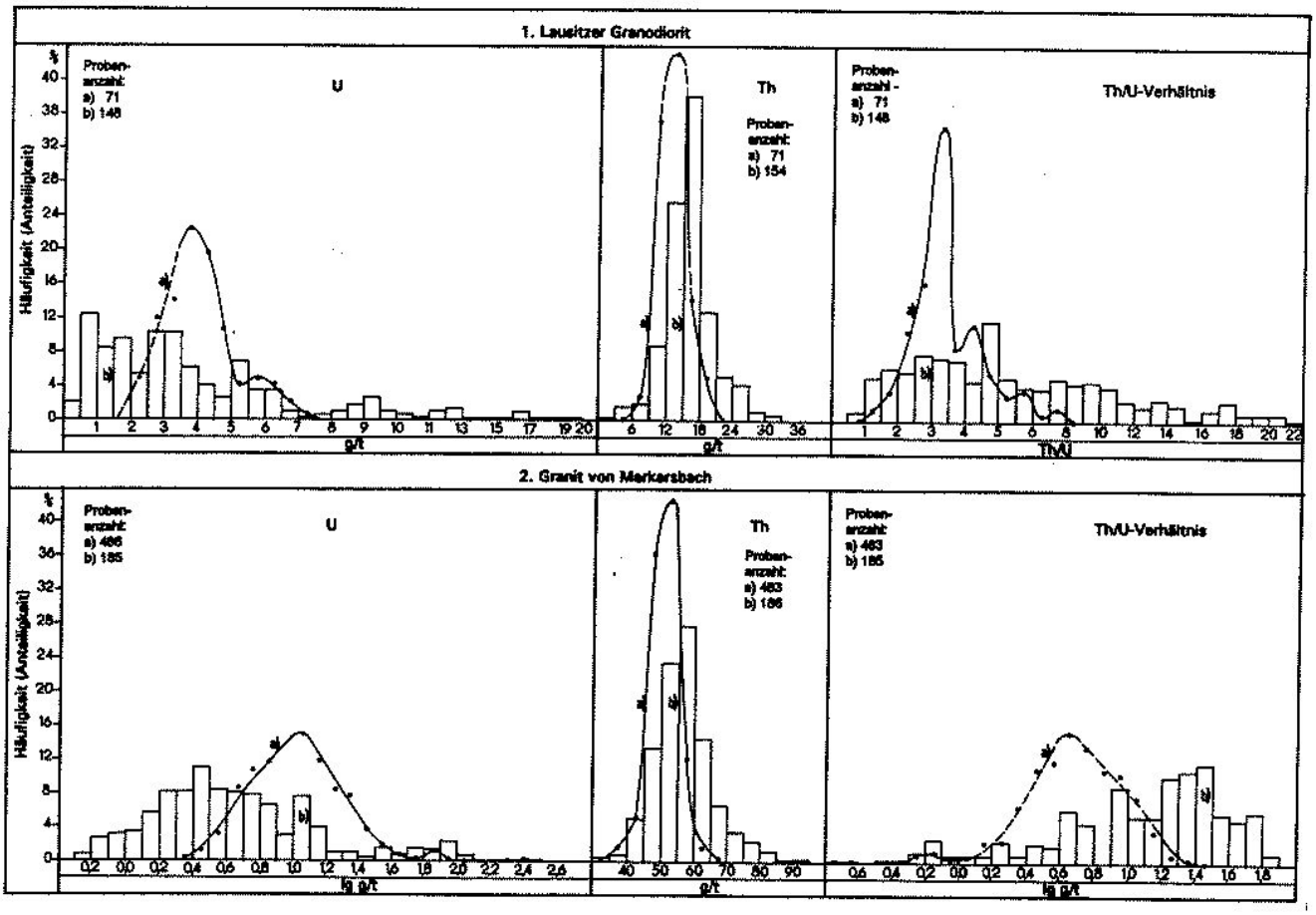


Abb. 119: Statistische Verteilung von Uran und Thorium im unverwitterten Grundgebirge (jeweils Kurve a) und im verwitterten Grundgebirge (Säulendiagramm b)

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 präcenomanen 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. Dementspechend 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	V	n	X g/t	S	V	n	X	S	V
Granodiorit	frisch	66	3,9	0,88	22,6	71	13,0	2,7	20,8	69	3,35	0,93	27,8
	verwittert	121	2,6	1,59	61,2	155	16,1	4,4	27,3	121	7,56	4,62	61,1
Granit von Markersbach	frisch	477	lg 1,005	lg 0,266	26,5	486	50,6	4,7	9,3	474	lg 0,69	lg 0,26	37,7
	verwittert	172	lg 0,57	lg 0,389	68,2	187	56,8	8,9	15,7	172	lg 1,17	lg 0,38	32,5

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 Uranauslaugung 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

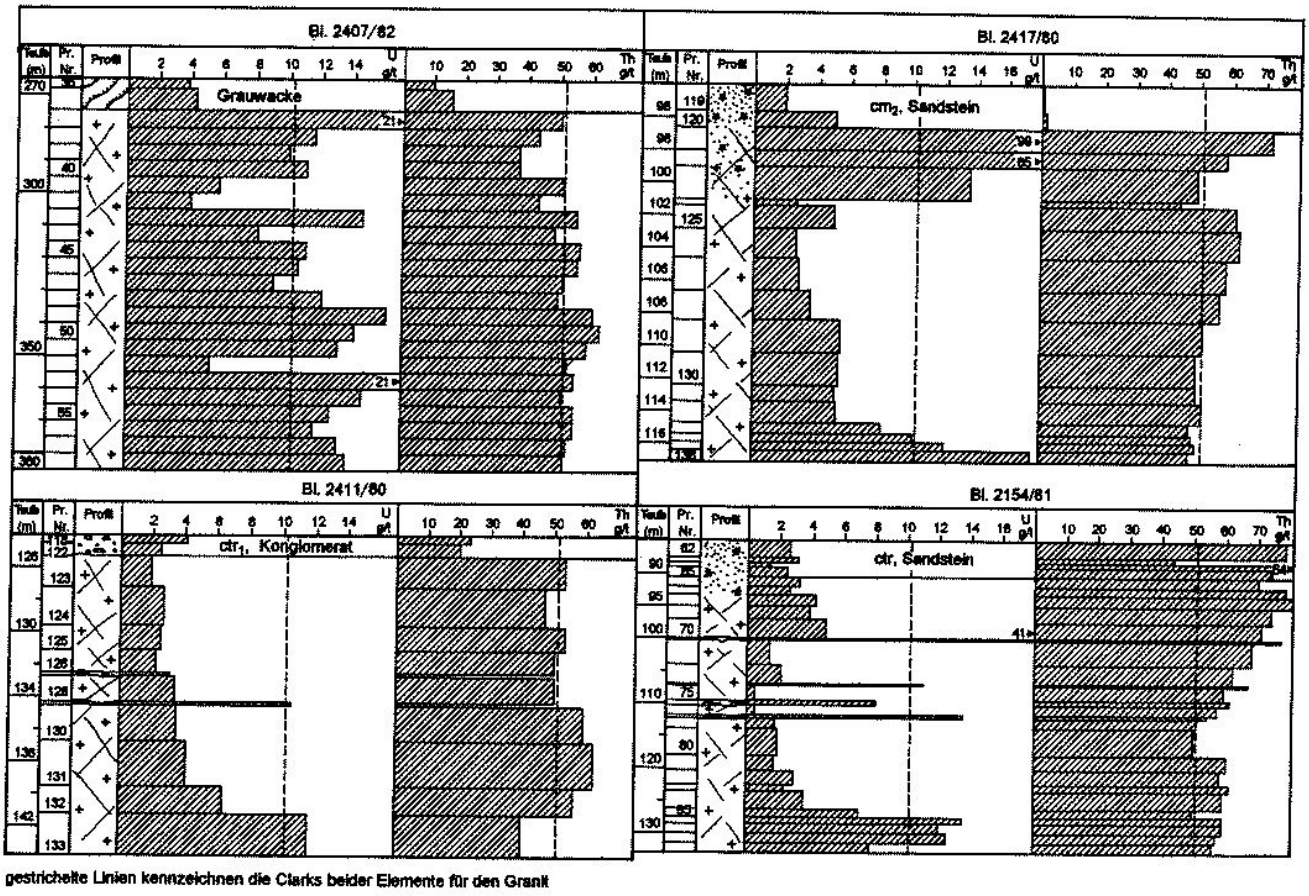


Abb. 120: Verteilung von Uran und Thorium in präcenoman verwitterten und unverwitterten Profilen des Granites von Markersbach

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 betrugen 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 Granits 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 beständigeren Schwereminералen [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 vorsedimentären 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 Liegendschichten 7,9-9,6 (Tab. 16). Die Werte drücken, auf den Granit bezogen, die Überernährung der Erzintervalle mit Uran in Verbindung mit einer entsprechenden Unterernährung der Hangend- und Liegendschichten aus.

Der mit 9,6 angegebene Durchschnittswert von Th/U kennzeichnet die Stufe der rotbuntfarbigen Basisschichten im Liegenden der Erzintervalle. Diese Ablagerungen stehen der beschriebenen Verwitterungskruste räumlich und in der Farbtönung 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 rotbuntfarbigen 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 präcenomane, durch Auslaugung an Uran verarmte thoriumreiche 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	See-Sumpf-Serie: ctr_3	136	11	56	7,9
"Breite Heide"	Erzintervalle im Liegenden: $ctr_{3/2}$	150	260	53	0,6
Zuflußsenke	Rotbuntfarbige Basisschichten (ctr_1)	118	9	54	9,6
"Bahra-Kirchberg"	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 rotbuntfarbigen Basisschichten (ctr_1)

Lfd. Nr.	Bl. Nr.	PrNr	g/t U	g/t Th	Th/U	Lfd. Nr.	Bl. Nr.	PrNr	g/t U	g/t Th	Th/U
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	53,2
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	18,3
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

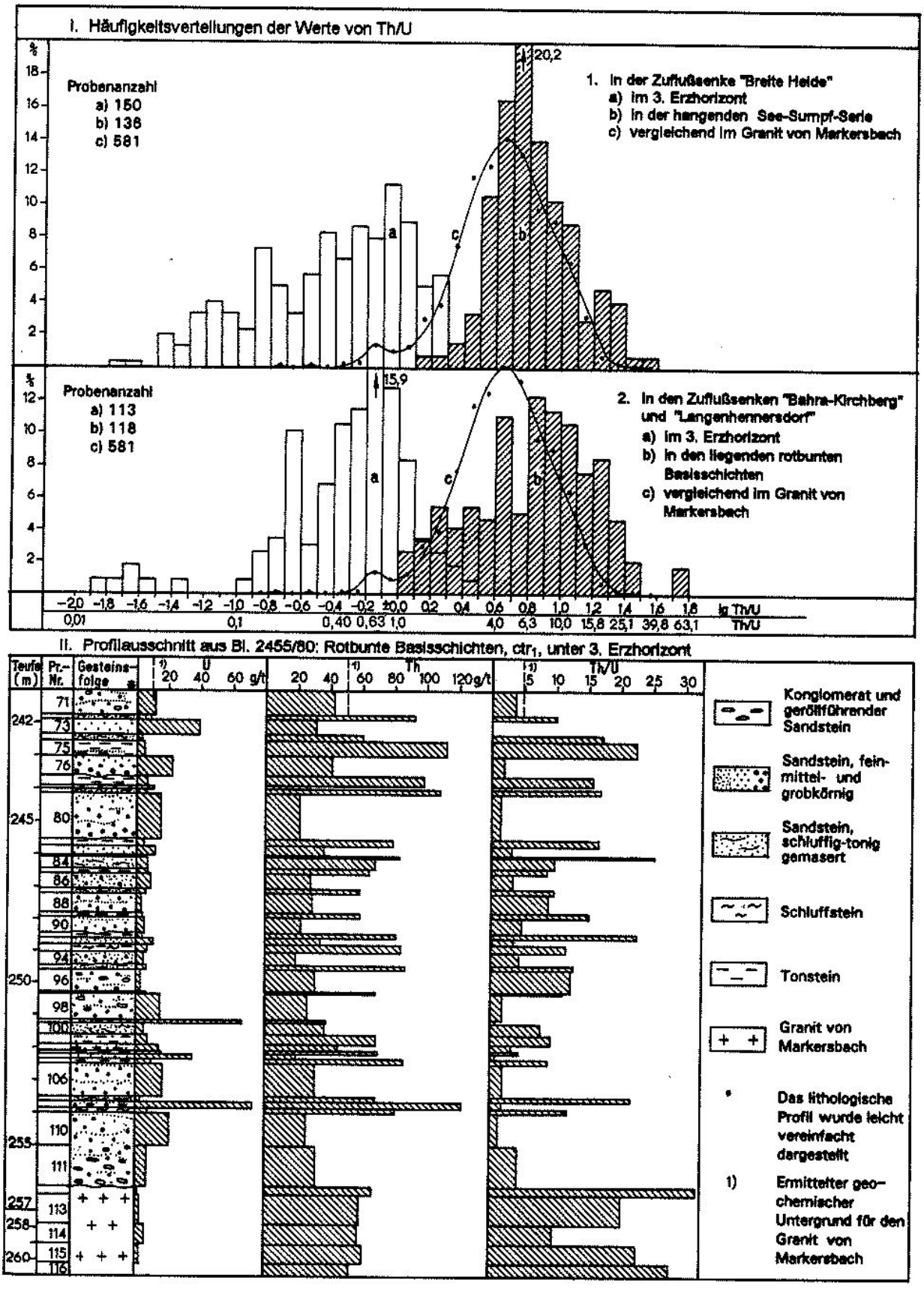


Abb. 121: Streubereich der Werte für das Konzentrationsverhältnis von Thorium und Uran im terrestrischen Cenoman, Umfeld der Lagerstätte Königstein

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 Bohrlochschnitten 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 Basisanomalie, 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 Meterprozente (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 betätigten.

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 Muttergе-

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.	Proben-zahl	Mächtigkeit des ctr (m)	g/t Ø U_1*	g/t Ø Th	Ø Th / Ø U_1	Summarische Mächtigkeit der Intervalle mit U_2** (m)	Σ Meterprozente der Intervalle mit U_2	Bemerkungen
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.
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	** Intervalle mit Werten des Th/U-Verhältnisses < 1,0. Uran als erzbildendes Infiltrationselement ausgegliedert Σ Meterprozente (U_2%x Meter) kennzeichnet die Vererzungsintensität
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.	Proben-zahl	Mächtigkeit des ctr (m)	g/t Ø U_1*	g/t Ø Th	Ø Th / Ø U_1	Summarische Mächtigkeit der Intervalle mit U_2** (m)	Σ Meterprozent	
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	

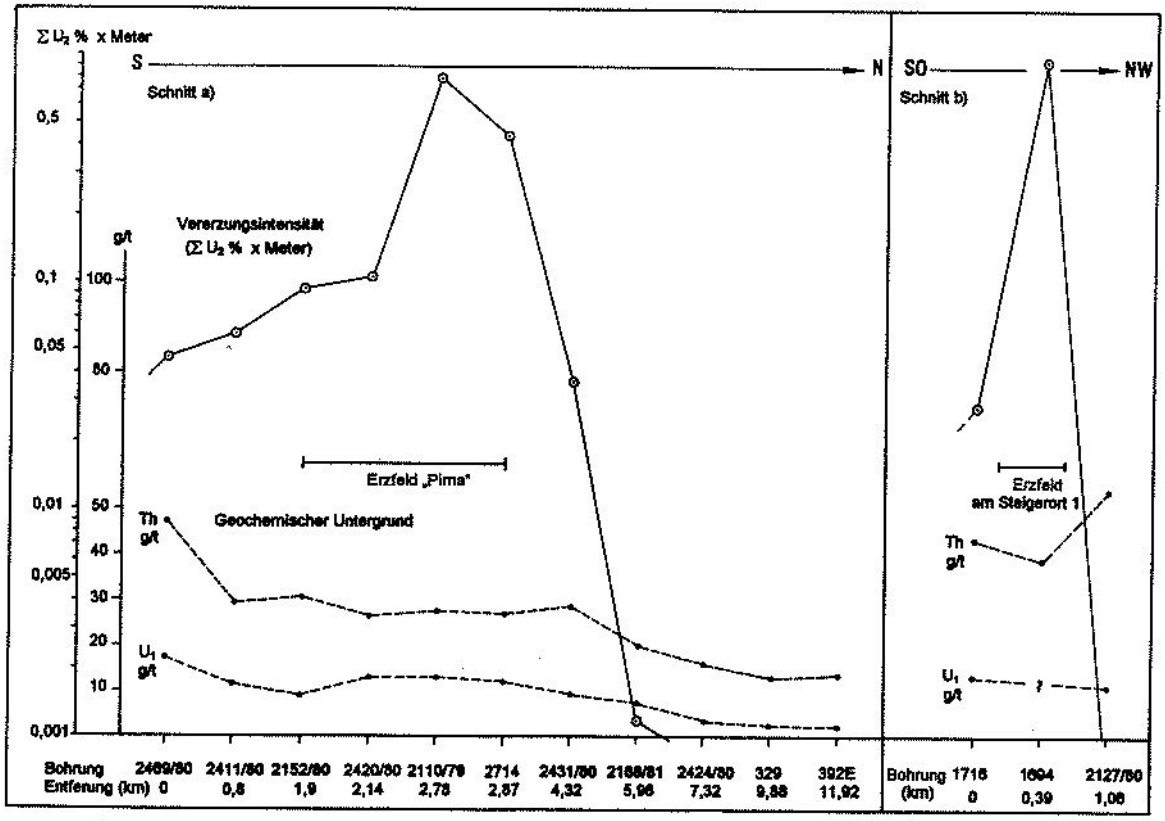


Abb. 122: Verteilungsverhältnis von Th und U im Schnitt durch den 3. Erzhorizont. Werte aus Tab. 18
Schnitt a: Bohrungen im terrestrischen Cenoman entlang der Zuflußsenke „Bahra-Kirchberg"
Schnitt b: Bohrungen entlang der Zuflußsenke „Schacht 387-Forsthausweg"

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, Calzium 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 vorherrschenden äußeren Bedingungen in die Gruppe der leicht- oder schwerbeweglichen Elemente ein. Wegen ihrer milieuabhängigen Doppeleigenschaft 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, Calzium 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 Na_2O, 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 SiO_2, Al_2O_3 und TiO_2. 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 synsedimentäre 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 präcenomaner 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 Analysenergebnissen 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-Kontakthof des Markersbacher Granites in der südwestlichen Umrahmung der Paläosenke hingewiesen. In und an der Lagerstätte bildet die Verwitterungskruste an der Diskordanz zwischen Grund- und Tafelgebirgsstockwerk, 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.

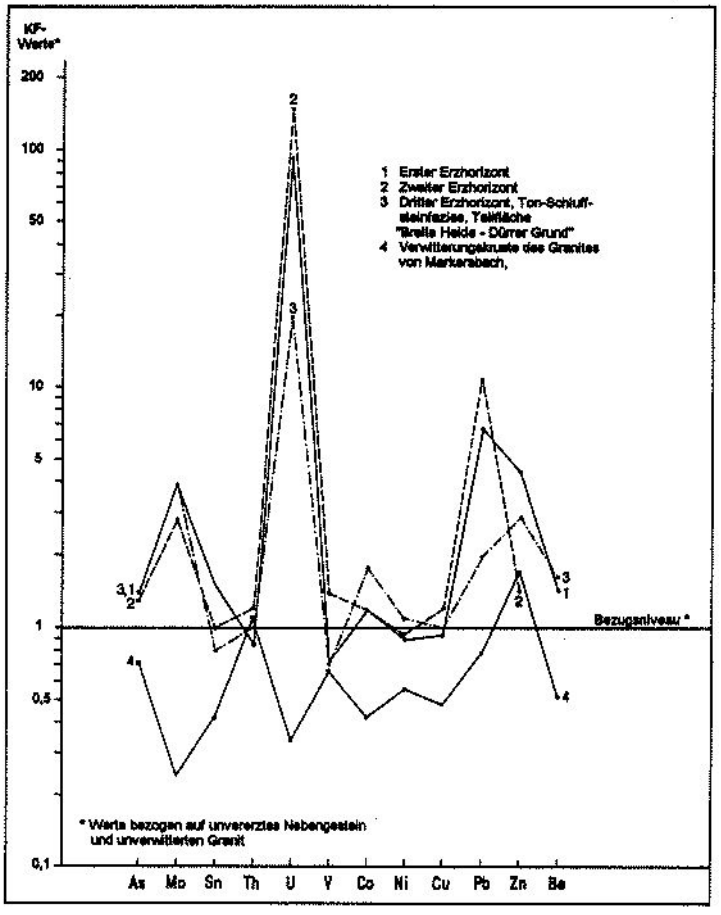


Abb. 123:
Konzentrationsfaktoren (KF) von Elementen in der Lagerstätte Königstein und im unterlagernden, verwitterten Grundgebirge. Werte nach Tab. 12.

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 chakterisierten 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 nordwestlichen Teil der Dresdener Paläosenke. Die Anomalien wurden durch 28 Bohrungen im Umfang von insgesamt 1668 Bohrmetern 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 uranführenden 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 pyrithaltige 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 Urangehalte 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 ausstreichenden 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 sandigtonige Wechsellagerung terrestrischer Crednerienschichten 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, aufeinanderolgend, wasserdurchlässige Sandsteinbänke voneinander trennen. Die Urangehalte betragen in den Schluff- und Tonsteinzwischenlagen 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 Urangehalt 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 Urangehalt 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

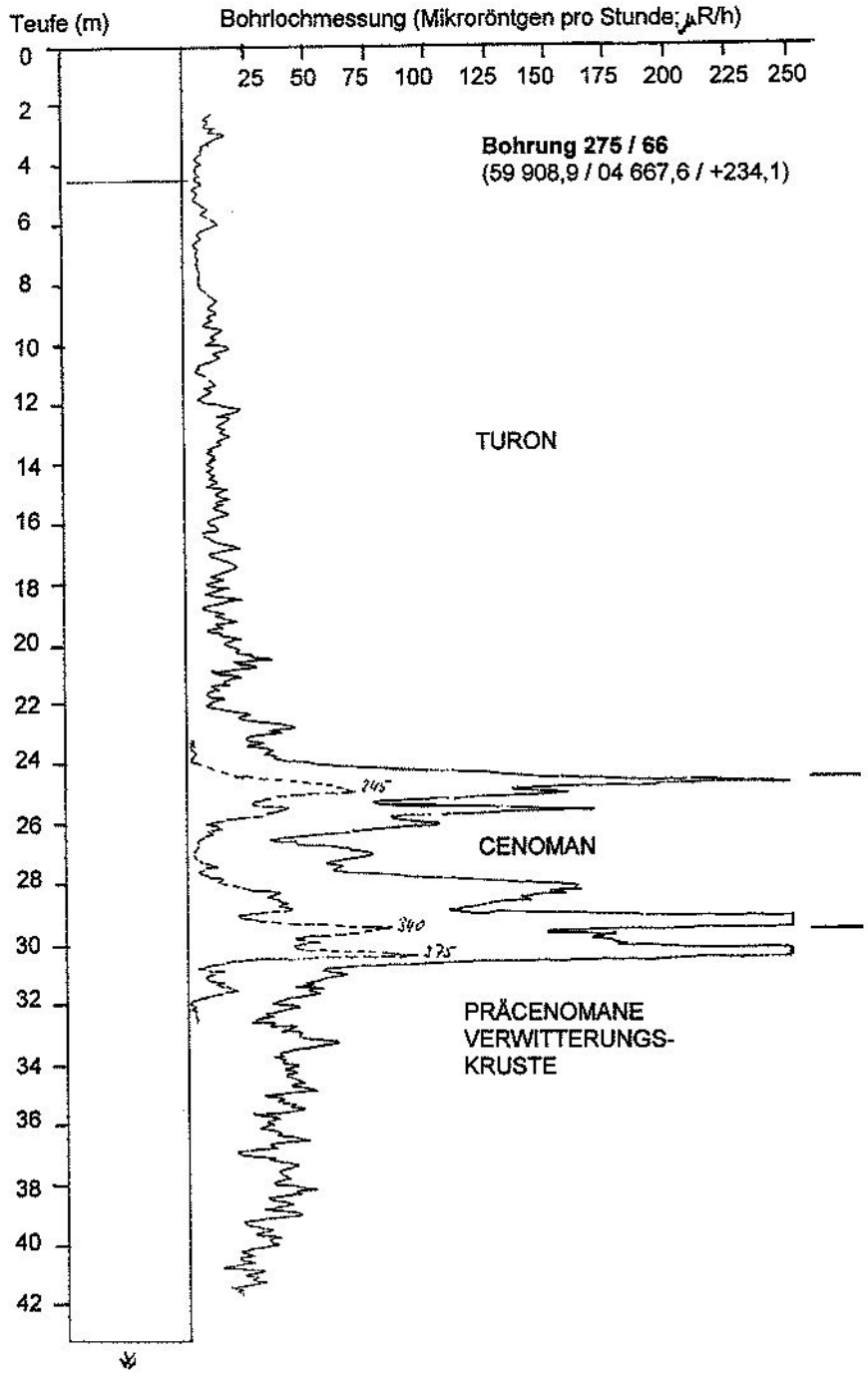


Abb. 124: Uran-Vorkommen Leuteritz, Gammamessung in Bohrung 275/66

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 µR/h nimmt das Vorkommen in 3-30 Metern Tiefe eine 220 000 m² große Fläche ein. In ihrem Zentrum erreicht der maximale Meßwert 475 µR/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 Crednerienschichten. In vereinzelten Bohrungen wurden auch außerhalb dieser Teilfläche an anderen Stellen der Erosionsrestscholle, so östlich von Seifersdorf und bei Hermsdorf, Anomalien von maximal 100-300 µR/h (Bl. Nr. 1327, Nr. 1328, Nr. 1371, Nr. 1376) angetroffen.

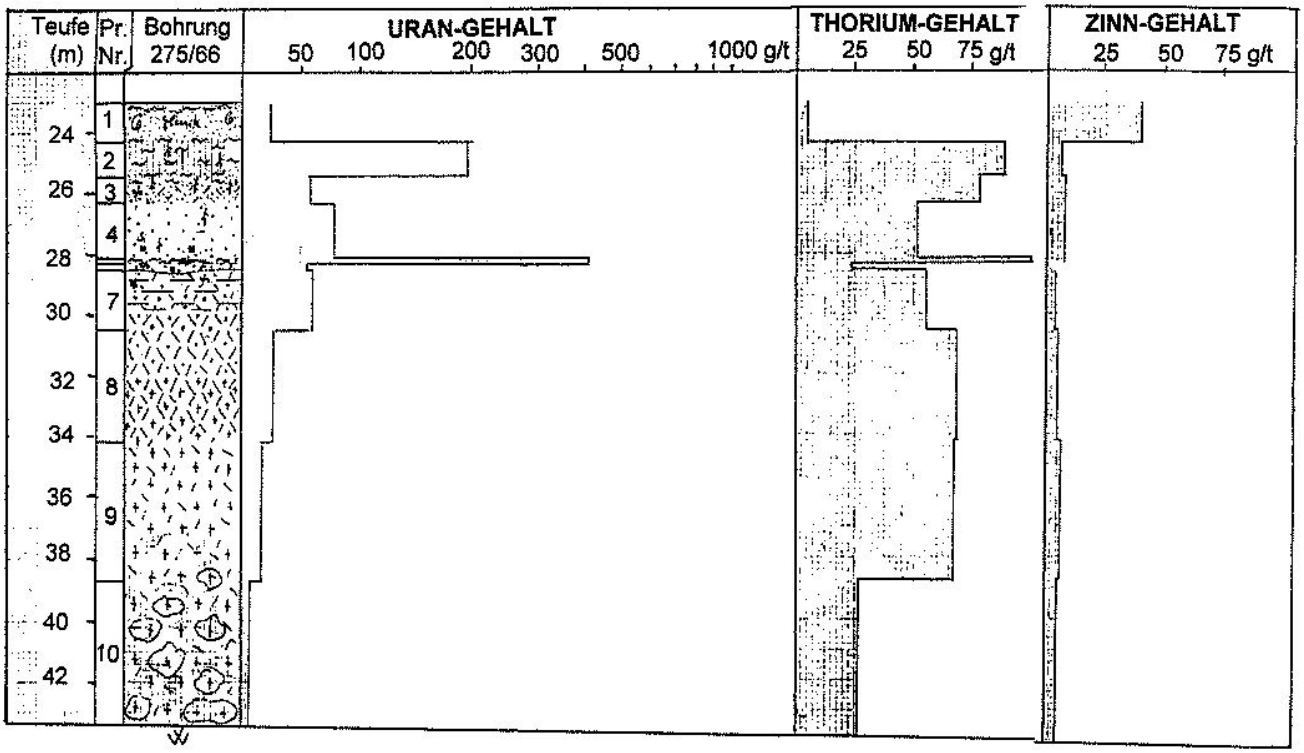


Abb. 125: Geochemisches Profil durch das Vorkommen Leuteritz, Bohrung 275/66

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 Crednerienschichten 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 rotbuntfarbigen 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 Urangehalten von 0,25 bis 0,38 %. Im zentralen Teil des Vorkommens verdichten sich diese Intervalle in ihrer Aufeinanderfolge und beziehen auch die Sandsteinzwischenlagen mit in sich ein. Sie formieren eine 73 600 m² umfassende und 0,57 m mächtige Erzlinse mit einem durchschnittlichen Urangehalt 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 Crednerienschichten vereinzelte, bis 0,45 m mächtige, absetzige und niveauunbeständige Intervalle mit Urangehalten von 0,015-0,02 %. Ein Bohrloch-Meßwert von 880 µR/h mit einem nach der Meßkurve berechnetem Urangehalt von 0,086 % in 0,35 m Mächtigkeit kennzeichnet den Zentralpunkt der Anomalie

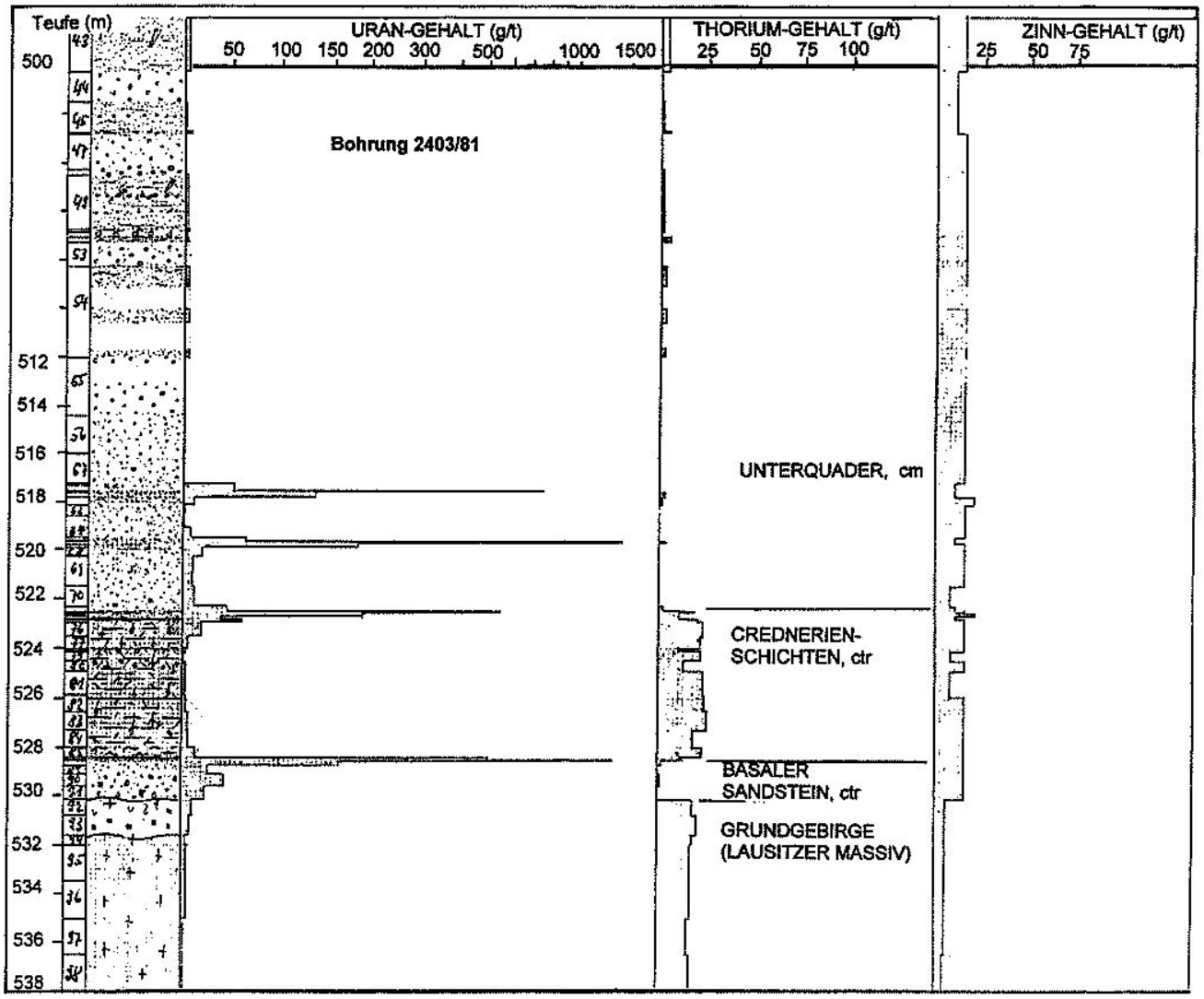


Abb. 126: Geochemisches Profil durch das Uranvorkommen Hinterhermsdorf, Bohrung 2403/81

(Bl. Nr. 1187). Nördlich der Bohrung keilen die Crednerienschichten an der granitischen Querschwelle 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 nordoststreichenden Depression Lausitzer Granodiorit und Rumburgker Granit überlagert. Das lithologische Profil der Kreide besteht an der Überschiebung über dem Grundgebirge aus folgenden übereinander liegenden Ablagerungen

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

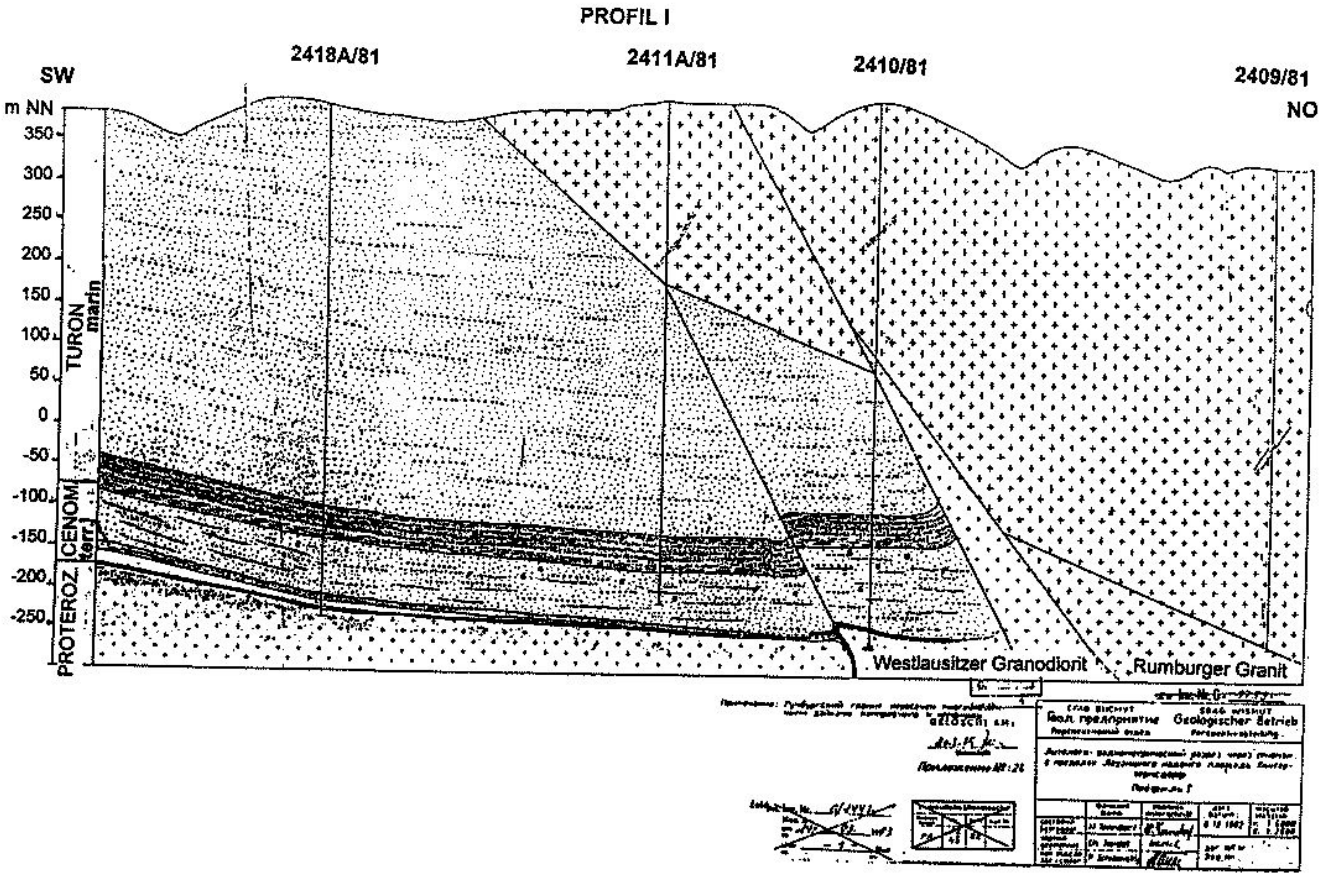


Abb. 127: Geologischer Schnitt durch das Uranvorkommen Hinterhermsdorf im Bereich der Lausitzer Überschiebung. Die Uranführung ist an das basale schluffige, terrestrische Cenoman gebunden. Unten in Bohrung 2410/81 = Basalt. Originalzeichnung mit den Geheimhaltungsstempeln.

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 (Crednerienschichten) 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 Urangehalte 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 ungekernten 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 Lamprophyr- 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 Jetrichovice (Dittersbach) im Zusammenhang. Sie bilden vermutlich das Bindeglied zwischen dem sächsischen und nordostböhmischen 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 Culmitzscher 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 Crednerienschichten 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 Uranhöffigkeit 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 Bohrkerne radiometrisch kontrolliert. Dabei wurde durch F. DECKERT im Kernarchiv Freiberg (Schloß Freudenstein) in der dort eingelagerten Bohrung "Rosenthal 1/58" in den Crednerienschichten ein 5 cm mächtiges Sandsteinintervall festgestellt, das, von kohligen 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 Interesses. 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 Culmitzscher Typs in den Crednerienschichten 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 Leupoldishain 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 Crednerienschichten 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 Crednerienschichten 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 Crednerienschichten schwache Anomalien festgestellt.

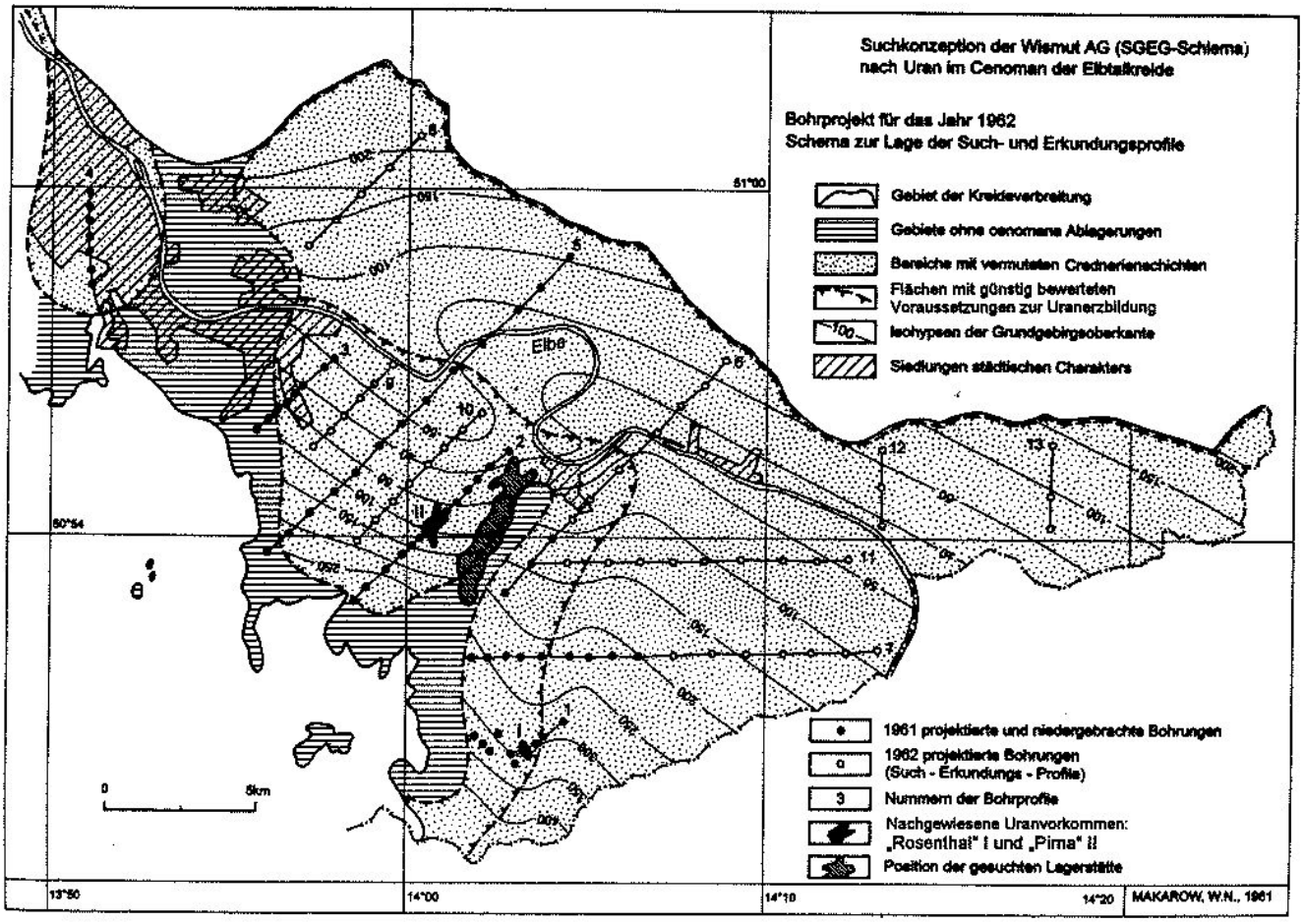


Abb. 128: Suchkonzeption der SDAG Wismut aus dem Jahr 1962

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 Bohrnetzdichte von 6 bis 3x1 km vorhandene Crednerienschichten nachzuweisen und der zweiten, das Bohrnetz an Bereichen mit festgestellten Urananomalien auf 1,5x1 km zu verdichten. Der dritten Etappe war aufgegeben, höffige 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 Crednerienschichten 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 Culmitzscher Format, wie solche im terrestrischen Zechstein von Südthüringen 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 Vererzungsindizien aus. Die nordöstliche Flanke der Lagerstätte nahm in der Detailisierung 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 Crednerienschichten 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 Crednerienschichten beschränkt gewesene Uranführung griff hier regelwidrig auf Sohle und Dach des litoralen Unterquadersand-

steins, d. h. auf den Wurmsandstein 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 Siegmar und, wie jedes Jahr üblich, vor dem sog. „Rat der geologischen Sektion der sowjetischen Gruppe der technischen Hilfe“ stattfand, sollte die Elbtalkreide-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 Bohrungen (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 Leupoldishainer 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 Ostrand 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 µR/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. Wieczorek, 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.

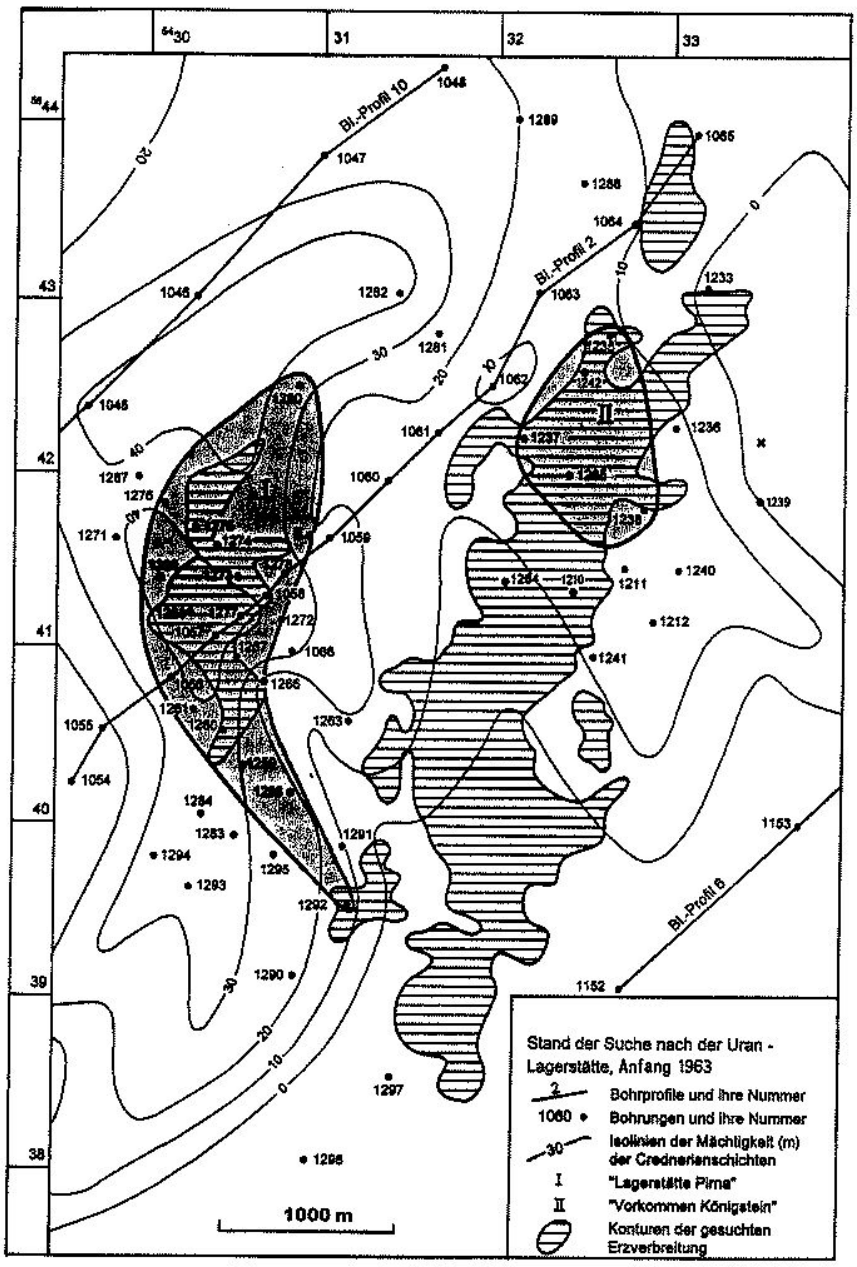


Abb. 129:
Stand der Lagerstättensuche Ende Januar 1963

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 µR/h zu maximal 11 500 µR/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 Beratung 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.

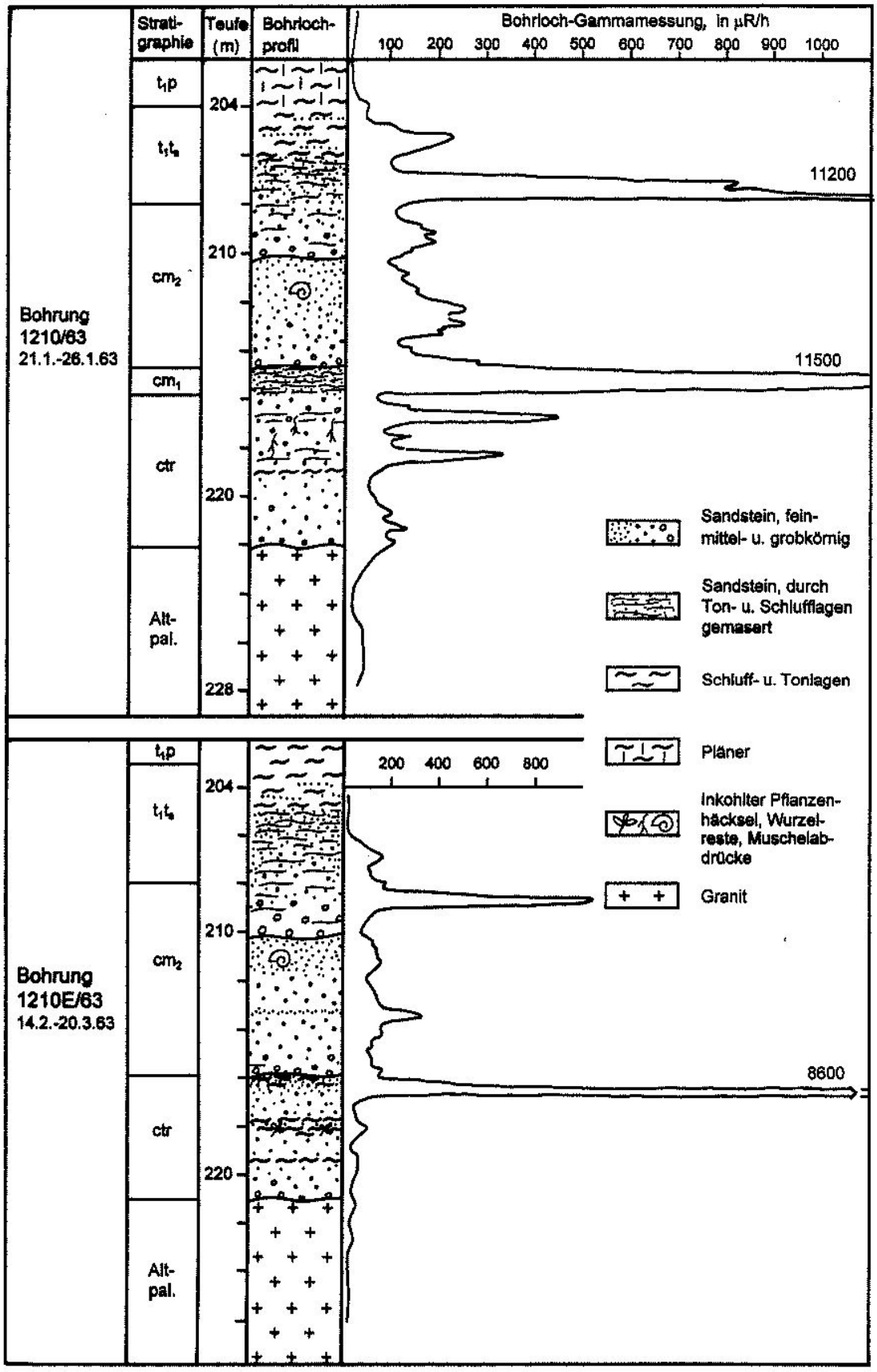


Abb. 130: Die fündige Bohrung 1210/63, und ihre Wiederholung

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 Elbtalkreide 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 Ausbildung 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 durch geführten 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 ausstreichende 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 ausstreichenden 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 calzium-natrium-hydrogenkarbonatisch 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 $2\text{-}3 \cdot 10^{-6}$

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	
		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
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

Von 1961 – 1989

Summe der Bohrungen in der Kreideformation: 2267
Summe der Bohrmeter in der Kreide formation: 506892,4

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 erklärt, sich lokal aus dem Unterquader in die liegende terrestrische Wechsellagerung hineinzudehnen. Der Erzhorizont wurde mithin als eine metastasische 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].

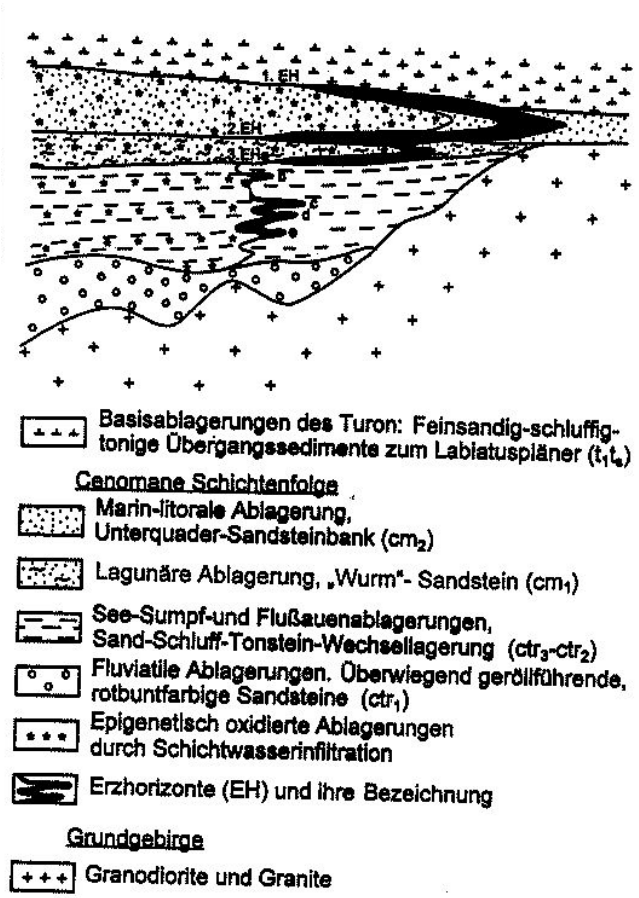


Abb. 131: Modell der Lagerstätte Königstein im O-W-Schnitt aus dem Jahr 1964 nach SACHRUCHANJAN, E. L., PETSCHONKIN, G. A. & RUDOI, W. M.

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 Wässer 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

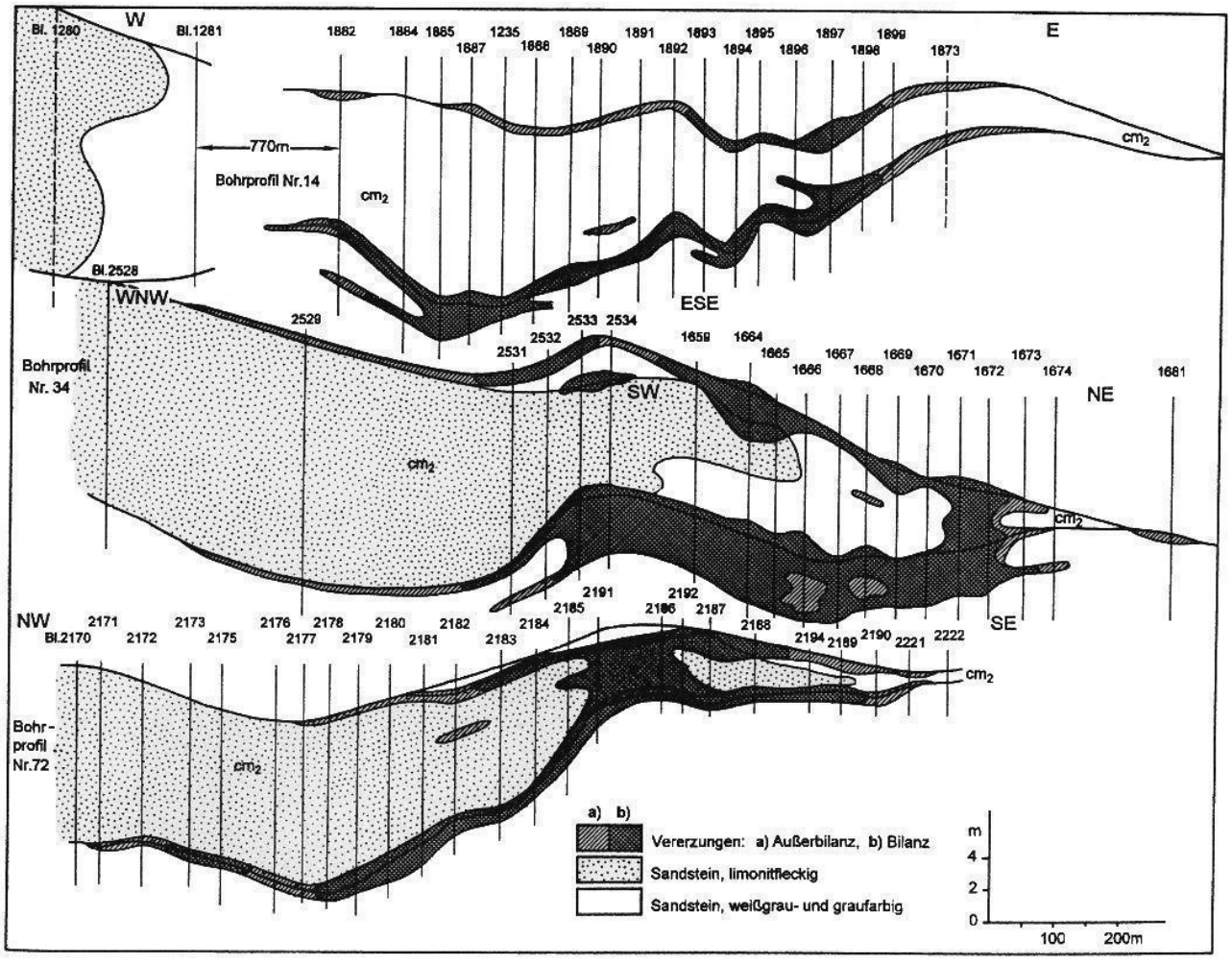


Abb. 132: Schematische Schnitte durch die Erzlager in Dach und Sohle des Unterquaders nach W. A. FELDGUN, 1973

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 Syngenese 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-Erkundungsprofilen, die Oxidationsfront die Unterquadervererzung im Südteil der Lagerstätte überholt. Nur im Zentralteil liegt sie regelgemäß 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 erzgenetischen 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-aszendent hydrothermal 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 rotbuntfarbigen sowie sekundär oxidierten Kreidebasisschichten ausgefällt. Der Autor der These geht von der Existenz einer alten Schichtoxidation im Unterquader, von deren nachfolgender Ausbleichung und späteren Neubildung aus. Er nimmt an, daß der altoxidierte Sandstein in Wechselwirkung mit den aszendenten 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 Weißfarbigkeit wird im

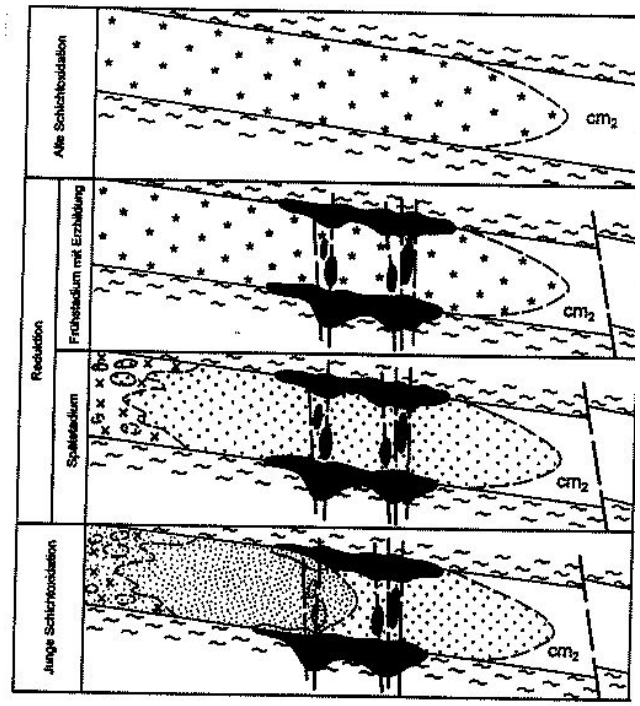


Abb. 133: ***Schema zur Abfolge der epigenetischen Gesteinsveränderungen im marin-cenomanen Sandsteinintervall cm_2 (Unterquader) nach W. A. FELDGUN, 1973***

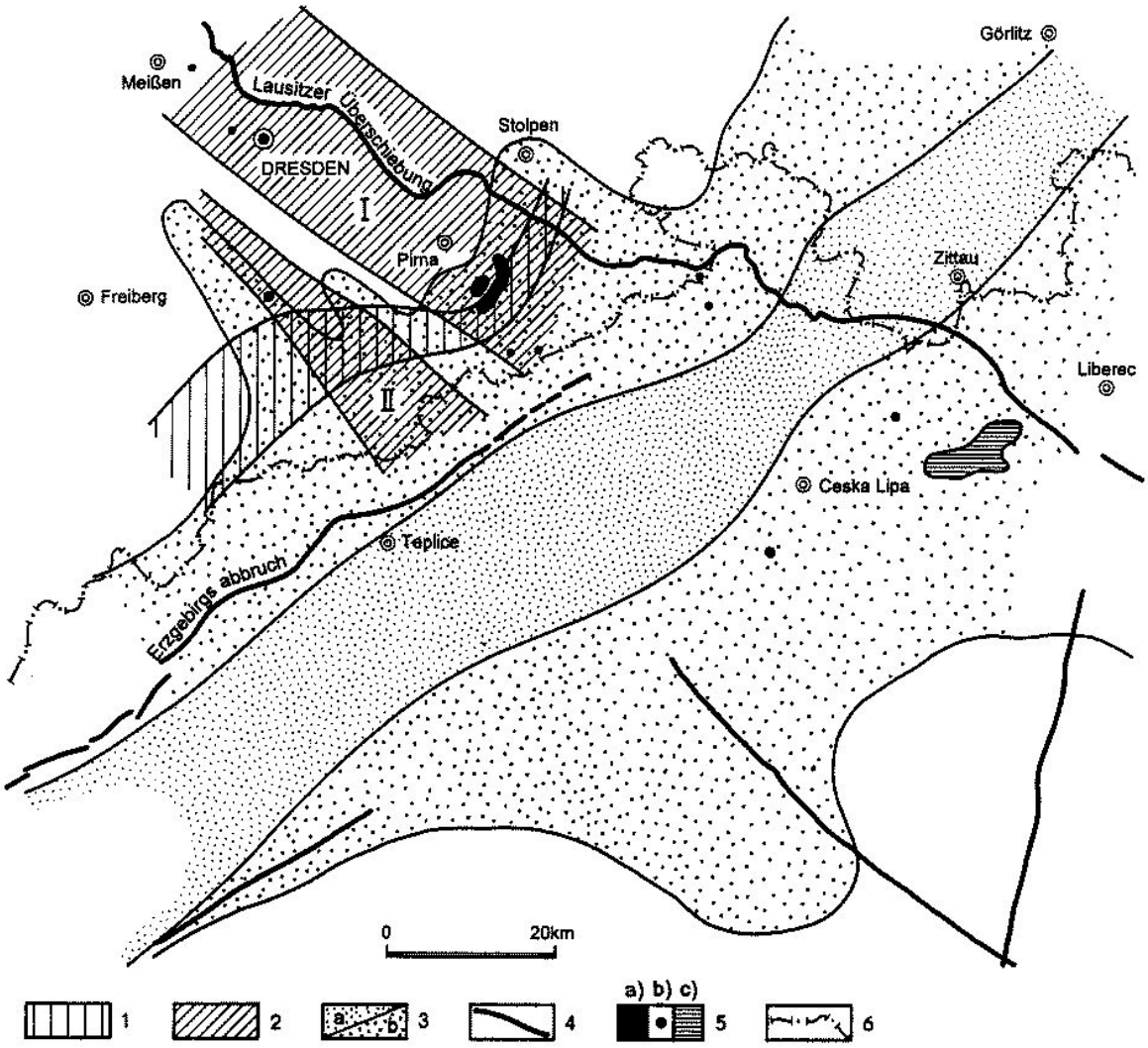
Unterschied zur Schichtoxidation als der erhalten gebliebene Rest von reduzierender Ausbleichung durch die Tiefenlösungen verstanden. Das von W. A. FELDGUN entworfene Schema zu den besagten gesteinsverändernden Erzbildungsetappen ist in der Abb. 133 wiedergegeben.

Im Zusammenhang mit diesem Schema weist FELDGRUN 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 Vererzungszeit 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 Anreicherungsvorgang voraus. Sie nimmt als Ursprung für das in den aszendenten 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 Umweltschutzlabor 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 Abdampfrückstand von 4380 bis 5200 mg/l, eine Temperatur von 13,4°C und eine Schüttung von 0,3 m³/h. Es besitzt neben HCO_3^- (4026-5185,5 mg/l), hohe Gehalte an Na^+ (923-1364 mg/l), Mg^{2+} (255-274 mg/l), Ca^{2+} (297-374,2 mg/l) und Cl^- (346-386 mg/l). Außerdem führt es freie Kohlensäure (CO_2) 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 Urangehalte, 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



1 Sayda - Berggießhübeler Zone, oberpaläozoisch aktiviert 2 Hohensteiner (I) und Hausdorfer (II) tektonische Zone, obermesozoisch aktiviert (1-2 nach MELNIK, 1970) 3 Tschechisch - Schlesische tektonisch - vulkanische Zone (Egertalgraben) a) zentraler, b) peripherer Teile 4 Wichtige postkretazische Störungen 5 Lagerstätten und Vorkommen von Uran in den Oberkreideablagerungen von Elbtal - Egertalzone, a) Lagerstätten, b) Erzvorkommen, c) Lagerstättenfeld des Strazer Blockes (Hamr) 6 Deutsch - tschechische Grenze

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 hydrohämatitischer 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 aszendenten 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 graufarbigen, von reichlich inkohlter organischer Substanz durchsetzten Flußauenschichten 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 Urangehalte 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 unvererzt weiter fort. Die Erkundungen trafen die Kluftvererzung 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 „Erzgeröllen“ 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 Klüftungszonen 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 wurden 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 Halbwertzeit, 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).

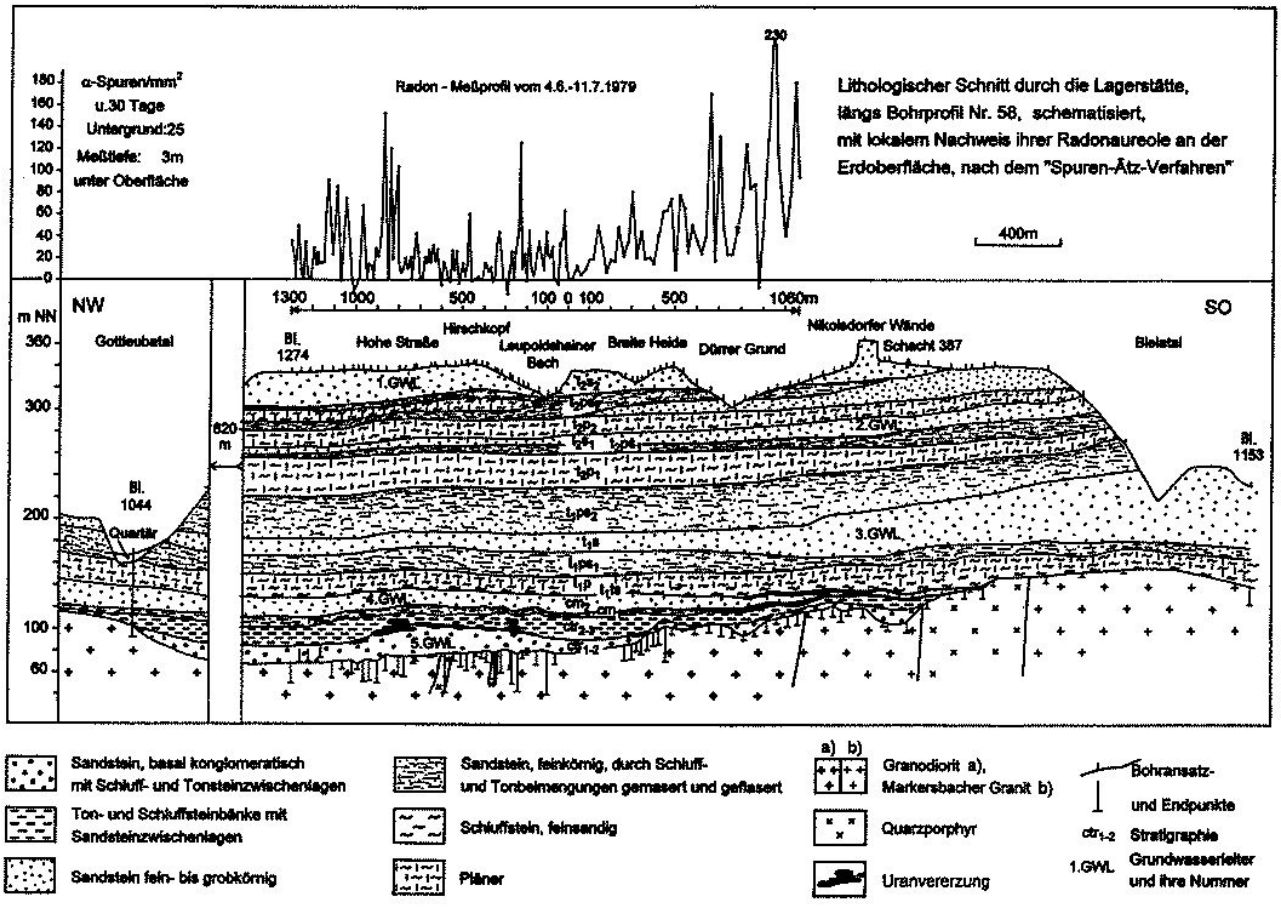


Abb. 135: Schnitt durch die Lagerstätte Königstein im Bohrprofil Nr. 58, mit Radonaureolen an der Erdoberfläche

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 mineralisierten, 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:

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

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 Pechblendebestimmungen 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 Strukturetage 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

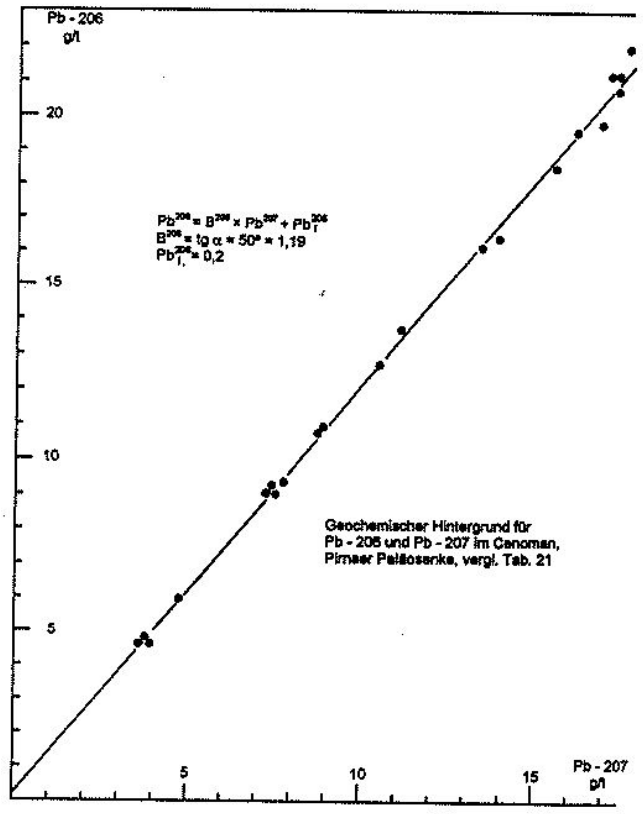


Abb. 136: Graphische Bestimmung von Pbf^{206} nach der Gleichung von A. G. WETROV

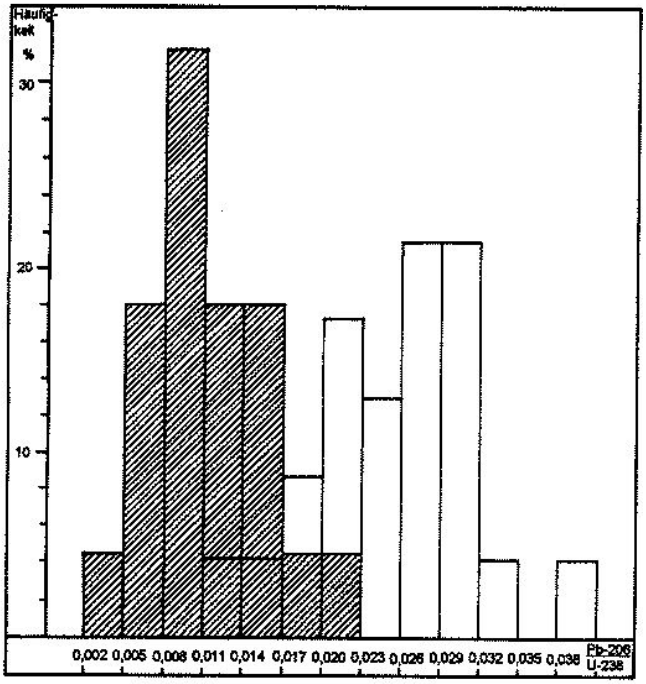


Abb. 137: Wertehäufigkeitsdiagramme von $Pb^{206}{}_{an} : U^{238}$ für die Lagerstätte Königstein, 3. Erzhorizont (schraffiert), verglichen mit der Lagerstätte Freital-Gittersee-Bannewitz (weiß)

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 schichtenschneidenden, 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 Streuungsbreiten 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 Urangehalten und ihren in relativen Einheiten ausgedrückten Radiationsdefekten (RD) in einem Korrelationsdiagramm dargestellt. Aus diesem geht hervor, daß unter Bedingungen etwa gleichen Urangehaltes 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) wachsen für die untersuchten Proben, unterteilt in die 3 schichtkonformen Erzhorizonte und das erzhaltige Kluftsystem, in Richtung des letzeren 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 unreale Alter von ca. 280 Millionen Jahren bedeuten. Möglicherweise läßt sich diese Diskrepanz mit der Übernahme von Altsubstanz in Form von Thorium enthaltenden Schwereminералen 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							
∅	11,1	52,7							

erhalten versucht. Unter Zugrundelegung der vorbergbaulichen 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 $4 \cdot 10^{-6}$ g/l an der südlichen Vorder- und von ~$6 \cdot 10^{-7}$ g/l an der nördlichen Rückseite der Lagerstätte zugrunde. Die beiden Konzentrationswerte bedeuten einen Verlust an Uran im durchflossenen Leiter von $3{,}4 \cdot 10^{-6}$ g/l bzw. $3{,}4 \cdot 10^{-3}$ 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 $7{,}9 \cdot 10^{12}$ 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:

$$T = \frac{q \cdot \varphi \cdot 1}{c \cdot k \cdot J}$$

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 Grüna			Labor Leningrad (St. Petersburg)							K-Wert	
		g/t		[Ra]	g/t			Anteil in %			Pb-206	Pb-206 1.24	Durchschnittliche
		U	[Ra][1)]	U	U	Th	Σ Pb	Pb 208	Pb 207	Pb 206	g/t	U-238	Orientierungswerte
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	
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	U: 0,0405 %
7	1429	49	40	0,82	47	10	18	51,5	20,3	26,9	0,306	0,00807	Pb: 0,01436 %
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	U/Pb : 2,82
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	K-Wert : 0,01104
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	Alter in Jahrmil-
16	1447	181	200	1,10	170	21	126	50,1	21,2	27,4	2,75	0,02009	lionen ~ 71[3)]
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 Klufterztyp, am Steigort 1													
1	1871	1150	1060	0.92	1152	19	60	46.8	18.2	33.7	7.55	0.00813	
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	U: 0,1838 %
5	1881	1290	1380	1,07	1366	38	70	45,1	18,4	35,4	9,9	0,00899	Pb: 0,0099 %
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	U/Pb : 18.6
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	K-Wert : 0,0075
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	Mill. Jahre: ~ 49
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. Klufterztyp, 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: 05972 %
2	1972	4000	4230	1,06	4200	84	196	47,9	19,7	31,1	15,93	0,00470	Pb: 0,0278 %
3	1973	5500	4590	0,83	5745	85	478	50,6	20,0	28,0	22,8	0,00492	U/Pb: 21,5
4	1976	10520	9060	0.86	15200	30	252	43.7	18.4	36.7	39.7	0.00324	K-Wert: 0,004
5	1978	341	270	0,79	318	12	90	51,2	21,2	26,2	0,75	0,00293	Mill. Jahre: ~ 25
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*	
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	U: 0,038 %
4	1818	254	nb	nb	249	13	96	50.5	21,3	26.9	1.33	0.00632	Pb: 0,0084 %
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	U/Pb : 4,5
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	K-Wert: 0,0085
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	Mill. Jahre: ~ 55
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. Klufterztyp 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	
2	AK-9			0,8	8430	nb	431	49,0	19,7	29,9	29,76	0,00438	U: 1,065 %
3	AK-11				21440	nb	202	34,5	15,1	49,4	67,65	0,00391	Pb: 0,0368 %
4	AK-13			bis	7480	nb	271	44.7	18.4	35.7	39.80	0.00660	U/Pb : 28.9
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	K-Wert: 0.00552
7	AK-16			1,2	2814	nb	237	49,6	19,9	29,1	13,48	0,00594	Mill. Jahre: ~ 35
8	AK-17				18330	nb	313	12,7	18,2	68,7	157,19	0,01063	

Fortsetzung Tab. 22

Lfd. Nr.	Pr.Nr.	Labor Grüna			Labor Leningrad (St. Petersburg)						Pb-206	K-Wert Pb-206.1,24	Durchschnittliche
		g/t		[Ra]	g/t			Anteil in %					
		U	[Ra][1)]	U	U	Th	Σ Pb	Pb 208	Pb 207	Pb 206	g/t	U-238	Orientierungswerte
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	
2	34	185	400	2,16	174	5	167	51,0	19,1	28,6	10,33	0,07361	U: 0,0371 %
3	35	690	1230	1,78	633	11	460	50,3	18,2	30,2	41,62	0,08154	Pb: 0,0292 %
4	36	373	1060	2,84	329	9	115	50,5	17,5	30,7	11,97	0,04511	U/Pb : 1,27
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	K-Wert: 0.077
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	
2	9	144	100	0,69	125	<2	13	50,6	19,4	28,7	0,56	0,00560	Û: 0,0309 %
3	10	275	190	0,69	243	<2	30	51,7	19,3	27.7	1.30	0,00661	Pb: 0.0237 %
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	U/Pb : 1,3
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	K-Wert: 0,02627
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	
2	KS-	nb		0.92	1085	nb	121	50.9	20.8	26.9	2.50	0.00286	U: 0,1107 %
3	KS-	nb		0,88	1092	nb	146	51,7	20,7	26,2	2,29	0,00260	Pb: 0,0133 %
4	KS-	nb		0,97	1500	nb	122	51,0	20,1	27,5	4,48	0,00371	U/Pb: 8,3
5	KS-	nb		1,15	541	nb	114	51,6	20,6	26,4	2,10	0,00483	K-Wert: 0,00345
6	KS-	nb		1,06	1250	nb	173	51,3	20,5	26,8	4,23	0,00419	Mill. Jahre: ~ 23
IX. Unterquader-Sandsteinbank, Erzkluft, 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:
2	AK-20	nb		nb	17500	nb	5436	49,8	19,7	29,2	337,14	0,00239	0,35 % K: 0,00234
3	AK-21	nb		nb	13600	nb	4266	50,2	19,5	28,9	259,97	0,00237	U/Pb : 32,1
4	AK-22	nb		nb	60000	nb	1731	49,9	19,5	29,2	110,92	0,00229	Mill. Jahre: ~ 15
X. Granit von Markersbach, Kluftvererzung, 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 %:
2	S293/8	nb			132	62	70	52,1	20,6	26,0	0,91	0,00854	U/Pb : 8,0
3	S293/8	nb			344	48	44	49,7	19,0	30,0	3,27	0,01179	Pb: 0.0039
4	S293/8	nb			730	53	42	49,0	18,3	31,4	4,07	0,00691	K-Wert: 0,00749
5	S257/8	nb			119	52	18	50,3	20,4	28,0	0,50	0,00520	Mill. Jahre: ~ 49
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	
2	To-2	1270	680	0,54	1156	4,8	36	51,1	18,9	28,7	2,16	0,00232	K-Wert: 0,00138 %
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, Aleurolith, Arkose-													
1	16				1279	nb	287	46.3	19.3	33.2	31.11	0.03016	
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	K-Wert: 0,02549
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	Mill. Jahre: ~ 160
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

$Pb^{206}_{an} = 1{,}07\ [\Sigma\ Pb\ (a^{206}\text{-}B_{206}.a^{207}) - Pb_f^{206}]$

B_{206} und Pbf^{206} (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 Mittelwertsbildung mit einbezogen.

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

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

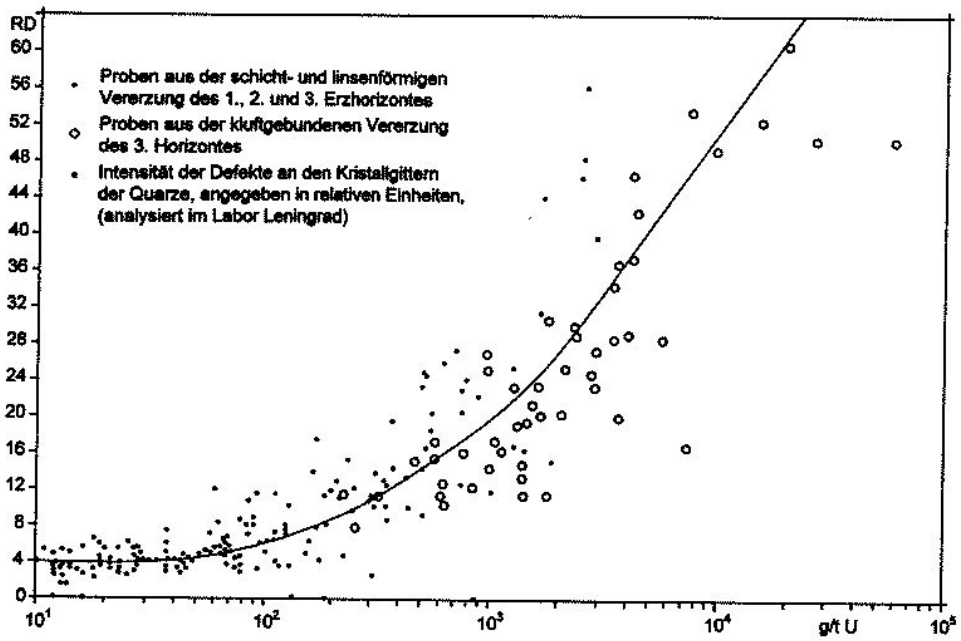


Abb. 138: Korrelation zwischen Konzentration des Urans und Radationsdefekten (RD) im Wirtsgestein)*

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

$$T = \frac{6\cdot10^{-4}\cdot2{,}2\cdot8\cdot10^{4}}{3{,}4\cdot10^{-9}\cdot3{,}65\cdot2\cdot10^{4}\cdot5\cdot10^{-3}} = \frac{105{,}6}{1{,}241\cdot10^{-6}} \approx 85\cdot10^{6}\ Jahre$$

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 auskeilenden 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 Urangehalte im Basaltzersatz erreichen maximal 0,06 bis 0,22 % [34]. Wegen der großen Verbruchsgefahr in den Auffahrungen dieser Zone und zu erwartender Wassereinbrüche 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 unterturonischen 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, erstrecken 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.

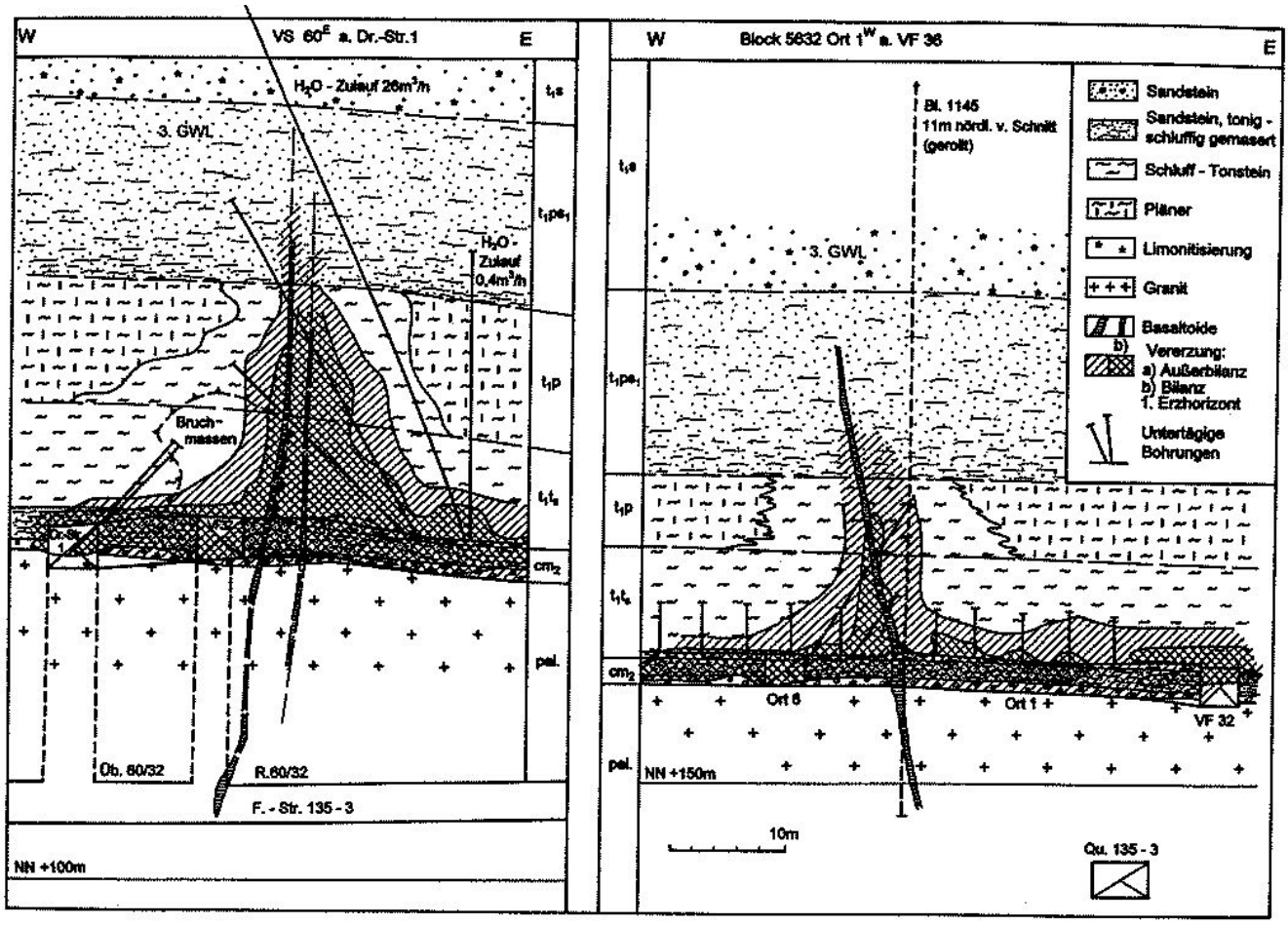


Abb. 139: Schnitte durch die Basaltoidzone am SO-Rand der Lagerstätte (K. H. SCHWARZE, 1982)

Die weiter oben beschriebenen hydrohämatitischen 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 rotbuntfarbigen Basisschichten und der präcenomanen 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 Anreicherungsvorgang 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 (Pb-206 : 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 Urangehalte 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-

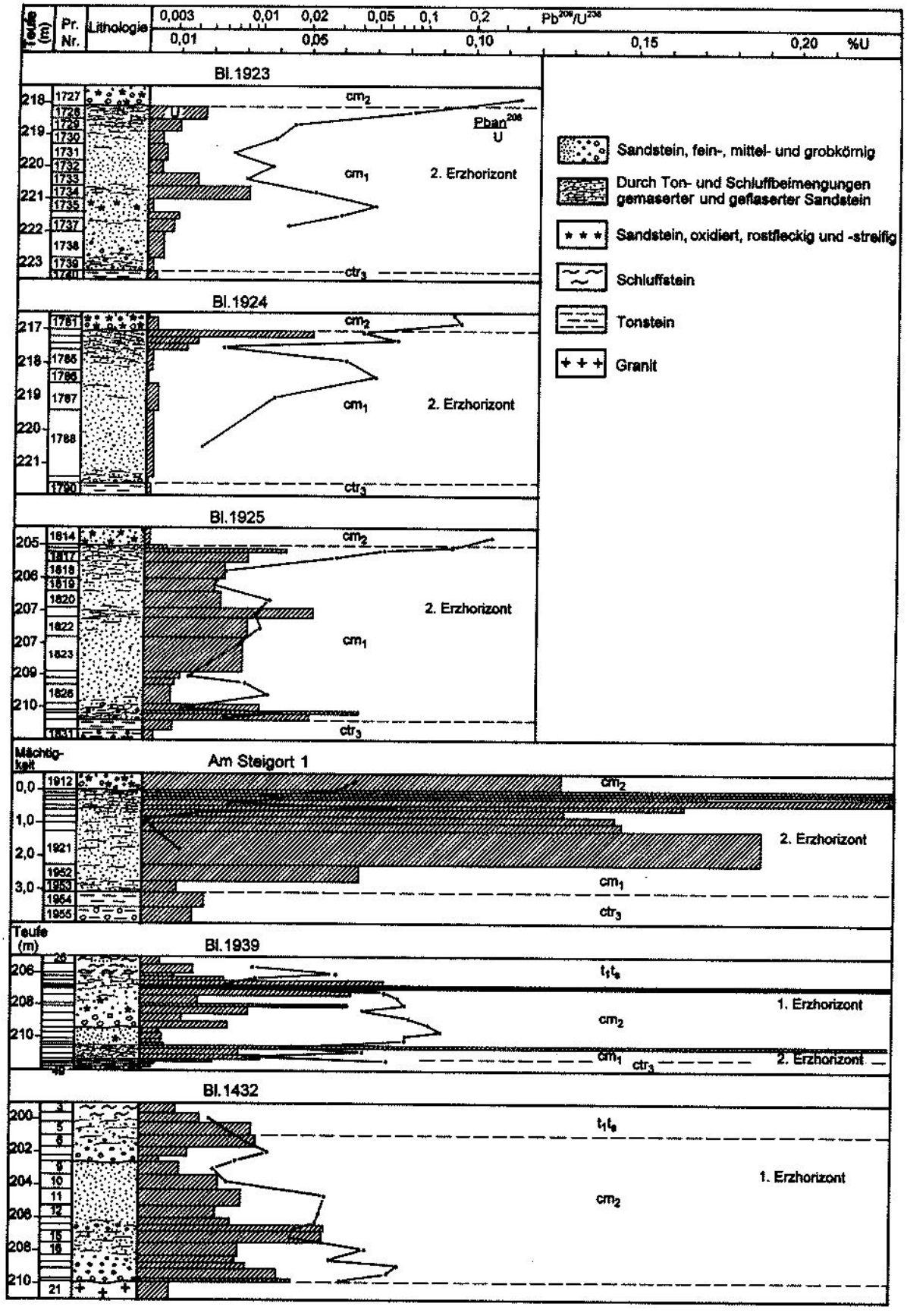


Abb. 140: Geochemische Profile durch den 1. und 2. Erzhorizont

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 Lagerstättenetage 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 Labiatuspläner 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 Crednerienschichten 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 Labiatuspläner 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 rotbuntfarbigen 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 umfassen-

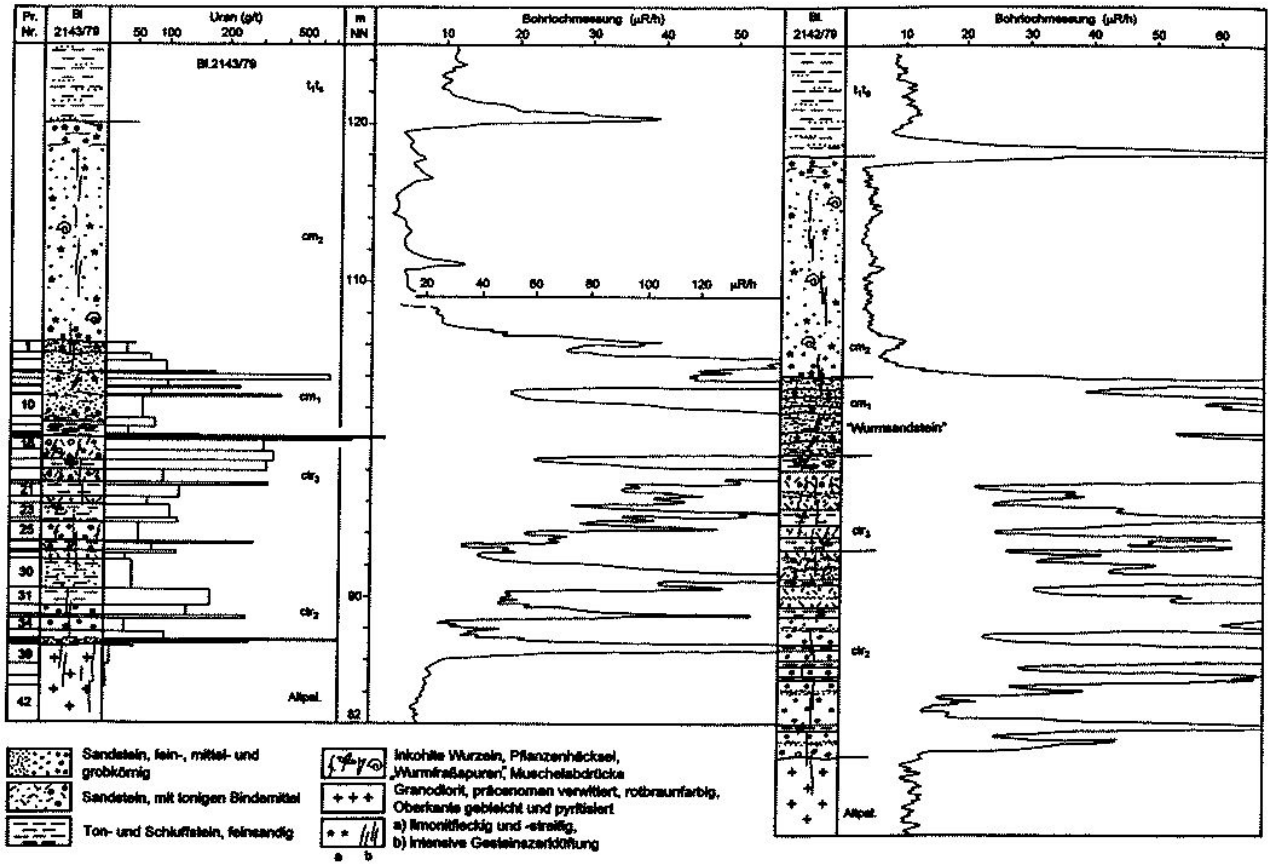


Abb. 141: Dritter Erzhorizont mit einbezogenem lagunären „Wurmsandstein" in der „Zwischenzone"

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 Crednerienschichten beschränkt. Sie sind außerdem an Sohle und Dach des Unterquaders bzw. 4. Grundwasserleiters und weiter im Hangenden an den Übergang des Labiatuspläners 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 ausgegrenzt.

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 uranführenden 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, vorherrschend 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 Kluftwässern 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-

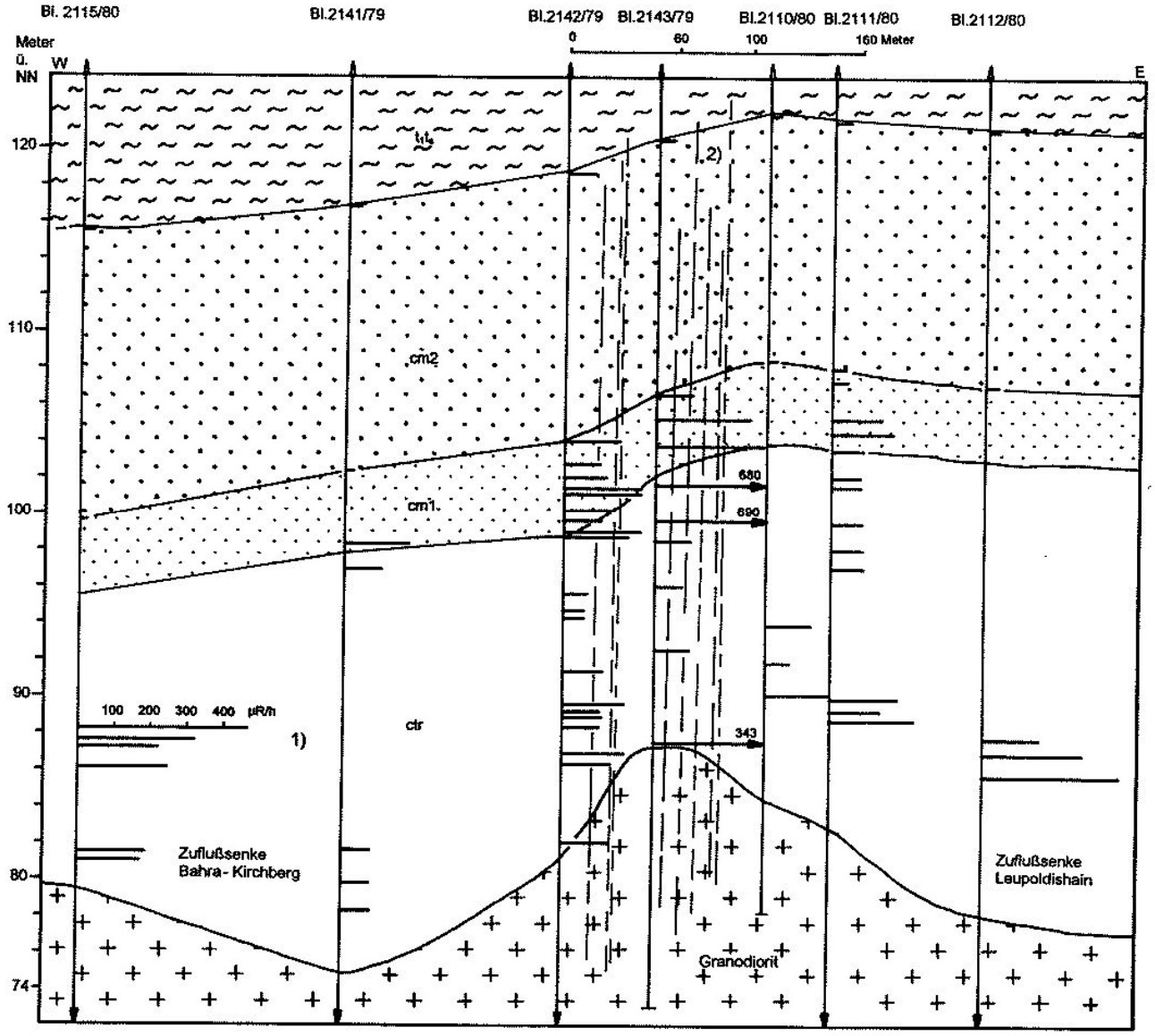


Abb. 142: Bohrprofil durch die „Zwischenzone“
1) = Intervalle anomaler Radioaktivität nach der Bohrlochmessung

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 Erzetage, verständlicher als alle anderen Modelle zu erklären. Die Vorstellung geht von der Uranführung des terrestrischen 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 metastasische 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 Klufterztyp 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 Halbwertzeit von Ra-226 1602 Jahre beträgt und sich gestörte Gleichgewichte in der Uran-Zerfallskette nach achtfacher Halbwertzeit 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 Urangehalt ([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, Vererzungsintensität 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-farbigen Sandsteinen zugunsten des Urans gestört, vorherrschend unter 1. In den graufarbigen 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

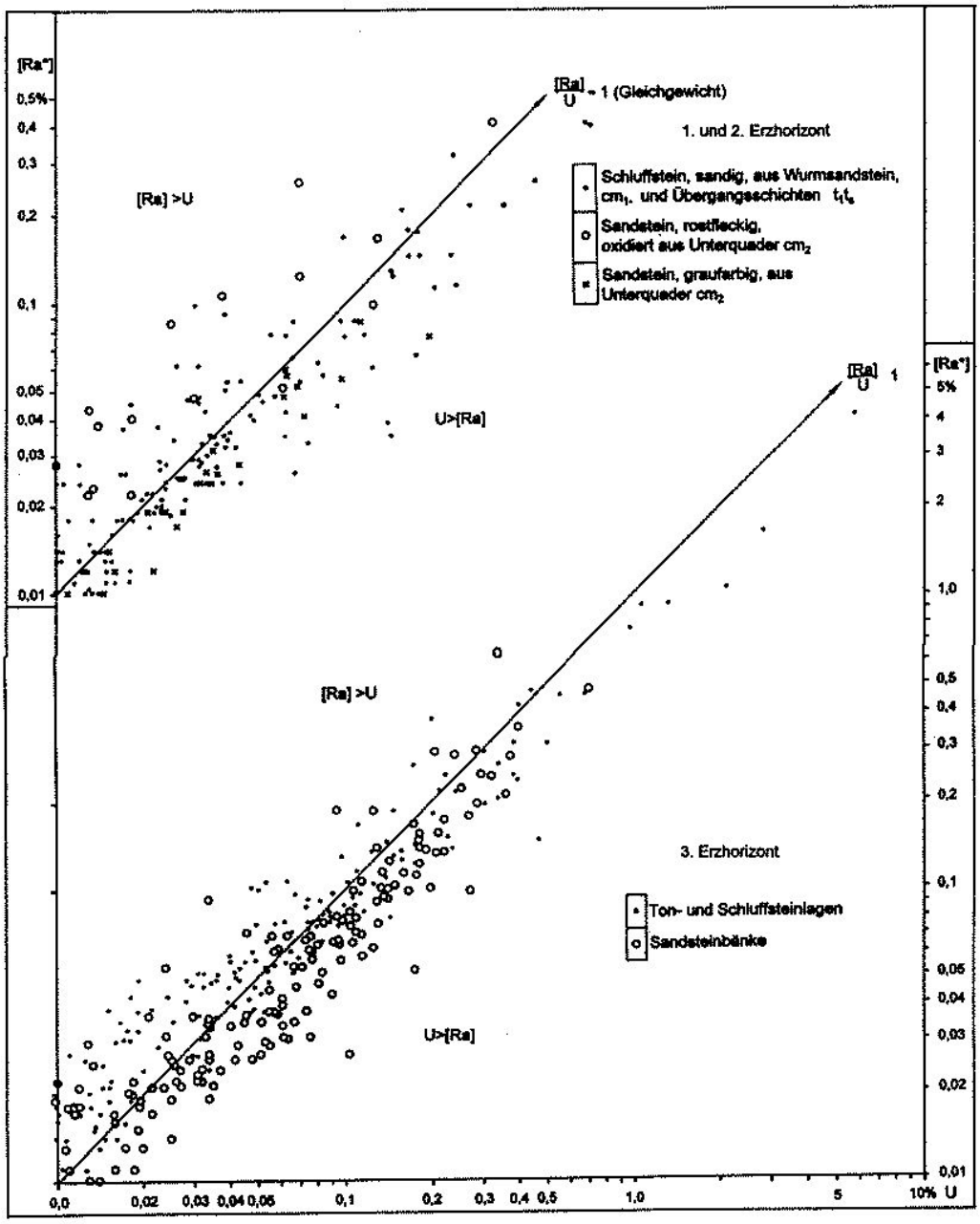


Abb. 143: ***Korrelationsdiagramme von Uran und Radium für die drei Erzhorizonte***

****) 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 Gleichgewichts 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	[Ra]	[Ra]/U
				g/t		
1. und 2. Horizont	t_1t_s u. cm_1	Schluffstein und schluffig-tonig gemaserter 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 Urangehalte 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 hydrothermaler 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 Crednerienschichten 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 Crednerienschichten. 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.

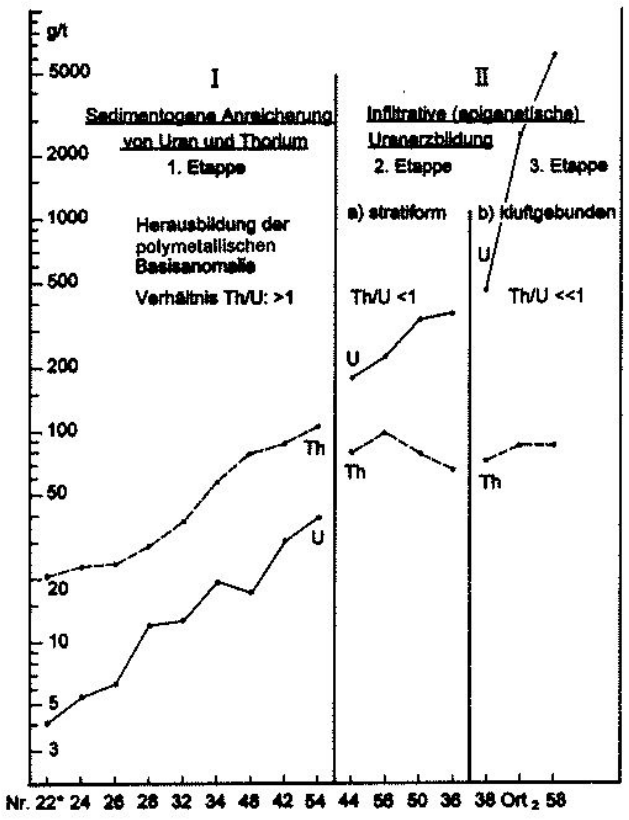


Abb. 144: ***Stadiale Entwicklung des 3. Erzhorizontes nach dem Th/U-Verhältnis***
****) = untersuchte Teilbereiche (Ton-Schluffstein-Fazies) der Pirnaer Paläosenke, nach Tab. 12***

In der 2. Phase der Etappe werden die obere Erzetage 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. Untergrundwasserleiter gebundene zweiflügelige Großerzkörper 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 Erzalterswerte 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-kluftgebundenen 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 bgleitenden 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 Urangehalte 0,034 und 1,06 % und die Werte des U/Pb-Verhältnisses 4,5 und 28,9. Im Unterquadersandstein 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 stadial 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 stadiale 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 stadialen Herausbildung der Lagerstätte ist in Abb. 146 schematisch dargestellt.

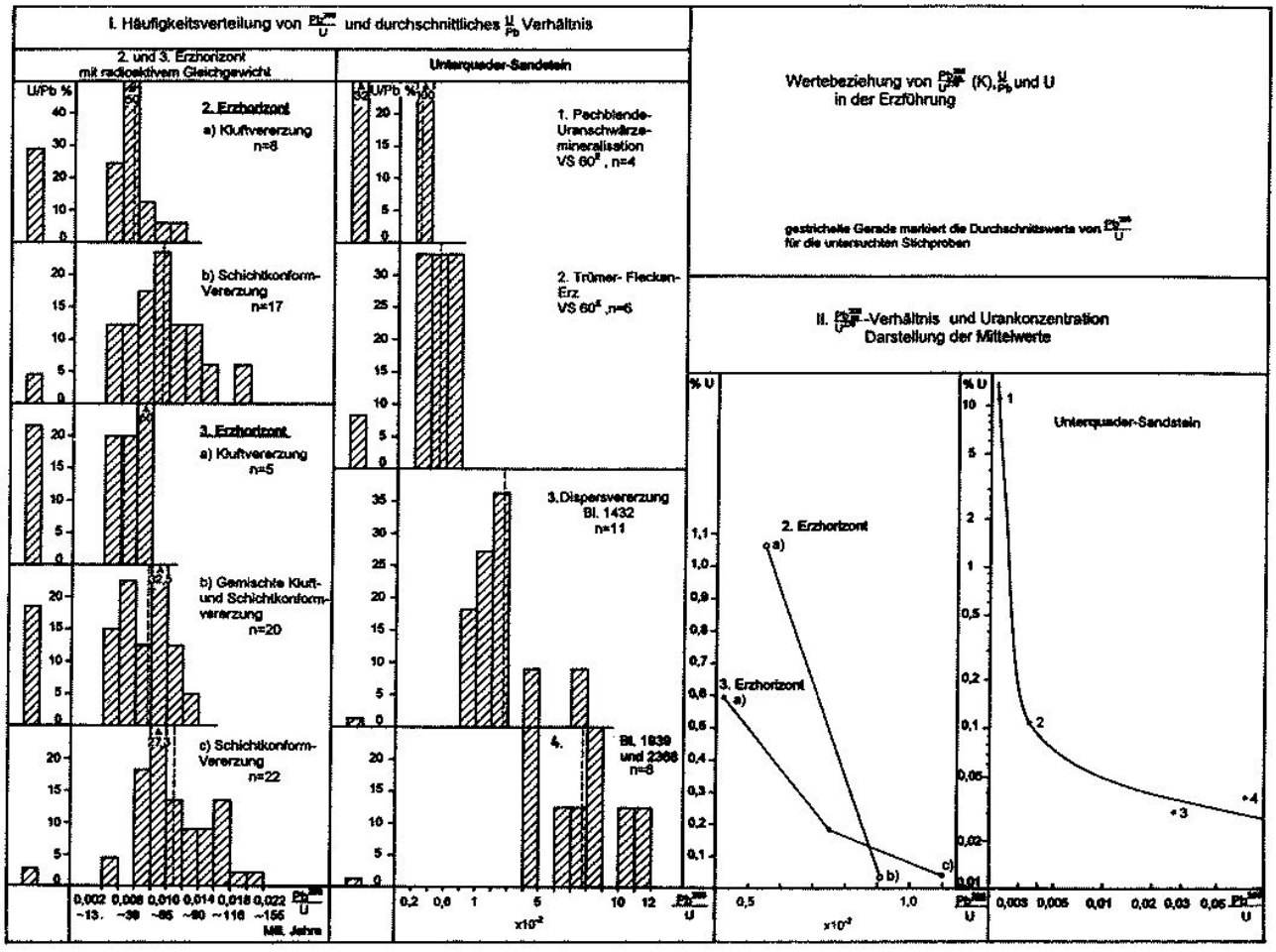


Abb. 145: Wertebeziehungen und Altersetappen der Erzbildung. Werte aus Tabelle 22

Tab. 25 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse zur Lagerstättengenese

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. Streljanov, 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 Zuflußsystemes			Schrägstellung, Heraushebung und teilweise Wiederabtragung der Kreidetafel, Basaltdurchbrüche. Bildung eines artesischen Beckens und eines Schicht- und Kluftwässer-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 Grund-wasserinfiltration, 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, bevor-zugt in Phasen tektonischer Ruhe und tiefgründiger chemischer Verwitterung mit Rotverfärbung des Gesteins	Elementanreicherungen mit Seifencharakter in den rotbuntfarbigen Basissedimenten, insbesondere von Zinn in den basalen konglomera-tischen Sandsteinbänken, mit Spitzengehalten bis ≥ 0,08 %	Syngenetische Anreiche-rungen von U, Th, Sn, Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Mo, Ag und SE in den Flußauen- und See-Sumpfablagerungen zur polymetallischen Basisanomalie	Einwanderung von Uran mit Grundwässern in die Flußauenschichten des Paläoflußsystems, zugeführt aus der verwitternden Grundgebirgsumrahmung und der rotbuntfarbigen Basisschichten. Beginn der Herausbildung des 3. Erzhorizontes am Außenrand einer geochemischen Adsorptions- und Reduk-tionsbarriere in den Kanälen des 5. Grundwasser-leiters	Einwanderung von U mit weniger Pb, Zn und Mo in den 4. Grundwasserleiter und Unterquadersandstein. 1. aszendent aus dem 5. Grundwasserleiter und 3. Erzhorizont über das Klüftungssystem und 2. deszendent aus der südlichen Grundgebirgsumrahmung der Kreidetafel a) Frühphase: Anlage des 2. und 1. Erzhorizontes (Obere Erzetage) infolge bevorzugt aszendenter Zufuhr von Uran aus dem 3. Erzhorizont (Untere Erzetage), durch vulkanisch begünstigte Umorientierung der Untergrundwasserbewegung. Beginn der Umverteilung von Uran in das Kluftsystem. Weiterentwicklung des 3. Erzhorizontes.	b) Spätphase: Überprägung und Weiterentwicklung des 1. und 2. Erzhorizontes durch Zwischenschicht-Oxida-tion 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 Uran-konzentration (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-Verhält-nisses 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 Io/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]

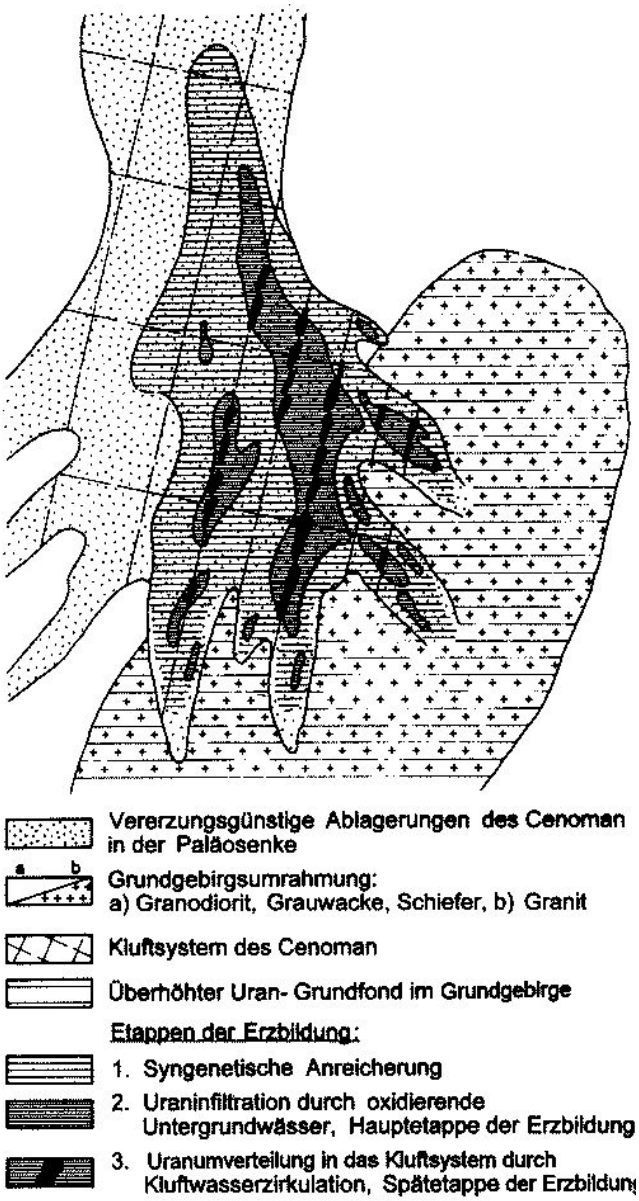


Abb. 146: Schema zur stadialen Uranerzbildung im Cenoman der Pirnaer Paläosenke

Der Ablauf der Urankonzentrierung und Lokalisierung bis zur Lagerstätte läßt gemeinsame Züge mit einem Prozeß erkennen, auf den J. W. GRUNER schon in den fünfziger Jahren im Zusammenhang mit der Untersuchung und genetischen Erklärung der Uranlagerstätten des Colorado-Plateaus in den USA aufmerksam machte und den er unter der Formulierung „Concentration of Uranium in Sediments by Multiple Migration-Accretion“ umschrieb [10]. Er nahm diese Lagerstätten als allmählich und schrittweise, in Etappen, unter den Bedingungen sich wiederholender Umverteilungen bereits vorhandenen Urans in Verbindung mit dessen Neuzugängen, gewissermaßen nach dem Lawinenprinzip gestaltet, an. Auf den Zusammenhang von exogener Uranerzbildung und den einzelnen Stadien der Lithogenese wurde in der Mitte der siebziger Jahre auch durch V. J. DANTSCHEV hingewiesen [5]. Unter Berücksichtigung der genetischen Vorstellungen beider Autoren wurde der Versuch unternommen, den Werdegang der Lagerstätte Königstein auf lithogenetischer Grundlage zu verdeutlichen. Nach den dazu vorliegenden Fakten wurden die Stadien gemeinsamer Gesteins- und Erzbildung, und ihre jeweiligen Merkmale, in der Tabelle 25 zusammengefaßt.

8 Die Lagerstätte als Sonderprodukt im hypergenen Stoffumsatz

Aus den erörterten geochemischen Untersuchungen geht hervor, daß die Uranvererzung nicht nur in einem räumlichen, sondern auch genetischen Zusammenhang mit der Diskordanz und Schichtlücke steht, die die Kreideformation und das Grundgebirge voneinander trennt (vgl. Kap. 5). Die terrestrischen, auflagernden Schichten über und die liegenden Gesteine unter der Diskordanz sind stofflich miteinander eng verwandt. Die ersteren gingen aus der Zerstörung der letzteren in deren Abtragungsgebieten hervor. Die sedimentäre Auflagerung und das in ihr konzentrierte Uran entstammen ein und demselben Ausgangsgestein. Die Anlage der Lagerstätte ist auf den hypergenen Umbau kristalliner Primär- in klastische Sekundärgesteine unter biosphärischer und hydrosphärischer Einflußnahme und auf die damit verbundene Neuverteilung chemischer Elemente zurückzuführen. Die stoffliche Umgestaltung wird durch die notwendige Anpassung der endogenen kristallinen Mineralassoziationen des Grundgebirges an die physikochemischen Bedingungen hervorgerufen, die auf einer kontinentalen Landoberfläche herrschen. Die Einschwemmung von Verwitterungsschutt aus den Hochlagen der Landschaft in ihre Niederungen markiert somit für diese nicht nur einen geologischen, sondern auch geochemischen Neubeginn. Die Schichtlücke zwischen junger Auflagerung und Substrat repräsentiert und umfaßt einen Zeitabschnitt mit hoher Aktivierung, Mobilisierung und Umverteilung chemischer Elemente. Fast alle ostdeutschen sedimentären Uranvorkommen sind auf unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus, vom Oberkarbon bis in das Tertiär, an derartige Profilabschnitte gebunden. Die auf sie beziehbaren Elementmigrationen sind von metallogenetischer Relevanz. Sie stehen in dieser Hinsicht jenen Element-Mobilisierungen nicht nach, die infolge intensiver Gesteinsverfaltung durch die progressive Metamorphose hervorgerufen werden und denen vermutlich das Ronneburger Erzfeld seine Herausbildung verdankt. Ebenfalls nicht solchen Aktivierungen, die von magmatischen Intrusionen ausgelöst werden und auf die die hydrothermalen Uranlagerstätten im Erzgebirge zurückzuführen sind.

Trotz der weitflächigen Verbreitung der Diskordanzen nehmen die an sie gebundenen Uranvorkommen auf dem Hintergrund ausgedehnterer Anomalien und Anomalienfelder jeweils nur verschwindend kleine Teilabschnitte ein. Offensichtlich ist die Möglichkeit ihrer Herausbildung an enge geologische Rahmenbedingungen geknüpft. So ist der beschriebene Vererzungstyp auf Bereiche mit terrestrischer Sedimentation über und solche mit tiefgreifender chemischer Verwitterung des Grundgebirges unter der Diskordanz beschränkt. Die erzführenden Schichtenprofile zeichnen sich durch scharfe Kontraste in ihren Gehalten an inkohlter organischer Substanz, in ihrer Durchlässigkeit für Untergrundwässer und durch eine intensive Überprägung durch zirkulierende Untergrundwässer aus. Die bedeutendsten Vererzungen dieser Art wurden in der sedimentären Umrahmung von angehobenen und tief bis zu ihren kristallinen Kernen abgetragenen alten geologischen Blöcken angetroffen. Die Erzbildung wird nachweislich von einer Vielzahl im Komplex zusammenwirkender Faktoren bestimmt. Als maßgebliche Einflußgrößen spielen eine Rolle

1. Die Tiefe und Intensität der chemischen Verwitterung des Fundamentes
2. Die lithofazielle und strukturelle Entwicklung der sedimentären Auflagerung zu einer effektiven geochemischen Migrationsbarriere
3. Der Uran-Fonds-Gehalt der zufließenden Untergrundwässer und deren Zirkulationsregime und
4. Die zeitliche Aufrechterhaltung der Zufuhr des im Grundwasser gelösten Urans in die Barriere.

Die überschlägigen Berechnungen haben gezeigt, daß bereits Gehalte in den Filtrationswässern von $4 \cdot 10^{-6}$ g/l Uran zur Herausbildung einer Lagerstätte wie Königstein ausgereicht haben könnten (siehe Kap. 7.4.1). Diese Überprüfungen wie auch die durchgeführten Altersbestimmungen unterstreichen die Gültigkeit und Bedeutung des aktualistischen Prinzips von der kleinen Ursache und der großen Wirkung über den Faktor der Zeit auch für diese Kategorie der Erzbildung.

In der internationalen Fachliteratur werden die Uranvorkommen des Sandsteintyps [9, 11], denen auch die Lagerstätte Königstein zuzuordnen ist, mit der Aridität oder Semiaridität des in ihren Gebieten vorherrschenden Klimas in einen ursächlichen Zusammenhang gebracht. Die Uranlagerstätten des Sandsteintypes sind vorherrschend an die ariden und semiariden Klimazonen der Erde gebunden. Trockenheit begünstigt die Erhöhung der Konzentration von Uran und Sauerstoff in den Untergrundwässern und deren Eindringen in die Tiefe sedimentärer Becken. Die Urangehalte solcher Wässer werden mit $n \cdot 10^{-5}$ g/l, und damit um eine Zehnerpotenz höher liegend als in unserer humiden Zone, angegeben [13]. Die Aridität des Klimas bildet insofern eine Uranquelle für sich selbst. Doch kommt eine solche für Königstein kaum in Betracht. Aus diesem Grunde wurden die Uranlagerstätten der sächsisch-böhmischen Kreide zuweilen als Besonderheiten hervorgehoben. Doch läßt sich gerade an ihnen die Austauschbarkeit einzelner Faktoren der Erzbildung belegen: Im Fall von Königstein die des klimatischen Faktors durch den einer lokalen Uranquelle in Gestalt uranreicher, im Einzugsgebiet der erzhaltigen Ablagerungen verbreiteter Gesteinskomplexe. Anstelle der Aridität des Klimas wird ein derartiges in Verwitterung und Abtragung begriffenes Objekt zur Vererzungsursache. Im räumlichen Zusammenhang mit einem solchen wird das Uran als typomorphes Mikro-Element in die terrestrische Sedimentogenese, Exodiagenese und Epigenese auch unter humiden Bedingungen einbezogen.

Im Unterschied zur böhmischen Seite der Kreideformation, aus der zu dieser Frage kaum Informationen vorliegen, sind auf der sächsischen Seite solche Beziehungen nicht zu übersehen. So sind die in der cenomanen Dresdener Senke befindlichen kleinen Uranvorkommen von Niederau und Leuteritz auf den an Uran und Thorium spezialisierten Syenit von Meißen, die Lagerstätte Königstein in der Pirnaer Senke auf den analog spezialisierten Granit von Markersbach und das in der Rosenthaler Senke an der Otto-Mühle lokalisierte Vorkommen auf eine kontaktmetamorphe Primärvererzung im angrenzenden Schiefergebirge zu beziehen. Teilweise ist in den Beziehungen ein Zusammenhang zwischen den Ausmaßen der Uranlieferanten und der Ausdehnung der zugehörigen Vererzungsflächen zu konstatieren. So ist z. B. die etwa 25 km² umfassende cenomane Anschnittsfläche des Markersbacher Granites mit einer ca. 5 km² großen und die punktuelle Rosenthaler Kontakt-Vererzung mit einer nur 7 400 m² ausgedehnten Vererzungsfläche verbunden. In beiden Fällen klingt mit wachsender Entfernung von ihren jeweiligen Ausgangsorten die Erzführung unter gleichbleibend günstigen lithologischen Bedingungen vollständig aus. Der Meißener Syenit spielt, außer für die genannten Vorkommen in der cenomanen Dresdner Senke, als Uranlieferant auch für die benachbarte Uranlagerstätte Gitterssee-Bannewitz bei Dresden die ausschlaggebende Rolle. Lediglich erfolgte die an die unterpermischen Döhlener Schichten gebundene Vererzung auf einem tieferen stratigraphischen Niveau und, wie an Abb. 137 zu erkennen, in einer entsprechend älteren geologischen Periode. Die Uranführung nimmt den östlichen Rand des Döhlener Beckens ein, wo sie durch den Syenit umrahmt und zum Teil unterlagert wird. Die Lagerstätte befindet sich bezüglich der Uranquelle in einer zur Lagerstätte Königstein analogen paläogeographischen Position (Abb. 1).

Die reichsten sekundären Urananreicherungen Ostdeutschlands wurden in der Deckgebirgsumrahmung des Erzgebirgsantiklinoriums angetroffen. Hier sind sie bevorzugt an langlebige Zonen mit einer prä-, syn- und postsedi-

mentären tektonischen, magmatischen und hydrogeologischen Aktivität gebunden [26]. Die wichtigsten Lagerstätten in der Kreideformation haben sich an Kreuzungen des Elbelineaments mit tektonischen Querzonen entwickelt. Zum einen befinden sich die Vererzungen in Gestalt des großen nordostböhmischen Urangebietes in der Kreuzung von Elbelineamentes und Egertalzone und zum anderen in Gestalt des Königsteiner Erzfeldes in der Kreuzung des Lineamentes mit der Sayda-Berggießhübler Zone.

Die quer zur Kreidetafel streichende Pirnaer Paläosenke wird, wie aus Abb. 134 ersichtlich, als ein Bestandteil der Berggießhübler Zone aufgefaßt. Die Struktur schließt nach Westen die hydrothermalen erzgebirgischen Uranlagerstätten Niederpöpel, Bärenhecke und Kipsdorf sowie einen Hauptschwarm der osterzgebirgischen Porphyrgänge in sich ein. Die Gänge durchziehen nach Osten das Fundament der Paläosenke. Der durch Kreide größtenteils überdeckte erzgebirgische Markersbacher Granit ist in der variskischen Tektogenese in die Kreuzung von Berggießhübler Zone und Westlausitzer Störung intrudiert. Damit wurde die Ortsbindung der künftigen Lagerstätte Königstein vorgegeben. Der Granit übernimmt in metallogenetischer Hinsicht eine mehrfache Funktion. Außer seiner Rolle als Hauptquelle für das Uran in der Lagerstätte zeigt er wegen seiner zur Umgebung geringeren Gesteinsdichte eine zeitweilige relative oder absolute Hebungstendenz. In diesem Zusammenhang lieferte er seinen uran- und thoriumhaltigen Abtragungsschutt in den südlichen Teil der kompensatorischen Pirnaer Paläosenke. Mit seinem hohen Anteil an Quarz und seiner Hebungsrhythmizität (Abb. 31) trug er zur Herausbildung der charakteristischen und vererzungsgünstigen Wechsellagerungsstrukturen der cenomanen Schichtenfolge bei: Zu einem vorteilhaften Anteilsverhältnis von grundwasserdurchlässigen Sandsteinkomplexen und grundwasserstauenden Ton-Schluffsteinschichten. Die in der Lagerstätte stark ausgeprägte, nordoststreichende und metallogenetisch wichtige Gesteinsklüftung ist darüber hinaus auf die Beibehaltung der Hebungstendenz des Granites auch in der postcenomanen Periode und auf dadurch bedingte Zerrbewegungen zurückzuführen. Seine Neigung zur Hebung noch im Turon geht aus einem durch seinen Aufwölbungsscheitel gelegten Bohrlochprofil hervor. In dieser Zone, die die Lagerstätte nach Osten begrenzt, ist das turonische Deckgebirge, wie aus Abb. 147 zu entnehmen, sichtlich ausgedünnt.

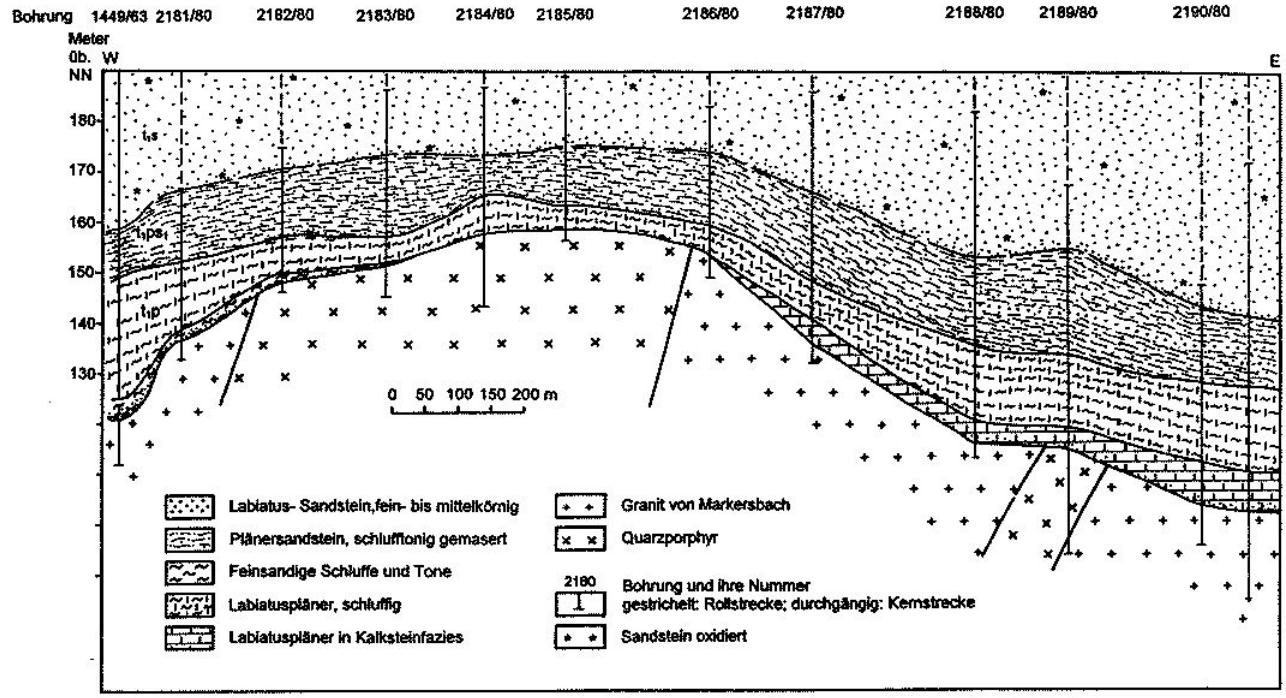


Abb. 147: Schnitt durch die granitische Grundgebirgshochlage („Königsteiner Halbinsel") am Ostrand der Lagerstätte Königstein (= Fortsetzung des Erkundungsprofils Nr. 46, vgl. Abb. 48)

Das zur Lagerstättenbildung erforderliche Uran wurde aus den verwitterten und in Hebung begriffenen, hauptsächlich granitischen Grundgebirgsgesteinen freigesetzt. In Untergrundwässern gelöst, wurde es noch innerhalb der Zersetzungs- und Abtragungsprodukte seiner eigenen Ausgangsgesteine wieder ausgeschieden. An den adsorbierenden und reduzierenden Stauhorizonten und Kluftflächen der als Migrationsbarriere wirkenden cenomanen Schichtenfolge reicherte es sich auf der Grundlage sich herausbildender stabiler hydrogeologischer Zirkulationsregimes zu den beschriebenen unterschiedlichen Erzkörpern an.

Die Freisetzung von Uran aus dem Granit und seine Wiederabscheidung an dessen Alluvionen ist auch derzeitig, rezent erfolgend, nachweisbar. Sumpfig-moorige Flächen über Markersbacher Granit erstrecken sich längs des westlichen Fußes des „Großen Horns“. Sie umsäumen oberhalb von Bad Gottleuba die granitische Erhebung und sind von kleinen radioaktiven Anomalien durchsetzt. Radium und Uran werden hier aus sumpfigen Wässern an den schluffigen und organischen Bestandteilen des alluvialen granitischen Gruses abgeschieden. Sie reichern sich über die Werte ihrer Hintergrundgehalte hinaus an.

9 Bergwerk und Sanierungsbetrieb Königstein (Nach Autoren der Wismut GmbH, aus Beiträgen zur Betriebschronik und zur Sanierungskonzeption 1997)

9.1 Kurzer Abriß der Vorrats- und Betriebsentwicklung

Gegen Ende 1965 war im Netz der übertägigen Bohrungen von 200x100 bis 100x100 und lokal bis 100x50 Meter die Abbaukontur der Lagerstätte nahezu vollständig ausgegliedert. 1966 wurde mit der untertägigen Detail-Erkundung der Erzführung und schon 1967 mit der Erzförderung begonnen. Der Weg der Entwicklung des Bergbaues wurde von ständigen Korrekturen an der Vorratsbasis bestimmt. Die rasche Aufnahme des Abbaus ist auf einen zunächst angenommenen Uranvorrat auf der Grundlage der Bohrerkundung von höchstens 12-15 kt zurückzuführen. Seine Gewinnung war ursprünglich für eine Zeitdauer von 10 Jahren geplant. Der bergmännische Aufschluß der Lagerstätte ging von ihrem Zentrum aus. Hier wurde bei der betrieblichen Detailerkundung die besondere Bedeutung der reichen, an die Gesteinsklüftung der cenomanen Schichtenfolge gebundenen Vererzung erkannt. Deren Ausmaß war in den übertägigen Bohrungen nicht zum Ausdruck gekommen. Die Kluftvererzung erweiterte die Vorratsbasis auf 18-20 kt Uran und die Lebensperspektive des Betriebes um weitere 5 Jahre.

Der Abbau der Lagerstätte war überstürzt und von ihren reichen zentralen Teilen ausgehend begonnen worden. Indem er sich allmählich in Richtung der Flanken der Lagerstätte verlagerte, war es nicht zu vermeiden, daß seit dem Ende der siebziger Jahre mit einer Verarmung der Fördererze (Abb. 149) der Betrieb in eine Existenzkrise geriet. Indessen hatten sich aus den Erfahrungen der Schachtwasserreinigung schon frühzeitig Hinweise auf die gute Auslaugbarkeit des Urans aus seinen sandigen Wirtsgesteinen ergeben. Die diesbezüglichen Erkenntnisse wurden schon bald vertieft und in praktische Laugungs-Experimente umgesetzt. Die erprobten Technologien eröffneten die Möglichkeit, der einsetzenden Verarmung der Lagerstätte mit einem neuartigen und kostensenkenden Gewinnungsverfahren zu begegnen. Der Bergbau wurde in eine chemische Urangewinnung überführt. Dazu wurden am Anfang der achtziger Jahre die verbliebenen Erzvorräte neu bewertet. Im Ergebnis der nun erlaubten Einbeziehung auch von Armerzen der Außerbilanz-Kategorie in die neuen Berechnungen wurde ein Vorratszuwachs von 8-10 kt Uran erzielt. Damit erhöhte sich der Gesamtvorrat der Lagerstätte auf 27.813 kt gewinnbaren Urans (Abb. 150). Die voraussichtliche Existenz des Bergwerkes schien damit bis über die Jahrtausendwende garantiert.

Abb. 148: Selbstfahrendes Bohrgerät vom Typ SIF-300. Mit diesen Maschinen wurde die Lagerstätte aufgesucht und vorerkundet. Foto: J. KUGLER

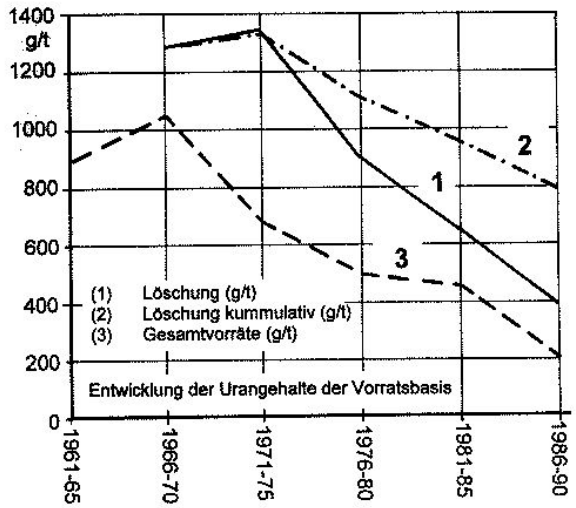


Abb. 149: Entwicklung der Urangehalte (g/t) in der Vorratsbasis von 1961-1995

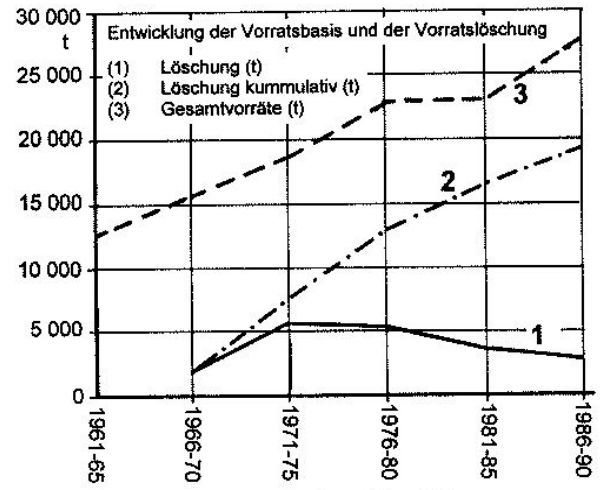


Abb. 150: Vorratsentwicklung 1961-1995

Abb. 151:
Schacht „387“, als erster von insgesamt 5 Schächten im Jahre 1964 abgeteuft, südlich Nikolsdorf, Ostrand Nikolsdorfer Wände, am Forsthausweg.
Foto: Wismut GmbH (Cs 487/14), Abt. Öffentlichkeitsarbeit

Die Umstellung des Bergwerkes auf die ausschließlich chemische Urangewinnung durch seine „in situ“-Auslaugung aus dem Grubengebäude erfolgte 1984. Eine nochmalige Verlängerung der Lebenserwartung des Betriebes bis über die Jahrtausendwende versprach zuletzt die zunehmend bessere Beherrschung und Ausnutzung der technologischen Eigenschaften der Vorräte. Die Vervollkommnung der Laugungstechnologie ermöglichte es, bisherige Außerbilanzerze, Verluste aus dem konventionellen Abbau und Sandsteine mit nur geringen Urangehalten, mit in die chemische Gewinnung einzubeziehen.

Das Bergbaugebiet ist in einer Übersichtskarte (Abb. 153) dargestellt (Hauptbetriebsgelände mit Hauptschachtkomplex, Bergehalde „Schüsselgrund“, Auflandebecken u. a.). Das Hauptbetriebsgebäude wurde ab 1964 nördlich Leupoldishain in unmittelbarer Nähe der Bundesstraße 172 angesiedelt (Abb. 154, 155). Da aufgrund des Höhenunterschiedes keine direkte Anschlußmöglichkeit zur Deutschen Reichsbahn bestand, wurde der 7 km entfernte Bahnhof Pirna-Rottwerndorf als zentraler Erzverlade-Umschlagplatz ausgebaut. Am 01.03.1967 wurde eine Lastenseilbahn für den Erztransport vom Hauptschachtkomplex zum Verladebahnhof in Betrieb genommen (Abb. 156). Bis 1967 wurden zur Vervollständigung der für den künftigen Bergbau notwendigen Infrastruktur folgende Bauteile geschaffen:

1. Wege- und Straßenbau in der Ortslage Leupoldishain-Nikolsdorf
2. Zentrales Umspannwerk in Leupoldishain
3. Verdichterstation in Nikolsdorf
4. Trinkwasser-Versorgung Königstein-Hütten
5. Abwasserleitung mit Klärbecken zur Biela
6. Provisorische und endgültige Verwaltungsgebäude im Hauptbetriebsgelände
7. Bergarbeiterwohnunterkünfte in Leupoldishain

Abb. 152:
Schacht „398“, 1970 abgeteuft, nördlich Langenhennersdorf, Breite Heide, hauptsächlich als Wetterschacht genutzt.
Foto: Wismut GmbH, Abt. Öffentlichkeitsarbeit (C 368/17)

8. Bunkergruppe am Bahnhof Pirna-Rottwerndorf zur Waggonbeladung
9. Fuhrpark zum Personen- und Gütertransport mit Wartungskomplex
10. Materiallagerplätze
11. Zentrale Versatzanlage, Inbetriebnahme am 1.5.1967
12. Aufschluß des Sandtagebaus „Richterhügel“

Gleichzeitig wurde mit dem untertägigen Aufschluß der Lagerstätte begonnen. Am 02.02.1964, gerade ein Jahr nach der fündigen Bohrung Nr. 1210, wurde mit der Teufung für den ersten Schacht „387“, an den Nikolsdorfer Wänden (Abb. 151) und am 23.03.1964 mit der Teufung für den 2., weiter nördlich im Hauptbetriebsgelände gelegenen Schacht „388“ angefangen. Zielstellung war, schnellstmöglich eine untertägige Verbindung zwischen beiden, 1950 Meter voneinander entfernten Schächten über die projektierte Sohle 94 m NN herzustellen. Ab September 1965 wurde als erste untertägige Strecke der Querschlag 94-3 aus dem Füllort von Schacht 387 nach Norden aufgefahren (Abb. 159). Die Anbindung des Querschlages an Schacht „388“ war im Juni 1966 hergestellt. Damit waren aus bewetterungstechnischer Sicht die Vorraussetzungen für eine Forcierung der Bergarbeiten geschaffen. Mit diesem und dem nachfolgend aufgefahrenen Querschlag 94-1 wurde das erste Uranerz aufgeschlossen und umfassend untersucht. Weitere Einblicke in die geologischen Verhältnisse der Lagerstätte gestatteten im gleichen Jahr die Erkundungsstrecken E_1 und E_2, die aus dem Querschlag 94-3 zum einen nach Osten in den 1. und zum anderen nach Westen in den 2. Erzhorizont getrieben wurden. Zugleich wurde mit der Auffahrung der Feldstrecke 94-1 aus dem Querschlag 94-3 nach Westen eine Verbindung zum Querschlag 94-1 hergestellt. Die Strecke diente 1966 als Grundsohlen-Grubenbau zur Vorrichtung des 1., noch experimentell betriebenen Abbaublockes im 1. Erzhorizont, bis Anfang 1967 die eigentliche Erzförderung begann.

Den Vortriebsarbeiten folgte die Detailerkundung der Lagerstätte. Die Erkundung wurde mit einem letztlichen Gesamtaufwand von 24,4 km summarischer Streckenauffahrung und ~183 km summarischer untertägiger Bohrung in einer Netzdichte von 80x160 m im Streichen der Lagerstätte durchgeführt. Sie diente der Überführung von C_2- in die C_1-Vorräte. Darüber hinaus wurden die zum Abbau vorzurichtenden Erzblöcke mit einem Gesamtaufwand von 70 km Strecken- und 163 km Bohrmetervortrieb im Netz von 30x40 m untersucht und in industrielle Vorräte überführt. Die hohen Aufwendungen waren durch die engräumige Veränderlichkeit der Erzführung bedingt.

Alle der geologischen Erkundung dienenden Grubenbaue und Bohrungen wurden im Maßstab 1 : 200 bzw. 1 : 100 geologisch und radiometrisch dokumentiert. Die Aufzeichnungen und Meßergebnisse wurden zur Ergänzung des markscheiderischen Rißwerkes (Sohlenpläne im Maßstab 1 : 500) in Blockkarten (Maßstab 1 : 200) zusammengefaßt. Der im Ergebnis der Erkundung nachgewiesene Vorrat von ca. 28 kt Uran bei einem durchschnittlichen Urangehalt des Erzes von 600 g/t bedeutete eine Verdoppelung der in der Vorerkundung mit 12-15 kt angegebenen Menge. Die erhebliche Abweichung ist auf die bei der Vorerkundung mit übertägigen Bohrungen nicht überschaubar gewesenen komplizierten geologischen und geochemischen Bedingungen in der Lagerstätte und auf die erst später geschaffenen Voraussetzungen, auch Armerze in die Gewinnung mit einzubeziehen, zurückzuführen.

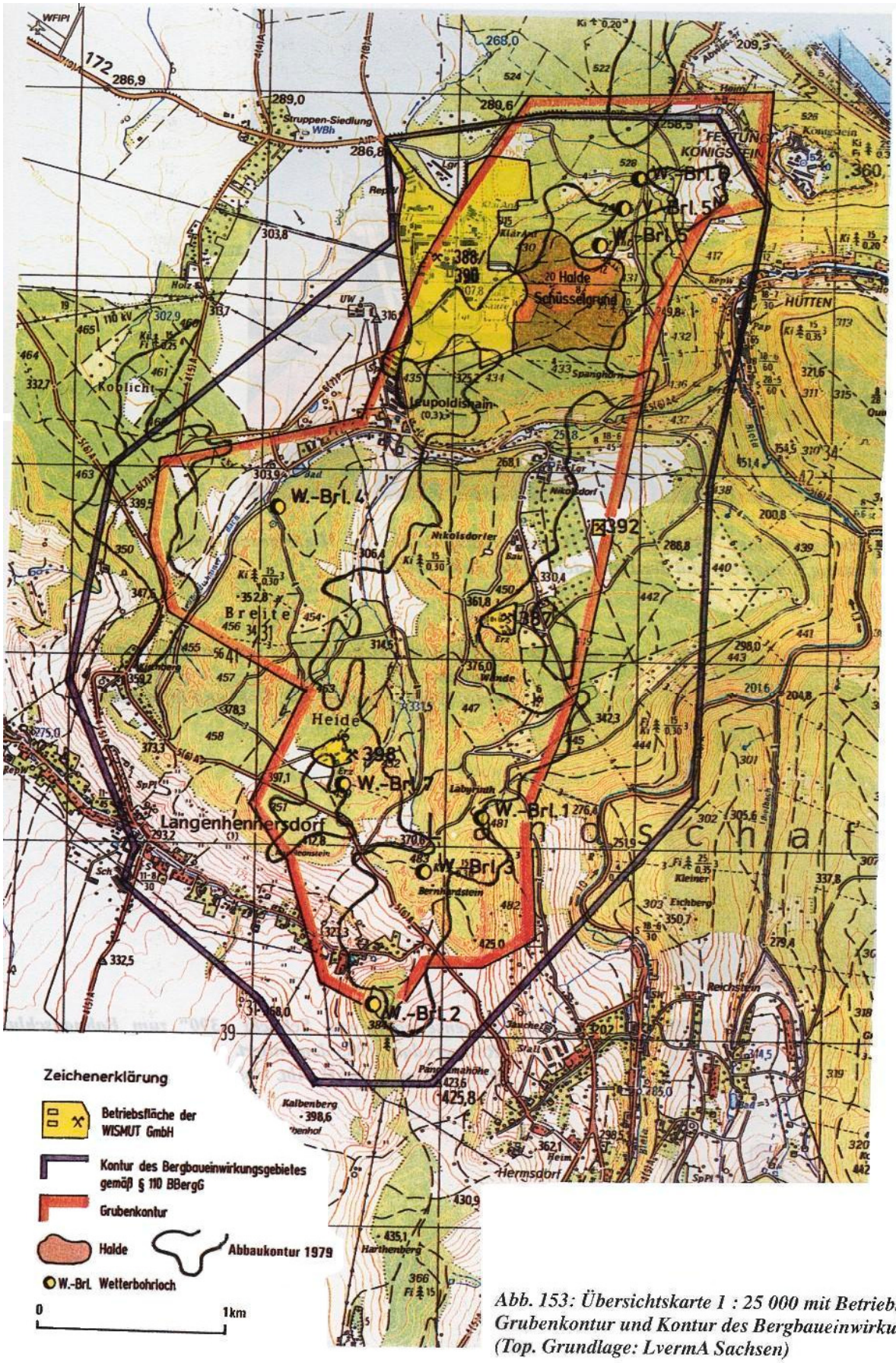


Abb. 153: Übersichtskarte 1 : 25 000 mit Betriebsflächen. Grubenkontur und Kontur des Bergbaueinwirkungsgebietes (Top. Grundlage: LvermA Sachsen)

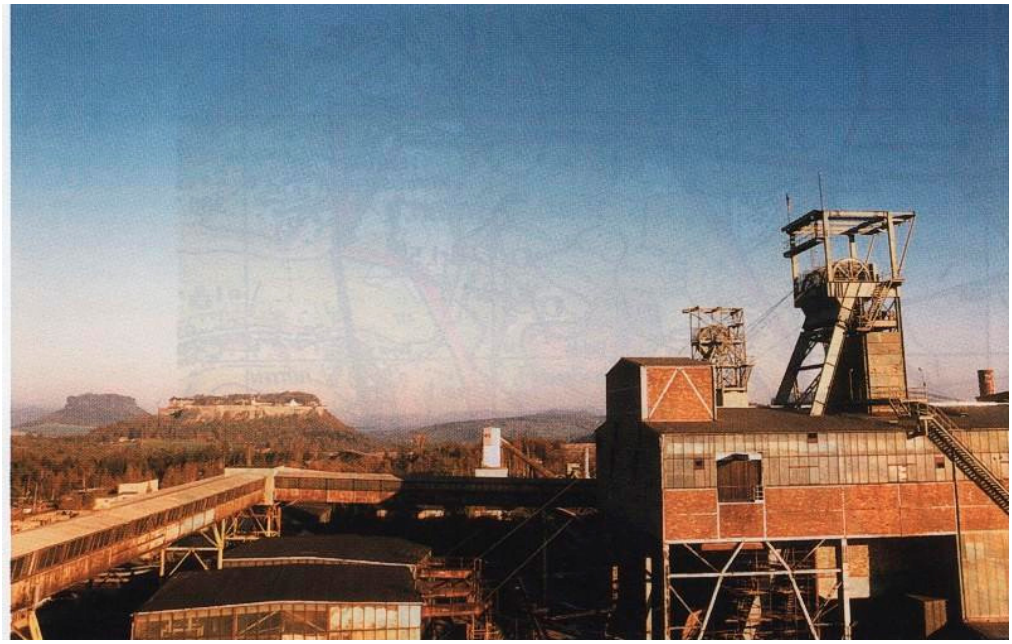


Abb. 154: Doppelschachtanlage „388/390“ im Hauptbetriebsgelände. Im Hintergrund links die Festung Königstein und der Lilienstein. Foto: J. KUGLER, 1996

Abb. 155: Das Hauptbetriebsgelände, von der Bundesstraße 172 aus gesehen.
Foto: Wismut GmbH; Abt. Dok. und Information

Abb. 156: Lastenseilbahn vom Schacht „390“ zum Bahnanschluß Rottwerndorf, 1985 demontiert.
Foto: Wismut GmbH, Abt. Dok. und Information

Abb. 157: Wetterbohrloch Nr. 5: Hirschstange/Teufelsgrund, nach 1979 zur Verbesserung der wettertechnischen Bedingungen gemeinsam mit 6 weiteren Wetterbohrlöchern angelegt und später aufgerohrt.
Foto: J. KUGLER, 1996

17810 t Uran wurden bis 1990 vom vorhandenen Gesamtvorrat gewonnen (Abb. 150). Davon wurden 12058 kt konventionell durch den Abbau von Erzen mit Urangehalten von >300 g/t und der Rest, 5752 t, durch Auslaugung des Urans aus Erzen mit Gehalten von <300 g/t erzielt.

Mit der Änderung des gesellschaftlichen Systems auf dem Gebiet der DDR wurden neue vertragliche Regelungen zwischen den Regierungen der Bundesrepublik und der UdSSR zur Beendigung der Tätigkeit der SDAG Wismut getroffen. Diese Festlegungen sowie die ungünstiger gewordenen geologischen Bedingungen, die gefallenen Weltmarktpreise für Uran und dazu der Wegfall der staatlichen Stützung der Uranproduktion führten letztendlich zur Entscheidung, den Bergbau 1990 einzustellen. Gleichzeitig wurde mit der Sanierung des Bergwerkes zur Abwendung möglicher Umweltschädigungen nach seiner Stillegung begonnen.

Am Ende der sechziger Jahre stieg die Zahl der Beschäftigten auf über 2000 und weiter bis 1980 auf maximal 2349 (davon 460 Hauer). Von da an wurde sie rückläufig. 1986 waren es noch insgesamt 2043 Arbeitskräfte (davon 372 Angestellte), 1990 noch 1638 und 1998 noch 661.

Abb. 158: Hängebank von Schacht „388“ im Hauptbetriebsgelände.
Foto: H. LAUSCH, 1996

Abb. 159: Querschlag 94-3 auf der +94 m-Sohle. Foto: J. KUGLER, 1996

Abb. 160: Füllort Schacht „388“, +94 m-Sohle Foto: H. LAUSCH, 1996

9.2 Der Abbau der Lagerstätte im konventionellen Verfahren

Die herkömmlichen Abbaumethoden bestimmten den Königsteiner Bergbau von seinem Anfang im Jahr 1967 bis 1984. Doch spielten sie danach bei der chemischen Gewinnung auch weiterhin eine begleitende Rolle. Sie unterteilen sich in die nachfolgend kurz beschriebenen Verfahren der Aus- und Vorrichtung der Lagerstätte, der Erzgewinnung, der Wasserhaltung, der Grubenbewetterung und des Hohlraumversatzes.

Die Ausrichtung der mit etwa 3° nach Norden einfallenden Lagerstätte erfolgte durch 5 Tagesschächte, 7 Wetterbohrlöcher und 4, je auf dem NN-Niveau von +25 m, +50 m, +94 m und +135 m aufgefahrenen Sohlen.

Als Schächte wurden geteuft:

1. Schacht 387: Teufbeginn 1964, mit Anschluß der Sohle +94 m
2. Schacht 388: Teufbeginn 1964, mit Anschluß der Sohle +94 m
3. Schacht 390: Teufbeginn 1967, mit Anschluß der Sohle +94 m, als Füllortkomplex in Verbindung mit Schacht 388 und den Sohlen 50 m und 25 m
4. Schacht 392: Teufbeginn 1968, Abwetterschacht bis zur +94 m-Sohle, ohne Füllortkomplex
5. Schacht 398: Teufbeginn 1970, mit Anschluß der Sohlen +135 m und +94 m, mit Füllortkomplexen

Zum generellen Ausrichtungsschema gehörten auf den 4 Sohlen annähernd in Nord-Süd-Richtung in Abständen von 100 bis 400 m verlaufende Querschläge und im Abstand von 80 bis 500 m in West-Ost-Richtung angelegte Feldstrecken. Als Verbindung von den Schächten zu den Grubenbauen wurden außerdem Richtstrecken aufgefahren, die z. T. die Funktionen von Feldstrecken übernahmen. Andererseits waren Querschlägen auch die Aufgaben von Richtstrecken zugewiesen. Die Ausrichtungsgrubenbaue wurden überwiegend im Liegenden der Lagerstätte und hier bevorzugt im standfesten kristallinen Grundgebirge aufgefahren. Sie wurden von 1965 (Querschlag 94-3) bis noch hinein in das Jahr 1990 praktiziert. Ihre Durchführung richtete sich nach dem Bedarf von Feldesteilen für die Gewinnung. Daraus ergab sich, daß auf den einzelnen Sohlen Ausrichtungs-, Vorrichtungs- und Abbauarbeiten

nebeneinander her zu verlaufen pflegten. Eine ursprünglich noch vorgesehene 5. Sohle im NN-Niveau -20 Meter zum Aufschluß des Erzfeldes Thürmsdorf wurde nicht mehr angelegt. Die dazu begonnene Auffahrung des Fallorts aus dem Querschlag 25-0 der 25 m-Sohle wurde, ohne ihre Endteufe erreicht zu haben, im Jahr 1990 eingestellt. Der Feldesteil Thürmsdorf war zur chemischen Gewinnung vorgesehen. Eine dazu erforderliche experimentelle Blocklaugung hatte man mit Erfolg am Nordrand der Sohle 25 m bereits 1989 durchgeführt. Im Zeitraum von 1978 bis 1988 wurden zur Ausrichtung des ebenfalls zur Auslaugung bestimmt gewesenen Erzfeldes Pirna Vortriebe aus den Feldstrecken 94-12 und 94-7 der 94 m-Sohle nach Nordwesten und eine Richtstrecke aus der 25 m-Sohle nach SW (Zugang Pirna) aufgefahren.

Die 7 Abwetterbohrlöcher wurden von 1979 bis 1986 zur Verbesserung der wettertechnischen Bedingungen im Grubengebäude in Teufen von 203,7-254 m niedergebracht. Ihr Durchmesser betrug in der ersten Ausbauphase 1,20 m. Im weiteren Ausbau wurde er bis zum jeweiligen Abwettergrubenbau (im allgemeinen bis zum Erzhorizont) im Nachschnitt auf 2,4 m erweitert. Die Bohrlöcher wurden aus den untertägigen Grubenbauen heraus nach oben getrieben. Ihre Gesamtlänge erreicht einschließlich der Bohrkammern 1612,5 m.

Allen horizontalen Ausrichtungsgrubenbauen, mit Ausnahme von Sonderauffahrungen (Rohrstrecken, Umschlagplätzen, Wetterstrecken, Versatzstrecken) und der Materialrampe im Bereich des Schachtes 398 waren mehrere Funktionen zugeordnet. Sie dienten gleichzeitig der Fahrung, der Förderung, dem Materialtransport, der Frischwetterzuführung und der Verlegung von Rohren für Druckluft, Betriebswässer, Abwässer, von Aufgabe- und Rücklaufleitungen zur chemischen Gewinnung, von Hoch- und Niederspannungskabel sowie von Informationsleitungen für Telefon und Steuerung der chemischen Gewinnung. Außerdem waren in den Hauptfördergrubenbauen Fahrleitungen für Oberleitungslokbetrieb installiert. Die Auffahrungen erfolgten im Prinzip ein- oder zweisträngig gleisgebunden, entsprechend den gültigen und von der Bergbehörde (jetzt Bergamt) bestätigten Kombinatsstandards der Wismut (KSW). Nur in Ausnahmefällen ausbaufrei, wurden in Abhängigkeit von der Standfestigkeit des Gebirges folgende Ausbauarten angewandt:

1. Spritzbetonausbau mit und ohne Ankerung (als Hauptmethode im standfesten Gebirge)
2. Stahlbogen- und Stahltürstockausbau (in Abschnitten mit geringer Standfestigkeit)
3. Holztürstockausbau (für Grubenbaue mit kurzer Lebensdauer)

Für die Auffahrungen im gleisgebundenen Vortrieb wurden eingesetzt:

1. stützengeführte Handbohrgeräte, später Gleisbohrwagen (GBW)
2. Wurfschaufellader Typ PML 63, später solche der Baureihe LWS

Die Gesamtlänge der Ausrichtung betrug 77,1 km. Davon entfielen 61,3 km auf Horizontal- und 15,8 km auf Vertikalvortrieb.

Die Vorrichtung der Lagerstätte zu ihrem Abbau erfolgte über vertikale Grubenbaue zur Verbindung von Ausrichtungssohle und Abbauniveau und über horizontale Auffahrungen im Abbauniveau. Die ersteren dienten für Fahrung, Förderung, Materialversorgung und Wetterführung. Sie bildeten die Ausgangsstellen für die Auffahrung der horizontalen Vorrichtungsbaue in den jeweiligen Vererzungsniveaus. Die horizontalen Auffahrungen wurden in die rechtwinklig zueinanderliegenden VS-Strecken (Vorrichtungsstrecken, streichend) und VF-Strecken (Vorrichtungsstrecken, fallend) unterteilt.

Die VS-Strecken wurden im Streichen der Erzhorizonte, nahezu in Ost-West-Richtung und in Abständen von 40 m aufgefahren. Sie hatten nur z. T. bergtechnische Bedeutung und dienten hauptsächlich zur Präzisierung der Vorratslage. Die rasche Veränderlichkeit der Erzlager nach Uranführung und Mächtigkeit machten vor dem Beginn der Gewinnungsarbeiten eine eingehende Bemusterung der vorgerichteten Abbaublöcke erforderlich. Aus diesen Auffahrungen wurden daher Untersuchungsbohrungen bis zur Hangend- und Liegendgrenze der produktiven Serie getrieben und Schlitzproben aus Bohrkernen und Erzstößen zur quantitativen Uranbestimmung entnommen. Die Bohrungen und Schlitzprobenentnahmen erfolgten in Abständen bis 10 m und dienten der bereits erwähnten industriellen bzw. betrieblichen Erkundung. Einfache radiometrische Gamma-Messungen reichten aufgrund des häufig gestörten Gleichgewichtes zwischen Radium und Uran in den Erzhorizonten zur Bestimmung der tatsächlich vorhandenen Urankonzentration nicht aus. Die Messungen mußten folglich durch chemische Analysen ergänzt und jedes 3. Bohrloch mit Kerngewinn gestoßen werden. Der Anteil dieser zur Abbau-Erkundung ausgeführten Auffahrungen und Bohrungen machte mehr als 45 % der gesamten Vorrichtung aus.

Die VF-Strecken wurden im Abstand von 30-200 m im Einfallen der Lagerstätte süd-nordgerichtet aufgefahren. Sie waren im Regelfall die Ausgangsorte für die Auffahrung der Abbaue. Zur eindeutigen Definierung der VS- und VF-Strecken wurde über die gesamte Lagerstätte ein Gitternetz (Raster) im Abstand von 30 m für VF-Strecken und von 40 m für VS-Strecken gelegt. Als Ausgangspunkt für dieses Netz wurde das Streckenkreuz von Querschlag 94-3 und Feldstrecke 94-1 der Sohle +94 m festgelegt. Nördlich des Kreuzes liegende VS-Strecken wurden mit

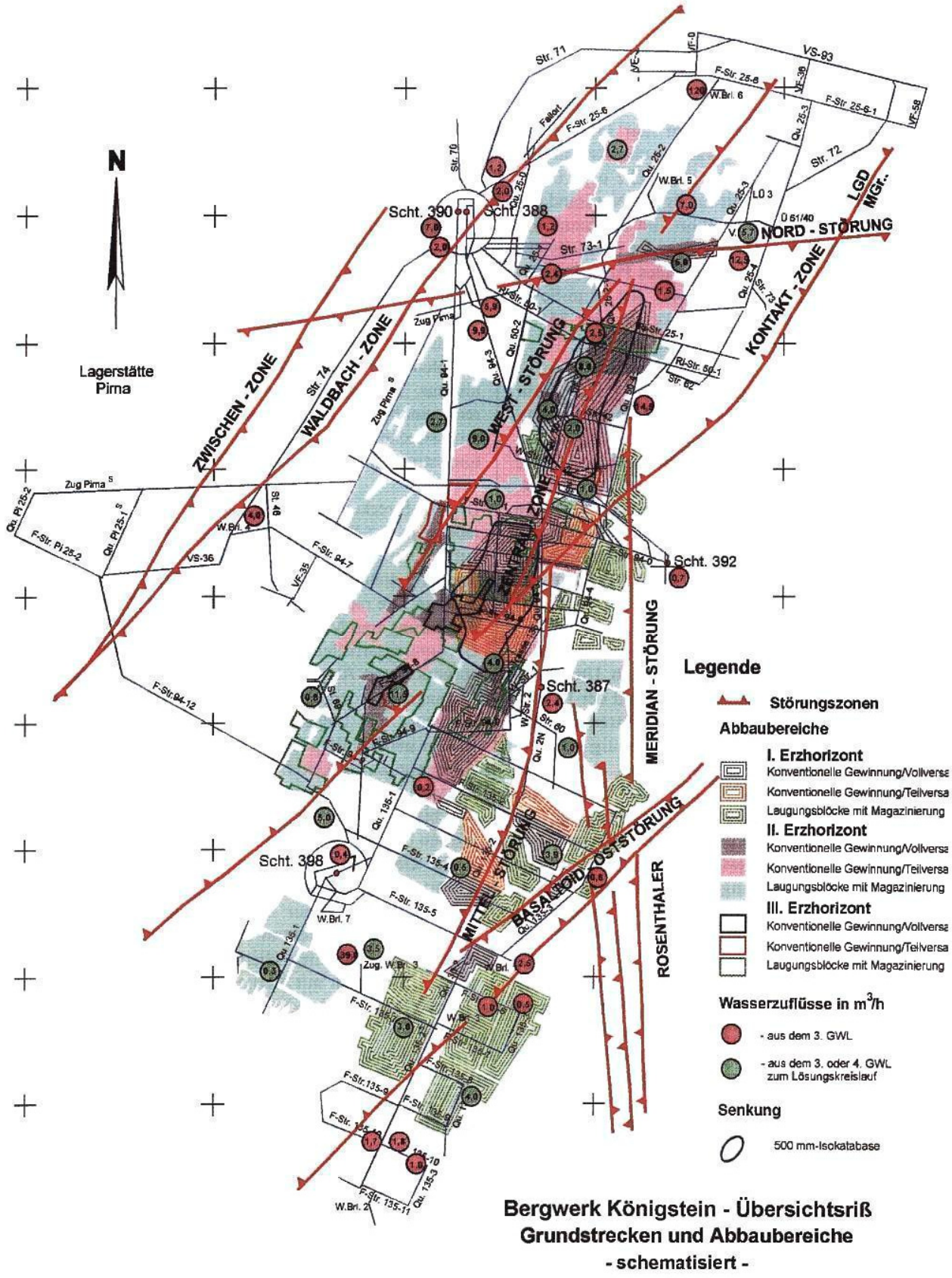


Abb. 161: Übersichtsriß, Sanierungsbetrieb Königstein

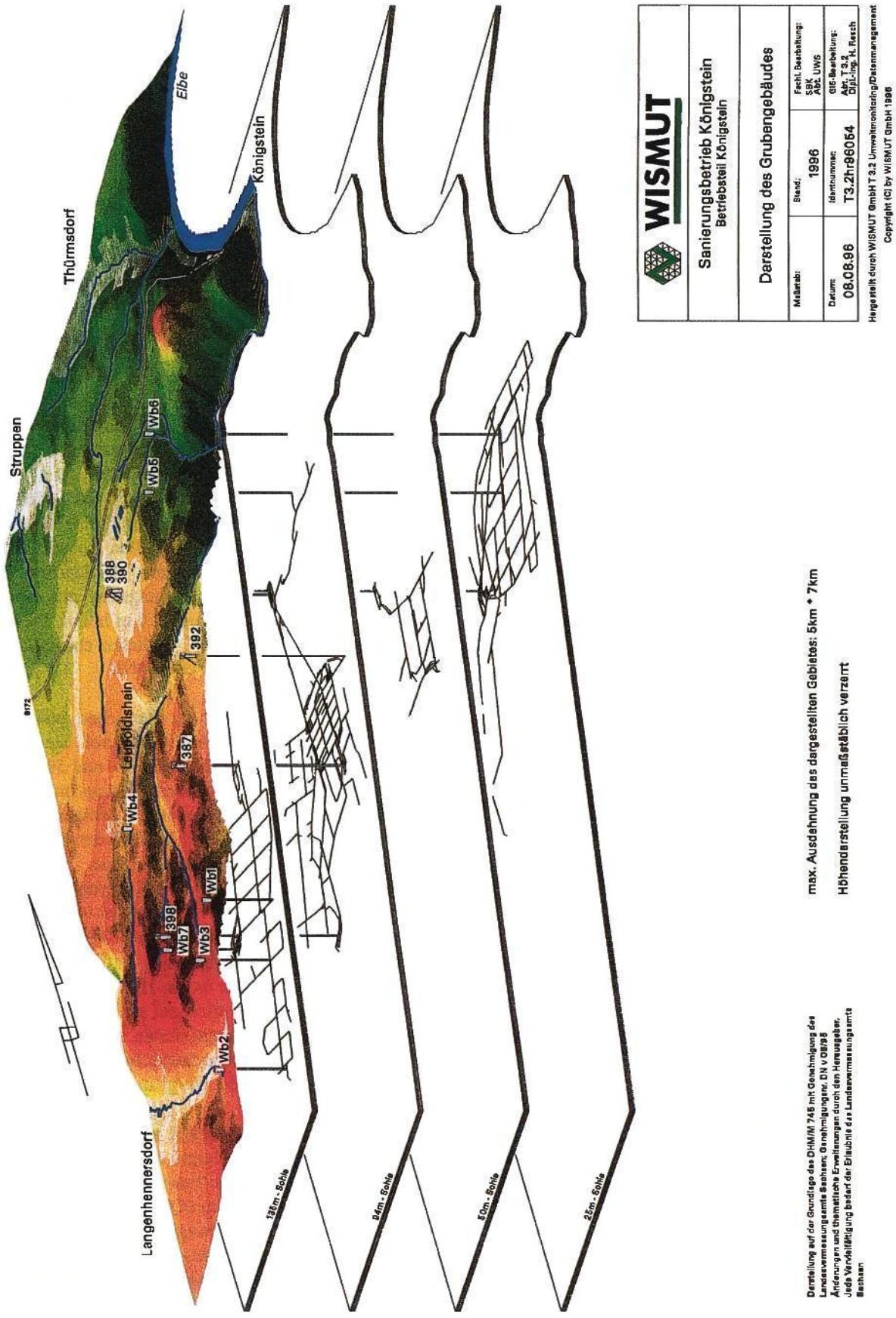


Abb. 162: Schema zum Grubengebäude

aufsteigenden ungeraden und südlich davon liegende mit aufsteigenden geraden Nummern bezeichnet. Die über der Feldstrecke 94-1 liegende VS-Strecke 1 wurde als Ausgangsauffahrung gewählt. Bei der entsprechenden Einteilung der VF-Strecken wurde von der über dem Querschlag 94-3 liegenden VF-0 ausgegangen. Nach Westen wurden die Strecken aufsteigend ungeradzahlig und nach Osten aufsteigend geradzahlig numeriert.

Die Auffahrungen zur Vorrichtung des 2. Erzhorizontes gestalteten sich kompliziert in Gebieten mit fehlender Drainage des 4. Grundwasserleiters. Dessen liegender Wasserstauer wurde bei den Vortrieben in den 2. Erzhorizont in Gestalt des Wurmsandsteins angerissen. Diese Vortriebe gefährdeten die Grube im Falle des Vorliegens der überlagernden Unterquader-Sandsteinbank als Lockersand. Bei der Durchörterung solcher Bereiche kam es zu Verbrüchen mit manchmal erheblichem Sandauslauf. Das Ausmaß von einigen Verbrüchen war so groß, daß die Grubenbaue in diesen Richtungen eingestellt werden mußten.

Im Zeitraum von 1966 (Beginn der Vorrichtung) bis zur Einstellung des Abbaus am 31.12.1990 wurden einschließlich für die chemische Urangewinnung 340,7 km an Vorrichtung aufgefahren. Die Auffahrungen unterteilen sich in

103,4 km - konventionelle Vorrichtung
212,9 km - Laugungsvorrichtung
24,4 km - geologische Detail-Erkundung

Außerdem wurde in der gleichen Zeit ein Gesamtumfang an untertägigen Bohrungen von 5 539,4 km erbracht. Davon entfallen auf

Sprenglochbohrungen	47,9 %	(2653,4 km)
Aufgabebohrungen zur Blocklaugung	24,7 %	(1368,2 km)
Drainagebohrungen	17,4 %	(963,9 km)
Technische Bohrungen	6,7 %	(371,1 km)
Bohrungen zur geologischen Erkundung (1/3 von ihnen gekernt)	3,3 %	(182,8 km)

Als Abbauverfahren wurde, den geologischen Bedingungen und bergmechanischen Voraussetzungen am besten entsprechend, vorherrschend der ein- und mehrscheibige Kammer-Pfeiler-Bau mit selbsthärtendem Versatz oder Hermetisierung des offenen Abbauraumes angewandt. Aus den im Einfallen der Lagerstätte aufgefahrenen Vorrichtungsstrecken (VF) wurden als Abbaue im Erstverhieb Kammern mit folgenden Abmessungen angelegt:

Breite: 3,0 m bis 6,0 m (Regelfall 3,5 bis 4,0 m)
Höhe: 2,3 m bis 5,0 m (Regelfall 3,0 bis 4,0 m)

Die Länge der Kammern und Pfeiler wurde von der jeweiligen Vererzungssituation und der einzusetzenden Technik bestimmt. Sie betrug bis 120 m, gewöhnlich aber 60 Meter. Die Hohlräume wurden mit selbsthärtendem Versatz (Mischbinder, Braunkohlenasche, Sand) verfüllt und danach die zwischen den Kammern verbliebenen Pfeiler ebenfalls abgebaut und versetzt. An Stellen mit hohen Erzmächtigkeiten, wie sie bevorzugt im 3. Erzhorizont und in den Klüftungszonen der Lagerstätte angetroffen wurden und örtlich 20 Meter überstiegen, wurde in mehreren Scheiben und jeweils fortschreitend vom Hangenden zum Liegenden abgebaut. So wurde im Zentralteil der +94 m-Sohle zunächst der 1. Erzhorizont mit der 1. Scheibe und nach derem vollständigen Versatz der 2. Erzhorizont (Wurmsandstein) mit der 2. Scheibe gewonnen. Darunter schlossen sich im Bereich der terrestrischen Zuflußsenken mit dem 3. Erzhorizont eine 3. und gegebenenfalls noch 4 weitere Scheiben an (Abb. 57). An derartigen Stellen nahm der Kammer-Pfeiler-Bau weitungsartige Formen an. Versuche, geringmächtige Lagerstättenteile vom 1. und 2. Erzhorizont im Strebbau mit Versatz, im Streb-Pfeilerbau oder Strebbruchbau zu gewinnen, bewährten sich nicht und blieben auf je einen experimentellen Abbaublock beschränkt. Versuche, Kammerbau mit schlitzartiger Pfeilergewinnung, eine Art von Weitungsbau mit geringer Mächtigkeit, aus 1,8 m breiten und 2,0 m hohen Kammern im 2. Erzhorizont zu betreiben, verliefen ebenfalls ohne Erfolg und wurden bald wieder eingestellt.

Abbau-Komplikationen traten an Bereichen mit verringerter Festigkeit der Erz-Dachschichten auf. Sie ereigneten sich im 1. Erzhorizont auf der 135 m- und 50 m-Sohle und unter versandetem Unterquadersandstein im 2. Erzhorizont. Sie häuften sich an Abbauen mit tektonischen Störungen (z. B. Nordstörung im Nordfeld der Lagerstätte) und Vulkanitdurchbrüchen (Basaltoidzone im Südfeld). Eine große Rolle spielte dabei das Verbruchsgeschehen. Erfaßt ab 3 m³, kam es von Anbeginn der Abbauarbeiten bis zu ihrer Einstellung zu insgesamt 1088 Verbrüchen. Das Maximum mit 117 Verbrüchen entfiel auf das Jahr 1971, während es 1982 nur noch 18 waren. Diese Entwicklung beruht wahrscheinlich auf einem noch ungenügenden Beherrschen der komplizierten geologischen, hydrogeologischen und gebirgsmechanischen Bedingungen in der Lagerstätte zu Beginn des Bergbaues.

Die Abförderung des Haufwerkes aus den Vortriebsstrecken und Abbaukammern erfolgte über die zu seiner Bunkerung dienenden Förderüberhauen. Für seinen Weitertransport auf den Hauptsohlen (Querschlägen, Richt- und Feldstrecken) wurden Förderwagen mit einem Fassungsvermögen von 1,5 m³ eingesetzt. Der Transport zu den Schächten erfolgte in Zugverbänden. Als Zugmittel wurden Oberleitungsloks vom Typ EL-6 und Doppelbatterieloks des Typs TL-61 und B-660 eingesetzt. Die Zugverbände zu je bis 30 Förderwagen wurden an zentralen

Sammelstellen aus der Revier- zur zentralen Förderung zusammengestellt. Bei ausreichender Bunkerkapazität der Förderrollen wurde das Haufwerk bereits von da aus in geschlossenen Zugverbänden abgeführt. Für die Förderung nach über Tage standen die Schächte „390“ (Doppelanlage West und Ost) und „388“ mit insgesamt drei Förderanlagen zur Verfügung (Abb. 154). Nur während der Ausrichtungsphase der Lagerstätte wurde Haufwerk auch über den Schacht „387“ nach über Tage gefördert. Die Doppelförderanlage von Schacht „390“ übernahm mit ihren Anschlüssen an die Sohlen +94 m, +50 m und +25 m den Hauptteil der Förderung. Über den lediglich an die Sohle +94 m angeschlossenen Schacht 388 wurde nur Haufwerk aus den beiden oberen Sohlen abgezogen.

Das geförderte Haufwerk wurde über Tage radiometrisch in unterschiedliche Gehaltsklassen eingeteilt. Das taube Material wurde auf die Schüsselgrundhalde verbracht. Das Erz wurde in Bunkergruppen zwischengelagert und in Brecheranlagen zerkleinert und anschließend mit der Seilbahn in Gondeln zum Verladebahnhof Pirna-Rottwerndorf verfrachtet. Die Seilbahn (Abb. 156) war von 1965 bis 1967 nach Plänen der Firma Rudolph aus Leipzig durch den Betrieb für Bergbau- und Aufbereitungsanlagen Cainsdorf und den Bau- und Montagebetrieb 17, beide zur „Wismut“ gehörig, errichtet worden. Ca. 4,4 km lang, bestand sie aus 26 Stützbauwerken, 4 Schutzbrücken, 3 Spannstationen und einer Winkelstation. Eingesetzt wurden durchschnittlich 175 Gondeln mit einem Fassungsvermögen von je 1 m³ und einer Fahrgeschwindigkeit von 2,4 m/s. Nach seiner erneuten Bunkerung am Bahnhof wurde das Erz in UCE-Waggons der Deutschen Reichsbahn verladen und anfänglich in den Aufbereitungsbetrieb Crossen, später aber in den Aufbereitungsbetrieb Seelingstädt transportiert. In der Hauptbetriebszeit betrug die tägliche Lieferleistung sieben Züge zu je 13 Waggons.

Insgesamt wurden in der Grube 4,55 Mio m³ Erz abgebaut. Das Maximum wurde mit 369 700 m³ im Jahr 1977 erreicht. Die Entwicklung der Abbauumfänge im Verhältnis von Vorrichtung und Erzgewinnung ist in Abb. 163 dargestellt. Von 1966 bis 31.12.1984 wurden im konventionellen Abbauverfahren 12,86 Mio t Erz mit einem Urangehalt von durchschnittlich 0,095 % gefördert. Die Menge entspricht den schon genannten 12 058 t Uran. Das höchste Erzaufkommen entfiel mit 1 002 000 t auf das Jahr 1974 und die höchste Urangewinnung mit 1 051,6 t auf 1973 (Abb. 164). Erze mit maximalen Urangehalten von durchschnittlich 0,11 % wurden 1967 und solche mit minimalen Gehalten von im Mittel 0,071 % im Jahr 1981 abgebaut.

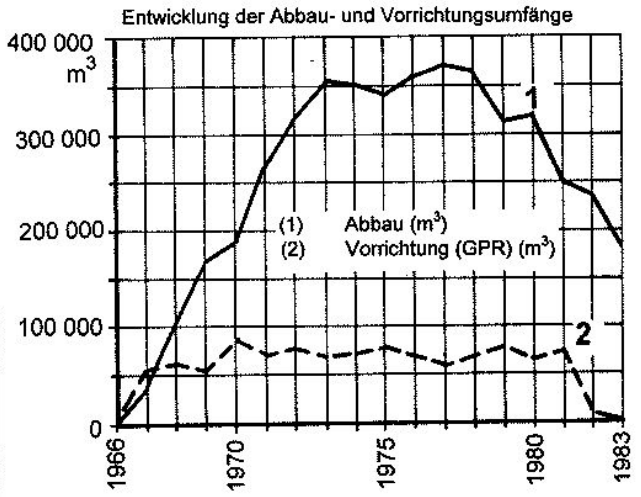


Abb. 163: Abbau und Vorrichtung (GPR) 1966-1983

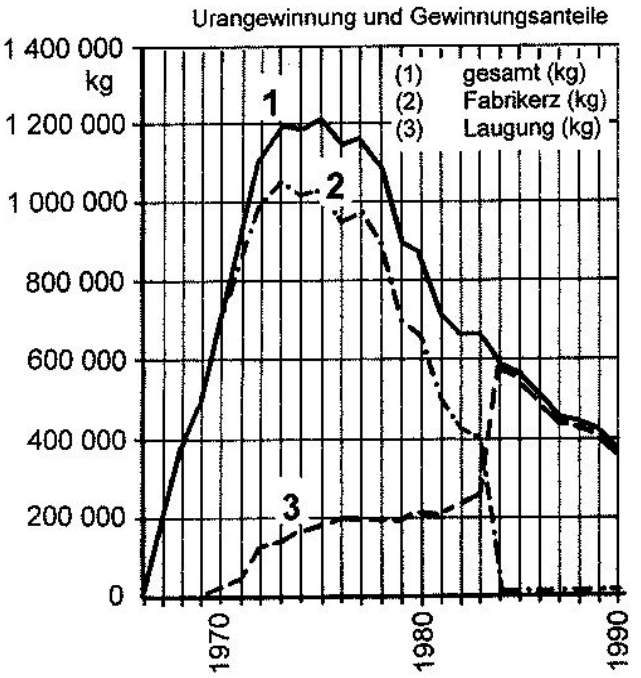


Abb. 164: Art der Gewinnung 1966-1990

Die Wasserhaltung spielte mit der Aufnahme der bergmännischen Arbeiten eine wichtige Rolle. Bereits bei den Teufungen der Schächte kam es durch das Anschneiden der 5 Grundwasserleiter und von wasserführenden Klüften

zu erheblichen Schwierigkeiten. Am 01.01.1967 wurde bei den Auffahrungen ein Wasserzufluß aus dem 3. und 4. Grundwasserleiter von 425 m³/h verzeichnet. Im Bereich der Schächte „387“ und „388“ waren es 220 bzw. 205 m³/h. Das System der Wasserhaltung bestand aus Haupt- und Aushilfs-Pumpenstationen. Die Haupt-Pumpenstationen und Sumpfstrecken befanden sich auf der Sohle +94 m am Schacht „388“ und auf der Sohle +25 m am Schacht „390“. Zum Schutz der Hauptgrubenlüfter, Trafostationen und Füllortkomplexe gegen mögliche Wasser- oder Laugeneinbrüche wurden Schutzdämme und Stauräume angelegt. Der durchschnittliche Wasserzufluß in den achtziger Jahren, je für die einzelnen Sohlen unterschieden, ist der Tab. 26 zu entnehmen:

Tab. 26: Die durchschnittlichen Wasserzuflüsse in den achtziger Jahren.

Sohle ü. NN	3. Grundwasserleiter (m³/h)	4. u. 5. Grundwasser-leiter (m³/h)	Technische Wässer (m³/h)	Summe (m³/h)
135 m	80	120	30	230
94 m	60	50	20	130
50 m	20	25	20	65
25 m	225	135	30	390
Summe	385	330	100	815

Die Betriebswasserversorgung der Sohlen +94 m, +50 m und +25 m erfolgte mit Rezirkulationswasser über einen in der Röhre von Schacht „390“ installierten Wasserspeicher. Die Sohle +135 m wurde durch eine eigene Wasserleitung, ausgehend von einem Hochbehälter (Feuerlöschteich) von Übertage und von da über den Schacht „390“ und Querschlag 94-1 zum Schacht „398“ verlaufend, versorgt. An das Betriebswasser-Versorgungsnetz war die Feuerlöschwasser-Versorgung angeschlossen.

Die Bewetterung der Grube wurde grenzläufig geführt. Als Frischwetterschächte dienten die Tagesschächte „388“, „390“ und „398“. Die Frischwetter wurden über die Ausrichtungsgrubenbaue auf den einzelnen Sohlen den jeweiligen Feldesteilen zugeführt. Aufgrund der Vielzahl bestehender Einzelverbindungen war das Grubengebäude nicht in Wetterabteilungen gegliedert. Die Abwetter wurden über die Tagesschächte „387“ und „392“ sowie über die 7 genannten Abwetterbohrlöcher nach Übertage geleitet (Abb. 157). Die Abwetterbohrlöcher waren untertägig an zentrale Abwettergrubenbaue angeschlossen, die ausschließlich der Wetterführung dienten. Bis 1971 wurde mit Hilfe von übertägig auf den Schächten „387“ und „392“ eingebauten Lüfterstationen saugend bewettert. Zur Verbesserung der Wetter und insbesondere zur Verringerung der Radonbelastung wurde nach 1971 auf blasende Bewetterung umgestellt. Die Erzeugung der Hauptwetterströme auf den einzelnen Sohlen wurde durch Hauptgrubenlüfter bewirkt. Mit der zunehmenden Ausdehnung des Grubenfeldes machte sich eine fortlaufende Steigerung der Frischwettermenge von 188,8 m³/s im Jahr 1970 auf 520,1 m³/s bis 1980 und auf maximal 695,6 m³/s bis zum Jahr 1989 erforderlich.

Das Versatzmaterial der Abbauhohlräume mußte aufgrund der angewandten Abbautechnologie die Eigenschaft einer Selbsthärtung aufweisen. Zu seiner Herstellung wurden als Bestandteile Sand, Braunkohlenfilterasche, Zement, Wasser und ein Fließmittel (Lupoplast) in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen benötigt. Den erforderlichen Sand stellte der angelegte Tagebau auf dem Richterhügel und später der Sandtagebau Struppen-Naundorf zur Verfügung. Ein zentrales Versatzwerk war an der von Leupoldishain zum Schacht „387“ führenden Straße errichtet worden. Von diesem aus wurden zwei Versatzbohrlöcher zur Sohle +94 m gestoßen und verrohrt. Sie endeten am 1. Erzhorizont in der Strecke VS-12, im Bereich Querschlag 94-3/Feldstrecke 94-4. Sie wurden am 01.05.1967 in Betrieb genommen. 1969 wurde die Versatzanlage rekonstruiert. Zur Gewährleistung der Versorgung auch des Südfeldes der Lagerstätte mit Versatzmasse bis hin zum Ende der Sohle +135 m wurde im Hangenden des 1. Erzhorizontes eine Transporttrasse aufgefahren. Neben den beiden zentralen gab es im Lagerstättenbereich noch 13 dezentrale Versatzbohrlöcher. Insgesamt wurden bis 1990 4 406 914 m³ Versatz in unterschiedlicher Festigkeit eingebracht. Mit 359 014 m³ pro Jahr wurde 1976 das Maximum erreicht. Die offenen Zugänge der zu versetzenden Grubenbaue wurden mittels Versatzdämmen verschlossen. Ein Teil der Versatzumfänge wurde später zur Abriegelung der Blöcke mit chemischer Urangewinnung verwendet. Das Einbringen des Versatzes wurde nach betrieblichen Festlegungen durchgeführt.

Als weitere Möglichkeiten zur Hohlraumliquidierung wurden die Hermetisierung und Magazinierung in Laugungsblöcken genutzt. Die Hermetisierung erwies sich als

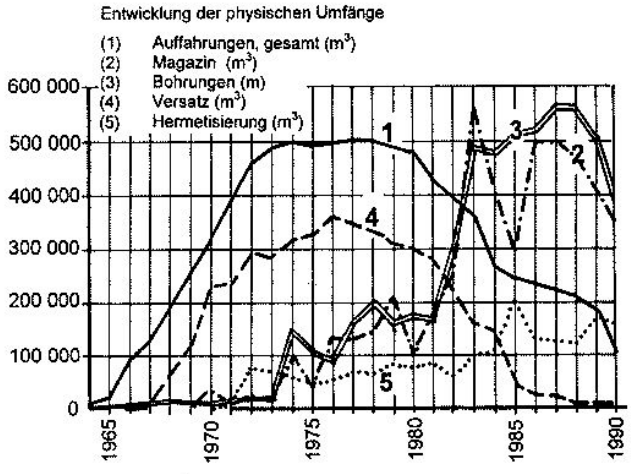


Abb. 165: Umfänge 1964 - 1990

eine kostengünstige Methode zur Schließung und Abdichtung von Grubenbauen und zur Minimierung von Radon-Austritten. Der zu hermetisierende Grubenbau wurde mit einem gemauerten und verputzten Holzdamm verschlossen. Der insgesamt aufgewandte Hermetisierungsumfang betrug 1 811 838 m³. Die Entwicklung aller physischen Umfänge zu den untertägigen Bergarbeiten für die Zeit von 1964 bis 1990 geht aus der Abb. 165 hervor.

9.3 Der weitere Abbau der Lagerstätte im chemischen Verfahren

Mit der Verlagerung des Abbaus aus den reichen zentralen in die ärmeren randlichen Teile der Lagerstätte verringerte sich im Zeitraum von 1975-1981 der Urangehalt im Fördererz um ca. 30 % (Abb. 149). Um diese Verarmung mit einer erhöhten Förderung an Erzmasse auszugleichen, waren die Transportleistungen um 40 % zu erhöhen. In der Grube war die Mächtigkeit der abzubauenden Erzlager von durchschnittlich 2,5 auf unter 1,5 m gesunken und die Abbaufront hatte sich entsprechend weit ausgedehnt. Die sich verlängernden Förderwege belasteten zunehmend den Betrieb. Nachdem der von 1979-1982 unternommene Versuch, dem Bergwerk mit nach hydrothermalen Gesichtspunkten angesetzten Such- und Erkundungsbohrungen neue Reicherz-Vorräte zu erschließen, mißlungen war, waren es die indessen entwickelten und überarbeiteten und erfolgreich erprobten Laugungs-Technologien, die den Betrieb aus seiner Krise befreiten. Die Erprobungen hatten gezeigt, daß aus einem 10 m mächtigen Sandstein-Intervall mit 0,004 % Uran fast dieselbe Ausbeute (10 x 40 g/t) durch Auslaugung wie aus einem 1 m mächtigen Erzintervall mit 0,04 % (1 x 400 g/t) durch konventionellen Abbau zu erzielen war. Vorrat an bis zu 10 m mächtigen Sandsteinabschnitten mit durchschnittlichen Urangehalten von 0,004 bis 0,04 % war in der Lagerstätte noch reichlich vorhanden.

Die ab 1984 voll eingeführte chemische Gewinnung wird in Betriebsberichten und Publikationen ausführlich beschrieben [1, 20, 32, 33]. Hier sei sie nur kurz und vereinfacht hinsichtlich ihrer praktischen Durchführung und ihres Ergebnisses dargelegt. Aufgrund der kieselig-silikatischen Zusammensetzung des Erzes wurde auf saurer und oxidierender Basis gelaugt. Als Lösungsmittel wurde mit Schwefelsäure (3-5 g/l) und Sauerstoff versetztes Schachtwasser mit einem pH-Wert von 1,5-2 eingesetzt. Entsprechend des vorgegebenen Betriebsablaufes wurden gleichzeitig verschiedene Laugungsformen und zwar die Blocklaugung, die Haufenlaugung und die mit der Schachtwasserreinigung verbundene Schlammlaugung angewandt.

Die Blocklaugung bildete das Hauptgewinnungsverfahren. Sie wurde den Bedingungen, wie sie der traditionelle Bergbau geschaffen und hinterlassen hatte, nahtlos angepaßt. Sie vollzog sich in einem nahezu geschlossenem Lösungskreislauf zwischen Über- und Untertage (Abb. 166). Die Gewinnung wurde als gesteuerter chemisch-technologischer Prozeß zur Überführung des Urans aus seiner im Wirtsgestein fixierten, über eine gelöste in eine neuerlich fixierte Form praktiziert. Der Prozeß ist als die technisch erzwungene Umkehrung der natürlichen Erzbildung mit Hilfe von Lösungs- und Oxidationsmitteln unter Druckanwendung im Schnellverfahren zu verstehen. Der Lösungskreislauf wird durch ein System von Rohrleitungen, Pumpstationen, Aufgabe- und Abnahmeeinrichtun-gen, Ablandebecken und Steuerwarten in Gang gesetzt und kontrolliert [43]. In den Kreislauf war eine übertägige hydrometallurgische Aufbereitung eingebunden, in der die aus den Laugungsobjekten anlangende Produktionslösung über Wofatit-Harzgranulate (SBT) geleitet wurde. Die Harzgranulate entzogen der Lauge das gelöste Uran und banden es durch Ionenaustausch an sich. Bei einer nachfolgenden Regeneration der Harze wurde das Uran wieder abgestoßen und in ein Flüssigkeitskonzentrat überführt. Das Konzentrat bildete mit einem Gehalt an Uran von 50-60 kg/m³ das in der Aufbereitung Seelingstädt weiter zu verarbeitende Zwischenprodukt.

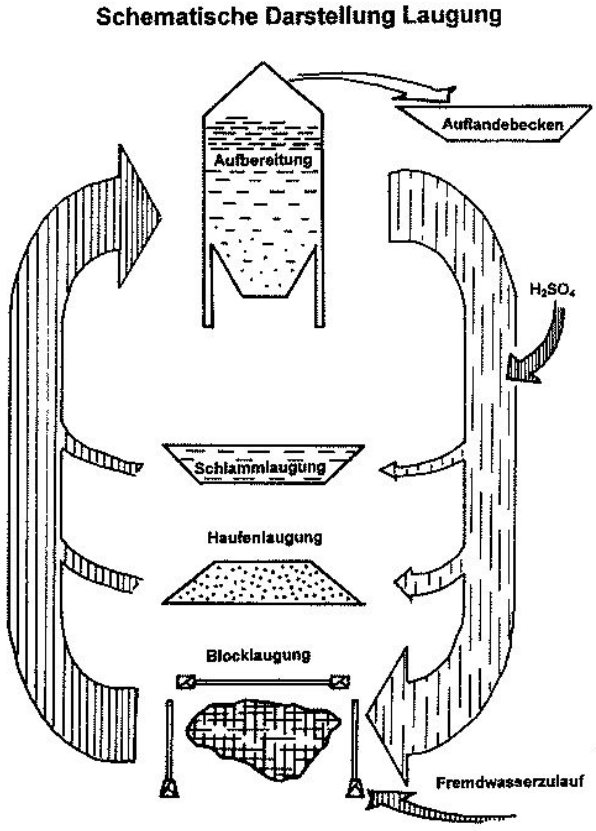


Abb. 166: Schema zur Laugungstechnologie

Der Kreislauf ist in die von über- nach untertage fließende uranarme Aufgabe- und die von untertage zurückkehrende uranreiche Rücklauflösung unterteilt. In die Aufgabe- und Rücklaufstrecken sind als Puffer übertägige Arm- und Reichlösungsbecken eingeschaltet (Abb. 169). Sie gleichen Schwankungen in der Lösungsmenge aus, die sich durch Veränderungen in den Wegstrecken des Kreislaufes und der Zahl der angeschlossenen Laugungsblöcke ergeben. Zur Beförderung der Lösung dienten hauptsächlich Chrom-Nickel-Stahl- und PVC-Leitungen.

Die Aufgabelösung wurde drucklos in Rohren über die Schächte „388“ und „390“ sowie über besondere Aufgabe-Bohrlöcher nach Untertage zu einer zentralen Kollektor- und Verteilerstation in der Rohrstrecke 4 auf der +94 m-Sohle geleitet (Abb. 168). Von dieser wurde sie in wahlweise schaltbaren vertikalen und horizontalen Leitungen mit dem jeweils dazu erforderlichen Druck über Zwischenstationen bis zu den Laugungsblöcken weitergeführt (Abb. 167, 170). Der Rücklauf aus den Laugungsblöcken setzte mit der Sammlung der Lösung in dazu angelegten Drainagen ein. Aus den Drainagen gelangte sie in Freispiegel- oder Rohrleitungen über Pumpen-Zwischenstationen zu je einer auf der +25 m-Sohle und am Füllort von Schacht „387“ auf der +94 m-Sohle installierten Haupt-Pumpstation. Diese verfügten über ein Stauvolumen von je 180 m³ und beförderten die Lösung über in den Schächten „388“ und „390“ verlegte Druckleitungen nach Übertage. Zum Entzug ihres Uraninhaltes wurde die Lösung durch die Aufbereitung geschleust, von wo aus sie ihren Kreislauf, nun wieder zur Aufgabelösung geworden, nach untertage fortsetzte.

Abb. 167: Strecke zur Aufgabe der Säurelösung in den Gewinnungsblock 3137/+94 m-Sohle. Die Lösung wird aus Schläuchen in den durchbohrten Block gepreßt. Foto: J. KUGLER, 1996

Abb. 168: Kollektorkammer, +94 m-Sohle, zur Verteilung der Aufgabe- und Sammlung der Rücklauflösung.Foto: J. KUGLER, 1996

Abb. 169:
Reichlösungsbecken zur Weiterleitung der Rücklauflösung in die Aufbereitung, als Puffer in den Lösungskreislauf eingeschaltet. Foto: J. KUGLER, 1996

Abb. 170: ***Strecke für die Säure-Aufgabeleitung, die von der Pumpstation zu einem der Laugungsblöcke führt. Rohrstrecke 4, +94 m-Sohle. Foto: H. Lausch, 1996***

Die Auslaugung der dazu vorgerichteten Blöcke wurde wegen unterschiedlichen Filtrationseigenschaften durch verschiedene Technologien bewirkt. Als die beiden wichtigsten Verfahren wurden die Laugung von magazinierten Erzen und die Infiltrations-Sektionslaugung angewandt. Die Laugung in Magazinen machte sich in Ablagerungen mit beschränkter Durchlässigkeit erforderlich. Sie wurde in den schluffig-tonig gemaserten Sandsteinen des 1. und 2. und den sandig-tonigen Wechsellagerungen des 3. Erzhorizontes betrieben. Die Infiltrations- und Sektionslaugung wurde bei Gesteinen mit hohen Filtrationskoeffizienten, so insbesondere im Unterquadersandstein eingesetzt. Viele Blöcke wurden in miteinander kombinierten Verfahren ausgelaugt. Ein Laugungsblock nahm gewöhnlich eine Fläche von 100 000 m² und ein Volumen von 500 000 m³ bei einer Mächtigkeit von ca. 5 Metern ein. Die durchschnittliche Laugungszeit betrug 3-5 und maximal 8 Jahre.

Zur Vorrichtung der Laugungsblöcke wurde die Lagerstätte in größere Gewinnungseinheiten unterteilt. Die einzelnen Laugungsblöcke wurden durch Aufgabestrecken im Hangenden und Drainagen im Liegenden zur Zu- und Abführung der Lösung vorgerichtet. Bei der vorherrschend angewandten Magazinierung wurden innerhalb der Blöcke Kompensationsstrecken zur erforderlichen Raumgewinnung aufgefahren, von ihnen aus Sprenglöcher in fächerförmiger Anordnung in die Blöcke gebohrt und diese zu einem Haufwerk in Stücke von ≥200 mm zersprengt. Bei Mächtigkeiten der Magazine über 4,5 Meter wurden die Sprenglöcher in mehreren Scheiben angesetzt und zusätzlicher Freiraum zur Aufnahme des Haufwerkes aufgefahren. Das Haufwerk der Magazine wurde über Aufgabebohrlöcher aus dem Hangenden mit der schwefelsauren Lösung im Immersionsverfahren berieselt. Oder es wurde durch eine Beton-Druckpumpe im Kammer-Druckverfahren vollständig mit Lösung überflutet. In der Infiltrations- und Sektionslaugung wurde nicht magaziniert, sondern über ein speziell angelegtes Durchbohrungsnetz die Lauge mit unterschiedlich hohen Drücken in den Sandstein hineingepreßt.

Mit der Einbeziehung in die Auslaugung auch von Unterquadersandstein, welcher den 1. und 2. Erzhorizont voneinander trennt, sowie von Randmassen und Restflächen aus der traditionellen Gewinnung und von bereits gelaugten Blöcken zu deren Nachlaugung, war eine eindeutige Konturierung der insgesamt 202 zur Laugung vorgesehenen Blöcke nicht mehr möglich. Alles in allem wurden 22,1 Mio Tonnen Gestein mit einem durchschnittlichen

Urangehalt von 310 g/t von der Auslaugung erfaßt. Dazu wurden 97,2 Mio m³ Lösung, mit einem Maximum von 11,9 Mio m³ im Jahr 1989, durchgesetzt. Die praktischen Ergebnisse zeigten, daß sich der Unterquadersandstein bis auf Restgehalte von <10 g/t herunterlaugen ließ. Bei der Umstellung des Betriebes auf ausschließlich chemische Gewinnung waren Lagerstättenabschnitte mit Urangehalten von <100 g/t noch nicht mit in die Vorratsberechnung einbezogen worden. Deren unerwartet ebenfalls möglich gewordene Ausbeute glich Verluste durch ungenügendes Ausbringen von Uran aus schwer auslaugbaren Lithologien, wie z. B. den sandig-tonigen Wechsellagerungen des 3. Erzhorizontes, vollständig und mit zusätzlichen Gewinnen aus.

Die Haufenlaugung wurde übertägig durchgeführt. Sie betraf bis 1983 hauptsächlich das bei der konventionellen bergmännischen Vorrichtung der Erzlager angefallene Haufwerk mit Außerbilanzgehalten an Uran von 100-300 g/t. Ab 1984 wurde alles in der Vorrichtung der Laugungsblöcke anfallende Haufwerk mit >100 g/t Uran der Haufenlaugung zugeführt. Dazu wurden auf dem Betriebsgelände 8 Plätze mit speziell präparierten Unterlagen vorgesehen. Als Unterlage diente ein mit Bitumenverguß und Beton verfestigtes Kiesbett und ein darüber liegendes Pflaster aus Granit. Die Lösung mit einem pH-Wert von 1,8 wurde mit Regnern über die Aufhaldungen versprüht. Ein geringes Gefälle der Unterlage in Längsrichtung der Aufhaldung ließ die Lösung allmählich durch das Haufwerk sickern. Sie gelangte über angelegte Sammelrinnen zu einem 10 m³ großen Becken, von dem aus sie zur Aufbereitung weitergepumpt wurde. Bis zum 31.12.1990 wurden von 388 nacheinander aufgeschütteten Haufen insgesamt 3,78 Mio t Erz gelaugt und dazu 25,2 Mio m³ Lösung durchgesetzt. Weitere 51100 t Erz wurden auf einer Zwischenlagerfläche seit 1989 gelaugt. Die ausgelaugten Haufen wurden auf Kipper verladen und zur endgültigen Ablagerung zur Schüsselgrundhalde transportiert.

Die Schlammlaugung erfaßte die bei der Schachtwasserreinigung anfallenden und aus den Rezirkulatoren abgetrennten und eingedickten Schlämme. Die Schlämme wurden in Behältern verarbeitet. Sie wurden in diesen durch Druckluft aufgewirbelt und mit Schwefelsäure sowie einem Flockungsmittel (WL-6) versetzt. Dabei wurde das im Schlamm enthaltene Uran in Lösung überführt und diese zur Aufbereitung geleitet. Insgesamt wurden bis 1990 113200 t Feststoff bei einem Lösungsdurchsatz von 4,6 Mio m³ verarbeitet. Der ausgelaugte Schlamm wurde auf der Schüsselgrundhalde deponiert.

Mit der „In-situ-Herauslösung“ des Urans aus dem Gestein anstelle dessen traditionellen Abbaues waren einerseits entscheidende Gewinnungsvorteile verbunden. Es entfiel das Versetzen der Abbauhohlräume, die untertägige Horizontal- und Vertikalförderung des Erzes, sein Bunkerumschlag, sein Transport mit der Seilbahn zum Verladebahnhof Rottwerndorf und zur zentralen Aufbereitung mit Erzzügen nach Seelingstädt. Stattdessen wurde eine Konzentratlösung wesentlich geringeren Transportvolumens in speziellen Tankwagen zum Verladebahnhof (Abb. 171) und weiter in Kesselwaggons der Reichsbahn abgeführt. Andererseits wuchsen die Aufwendungen für die untertägigen Bohrspreng- und Hermetisierungsarbeiten, wie aus Abb. 165 zu entnehmen, stark an.

Zur Magazinierung der Erze, die bis 1990 ein Haufwerksvolumen von insgesamt 4,8 Mio m³ verursachten, wurden für einen Kubikmeter Haufwerk durchschnittlich 3,2 kg Sprengstoff eingesetzt. Pro Lademeter wurden bohrlochdurchmesserabhängig zwischen 6 und 9 kg loser ANO-Sprengstoff benötigt. Die Sprengungen wurden bei geräumter Grube an den Wochenenden durchgeführt. Mehrere Stunden nach der Sprengung wurde das Bergwerk von der Grubenwehr befahren, sein sicherheitstechnischer Zustand einschließlich der Wetterverhältnisse beurteilt und

Abb. 171:
Tankwagen der Wismut mit Uran-Flüssigkonzentrat auf dem Weg von der chemischen Aufbereitung zum Bahnhof Rottwerndorf.
Foto: J. KUGLER, 1996

zur planmäßigen Wiederaufnahme der Arbeiten die jeweils erforderlichen Maßnahmen festgelegt. Die Sprengungen unterlagen der staatlichen Meldepflicht. Sie wurden nach ihren Auswirkungen bis Übertage seismisch und wettertechnisch sowie durch eine Kontrollstation in Berggießhübel überwacht. Unter den Ortslagen von Leupoldishain und Langenhennersdorf vorgesehen, wurden sie den Bewohnern rechtzeitig angekündigt. Die 7 installierten Wetterbohrlöcher wurden zur schnelleren Zerstreuung und Verdünnung ausströmender Sprenggase um 10 bis 18 m aufgerohrt. Zur größten Sprengung unter Verwendung von 2328 Zündern und 153962 kg Sprengstoff kam es am 26.09.1987 im Laugungsblock 8823. Belastungsgrenzwerte wurden in keinem Fall überschritten.

Einem strengen Kontrollsystem unterlagen der ständige Abstoß an Lösungsüberschuß in die Elbe, der sich durch den unvermeidlichen Zulauf von Untergrundwässern in den Lösungkreislauf bildete sowie das mögliche Entweichen von Produktionslösung in die Untergrundwasserleiter. Für den Fall von Defekten in der Abriegelung der Laugungsblöcke sowie an den Hauptleitungen des Lösungsumlaufs und an den Rezirkulatoren wurden Havarie-Vorsorgepläne zum Schutz der Vorfluter und Grundwasserleiter ausgearbeitet. Vor diesem Hintergrund bereiteten alte übertägige Erkundungsbohrlöcher mit Lage im Bereich der Laugungsblöcke besondere Schwierigkeiten. Zum Teil nicht sorgfältig verfüllt, wirkten sie sich im Laugungsgeschehen als Undichtestellen aus und verursachten plötzliche Wasserzuläufe. Diese Bohrlöcher mußten daher bei der Vorrichtung der Laugungsblöcke, jedes einzelne gesondert, geortet, untertägig angefahren und auf ihre Abdichtung überprüft werden. Sie wurden, falls erforderlich, bis hinauf in das Niveau des 3. Grundwasserleiters aufgebohrt und mit einer sicheren Zementmischung verschlossen. Folgenreich war z. B. der Fall des im Nordteil der +25 m-Sohle im Block 6113 gelegenen Bohrlochs 1885. Ein am 17.10.1984 einsetzender Wasserzulauf von 60 m³/h steigerte sich binnen 4 Tagen auf 140 m³/h. Durch dieses aus dem Bohrloch zufließende Wasser wurde ein Lösungsaustritt aus zwei Laugungsblöcken verdeckt. Der Lösungsaustritt führte zur Störung der Funktion der Rezirkulatoren, so daß es bei der Einleitung von Lösungsabstoß in die Elbe zu einer erheblichen Überschreitung der zulässigen Grenzwerte für Eisen, Uran und Radium kam. Im Ergebnis der Untersuchung dieser Havarie, die bis hin zum Ministerrat der DDR erörtert wurde, wurden ein technisch-organisatorisches Frühwarnsystem für Havarien eingerichtet und die Meldeordnung für technische Störungen erweitert und präzisiert.

Die Entwicklung der chemischen Urangewinnung aus der Lagerstätte von ihren Anfängen bis 1990 geht aus den Abb. 164 und 172 hervor. Mit einem maximalen Jahresertrag von 580 t Uran im Jahr 1984 geht sie von da an auf ca. 350 t bis 1990 zurück. Die Anteile der 3 Gewinnungsarten am Gesamtertrag von 5752 t Uran sind mit ihren jeweiligen Jahres-Höchsterträgen, gelaugten Erzmassen und Lösungsdurchsätzen in Tab. 27 zusammengefaßt.

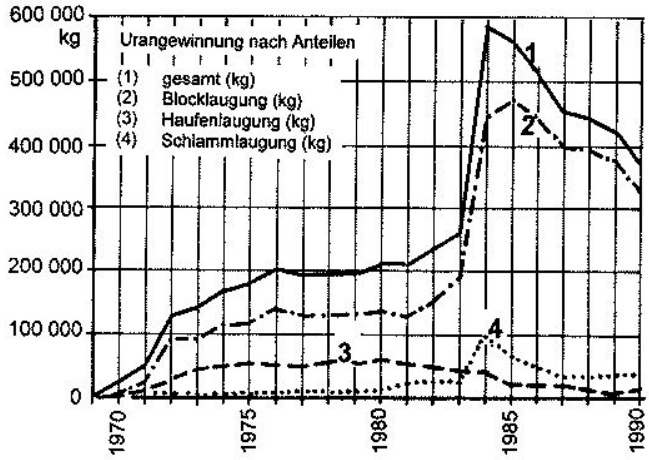


Abb. 172: Arten der chemischen Urangewinnung

Tab. 27: Erträge der chemischen Urangewinnung

Gewinnungsart	Ertrag in t	Anteile in %	gelaugte Erzmasse in Mio t	Lösungsdurchsatz in Mio m³	maximaler Jahresertrag in t	Jahr
1. Blocklaugung	4441	77,2	22,1000	97,2	473,85	1985
2. Schlammlaugung	749	13,0	0,1132	4,6	59,5	1980
3. Haufenlaugung	562	9,8	3,78	25,2	101,5	1984
	5752	100,0	25,9932	127,0		

Der summarische Urangewinn aus der Lagerstätte von 17810 t setzt sich damit zu 68 % aus konventionellem Abbau (12058 t) und 32 % aus chemischer Auslaugung (5752 t) zusammen. Der Anteil der Lagerstätte Königstein an der Gesamtgewinnung der SDAG Wismut von 231414 t Uran beträgt damit 7,7 %.

9.4 Kurze Darlegung der Sanierungskonzeption

Seit der Einstellung der Urangewinnung wird das Bergbaugebiet saniert. Zur Wiederherstellung der vorbergbaulichen Bedingungen und zur Abwendung von Nachfolgeschäden wurden umfangreiche Projekte entworfen und zu ihrer Umsetzung die ersten Schritte unternommen. Wie der Erzbergbau im allgemeinen, so stellt ein Uranbergwerk und zumal eines, wie das von Königstein in einem Landschaftsschutzgebiet gelegenes, eine Belastung für seine Umwelt im besonderen dar. So wurden im Verlaufe des Bergbaus radioaktive Komponenten von Untertage an die Erdoberfläche an Erzumschlagsplätze, Wege der Erzbeförderung und Stellen mit durchgeführter Haufenlaugung

und chemischer Aufbereitung verschleppt. In einer aeroradiometrischen Aufnahme des Gebietes aus den achtziger Jahren hebt sich daher das Bergwerksgelände als eine scharfe Gamma-Anomalie aus seinem Umfeld hervor. Doch stellen nicht diese leicht zu diagnostizierenden und verhältnismäßig unaufwendig zu beseitigenden übertägigen Beeinträchtigungen, sondern die mit der künftigen Flutung der untertägigen Grubenbaue im Zusammenhang stehenden hydrologischen Prozesse das eigentliche Sanierungsproblem dar. Die Schwierigkeit besteht in der nicht exakt beantwortbaren Frage, inwieweit bei dieser Flutung Schadstoffe aus der Grube entweichen und zur Trinkwasserentnahme genutzte Grundwasserleiter belasten.

Das von der bevorstehenden Flutung ausgehende Gefahrenpotential läßt sich von zwei verschiedenen Gesichtspunkten aus beurteilen.

Einerseits geht aus den durchgeführten metallogenetischen Untersuchungen hervor, daß sich die Erzlager auf einer hocheffektiven geochemischen Migrationsbarriere herausgebildet haben, die den tangierenden Grundwässern 28 kt Uran einschließlich begleitender Elemente wie Blei, Zink und Molybdän zu entziehen vermochte. Die Barriere setzt sich in Dach und Rücken der Vererzungszone in Fließrichtung der Grundwässer zumindest bis zur Elbe hin mit gleichbleibender oder sich noch vermehrender Fähigkeit zur natürlichen, lithofaziell bedingten, Wasserreinigung fort. Das Schichtensystem dürfte in Ausübung seiner sorbierenden und ausfällenden Funktion auch den künftigen Flutungswässern auf deren Bewegungsbahnen einen beträchtlichen Teil ihres Schadstoffgehaltes entziehen. Durch die zunehmende Vermischung der Flutungs- mit den natürlichen Untergrundwässern werden die Schadstoffkonzentrationen weiter verdünnt. Die Reichweite der von der Grube ausgehenden Grundwasserbelastung könnte sich somit in lokalen Grenzen halten.

Andererseits läßt diese Überlegung die hohe Migrationsaktivierung des Urans sowie seiner Zerfallsprodukte und Begleitelemente infolge der mit Schwefelsäure behandelten und technologisch aufgelockerten Sandsteine des Grubengebäudes wie auch die Flutungsgeschwindigkeit und den besonderen aggressiven Wasserchemismus außer Betracht. Um das Rückhaltevermögen der Migrationsbarriere unter solchen Bedingungen zutreffend zu beurteilen, wird es seitens der Wismut GmbH gegenwärtig quantitativ zu bestimmen versucht. Dazu werden die Komplexität der hydrodynamischen und hydrochemischen Abläufe der Flutung und ihre Wechselwirkung mit der lithologischen Migrationsbarriere möglichst lückenlos erfaßt.

Nach den bisher dazu vorliegenden Untersuchungsergebnissen und Modellierungen sind in den künftigen Flutungswässern noch hohe Schadstoffkonzentrationen zu erwarten. Für Uran z. B. 60 mg/l, was das 3000 bis 15000fache der natürlichen Konzentration in den Untergrundwässern der Region bedeuten würde (Tab. 28). Mit derartigen Werten bei der Flutung aus dem Grubengebäude entweichend, könnten Uran und seine toxischen Begleiter sowie weitere Schadstoffe in beträchtlichen Anteilen ihre natürlichen Migrationsbarrieren wohl doch überwinden und das sich regenerierende Grundwassersystem zeitweilig über die zulässigen Grenzen belasten.

Um kein Risiko in diesem Fall einzugehen, wurde nach Abwägung der angeführten Gesichtspunkte entschieden, daß die Flutung der Grube nicht sich selbst überlassen werden kann. Das erarbeitete Sanierungskonzept sieht daher eine kontrolliert gesteuerte Flutung in Verbindung mit einer zusätzlichen Reinigung der Flutungswässer in einer übertägigen Anlage vor. Dabei geht das Konzept von folgenden 5 Grundvoraussetzungen aus:

1. Die Lagerstätte befindert sich in einem Landschaftsschutzgebiet mit dichter Besiedlung. Die Mächtigkeit ihrer Abdeckung bis zur Tagesoberfläche ist mit 150-250 m verhältnismäßig gering.
2. International existieren nur wenige Erfahrungen bei der Schließung einer Uranlagerstätte mit derart komplizierten geologischen, geochemischen und technologischen Bedingungen wie am Standort Königstein.
3. Die untertägige Laugung in einer konventionell abgebauten Lagerstätte hat das physikochemische Milieu wesentlich verändert und viele Schadstoffe nachhaltig mobilisiert.
4. Die für das Gebiet charakteristischen vorbergbaulichen Grundwasserverhältnisse werden sich in absehbarer Zeit nicht wieder einstellen.
5. Die Lagerstätte liegt im total entwässerten 4. und 5. Grundwasserleiter. Bei der Flutung werden sich diese zuerst und danach der abgesenkte 3. Grundwasserleiter auffüllen. Damit besteht die Gefahr von Schadstoffübertritten aus dem 4. in den zur Trinkwassergewinnung genutzten 3. Grundwasserleiter.

Der letzte Punkt hebt den 3. Grundwasserleiter als das eigentliche Problem- und Schutzobjekt hervor. Das von Niederschlägen gespeiste Nähr- und Einzugsgebiet des 3. GWL ist der bis 540 m über NN ansteigende südliche Rand der Kreidetafel. Die Hauptentlastungszone bildet das Elbetal. Die generell süd-nordwärtige Bewegung der Wässer wird durch deren zusätzliche Entlastung in die Biela und Gottleuba kompliziert. Die Wasserführung nimmt von Süden nach Norden zu und wird von der Porosität und Klüftigkeit des unterturonischen Sandsteins bestimmt. Die Filtrationseigenschaften des Sandsteins sind mit k_f-Werten von 2 m/d im Süden und 3,5 m/d im Norden als sehr gut zu bezeichnen.

Tab. 28: Zu erwartende Schadstoffkonzentrationen im Flutungswasser im Vergleich mit Elementkonzentrationen natürlicher Grundwässer im 3. und 4. GWL und mit Grenzwerten der Trinkwasserverordnung (TVO), Werte nach J. SCHREYER, 1996

Komponente	Maßeinheit	Berechneter Wert für die Flutungswässer	4. (+5.) GWL		3. GWL		TVO
			Durchschnittl. Konzentration[1]	Pegel GWBM 7013 nördl. d. Grube[2] Probenahme 15.02.1996	Durchschnittl. Konzentration Bereich Lagerstätte	Pegel GWBM 6013 nördl. d. Grube[2] Probenahme 12.11.1996	
Eh	mV	800	374	197	320	240	-
pH		2,2	6,2	6,6	6,6	6,9	6,5-9,5
Na^+	mg/l	850	24,2	41,0	4,4	2,6	150
K^+	mg/l	10	3,2	81,8	1,8	2,2	12
Mg^{2+}	mg/l	70	3,6	7,4	2,9	4,4	50
Ca^{2+}	mg/l	550	27,0	4,1	29,1	65,3	-
SO_4^{2-}	mg/l	6000	25,6	26	26,4	19	240
NO_3^{3-}	mg/l	40	1,0	0,1	2,6	0,1	50
Fe^{2+}	mg/l	300	)	)	)	)	)
Fe^{3+}	mg/l	800	) 1,5	) 0,17	) 6,8	) 2,02	) 0,2
Mn^{2+}	mg/l	25	0,17	0,04	0,16	0,06	0,05
Al^{3+}	mg/l	50	0,19	<0,1	0,14	<0,1	0,2
Cl^-	mg/l	750	10,8	32,8	9,5	2,9	-
NH_4^+	mg/l	50	0,19	0,1	0,12	<0,1	0,5
U_{gel}	mg/l	60	0,403	0,004	0,015	0,02	-
Ra_{gel}	µg/l	200	19385	880	439,4	43	-
Co	µg/l	4	23,8	-	6	<10	-
Ni	µg/l	9	48,3	<20	34	<20	50
Cr	µg/l	1	6,3	<10	6	<10	50
Zn	µg/l	125	290	11	96	397	-
Cu	µg/l	5	17,1	<10	4	<1	-
As	µg/l	?	18,8	19	17,6	4,3	40
Cd	µg/l	1	3,7	<10	2,7	<0,1	5
Th	µg/l	1	nb	nb	nb	nb	-
Pb	µg/l	0,1	3,7	<50	10	<50	40

1) Zuläufe an den Rändern der Grube
2) bei Struppen

In der Zone der Lagerstätte ist der Wasserleiter von den darunter liegenden Grubenbauen im 4. und 5. Grundwasserleiter nur durch den bis 20 m mächtigen Labiatuspläner (t_1p) getrennt. Dazu bestehen zwischen dem 3. und 4. Grundwasserleiter lokale hydraulische Verbindungen. So gelangen bergbautechnisch bedingt gegenwärtig Wässer aus dem 3. GWL in die Grubenbaue. Sie fließen ihnen über ungenügend tamponierte Erkundungsbohrlöcher, Schächte, Wetterbohrlöcher sowie über Zerrüttungs- und Klüftungszonen und insbesondere über die „Nordstörung" der Lagerstätte zu. Diese hat sich neben der Kontaktstörung als das wichtigste tektonische Element der Grube mit einem Wasserzulauf von ca. 70 m³/h erwiesen. Die Gesamtzuflußmenge in das Grubengebäude betrug im Jahr 1992 im Mittel 327 m³/h und nach Angaben von Tab. 26 in den achtziger Jahren 385 m³/h. Mit seiner Anzapfung durch den Bergbau hat sich der 3. GWL über der Lagerstätte großflächig um 20-60 m abgesenkt und der Depressions-trichter erstreckt sich ca. 2,5 km von Süd nach Nord und 8,5 km von West nach Ost.

Da sich bei der Flutung der Grube die beiden untersten Grundwasserleiter zuerst und danach der Depressionstrichter des 3. GWL auffüllen, kehrt sich die derzeitige vertikale Bewegungsrichtung der Wässer um. Über die genannten Undichtestellen wandern die schadstofflastigen Flutungswässer aufwärts in den 3. Grundwasserleiter ein.

Um diesen Austritt aus dem Grubengebäude zu verhindern, wurden an dessen nördlicher und westlicher Flanke Drainagestrecken an der Sohle der cenomanen Grundwasserführung aufgefahren. Weitere Ableitungsstrecken wurden in der Sohle des 3. GWL an Stellen mit besonderer Anfälligkeit für einen Übertritt von Flutungswässern in den 3. GWL angelegt. Aus der Grube entweichende Flutungswässer werden in diesen Drainagen gesammelt, in eine Wasserreinigungsanlage nach Übertage gefördert und von da gereinigt in die Elbe geleitet. Zugleich wird durch das Drainagesystem die Absenkung des 4. und 5. GWL aufrecht erhalten und damit ein unkontrollierter Austritt der Flutung aus der Grube verhindert oder erschwert.

Das in seiner Art erstmalig in der Wismut GmbH ausgearbeitete und in Ausführung begriffene Flutungs-Projekt ist in Abb. 172 grobschematisch dargestellt. Es ist darauf eingestellt, im Bedarfsfall die Grube zu jeder Zeit teilweise oder vollständig wieder entwässern zu können. Erst nachdem die sich reinigenden Wässer akzeptable Grenzwerte (Tab. 28) erreicht haben werden, ist die Vollendung der Flutung vorgesehen. Wie es umfangreiche Modellierungen

zeigen, wird sich dieser Prozeß nur schrittweise und über einen längeren Zeitraum vollziehen. Er wird durch installierte Meßstationen (Umwelt-Monitoring) im Gebirgs-, Boden- und Luftpfad gesteuert und überwacht.

Der gegenwärtige Stand der Arbeiten zur Verwahrung und Flutung des Bergwerkes und zur Sanierung seiner übertägigen Anlagen und Betriebsflächen und die noch zu leistenden Umfänge sind dem Sanierungskonzept der Wismut GmbH, 1997, Standort Königstein und jüngsten Veröffentlichungen [41, 42, 53] im einzelnen zu entnehmen. Danach läßt sich die endgültige Durchführungsvariante der gesteuerten Flutung im gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht festlegen. Zur Beseitigung weiterhin bestehender Unklarheiten über den Flutungsverlauf sind die erforderlichen Untersuchungen noch nicht abgeschlossen. Präzisierte Informationen zur Minimierung von Schadstoffkomponenten bei ihrer Freisetzung aus dem Grubengebäude werden von der gegenwärtig ingang gesetzten experimentellen Flutung eines Teils der Lagerstätte bis 40 m NN erwartet. Das Experiment sieht den Wasserstau im Umfang von 675 000 m³ unter Einbeziehung von magazinierten, gelaugten und versetzten Grubenbereichen vor. Zum jetzigen Zeitpunkt sind ca. 520 000 m³ Wasser auf der untersten Sohle (+ 25 m NN) im Nordteil der Lagerstätte gestaut.

Mittelfristig sind zusätzlich zum laufenden Flutungsexperiment fortführende untertägige Arbeiten und Untersuchungen zur optimalen Gestaltung der ab dem Jahr 2001 vorgesehenen Vollflutung geplant. Diese Vohaben schließen die Fertigstellung des zugehörigen Kontrollsystems sowie die zuverlässige Abdichtung der natürlichen und bergbaulich bedingten hydraulichen Verbindungen zwischen den einzelnen Grundwasserleitern (Tagesschächte, tektonische Schwäche- und Versandungs- sowie die basaltoiden Zonen) in sich ein.

Übertätig werden radioaktiv kontaminierte und für eine weitere Nutzung nicht geeignete Anlagen und Gebäude des Hauptbetriebsgeländes demontiert, radioaktive Flächen durch Bodenabtrag saniert sowie die Wasserbehandlungsanlage komplettiert und die Schüsselgrundhalde verwahrt. Das Plateau der Halde wird, um ihre Radonexhalation, die Gammastrahlung und den Sickerwassereintrag zu minimieren, abgedeckt. Die Halde wird bepflanzt und sinnvoll in das Landschaftsschutzgebiet „Sächsische Schweiz“ einbezogen.

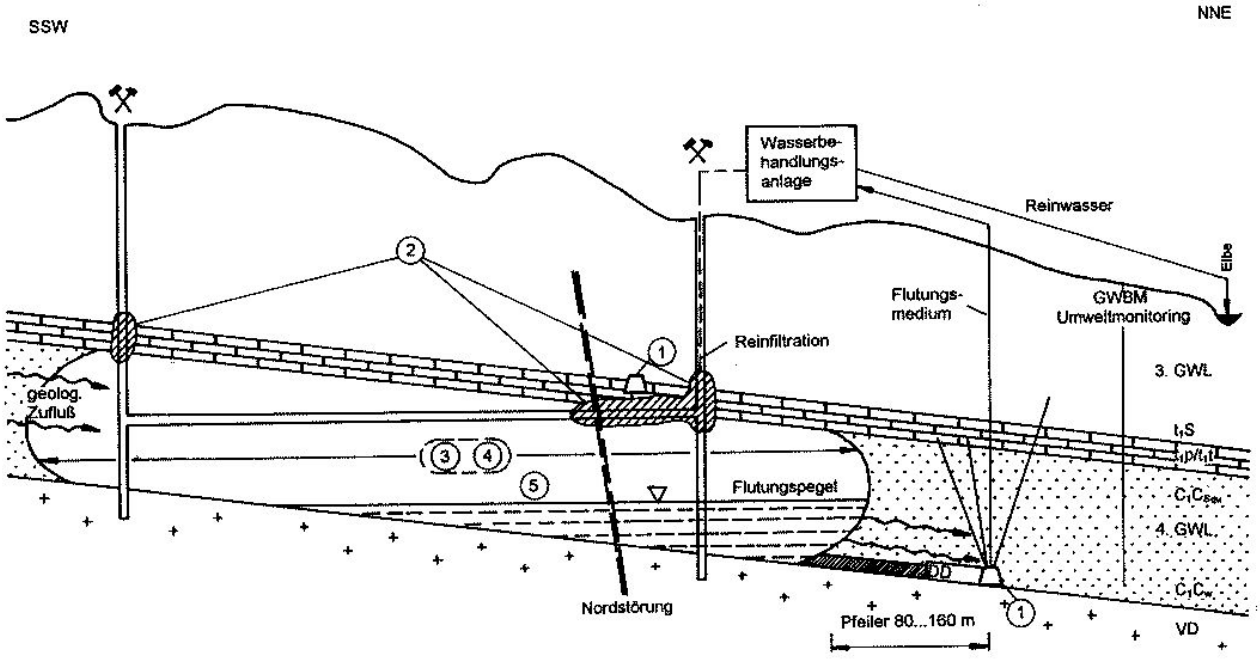


Abb. 173: ***Grobes Schema zur Sanierung. Hauptziel ist der Schutz des Trinkwassers im 3. Grundwasserleiter. Sanierungsschwerpunkt ist deshalb die Erhaltung und Abdichtung der hangenden Schutzschicht und die Restauration des 4. Grundwasserleiters. (Arbeitsmaterial der Wismut, 1995)***

1 – Kontrollstreckensystem mit Drainagebohrungen und Druckdämmen, 2 – Abdichtung zwischen 3. und 4. Grundwasserleiter, 3 – Entsorgung von Fetten und Ölen, 4 – Abbau, damit Beseitigung der Umlauflösung, 5 – etappenweise gesteuerte Flutung der Grube

Die Gesamtsanierungsdauer des Standortes Königstein liegt wegen der noch ausstehenden Ergebnisse zum gegenwärtigen Flutungsexperiment noch nicht endgültig fest. Der Abschluß der untertägigen und wasserreinigenden Sanierung wird von den künftigen faktischen Belastungsgraden der Grundwasserleiter bestimmt. Die einzelnen Schritte in der Durchführung der Vollflutung sind zur Zeit noch strittig. Einvernehmen über ihren gesteuerten Ablauf einschließlich einer Wasserreinigungsanlage besteht bis zu einem Wassereinstau im Stand von 140 m NN. Zum Fortgang und Abschluß der Steuerung werden dagegen mehrere Varianten erwogen. So zieht man z. B. die Beendigung der Steuerung mit dem genannten Wasserstand oder aber ihre Fortsetzung bis zum Einstau auf 190 m NN und gegebenenfalls auch eine künstliche Entwässerung der Grube über einen Stollen zur Elbe in Betracht. Die Entscheidung für den einen oder anderen Weg wird von der Gesamtheit aller sich einstellenden Bedingungen abhängig gemacht. Nach den gegenwärtigen Planungen wird der Abschluß der Sanierung des Standortes Königstein zwischen den Jahren 2010 und 2015 angenommen.

Der Anteil der Kosten an denen der Gesamtsanierung des Wismutbergbaues von 13 Mrd. DM wird für den Standort Königstein mit ca. 2 Mrd DM veranschlagt. Bis Ende 1997 wurden davon etwa 0,7 Mrd. DM ausgegeben.

Die künftige Nutzung der nicht bergbauspezifischen und nicht kontaminierten Gebäude des Hauptbetriebsgeländes ist gegenwärtig noch ungewiß. Über ihre Einbeziehung in das Gewerbegebiet Leupoldishain wird gemeinsam mit den örtlichen Verwaltungsorganen zu einem späteren Zeitpunkt entschieden.

Richtet man seinen Blick von der Festung Königstein über das Land nach SW, trifft er auch auf das besagte Betriebsgelände. Dieses wirkt noch heute auf manchen Betrachter wie eine das Elbsandsteingebirge verletzende Wunde (siehe Titelblatt). Mit der fortschreitenden Sanierung des Bergbaugebietes wird diese disharmonische antropogene Anomalie kaum noch zu bemerken sein.

10 Literatur

[1] ALTMANN, G. (1990): Urangewinnung durch Lösungsbergbau im Elbsandsteingebirge. - Fachberichte Erzmetall, **43**, 11: S. 498.

[2] ARAPOV, J. A.; BOIZOV, W. E. & KREMTSCHUKOV, G. A. u. a. (1984): Die Uranlagerstätten der Tschechoslowakei. - Verlag „NEDRA“, Moskau, russ.

[3] BARANOV, W. J. & TITAJEVA, N. A. (1973): Radiogeologie. - Verlag der Moskauer Universität, russ.

[4] BEUS, A. A. & GRIGORJAN, S. W. (1975): Geochemische Methoden zur Suche und Erkundung von Lagerstätten fester Bodenschätze. - Verlag „NEDRA“, Moskau, russ.

[5] DANTSCHEV, V. I. & STRELJANOV, N. P. (1976): Der stadiale Verlauf der Erzbildung und die Klassifikation exogener Uranlagerstätten. - Geologie der Erzlagerstätten, Bd. XVIII-3, russ.

[6] FELDGUN, W. A.; ERTNER, W. G. & LEWTSCHENKO, A. S. (1969): Bericht über die Resultate der geologischen Erkundungsarbeiten im Uranvorkommen Thürmsdorf und der Waldbachzone mit Berechnung von Uranvorräten. - Geologisches Archiv d. Wismut GmbH, Nr. G 1158, russ.

[7] FELDGUN, W. A. (1971): Metallherkunft bei der Bildung der Uranvererzungen in den Kreideablagerungen des Elbtalgrabens. - Geologisches Archiv der Wismut GmbH, Nr. G 1337, russ.

[8] FELDGUN, W. A. (1973): Besonderheiten der epigenetischen Veränderungen und Uranerzbildungen in Kreide und Fundament des Elbtalgrabens. - Geologisches Archiv der Wismut GmbH, Nr. G 1639, russ.

[9]FISCHER, R. P. (1970): Similarities, differences and some genetic problems of the Wyoming and Colorado-Plateau types of uranium deposites in sandstone. - Econ. Geol., **65**: S. 778-784.

[10] GRUNER, J. W. (1956): Concentration of Uranium in Sediments by Multiple Migration-Accration. – Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists. - Vol. **51**, Nr. 6, September-Oktober.

[11] GRUTT, E. W. (1972): Prospecting criteria for sandstone-type uranium deposits. - Uranium Prospecting Handbook: S. 47-76.

[12] IWANOV, K. E. (1961): Radiogeochemische Untersuchung der Lagerstätte Königstein in Verbindung mit Fragen zur Genese der Uranvererzung. - Geol. Archiv der Wismut GmbH, Nr. G 859, russ.

[13] JEVSEJEWA, L. S.; PERELMAN, A. J. & IWANOV, K. E. (1974): Geochemie des Urans in der Zone der Hypergenese. - Moskau, Atomverlag, russ.

[14] KOMAROWA, G. W. (1980): Bericht zu epigenetischen Veränderungen an den erzführenden Gesteinen der Lagerstätte Königstein. - Geol. Archiv der Wismut GmbH, Nr. 54 916, russ.

[15] KÖRNER, D. & ROCKHAUSEN, E. (1962): Die Credneriен-Schichten in Sachsen unter besonderer Berücksichtigung ihrer Uranführung im Bereich der geolog. Blätter Pirna, Königstein und Rosenthal. - Geol. Archiv der Wismut GmbH, Nr. G. 533.

[16] KOSYRKOV, W. D. & LASCHKOV, B. P. (1980): Mineralogische Besonderheiten der Uranvererzung in den Kluftzonen der Lagerstätte Königstein. - Geol. Archiv d. Wismut GmbH, Nr. 54 417, russ.

[17] KULP, J. L.; BATE, G. L. & BROECKER, W. S. (1954): Present status of the lead method of age determination. - American Journal of Science, V. **252**, Nr. 6.

[18] LASCHKOV, B. P. (1983): Blei-Isotopen-Methode bei der Suche von Uranlagerstätten im Süden der DDR. - Geol. Archiv d. Wismut GmbH, Nr. 54597, russ.

[19] LASCHKOV, B. P. (1983): Uran-Blei-Isotopenverhältnisse in Uranlagerstätten der DDR. - Archiv d. Wismut GmbH, Nr. 54613, russ.

[20] LIEMANN, M. & BÜSSER, H. (1975): Hydrogeologische und laugungskinetsiche Untersuchungen zur untertägigen Laugung schichtförmiger Erzlagerstätten. - Dissertation BA Freiberg, Wismut GmbH, UA.

[21] LISIZIN, A. K. (1975): Hydrogeochemie der Erzbildung (Am Beispiel exogener epigenetischer Uranerze). - Moskau, Verlag „NEDRA“, russ.

[22] MAKAROV, W. N. u. a. (1961): Jahresbericht der Sächsischen Expedition der SDAG Wismut für 1961, Gebiet Kreide-Elbtalgraben. - Geol. Archiv d. Wismut GmbH, Nr. 54006, russ.

[23] MAKAROV, W. N. u. a. (1962): Jahresbericht der Sächsischen Expedition der SDAG Wismut für 1962, Gebiet Kreide-Elbtalgraben. - Geol. Archiv d. Wismut GmbH, Nr. 54007, russ.

[24] MAKAROV, W. N.; KALINKIN, W. J.; WASIN, N.-A. & URALOV, W. A. (1963): Geologische Charakteristik der Lagerstätte Königstein und vorläufige Vorratsberechnung zum Stande der Erkundung von 01. 07. 1963. - Geol. Archiv d. Wismut GmbH Nr. Ux-85, russ.

[25] MEICHSNER, E.; BECHER, J.; HERHOLD, J. u. a. (1977): Untersuchung der tektonischen und hydrogeologischen Bedingungen in der Lagerstätte Königstein zur Gewährleistung der bergbaulichen Sicherheit für den planmäßigen Abbau des Nordfeldes der Lagerstätte. - Geol. Archiv der Wismut GmbH, Nr. K-147.

[26] MELNIK, I. G. (1971): Die Rolle des tektonischen Faktors bei der Bildung epigenetischer Uranlagerstätten in den Sedimenten des Plattformstockwerkes am Beispiel der Lagerstätte Königstein. - Geol. Archiv d. Wismut GmbH, G-1565, russ.

[27] MIROSCHNIKOW, W. N. (1969): Resultate zu Untersuchungen der mineralischen Zusammensetzung der Kreideablagerungen des Elbtalgrabens und der Bewertung ihrer Perspektive auf seltene Metalle. - Geol. Archiv d. Wismut GmbH, Nr. 55 216, russ.

[28] NEKRASSOVA, S. A. (1973): Die stoffliche Zusammensetzung und geochemischen Besonderheiten der Erze der Lagerstätte Königstein (Bericht zum Forschungsthema: Gesetzmäßigkeiten der Verteilung der

Uranvererzungen in den Kreideablagerungen des Elbtalgrabens). - Geol. Archiv d. Wismut GmbH, Nr. G-1705, russ.

[29] PETSCHONKIN, G. A.; SACHRUCHANJAN, E. L.; RUDOI, W. M. & AGAMIROV, S. (1964): Bericht über die Resultate der geologischen Erkundungsarbeiten in der Lagerstätte Köngistein, im Jahre 1964. - Geol. Archiv der Wismut GmbH, Nr. G-710, russ.

[30] PIETZSCH, K. (1963): Geologie von Sachsen (Bezirke Dresden, Karl-Marx-Stadt und Leipzig). - Deutscher Verlag d. Wissenschaften, Berlin.

[31] POLYKARPOWA, W. A. & MICHAILOWSKI, M. (1971): Ergebnisse der Untersuchungen zum Aufbau des Fundamentes der Elbtalzone im Bereich der in der Kreideformation lokalisierten Uranlagerstätte. - Geol. Archiv d. Wismut GmbH, Nr. 549 25, russ.

[32] PUTSCHKOV, N.; MÜLLER, E.; BRUDER, U. (1989): Zur Untertagelaugung sedimentärer Erze in der Lagerstätte Königstein. - Wiss.-Techn. Inf. **34**: S. 38-46.

[33] PUTSCHKOV, SYSSOJEV, SUBANOV u. a. (1983): Konstruktion, Erprobung und Untersuchung der Effektivität von Abriegelungssystemen für Laugungsblöcke. - Bericht V8/0, WTZ, Wismut GmbH, UA 1899.

[34] ROMER, M.; DIETRICH, V. & VONMONT, H. (1995): Untersuchungen des chemisch-mineralogischen Verhaltens der Basaltoide im Bereich der Lagerstätte Königstein unter Flutungsbedingungen. - Geol. Archiv d. Wismut GmbH.

[35] ROSCHER, O. & CLAUß, W. (1965): Ergebnisse der geologisch-geochemischen Sucharbeiten auf Begleitelemente des Urans anhand der Bohrprofile Nr. 26 und Nr. 54 durch die Lagerstätte Königstein. - Geol. Archiv d. Wismut GmbH, Nr. K-58, K-65.

[36] RÖSLER, H. J. & LANGE, H. (1965): Geochemische Tabellen. - VEB Deutscher Verlag für Grudnstoffindustrie, Leipzig.

[37] RYBALOV, B. L. (1970): Grundfragen der Entwicklung des Magmatismus, Metamorphismus und der Erzbildung im Saxo-Thuringikum und Daten zur absoluten Geochronologie. - Geol. Archiv, d. Wismut, GmbH, Nr. 54 927, russ.

[38] SACHRUCHANJAN, E. L.; SCHUMILIN, J. P. u. a. (1967): Gesamtbericht über die Ergebnisse der Sucharbeiten in den Kreideablagerungen der Elbtalzone von 1961-1966. - Geol. Archiv der Wismut GmbH, Nr. G-850, russ.

[39] SCHILOWSKI, P. P. (1977): Die Erzführung der variskischen Molassesenken in der südlichen DDR. – Geol. Archiv d. Wismut GmbH, Nr. 54 344, russ.

[40] SCHILOWSKI, P. P. (1978): Versuch einer lokalen Prognose für Uranvererzungen vom Typ Freital. - Geol. Archiv der Wismut GmbH, Nr. 54 381, russ.

[41] SCHREYER, J. (1996): Sanierung von Bergwerken durch gesteuerte Flutung. - Geowissenschaften **14**, Heft 11.

[42] SCHREYER, J.; NINDEL, K. & RICHTER, J. (1994): Die Flutung der Uranlagerstätte Königstein. - European Metals Conference, June 1994, Freiberg.

[43] SCHWARZE, K.-H. (1990): „Bergbau am Königstein". - In: Seilfahrt. - Auf den Spuren des sächsischen Uranbergbaues: S. 134-143, Bode Verlag, Haltern.

[44] SKAKUNOW, W. I. (1979): Projekt der Perspektivabteilung des ZGB. der SDAG Wismut für das Jahr 1979. - Geol. Archiv der Wismut GmbH, Nr. 4478, russ.

[45] SLAVJAGIN, D. P. (1960): Jahresbericht der Sächsischen Expedition der SDAG Wismut für 1960. Gebiet der NE-Umrahmung des Erzgebirges mit Kreideablagerungen im Elbtalgraben. - Geol. Archiv d. Wismut GmbH, Nr. 54058, russ.

[46] SMYSLOV, A. A. (1974): Uran und Thorium in der Erdkruste. - Verlag „NEDRA", Leningrad, russ.

[47] SOKOLOV, A. V. u. a. (1969): Die Ergebnisse der geologischen Sucharbeiten in den Kreideablagerungen des Elbtalgrabens für die Zeit von 1966-1968. - Geol. Archiv d. Wismut GmbH, Nr. 54123, russ.

[48] TONNDORF, H. (1982): Ergebnisse der Such- und Erkundungsarbeiten und thematischen Untersuchungen auf Uran in den Kreideablagerungen im südöstlichen Teil des Elbtalgrabens, von 1979-1981. - Geol. Archiv d. Wismut GmbH, Nr. 54541.

[49] TONNDORF, H. (1994): Metallogenie des Urans im ostdeutschen Zechstein. Ein Beitrag zum Nachweis und zur Charakteristik hypergener stofflicher Umverteilungs- und Anreicherungsprozesse. - Akademie-Verlag Berlin.

[50] WASSILJEV, A. I. & NEKRASSOWA, S. A. (1973): Strukturelle Besonderheiten der Lokalisierung der Uranvererzung in der Lagerstätte Königstein und die stoffliche Zusammensetzung der Erze. - Geol. Archiv der Wismut GmbH, Nr. G-1600, russ.

[51] WETROV, A. G. (1976): Methode zur Errechnung anomaler Konzentrationen von Blei-206 und Blei-208 nach den Resultaten der Blei-Isotopen-Anlayse. - Aus: „Methoden der Erzgeophysik" Bd. **11**, Ministerium für Geologie der UdSSR. Wissenschaftliches Forschungsinstitut für geophysikalische Suchmethoden in der UdSSR; Leningrad, russ.

[52] WOROBJOV, B. V.; TONNDORF, H.; KÖRNER, D. (1963): Die Plattform-Entwicklungsperiode des Saxo-Thuringikums. – Geol. Archiv. d. Wismut GmbH, Nr. 54001, russ.

[53] ZIMMERMANN, U. & SCHREYER, J. (1995): Erstellung experimenteller Daten mittels eines Flutungsexperimentes zur Vorbereitung der Flutung der Lagerstätte Königstein. - GeoCongress **1**, Uranium-Mining and Hydrology, Verlag Sven von Loga, Köln.

[54] DECKER, F. (1963): Beiträge zur Kenntnis des Cenomans im Elbsandsteingebirge. – Berichte der Geologischen Gesellschaft, Bd. 8, H 2.

11 Tabellenverzeichnis

Seite

Tab. 1: Vergleich globaler Lithosphären-Clarkewerte von Uran und Thorium mit der Elbtalzone (Angaben in g/t) 17
Tab. 1a: Vergleich der Granite von Eibenstock/ Westerzgebirge und Markersbach/Elbtalzone nach ihren Hintergrundgehalten an Uran und Thorium 18-19
Tab. 2: Hintergrundgehalte für Uran und Thorium in der Elbtalzone 20
Tab. 3: Gliederungsschema der Kreidetafel an der Lagerstätte, südöstliche Pirnaer Paläosenke, zwischen Gottleuba- und Bielatal, nach Bohrungen und Grubenaufschlüssen 24
Tab. 4: Vergleich von Subherzyner Mulde und Elbtalgraben (Pirnaer Senke) nach ihren Hintergrundgehalten an Uran und Thorium in den pelitischen Sedimenten von Rhät bis Kreide 40
Tab. 5: Metallometrische Profile durch den 3. Erzhorizont 50-51
Tab. 6: Metallometrische Profile durch den 1. und 2. Erzhorizont 60-62
Tab. 7: Durchschnittliche Klufthäufigkeiten in den einzelnen Gesteinsarten der Lagerstätte (n. E. MEICHSNER, J. BECHER, J. HERHOLD u. a., [25]) 70
Tab. 8: Metallometrische Bohrprofile durch die Klufterzzonen 79-80
Tab. 9: Metallometrie an Klüften des 2. und 3. Erzhorizontes in der Grube 81-82
Tab. 10: Uran- und Eisengehalte in hydrohämatitischen Trümer-Fleckenerzen der Unterquader-Sandsteinbank (aus. W. I. WASSILJEV, 1973, [50]) 99
Tab. 11: Angaben zur mineralischen und makrochemischen Zusammensetzung von Grund- und cenomanem Deckgebirge an und in der Pirnaer Paläosenke 104-105
Tab. 12: Mikrochemische Gliederung von Kreideformation und Grundgebirge in der Pirnaer Paläodepression 107-109
Tab. 13: Elementgehalte (g/t) in Erz- und Nebengestein der 3 Erzhorizonte (nach O. ROSCHER und W. CLAUß, 1966, [35]) 117
Tab. 14: Statistische Parameter für Uran und Thorium im präcenoman verwitterten und unverwitterten Grundgebirge der Pirnaer Paläosenke 126
Tab. 15: Verteilung des Urans auf die Minerale im Markersbacher Granit, n. W. A. POLYKARPOVA, 1971 [31] 127
Tab. 16: Mittelwerte für Uran, Thorium und das Th/U-Verhältnis in Profilabschnitten des terrestrischen Cenoman und im granitischen Grundgebirge 128
Tab. 17: Werte der Th/U-Verhältnisse in Schluffsteinlagen der rotbuntfarbigen Basisschichten des terrestrischen Cenoman 128
Tab. 18: Bohrprofile durch die geochemische Barriere des terrestrischen Cenoman und 3. Erzhorizont der Lagerstätte 130
Tab. 19: Zusammenstellung der von der SDAG Wismut in der Elbtalkreide eingesetzten übertägigen Bohrumfänge 145
Tab. 20: Alter von Pechblenden in den Ablagerungen des 2. Erzhorizontes nach dem Ionium-Uranverhältnis bestimmt, nach IWANOV, K. E. 1967 [12] 147
Tab. 21: Blei-Isotopenzusammensetzung (nach Röntgen-Spektralanlayse) in Klastiten (Schiefertone, Aleunrolithe, Sandsteine) des Cenoman mit Hintergrundgehalten an Uran 155
Tab. 22: Resultate von Blei-Isotopenanalysen aus der Lagerstätte, mit Vergleich zu Freital-Bannewitz 156-157
Tab. 23: Verhältnis von Urangehalt und Radationsdefekten (RD) 158
Tab. 24: Mittelwerte des radioaktiven Gleichgewichtes ([Ra]/U) in der Lagerstätte 167
Tab. 25: Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse zur Lagerstättengenese 170
Tab. 26: Die durchschnittlichen Wasserzuflüsse in das Grubengebäude in den achtziger Jahren .. 186
Tab. 27: Erträge der chemischen Urangewinnung 191
Tab. 28: Zu erwartende Schadstoffkonzentrationen in den Flutungswässern, n. J. SCHREYER, 1996 [41] 193

12 Abbildungsverzeichnis

Seite

Abb. 1: Lageübersicht der Uranvererzungen in der Elbtalzone 14
Abb. 2: Schematisches geologisches Blockbild zum Elbsandsteingebirge. Aus „Geologische Streifzüge“, WAGENBRETH/STEINER, 1982. Urangeologisch ergänzt 15
Abb. 3: Profil durch die Elbtalkreide, von NW nach SE, mit Lagerstätte „Königstein“ 16
Abb. 4: Profil durch die Elbtalkreide, von S nach N, mit Lagerstätte „Königstein“ 16
Abb. 5: Schematischer Grundriß zur Pirnaer Paläosenke 22
Abb. 6-20: Gesteinsfotos aus Bohrkernen des Cenomans, Abb. 12-20 aus Bericht D. KÖRNER, 1962 [15] 26-29
Abb. 21-28: Fotos von untertägigen Aufschlüssen des Cenomans. Bergwerk „Königstein“, Wismut GmbH, SB Königstein 30-32

Abb. 29: Karte des cenomanen Paläozufluß-systems ... 34
Abb. 30: Grubenaufschluß im terrestrischen Cenoman ... 37
Abb. 31: Das Cenomanprofil der Bohrung 1665. Die faziell-geotektonische Rhythmizität der Schichtenfolge. Nach I. G. MELNIK, 1971 [26] ... 38
Abb. 32: Häufigkeitsverteilung für die Hintergrundgehalte von Uran und Thorium im terrestrischen Cenoman der Pirnaer Paläosenke ... 42
Abb. 33: Karte zur geologischen Position der Lagerstätte ... 43
Abb. 34: Strukturschema der Lagerstätte ... 45
Abb. 35: Schematisches Blockbild des Lagerstättengebietes. Nach WAGENBRETH 1991. Urangeologisch ergänzt ... 46
Abb. 36: Bohrprofile durch den 3. Erzhorizont, im Erzfeld „Pirna“ ... 48
Abb. 37: Geochemische Profile vererzter Schluff- und Tonsteinzwischenlagen in Sandsteinkomplexen. Verteilung von Uran und Thorium ... 49
Abb. 38: Geochemisches Profil (Bl. 2172/79) durch das terrestrische Cenoman der Zuflußsenke „Breite Heide“. Verteilung von Uran und organischem Kohlenstoff ... 52
Abb. 39: Geologischer Schnitt durch das Erzfeld „Pirna“ mit 3. Erzhorizont ... 53
Abb. 40: Geologischer Schnitt durch den 3. Erzhorizont in der Zuflußsenke „Breite Heide“ ... 54
Abb. 41: Schematischer Grundriß der Lagerstätte. Nach A. I. Wassiljey, 1973 [50] ... 56
Abb. 42: Profil des 1. und 2. Erzhorizont an der Bohrung 2127/80. Vertikalverteilung von Uran und Thorium ... 57
Abb. 43: Karte zum nördlichen Ende der Konturen des 1. und 2. Erzhorizontes. Nach W. A. FELDGUN, 1973 [8] ... 58
Abb. 44: Lithologisch-radiometrische Bohrprofile im südlichen Teil der Lagerstätte ... 63
Abb. 45: Lithologisch-metallometrische Bohrprofile im nördlichen Teil der Lagerstätte ... 64
Abb. 46: Lithologisch-radiometrische Bohrprofile im zentralen Teil der Lagerstätte ... 65
Abb. 47: Lithologisch-radiometrischer Schnitt durch die Lagerstätte, längs Bohrerkundungsprofil Nr. 26 ... 66
Abb. 48: Lithologisch-radiometrischer Schnitt durch die Lagerstätte, längs Bohrerkundungsprofil Nr. 46 ... 66
Abb. 49: Lithologisch-geochemischer Schnitt durch den 1. und 2. Erzhorizont am Westrand der Lagerstätte ... 68
Abb. 50: Geochemischer Schnitt durch den auskeilenden Unterquadersandstein ... 69
Abb. 51: Darstellung von „Kluftrosen“ für Grundgebirge und Kreideformation in der Lagerstätte. Nach W. I. WASSILJEV, 1973 [50] ... 70
Abb. 52: Grundrißdarstellung des 3. Erzhorizontes im Kreuzungsbereich von Zuflußsenke („Schacht 387-Forsthausweg“) und Klüftungszone ... 71
Abb. 53: Lithologisch-metallometrische Schnitte durch Kluftvererzungen im 2. und 3. Erzhorizont ... 72
Abb. 54: Schema einer Kluftzonenausbildung. Von E. MEICHSNER, J. BECHER, J. HERHOLD u. a. 1977 [25] ... 73
Abb. 55: Lithologisch-radiometrische Schnitte durch die „Zwischenzone“ ... 74
Abb. 56: Lithologisch-radiometrische Bohrprofile durch die Lagerstätte in der Zentral- und Kontaktzone ... 75
Abb. 57: Schnitt durch die Lagerstätte im Kreuzungsbereich von Zuflußsenke („Breite Heide-Dürrer Grund“) und Klüftungszone (Zentral- und Kontaktzone) ... 76
Abb. 58: Dokumentation einer Kluftvererzung, Ort 2 des Abbaublockes 1615 ... 77
Abb. 59: Dokumentation einer Kluftvererzung am Steigort 1 ... 78
Abb. 60-78: Fotos und Makro-Radioautographien von Gesteinsproben aus Bohrungen und Grubenauffahrungen ... 84-93
Abb. 79: Dokumentation von Fleckenerzen mit Uranschwärze und Pechblende im „Wurmsandstein“, 2. Erzhorizont. Nach A. I. WASSILJEV, 1973 [50] ... 95
Abb. 80: Dokumentation von Fleckenerzen mit Hydrohämatit, Uranschwärze und Pechblende im gemaserten Sandstein, 1. Erzhorizont ... 96
Abb. 81: Dokumentationen von Fleckenerzen mit Hydrohämatit, Uranschwärze und Pechblende im Unterquader. Von A. I. WASSILJEV, 1973 [50] ... 97
Abb. 82-87: Fotographien von Grubenaufschlüssen und Gesteinsproben mit Trümer-Flecken-Vererzung. Aus A. I. WASSILJEV und S. A. NEKRASSOVA, 1973 [50] ... 98-99
Abb. 88-99: Mikrofotographien von Erzanschliffen. Aus S. A. NEKRASSOVA, 1973 [28] 100-103
Abb. 100: Geochemisches Diagramm. Konzentrationsverhältnisse chemischer Komponenten aus verwittertem und unverwittertem Grundgebirge ... 106
Abb. 101: Häufigkeitsverteilungen für Hinter-

grundgehalte von Uran und Thorium im terrestrischen Cenoman und unterlagerndem Grundgebirge 110
Abb. 102: Geochemische Diagramme zur Kennzeichnung von stofflichen Beziehungen zwischen Grundgebirge und auflagerndem Cenoman 111
Abb. 103: Lithologisch-geochemisches Profil durch die Kreideformation an der Bohrung 2103/79 112
Abb. 104: Grundrißdarstellung der polymetallischen Basisanomalie 114
Abb. 105: Geochemische Bohrlochschnitte durch die Basisanomalie 115
Abb. 106: Darstellung von Begleitelementen des Uran 116
Abb. 107: Litho-geochemische Profile des 1. und 2. Erzhorizontes am westlichen Rand der Lagerstätte (Bl. 2127/81 und 1923) - Korrelation von Uran und Blei 117
Abb. 108-117: Fotos und Auto-Makroradiographien von Sandstein mit radioaktivem Geröll in den Kreide-Basisschichten 118-123
Abb. 118 Bohrprofile (Bl. 2470/84, Bl 2620/88) mit Urananomalien im Kreidefundament 124
Abb. 119: Häufigkeitsverteilungen von Hintergrundgehalten des Urans in präcenoman verwitterten und unverwitterten Graniten und Granodioriten 125
Abb. 120: Präcenomane Verwitterungsprofile des Markersbacher Granites, mit Uran und Thorium 127
Abb. 121: Geochemische Diagramme und ein geochemisches Profil. Darstellung der Werte des Th/U-Verhältnisses im Markersbacher Granit und im terrestrischen Cenoman 129
Abb. 122: Geochemische Schnitte durch die Migrationsbarriere des 3. Erzhorizontes 131
Abb. 123: Darstellung der Konzentrationsfaktoren (KF-Werte) von Uran, Thorium und weiteren Elementen in der Lagerstätte sowie im unterlagernden verwitterten Grundgebirge 132
Abb. 124: Gamma-Messung von Bl. 275/66 134
Abb. 125: Geochemisches Profil des Cenoman von Bl. 275/66 135
Abb. 126: Geochemisches Profil von Bl. 2403/81, Uranvorkommen Hinterhermsdorf 136
Abb. 127: Geologischer Schnitt durch das Uranvorkommen 137
Abb. 128: Bohrprojekt der SDAG Wismut zur Suche nach Uran in den Kreideablagerungen der Elbtalzone für 1962 139
Abb. 129: Schematische Karte zum Stand der Suche nach der Lagerstätte im Januar 1963 142
Abb. 130: Lithologisch-radiometrisches Profil der fündigen Bohrung 1210 143
Abb. 131: Genetisches Modell der Lagerstätte aus dem Jahr 1964. Von PETSCHONKIN, SACHRUCHANJAN, RUDOI [29] 146
Abb. 132: Bohrlochschnitte durch das marine Cenoman mit 1. und 2. Erzhorizont. Von W. A. FELDGUN, 1973 [8] 147
Abb. 133: Genetisches Modell der Lagerstätte von 1973. Nach W. A. FELDGUN, 1973 [8] 149
Abb. 134: Schematische Karte zur Verteilung der Uranvorkommen in der sächsisch-böhmischen Kreide in Verbindung mit wichtigen tektonischen Strukturen. Nach W. A. FELDGUN, 1973 [8] 150
Abb. 135: Geologischer Schnitt durch die Kreideformation mit der Lagerstätte Königstein und einem übertägigen Meßprofil zur Bestimmung anomaler Konzentrationen von Radon 152
Abb. 136: Graphische Bestimmung isotopengeochemischer Konstanten zur Berechnung des radiogenen Bleies-206 153
Abb. 137: Vergleichende Häufigkeitsverteilung von Werten des Verhältnisses Pb-206/U aus den Uranlagerstätten Gittersee-Bannewitz (Freital) und Königstein 154
Abb. 138: Korrelationsdiagramm: Urankonzentration und Radationsdefekte 158
Abb. 139: Erzgeologische Schnitte durch die Basaltoidzone, von K.-H. Schwarze, 1982 159
Abb. 140: Geochemische Profile durch den 2. und 1. Erzhorizont mit Werten des Konzentrationsverhältnisses von Pb-206/U 161
Abb. 141: Lithologisch-radiometrische Bohrprofile in der Zwischenzone (Bl. 2143/79 und Bl 2142/79) 163
Abb. 142: Radiometrischer Schnitt durch die Zwischenzone 164
Abb. 143: Korrelationsdiagramme von Uran und Radium 166
Abb. 144: Geochemisches Diagramm zur stadialen Entwicklung des 3. Erzhorizontes 168
Abb. 145: Darstellung von Beziehungen zwischen den Werten der Urankonzentration, des Pb-206/U- sowie U/Pb- Verhältnisses in der Lagerstätte 169
Abb. 146: Schema zur stadialen Herausbildung der Lagerstätte 171
Abb. 147: Schnitt durch die granitische Grundgebirgshochlage mit auflagerndem Turon am östlichen Rand der Lagerstätte 173
Abb. 148: Selbstfahrendes Bohrgerät vom Typ SIF-300, Foto: J. KUGLER 174

Abb. 149: Diagramm: Entwicklung der Urangehalte im Abbauerz von 1965 bis 1995 (nach Wismut GmbH, SB Königstein) .. 175
Abb. 150: Diagramm: Entwicklung der Vorratsbasis und Vorratslöschung von 1965 bis 1995 (nach Wismut GmbH, SB Köngistein..... 175
Abb. 151: Ansicht von Schacht „387“. Foto: Wismut GmbH; Abt. Öffentlichkeitsarbeit, CS 487/14 175
Abb. 152: Ansicht von Schacht „398“. Foto: Wismut GmbH; Abt. Öffentlichkeitsarbeit, G 368/17 176
Abb. 153: Übersichtskarte 1 : 25 000 mit Betriebsflächen, Grubenkontur und Kontur des Bergbaueinwirkungsgebietes (Top. Grundlage: LvermA Sachsen)..... 177
Abb. 154-160: Ansichten über- und untertägiger Bergwerksanlagen (Fotos: J. KUGLER, 1996 und H. LAUSCH, 1996, sowie Wismut GmbH, Abt. Dokumentation und Information)..... 178-180
Abb. 161: Übersichtsriß, Sanierungsbetrieb Königstein..... 182
Abb. 162: 3-D-Schema zum Grubengebäude, Sanierungsbetrieb Königstein, 1996 183
Abb. 163: Diagramm: Entwicklung von Abbau und Vorrichtung der Lagerstätte,von 1966-1983 (nach Wismut GmbH, SB Königstein) 185
Abb. 164: Diagramm: Entwicklung der physischen Bergbauumfänge von 1964-1990..... 186
Abb. 165: Schema zur Urangewinnung durch In situ-Gesteinsauslaugung (nach Wismut GmbH, SB-Königstein) 187
Abb. 167-171: Ansichten unter- und übertägiger Anlagen und Mittel zur chemischen Urangewinnung (Fotos: J. KUGLER, 1996 und H. LAUSCH, 1996)..... 188-190
Abb. 172: Diagramm: Entwicklung der chemischen Urangewinnung, insgesamt und nach Anteilen (Wismut GmbH, SB Königstein) 191
Abb. 173: Grobes Schema zur Sanierung der unteren Grundwasserleiter der Kreideformation im Bergbaugebiet (Wismut GmbH, SB Königstein) 194

13 Koordinaten-Verzeichnis speziell bearbeiteter Bohrungen

Lfd. Nr.	Bohrl.-Nr.	H	R	Z
I. Bohrungen, lithologisch untersucht				
1. West-Ostprofil durch die Lagerstätte Nr. 58 (Abb. 3, 39, 49, Beilage)				
1	250/66	[56]46327,6	[54]21975,4	212,4
2	200/66	45484,0	23609,0	193,9
3	1204	44394,1	24821,6	186,9
4	302/65	43385,8	25862,6	232,0
5	312/65	42890,0	26585,7	217,6
6	1104/61	42249,9	27366,0	208,4
7	1044	41857,2	28657,8	166,9
8	2101/79	41599,8	29873,9	334,8
9	2104/79	41499,6	29982,7	336,1
10	2105/79	41468,8	30020,1	336,3
11	2106/79	41444,3	30057,5	336,9
12	2107/79	41431,7	30083,4	336,9
13	2108/79	41420,4	30103,0	336,1
14	2109/79	41393,7	30124,0	337,2
15	2180/79	41394,9	30176,9	336,1
16	2181/79	41361,4	30196,6	336,6
17	2111/79	41306,5	30245,6	337,7
18	2112/79	41296,1	30270,6	338,0
19	2736	41279,7	30282,0	338,4
20	2113/79	41289,4	30296,8	338,7
21	2114/79	41258,8	30356,6	340,5
22	2738	41246,6	30374,4	341,2
23	2115/79	41226,3	30420,5	341,8
24	2740	41218,0	30464,7	342,1
25	2116/79	41198,3	30492,9	341,5
26	2117/79	41192,3	30515,0	342,8
27	2118/79	41178,3	30547,0	342,4
28	2119/79	41171,4	30585,8	341,0
29	2120/79	41166,8	30610,6	338,9
30	2121/79	41152,4	30640,9	335,9
31	2744	41149,4	30655,2	334,4
32	2122/79	41146,5	30673,4	333,7
33	2124A/79	41121,2	30745,2	325,1
34	1902	41107,7	30764,3	323,4
35	2125/79	41103,1	30789,4	321,0
36	2126/79	41085,4	30832,1	316,4
37	2128/79	41056,1	30907,9	316,1
38	2174/79	40970,8	31218,0	332,2
39	1926	40865,9	31462,8	317,6
40	1927	40846,6	31511,0	309,9
41	1928	40829,9	31559,2	305,0
42	1929	40811,7	31607,8	309,9
43	1930	40795,5	31656,7	314,8
44	1931	40777,2	31703,1	317,8
45	1932	40762,0	31749,5	320,2
46	1933	40743,6	31795,9	323,2
47	1934	40731,8	31835,8	326,1
48	1935	40708,7	31880,3	329,5
49	1937	40658,9	31970,3	335,2
50	1938	40644,3	32004,5	341,4
51	1713	40595,5	32097,8	364,7
52	1715	40577,3	32190,8	344,9
53	1717	40560,6	32297,8	342,7
54	1719	40509,4	32386,9	341,4
55	1721	[56]40484,4	[54]32477,9	338,6
56	1722	40455,6	32539,2	338,3
57	1723	40440,1	32575,6	339,0
58	1724	40425,3	32623,1	339,6
59	1725	40408,5	32669,3	340,6
60	1148	40243,0	32874,5	338,4
61	1149	40203,4	33024,8	316,2
62	1142	40160,7	33209,8	271,2
2. Süd-Nordprofil durch die Lagerstätte (Abb. 4)				
63	1161/61	[56]36967,4	[54]32201,3	376,5
64	2318	37517,5	31947,0	431,8
65	2308	37921,2	31845,9	419,2
66	2309	38157,5	31796,9	402,3
67	2349	38257,4	31776,4	397,4
68	2346	38346,4	31764,1	391,7
69	2331	38676,2	31712,5	378,6
70	2492	38913,2	31688,4	365,6
71	2468	39073,5	31743,2	380,2
72	2363	39450,6	31740,0	376,4
73	2160	40087,1	31879,8	347,0
74	1770	40949,9	32006,8	325,05
75	1424	41151,8	32218,9	317,1
76	1665	41628,3	32258,6	292,5
77	1522	42098,1	32438,1	316,6
78	1838	42527,3	32541,8	288,7
79	2022	42987,3	32642,1	247,6
80	419/69	43106,7	32664,6	267,5
81	1874	43246,0	32681,7	267,2
82	2615/88	43480,1	32713,0	261,9
83	2619/89	43936,3	32688,8	243,9
84	2628/89	44350,8	32739,3	232,6
85	1078	44695,0	32580,2	206,9
86	490/67	45457,1	32688,1	276,6
87	2424/81	46682,9	32591,8	182,0
88	1111	47026,6	32103,9	115,8
89	446/66	49911,9	33060,1	266,9
3. Schnitt durch den 3. Erzhorizont (Abb. 40)				
90	2167/80	[56]40775,3	[54]31050,7	346,6
91	2132/80	40766,5	31069,1	345,5
92	2168/80	40754,8	31092,0	346,0
93	2165/80	40752,9	31118,3	347,7
94	2169/80	40746,0	31139,8	347,7
95	2133/80	40742,3	31159,4	346,5
96	2170/80	40734,2	31185,3	346,6
97	2164/80	40726,5	31204,7	346,5
98	2134/80	40722,0	31212,7	346,4
99	2160/80	40702,3	31268,9	346,6
100	2161/80	40693,2	31290,3	346,8
4. W-O-Schnitt durch die Lagerstätte, Bohrerkundungsprofil Nr. 26 (Abb. 47)				
101	2503	[56]42101,8	[54]31665,3	318,8
102	1508	42102,3	31707,8	319,8
103	1509	42100,7	31761,2	320,9
104	1510	42100,9	31811,3	320,7
105	1511	42100,0	31866,7	320,5
106	1557	42100,5	31915,7	319,6

Lfd. Nr.	Bohrl.-Nr.	H	R	Z
107	1513	56 42098,5	54 31971,3	319,0
108	1514	42097,0	32024,4	317,8
109	1515	42096,5	32076,5	316,3
110	1516	42098,5	32128,9	317,8
111	1517	42096,7	32181,0	318,7
112	1518	42099,0	32231,0	318,5
113	1519	42100,3	32280,8	318,2
114	1520	42100,9	32333,9	317,2
115	1521	42099,4	32384,0	316,7
116	1243	42129,6	32484,6	314,0
117	1524	42102,2	32534,6	314,3
118	1525	42103,1	32584,2	312,6
119	1526	42103,6	32632,2	311,1
120	1527	42104,3	32680,8	309,7
121	1528	42104,9	32729,7	307,6
122	1529	42102,8	32791,4	303,8
123	1523	42102,2	32855,0	299,7
124	1588	42063,1	32983,4	274,7
125	1589	42049,3	33035,7	276,1
126	1590	42102,2	33111,2	258,0
127	1512	42101,9	33103,2	258,2
128	1591	42110,3	33143,6	256,6
5. W-O-Schnitt durch die Lagerstätte, Bohrerkundungsprofil Nr. 46 (Abb. 48)				
129	2544	56 41304,9	54 31756,3	300,8
130	2546	41246,6	31913,4	340,5
131	2547	41246,4	31916,8	341,2
132	1446	41231,1	31966,7	308,3
133	1460	41214,2	32014,9	308,6
134	1461	41208,6	32022,5	308,4
135	1454	41172,2	32135,6	341,6
136	1425	41153,6	32232,2	316,3
137	1426	41151,1	32225,1	316,9
138	1409	41106,4	32405,9	323,1
139	1411	41030,0	32528,2	318,6
140	1449	40975,6	32764,6	309,6
6. Schnitt durch die granitische Grundgebirgsschwelle (Abb. 147)				
141	2180/80	56 40901,1	54 32853,7	315,2
142	2181/80	40878,2	32932,8	317,3
143	2182/80	40841,3	33008,3	321,5
144	2183/80	40847,0	33085,3	321,7
145	2184/80	40808,9	33139,8	323,4
146	2185/80	40796,8	33255,5	323,0
147	2186/80	40799,1	33338,2	320,8
148	2187/80	40797,5	33468,3	317,1
149	2188/80	40796,3	33543,7	314,6
150	2189/80	40829,0	33643,9	307,7
7. Schnitte durch die „Zwischenzone“ (Abb. 55)				
151	2162/81	56 41047,5	54 30635,7	338,0
152	2164/81	41029,4	30681,8	336,7
153	2166/81	41009,4	30730,6	329,2
154	2109/82	41016,3	30520,6	347,9
155	2110/81	40999,0	30568,0	343,0
156	2120/81	40989,3	30594,5	342,1
157	2111/82	40982,3	30614,1	342,2
158	2112/82	40970,7	30644,2	341,9
159	2122/82	40966,5	30668,1	339,6
160	2157/81	41218,3	30731,6	324,7
161	2158/81	56 41207,4	54 30754,7	322,6
162	2103/81	41204,7	30765,7	322,2
163	2159/81	41202,2	30777,5	321,6
164	2160/81	41195,3	30801,5	319,6
165	2161/81	41189,2	30826,0	317,8
8. Radiometrischer Schnitt durch die „Zwischenzone“ (Abb. 142)				
166	2115/80	56 41592,0	54 30706,3	330,5
167	2141/79	41505,6	30830,9	325,8
168	2110/80	41413,4	31042,3	310,9
169	2111/80	41399,0	31071,3	308,5
170	2112/80	41373,3	31150,5	302,0
9. Schnitte durch das marine Cenoman der Lagerstätte (Abb. 132)				
171	1280	56 42503,8	54 30870,0	310,8
172	1281	42806,4	31662,5	298,3
173	1882	42807,4	32434,8	281,2
174	1884	42771,0	32536,0	280,0
175	1885	42764,2	32592,0	277,3
176	1887	42770,2	32691,8	273,0
177	1888	42782,9	32740,9	272,0
178	1889	42776,6	32795,6	269,2
179	1890	42780,0	32841,9	264,6
180	1891	42778,5	32904,4	253,4
181	1892	42768,7	32959,4	245,9
182	1893	42773,6	33006,6	238,1
183	1894	42776,5	33055,7	232,2
184	1895	42779,5	33096,7	221,7
185	1896	42781,8	33152,5	230,1
186	1897	42772,4	33204,5	236,3
187	1898	42771,6	33258,1	241,0
188	1899	42771,0	33305,5	245,8
189	1873	42668,6	33379,7	240,6
190	2528	41710,5	31258,2	323,8
191	2529	41658,3	31568,7	293,7
192	2531	41555,2	31876,3	291,4
193	2532	41534,7	31932,7	287,3
194	2533	41529,0	31981,9	285,2
195	2534	41517,8	32029,5	281,6
196	1659	41571,3	32191,0	287,9
197	1664	41593,6	32223,6	287,9
198	1666	41657,2	32294,8	291,6
199	1667	41682,3	32336,3	287,8
200	1668	41695,8	32378,4	286,7
201	1669	41714,6	32428,9	286,1
202	1670	41740,5	32468,0	287,0
203	1671	41754,4	32516,7	287,8
204	1672	41753,3	32562,9	285,5
205	1673	41757,9	32615,2	281,9
206	1674	41772,4	32661,9	283,8
207	1681	41721,9	32841,2	243,2
208	2170	40213,9	31198,4	338,8
209	2171	40192,6	31289,2	347,1
210	2172	40192,6	31293,5	346,4
211	2173	40191,0	31298,8	346,8
212	2175	40162,0	31453,6	352,6
213	2176	40160,2	31457,8	352,8
214	2177	40092,7	31526,8	374,5
215	2178	40082,1	31566,8	374,9

Lfd. Nr.	Bohrl.-Nr.	H	R	Z
216	2179	[56]40068,1	[54]31611,9	377,2
217	2180	40035,3	31711,1	347,2
218	2181	40025,0	31709,9	348,0
219	2182	40012,3	31758,0	348,6
220	2183	39969,4	31873,5	350,2
221	2184	39970,7	31877,0	349,8
222	2185	39968,2	31880,9	350,9
223	2191	39927,0	32005,7	387,1
224	2186	39926,3	32009,3	386,8
225	2192	39897,9	32094,8	359,5
226	2187	39869,5	32133,3	355,5
227	2188	39873,2	32206,9	345,2
228	2194	39806/1	32271,0	334,2
229	2189	39819,0	32336,0	323,8
230	2196	39777,8	32431,0	302,6
231	2221	39776,6	32435,9	302,0
10. Sonstige genannte Bohrungen aus dem Lagerstättengebiet				
232	2140/81	[56]41833,1	[54]29664,1	339,4
233	2450/80	39978,3	30459,6	373,0
234	2440/80	43080,7	29447,0	294,8
235	2160/80	40702,3	31268,9	346,6
236	2110/81	40999,0	30568,0	343,0
237	1277	41182,4	30557,3	341,9
238	1273	41379,6	30520,7	335,0
239	1066	40960,9	30840,5	314,7
240	1058	41297,6	30674,0	330,0
241	1274	41564,4	30406,2	330,8
242	1916	40643,9	31754,5	325,4
243	2412/80	39409,4	30031,8	301,3
244	2414/80	39373,9	30118,6	302,4
245	2470/84	39110,2	27293,3	322,4
246	2293/85	40951,1	28504,7	254,0
247	2289A/85	40798,5	27939,4	323,0
248	2389	39220,6	32029,8	413,8
249	2313	39031,6	30797,6	319,3
250	478/67	44673,8	32846,0	191,0
251	1210	41217,3	32411,5	314,4
252	1210E	41207,6	32410,9	315,0
11. Vorkommen Meißen-Niederau				
253	239/66	[56]72639,8	[46]04434,6	154,6
254	537/67	72866,6	04695,0	162,1
255	282/66	72949,3	[53]95375,3	158,0
256	547/66	70882,3	97476,6	106,4
257	542/67	71630,8	96016,0	109,1
258	235/66	68595,2	99959,7	113,2
259	7H/67	68095,4	[54]00486,3	116,6
12. Vorkommen Leuteritz				
260	262/66	[56]60824,8	[54]04636,2	206,9
261	626/66	62693,6	05752,2	105,6
262	267/66	60403,0	04362,4	232,2
13. Vorkommen Hausdorf				
263	1327/62	[56]45015,5	[54]06603,6	372,0
264	1328/62	43308,9	07042,6	411,5
265	1357/62	41570	13860	339
266	1346/62	41540	14145	352
267	972/62	41426,4	13869,9	342,4
268	1360/62	41445	14090	348
269	1361/62	41340	14030	346
270	1347/62	41260	14140	346

Lfd. Nr.	Bohrl.-Nr.	H	R	Z
271	1362/62	[56]41190	[54]14255	343
272	1371/68	46043,1	07863,6	357,5
273	1376/68	43802,3	10857,6	366,5
14. Vorkommen Rosenthal				
274	1001/61	[56]33837,0	[54]32999,4	380,0
275	1034/61	33900,8	32787,9	443,0
276	1032/61	34012,5	32707,2	435,4
277	1036/61	33968,2	32401,4	446,7
278	195	33603,4	32341,9	464,8
279	601/73	33529,8	32137,8	473,7
280	609/73	33627,0	32416,0	462,0
281	1608	34897,3	37419,5	347,6
282	1187/64	33856,0	36859,7	380,4
15. Vorkommen Hinterhermsdorf				
283	452/68	[56]43071,7	[54]56783,7	292,8
284	448/67	42801,9	57175,7	277,2
285	2420/81	41705,3	54143,1	330,2
286	2408/81	41018,0	55612,4	280,8
287	2407/81	40975,6	56080,3	334,4
288	2413/81	42381,1	55175,2	414,1
289	2418A/81	42956,8	55000,9	396,6
290	2409/81	44255,8	56899,4	332,5
II. Bohrungen, geochemisch und lithologisch untersucht 1. Pirnaer Paläosenke mit Lagerstätte Königstein, Kreideformation (Abb. 104)				
1	392E	[56]50280,7	[54]29548,6	210,5
2	329/66	48213,6	29472,0	243,0
3	2102/81	46128,9	29425,5	220,9
4	337	45916,8	29567,9	226,6
5	2424/80	45484,3	30116,7	241,5
6	2159/80	45042,6	31042,8	250,5
7	2156/80	44914,9	31464,8	231,4
8	2168/81	44359,8	30204,1	256,3
9	2432/81	44836,4	35352,7	231,5
10	2633/89	43593,2	32499,7	269,8
11	2630/89	43746,8	32670,2	253,6
12	2606/88	43588,0	32694,9	260,9
13	2442/80	43135,5	29219,9	291,3
14	2438/80	43020,8	29681,6	299,7
15	2431/80	42780,0	30667,1	301,0
16	2178/80	42726,4	31086,0	302,9
17	2116/80	42447,0	31624,1	307,8
18	2142/79	41472,2	30947,2	322,7
19	2143/79	41455,1	30991,5	317,5
20	1432	41070,2	32467,2	318,7
21	1433	41011,7	32571,4	316,9
22	2190/80	40814,4	33679,4	307,0
23	2714	41402,1	30219,7	338,7
24	2718	41339,2	30404,5	339,1
25	2722	41268,5	30599,4	336,6
26	2127/80	41074,2	31340,9	335,8
27	Steigort1/ Gr.	40910	31994	~94
28	Ort2/Gr.	40937	32028	~94
29	2148/81	42549,5	29309,3	318,3
30	2103/79	41534,6	29941,4	335,9
31	2110/79	41318,9	30220,7	337,4
32	2123/79	41133,3	30711,9	329,0
33	2179/79	41132,1	30720,4	328,1

Lfd. Nr.	Bohrl.-Nr.	H	R	Z
34	2127/79	5641066,2	5430873,9	314,0
35	1903	41056,7	30909,1	317,0
36	1904	40986,4	31105,6	330,9
37	2171/79	40973,3	31131,8	326,8
38	2172/79	40990,6	31152,8	325,8
39	2173/79	40992,7	31196,6	329,1
40	2175/79	40952,4	31235,9	335,2
41	2176/79	40935,9	31256,7	337,5
42	1923	40939,6	31274,6	338,7
43	2177/79	40925,1	31283,2	339,2
44	2178/79	40920,0	31319,2	339,2
45	1924	40904,7	31368,5	335,2
46	1925	40883,6	31415,1	323,8
47	1936	40680,1	31930,4	332,5
48	1939	40621,6	32045,2	341,6
49	1716	40586,8	32206,3	343,6
50	HG22	41191,1	29453,3	207,5
51	2163/81	41035,8	30654,5	337,7
52	2165/81	41016,6	30703,7	334,7
53	2113/80	40706,6	31245,6	346,8
54	2104/81	40676,5	30753,1	331,6
55	2181/81	40657,0	31101,6	352,4
56	2188/81	40594,3	31259,6	340,9
57	2182/79	40830,1	29357,9	235,9
58	2420/80	40669,0	30212,8	306,2
59	2171/80	40498,7	30946,1	360,2
60	2222	39761,8	32491,1	301,8
61	2152/80	40522,1	30020,4	308,9
62	2455/80	39759,6	30929,0	397,0
63	2300	39350,6	32256,4	323,7
64	2368	39279,0	32153,0	411,8
65	2404/80	39642,7	29359,3	287,0
66	2407/80	39573,8	29565,8	282,4
67	2408/80	39524,9	29689,7	289,8
68	2411/80	39420,0	29985,1	300,3
69	2413/80	39391,8	30071,9	301,9
70	2417A/80	39216,7	30452,4	309,0
71	2330	38679,5	31648,5	378,8
72	3333	38602,7	31901,5	384,2
73	3334	38581,4	31987,5	335,0
74	1075	38656,4	32105,5	389,4
75	2105/81	39132,7	28820,8	300,1
76	2152/81	39090,7	28913,4	303,0
77	2154/81	38818,7	29424,2	308,7
78	2469/80	38639,5	29781,7	317,2
79	1694	40869,6	31977,0	332,1
80	1422	41253,0	32229,7	309,8
81	2082	40388,6	31880,8	341,8
82	2149	40274,2	31360,5	336,1
83	1705	40491,4	32167,2	350,4
84	1235	42778,3	32640,2	275,8
85	1698	47907,0	32564,0	321,8
86	1043	40998,1	28493,0	253,8
87	1045	42390,2	29655,2	317,6
88	1093	44011,0	26805,4	141,0
89	H107	39751,9	33069,1	248,1
90	1221	41514,5	32386,7	286,2
91	1483	41907,7	32300,7	323,7
2. Paläosenke, Grundgebirge und Grundgebirgsumrahmung				
92	4805/66	5636197,1	5429541,2	374,3
93	4807/67	5634897,1	5428462,2	424,8
94	4809/67	34961,8	29512,4	375,0
95	3952/66	34948,6	28999,8	369,0
96	2406/82	39882,3	28690,7	297,4
97	2407/82	40184,7	28784,8	282,5
98	2409/82	41084,8	28889,8	243,4
99	2410/82	40315,8	27892,8	308,5
100	2442/82	41161,4	30626,7	337,6
101	2620/88	40446,6	32768,8	340,9
102	2622/89	39538,6	32379,0	339,5
3. Übrige Uranvorkommen				
a) Leuteritz				
103	248/66	5660518,7	5404871,7	208,0
104	249/66	60330,9	04814,9	214,2
105	275	59908,9	04667,6	234,1
b) Rosenthal				
106	153	5633668,6	5432577,7	457,4
107	2455/81	31691,3	34988,2	488,5
108	2448/81	32865,0	34619,1	475,5
c) Hinterhermsdorf				
109	442/66	5641650,1	5456312,8	350,8
110	441/68	41719,9	55941,5	321,7
111	2406/81	41434,8	56471,2	359,5
112	2403/81	43119,4	56316,6	315,1
113	2410/81	43662,1	56125,8	406,2
114	2411/81	43332,6	55750,7	402,1

14 Verwendete stratigraphische Symbole

In der vorliegenden Abhandlung werden die auf den alten geologischen Spezialkarten verwendeten Symbole benutzt und weiterentwickelt. Da es dabei zu Verwechslungen zur (alt-)deutschen und auch zur internationalen Systematik kommen kann, werden die im Text verwendeten Symbole den sonst auf den neuen sächsischen Karten üblichen gegenübergestellt (vgl. auch Tabelle 3).

	Bei der Wismut GmbH und im vorliegenden Band verwendete Symbole			auf neuen sächsischen Karten	
Oberkreide				K2 (oder K für Kreide allgemein)	
Turon	t			K2t bzw. Kt	
Cenoman	c			K2c bzw. Kc	
Mittelturon	t_2			Kt^2	
Oberquadersandstein	t_1s_2			sKt^{2-3}	auch
Glaukonitischer Mergelpläner	t_2p_2				Postelwitzer Schtn.
Mittlerer Grünsandstein	t_2s_1			sKt^2*G2*	Kt*Pow*, (K*p*)
Lamarckipläner	t_2p_1			pKt_2	
Lamarckiton	t_2t_1				
Unterturon	t_1			Kt_1	
Plänersandstein-2	t_1ps_2				auch
Labiatussandstein	t_1s		t_1s_{Li}	sKt	Schmilkaer Schtn.
Plänersandstein-1	t_1ps_1		$t_1s_{mas.}$		Kt*Smi*, (K_{Sm})
Labiatuspläner	t_1p		t_1p	pKt^{1-2}	
Cenoman-turoner Übergang	c/t		t_1ts	K_{c-t}	auch
Turonton	t_1t		t_1t		Dölzschener Schtn.
Glaukonitsandstein	c_1s_G		t_{sglk}		Kc^3*Döz*, (K_D)
gemaserter Sandstein	$c_1s_{mas.}$		$t_{sgem.}$		
Cenoman, marin	c_1s		cm	mKc^2, mKc	
Unterquadersandstein	c_1s_{qu}		cm_2	sKc^3	
Wurmsandstein	c_1c_w		cm_1		
Cenoman, terrestrisch	c_1c_{WL}		ctr	$_tKc$, $_fKc^{1-2}$	auch
See-Sumpfschichten			ctr_3		Niederschönaer Schtn.
Flußauenschichten			ctr_2		Kc^{1-2}*Nis*, (K_N)
Rotbunte Basisschichten	c_1c_K		ctr_1	$_kKc^1$	(Grundschotter)
Verwitterungskruste präcenomane cenomane Landoberfläche	VD		VWD		
Unverwittertes Grundgebirge	Altpal. Proteroz.				

Die geologischen Karten und geologischen Druckschriften des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie befinden sich im Vertrieb des Landesvermessungsamtes Sachsen, Olbrichtplatz 3, 01099 Dresden, Postanschrift: Postfach 10 03 05, 01073 Dresden, Tel.: (0351) 8382 – 608, Fax: (0351) 8382 - 202

In der Reihe „Bergbau in Sachsen“ erschienen bisher:

Band 1
HÖSEL, G., unter Mitarbeit von HOTH, K., JUNG, D., LEONHARDT, D., MANN, M., MEYER, H. & TÄGL. U.: **Das Zinnerz-Lagerstättengebiet Ehrenfriedersdorf/Erzgeb. -** 189 S., 132 Abb., 40 Tab., umfangreiche Verzeichnisse zur veröffentlichten und unveröffentlichten Literatur, 1 geol. Karte und Sohlenrisse als Anlagen, Freiberg Mai 1994, Preis DM 38,50

Band 2
KUSCHKA, E. & HAHN, W.: **Flußspatlagerstätten des Südwestvogtlandes Schönbrunn, Bösenbrunn, Wiedersberg.-** 283 S., zusätzlich 22 Einschlagtafeln, 201 Abb., zahlreiche Tabellen im Text und 50 größere Tabellen in einem Anlagenteil, 239 Literaturangaben zur veröffentlichten und unveröffentlichten Literatur, 3 farbige Kartenbeilagen, Freiberg Januar 1996, Preis DM 54,00

Band 3
HÖSEL, G., TISCHENDORF, G. & WASTERNACK, J., unter Mitarbeit von BREITER, K., KUSCHKA, E., PÄLCHEN, W., RANK, G. & STEMPROK, M.: **Erläuterungen zur Karte „Mineralische Rohstoffe Erzgebirge - Vogtland/Krušné hory 1 : 100 000“, Karte 2: Metalle, Fluorit/Baryt – Verbreitung und Auswirkungen auf die Umwelt.-** 144 S., 54 Abb., 570 Literaturzitate, umfangreiche Verzeichnisse, Freiberg 1997, Preis DM 25,00

Band 4
HÖSEL, G., unter Mitarbeit von FRITZSCH, E., JOISIGER U. & WOLF, P.: **Das Lagerstättengebiet Geyer.-** 112 S., 110 Abb., 24 Tab., umfangreiche Verzeichnisse zur veröffentlichten und unveröffentlichten Literatur, Freiberg 1996/1997, Preis DM 25,00

Band 5
ILGNER, E.-M. & HAHN, W.: **Die Schwerspatlagerstätte Brunndöbra und das Schwerspatvorkommen Scharrtanne im Ostvogtland/Westerzgebirge**.- 120 S., 63 Abb., 23 Tab., umfangreiche Verzeichnisse zur veröffentlichten und unveröffentlichten Literatur, Freiberg Mai 1998, Preis DM 25,00

Band 6
KUSCHKA, E.: **Die Uranerz-Baryt-Fluorit-Lagerstätte Niederschlag bei Bärenstein, nebst benachbarten Erzvorkommen**.- ca. 160 S., in Druckvorbereitung

Band 7: dieser Band

Weitere Bände befinden sich in Bearbeitung bzw. in Druckvorbereitung.

In der Reihe „Geoprofil“ erschienen bisher:

Nr. 1 (1989): Beiträge zum Niederlausitzer Braunkohlenrevier.- darin drei farbige Kartenbeilagen zum Känozoikum der Lausitz, 64 Seiten, 24,00 DM

Nr. 2 (1990): BRAUSE, H.: Beiträge zur Geodynamik des Saxothuringikums. - 88 S., 24,00 DM

Nr. 3 (1991): Beiträge zur Lagerstättengeologie im Raum Ehrenfriedersdorf/Vogtland.- 76 S., 24,00 DM

Nr. 4 (1992): WOLF, L. & SCHUBERT, G.: Die spättertiären bis elstereiszeitlichen Terrassen der Elbe und ihrer Nebenflüsse und die Gliederung der Elster-Kaltzeit in Sachsen.- Außerdem weitere Arbeiten zur Geologie und Lagerstättengeologie Sachsens.
72 S., Karten und Tabellenbeilagen, 24,00 DM

(Geoprofil :)

Nr. 5 (1995): Geowissenschaftliche Karten und Kartierung im Freistaat Sachsen.- 81 S., 24,00 DM

Nr. 6 (1996): Geophysik in Sachsen.- Darin als Beilage u. a. die farbige Schwereüberscihtskarte 1 : 500 000 der neuen Bundesländer.- 128 S., 35,00 DM

Nr. 7 (1997): KUSCHKA, E.: Atlas der Hydrothermalite des Vogtlandes, Erzgebirges und Granulitgebirges**.-** 151 S., 113 Mineralisationsschemata, 30,00 DM

Nr. 8 (1998): 125 Jahre amtliche Geologie in Sachsen.- 65 S., 24,00 DM

Nr. 9 (2000): STORCH, K. V., JORDAN, H., GLÄSER, W., ABRAHAM,T., GRIMM , R. & MÜLLER, B.: **Mineral- und Thermalwässer in Sachsen**.- 245 S., 164 Abb., 81 Tab., 43 Anl.; 25,00 DM (im Druck)

Geologische Karten:

Im Vertrieb des Landesvermessungsamtes Sachsen sind alle früheren geologischen Karten, soweit sie noch verfügbar sind. Vergriffene Karten sind in der Regel als Nachdrucke lieferbar, sie sollten aber insbesondere hinsichtlich der stratigraphischen Bezeichnungen und der Symbolgebung nicht mehr unkontrolliert verwendet werden.

In der **Übersichtsakartenreihe 1 : 400 000** sind erschienen:

GÜK 400	**Geologische Übersichtskarte des Freistaates Sachsen**. - Freiberg 1992; DM 18,00
GÜK 400 o. Q.	Geologische Übersichtskarte des Freistaates Sachsen 1 : 400 000, **Karte ohne quartäre Bildungen**. - Freiberg 1994; DM 18,00
GÜK 400 o. KZ.	Geologische Übersichtskarte des Freistaates Sachsen 1 : 400 000, **Karte ohne känozoische Sedimente**. - Freiberg 1995; DM 18,00
BÜK 400	**Übersichtskarte der Böden** des Freistaates Sachsen 1 : 400 000. - Freiberg 1993; DM 15,00
GravÜK 400	**Gravimetrische Übersichtskarte** des Freistaates Sachsen 1 : 400 000. - Freiberg 1993; DM 15,00
MÜK 400	**Geomagnetische Übersichtskarte** des Freistaates Sachsen 1 : 400 000. - Freiberg 1996, DM 15,00
SeismÜK 400	**Seismologische Übersichtskarte** des Freistaates Sachsen 1 : 400 000. - Freiberg 1996, DM 15,00

Alle Übersichtskarten enthalten auf der Rückseite kurzgefaßte Erläuterungen.
Im gleichen Blattschnitt und auf gleicher Topographie erscheint auch die inzwischen mehrmals aktualisierte Gewässergütekarte.

Übersichtskarten 1 : 100 000:

GK 100	Geologische Karte Erzgebirge / Vogtland 1 : 100 000, West- und Ostblatt.- Freiberg 1995 Zusammen DM 60,00
GK 100 (R)	Mineralische Rohstoffe Erzgebirge-Vogtland /Krusné hory. Karte 2: Metalle, Fluorit/Barit-Verbreitung und Auswirkungen auf die Umwelt.- Übersichtskarte zu den Minerallagerstätten im gleichen Blattschnitt wie GK 100, West- und Ostblatt, zusammen DM 40,00
Im Druck:	Geologische Übersichtskarte Lausitz – Jizera –Karkonosze 1 : 100 000.- 3 Teilblätter, Anschluß an die GK 100 nach Osten. Gemeinsame polnisch-tschechisch-deutsche Bearbeitung, mehrere Sprachvarianten.

Das Landesvermessungsamt Sachsen gibt einen ausführlichen Katalog der beziehbaren topographsichen und geologischen Karten heraus. Er kann kostenlos angefordert werden.