

URANVORKOMMEN IN BAYERN

VON DR. H. ZIEHR, SCHWANDORF*)

Seit einigen Jahren befaßt man sich in Bayern mit der bergmännischen Erschließung von bereits bekannten Uranvorkommen. Durch systematische Prospektionsarbeiten konnten neue, noch nicht bekannte Vorkommen sowie zahlreiche Uranfundpunkte festgestellt werden. Über die Ergebnisse dieser Arbeiten, besonders über die Uransuche, ist bis jetzt nur wenig bekanntgeworden. Aus diesem Grund ist es zu verstehen, wenn in einigen, in letzter Zeit erschienenen Aufsätzen über Uranvorkommen und Prospektion in der Bundesrepublik die mangelhafte Uransuche in Westdeutschland kritisiert wurde. (Zeschke, „Die Atomwirtschaft“, Jhrg. I, S. 386—388.) Wenn dies auch z. T. zutrifft, so darf man jedoch nicht die Umstände vergessen, die einen Vergleich mit anderen, in der Uransuche erfolgreichen Ländern nicht zulassen.

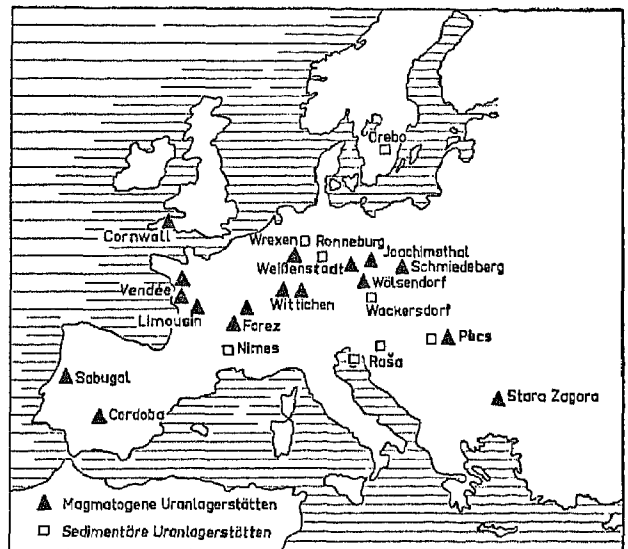
Untersuchungen zur Erforschung von Uranlagerstätten konnten, genauso wie die Arbeiten auf dem Gebiet der Atomtechnik, erst nach 1954 einsetzen. Einer der wichtigsten Faktoren ist jedoch, daß die Privatindustrie, die nach Ansicht des Bundes und der Länder die Suche und Erschließung von Uranvorkommen mit Hilfe finanzieller Unterstützung durch den Bund betreiben soll, bisher nur zögernd an diese Aufgabe heranging. Die Gründe für diese Zurückhaltung sind verschiedener Art. Mit der wichtigste Grund ist der, daß die Uranvorräte in einigen Ländern, wie Kanada, Südafrika, Amerika und Belgisch-Kongo, sehr groß und die zu erwartenden Rohstoffpreise so gering sind, daß sich nach Ansicht erfahrener Fachleute eine jetzt erst beginnende Suche nach Uran in der Bundesrepublik nicht lohnen dürfte, vor allem, nachdem anscheinend nur wenig Uran vorhanden ist. Letzteres muß aber erst noch bewiesen werden. Französische Sachverständige führen z. B. an, daß 1945 in Frankreich fast keine Uranlagerstätten und keine Uranpecherz-Vorkommen bekannt waren. Eine systematische, vom französischen Staat weitgehend selbst durchgeführte Uransuche führte zur Entdeckung zahlreicher Uranvorkommen, so daß nach französischen Angaben 1957 300 t Uranmetall gewonnen werden sollen, 1975 will man 3000 t produzieren. Diese erfolgreiche Uransuche ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß man in Frankreich nach 1945 ein Programm zur Aufsuchung und Erschließung von Uranvorkommen aufstellte und dies in konsequenter Weise ständig vergrößerte und entsprechend finanzielle Mittel zur Verfügung stellte, so daß sich heute die Privatindustrie, die zum großen Teil die Uransuche betreibt, im wesentlichen auf diese Vorarbeiten stützen kann.

ENTWICKLUNG DES URANBERGBAUES UND DER URANSUCHE IN BAYERN

In Bayern wurden bereits vor 150 Jahren Uranmineralien — Uranglimmer und Uranpecherz — gefunden. Diese Funde gerieten jedoch z. T. wieder in Vergessenheit. Im Jahre 1949 stieß man im Fichtelgebirge in einem während des letzten Krieges begonnenen Zinn-Erz-Untersuchungsbetrieb auf Uranglimmer, deren Verbreitung man weiter untersuchte. Daraus entwickelte sich ein ausgedehnter Versuchsbergbau auf Uran am Rudolfstein bei Weißenstadt. Es ist dies bisher das einzige Uranbergwerk in der Bundesrepublik, das für einen Abbau vorbereitet ist.

*) Bayerische Braunkohlen-Industrie A.G.

In den Flußspatgruben von Wölsendorf in der Oberpfalz wurden um 1800 die ersten Uranglimmer und um 1804 erstmalig Uranpecherz gefunden. Das häufige Auftreten von Uranerzen im Flußspat war somit bekannt, so daß 1949, als Uran als ein dem Staat vorbehaltenes Mineral in das Bayerische Berggesetz aufgenommen wurde, eine Grube den Nachweis führen konnte, daß Uran bereits vorher festgestellt worden war und damit vom Grundeigentümer gewonnen werden konnte. Die uranerzführenden Flußspatgruben konnten sich nach 1949 nicht in dem Maß



Uranvorkommen in Europa
H. Ziehr

mit Uranuntersuchungen beschäftigen, wie dies vielleicht von staatlicher Seite erwünscht gewesen wäre. Es waren einerseits keine der 1950 und 1951 gestellten Urankonzessionen erteilt — dies erfolgte erst im Januar 1957 —, andererseits war und ist auch heute noch nicht die Sicherheit vorhanden, daß das geförderte Uran zu einem garantierten Preis vom Bund oder einer anderen Stelle abgenommen wird. Wenn man berücksichtigt, daß die Gänge auf Flußspat abgebaut werden, dessen Preis infolge der internationalen Konkurrenz seit 1952 gesunken und nicht wie viele andere Erze gestiegen ist, so ist es zu verstehen, daß jeglicher Anreiz zu einer produktiven Uranförderung fehlt. Wenn einige der Flußspat-Firmen trotzdem umfangreiche bergmännische Untersuchungen der Gänge sowie Aufbereitungsversuche mit Uranerzen machten, so ist dies ein besonderes Verdienst der zuständigen Grubengesellschaften. Diese Untersuchungen brachten den Nachweis, daß Erze mit Durchschnittsgehalten von einigen tausend Gramm Uran pro Tonne vorliegen, aus denen sich das Uran auf chemischem Wege sehr gut gewinnen läßt. Es sind neben den Uranerzgängen im Schwarzwald die einzigen Vorkommen mit U-Gehalten über 0,1%. Dies ist der Mindestgehalt, den Uranerze in den angelsächsischen Ländern haben müssen, um wirtschaftlich interessant zu sein. In einem weiteren Untersuchungsstadium soll hier mit

Hilfe von Bundesmitteln festgestellt werden, welche Uranvorräte vorhanden sind.

Während man in Weißenstadt und Wölsendorf bereits bekannte Uranfundpunkte bergmännisch untersuchen konnte, machte es sich ein großer bayerischer Energieversorgungsbetrieb zur Aufgabe, nach neuen Uranvorkommen für eine evtl. Kernenergieversorgung zu suchen. Ein solches Vorhaben ist wesentlich schwieriger und stellt größere Probleme als die Aufschließung bereits bekannter Uranvorkommen. Bei der Uransuche ist vor allem nicht vorauszu-sehen, ob ihr Erfolg beschieden ist. Auch sind für eine großräumige Uransuche nicht unerhebliche Investitionen notwendig. Damit wächst das Risiko für den Uransuchenden. Es fehlte anfangs an geeigneten Strahlensuchgeräten für die Uranprospektion im Gelände, wie auch an ausgebildeten Prospektoren, Untersuchungsmethoden und Hinweisen, wo und wie Uran zu finden ist. Die an der Uranprospektion interessierten Firmen standen daher vor Neuland und mußten erst diese Schwierigkeiten überwinden und Erfahrungen sammeln, bevor mit der eigentlichen Uransuche im großen Umfang begonnen werden konnte. Alle diese Gegebenheiten muß man berücksichtigen, wenn man den heutigen Stand der Uransuche und die Erschließung von Lagerstätten in der Bundesrepublik beurteilen will.

URANHÖFFIGE GEBIETE IN BAYERN

Die bis jetzt in Bayern bekannten Uranvorkommen und Fundpunkte liegen, bis auf einige Ausnahmen, im ostbayerischen Kristallin oder an dessen Rand. Es ist dies ein Gebiet, das geologisch zum variszischen Gebirge gehört, an das die Mehrzahl der europäischen Uranvorkommen gebunden ist.

Die Uranvorkommen im ostbayerischen Kristallin bilden die Fortsetzung der böhmisch-sächsischen Uranprovinz, von der besonders die Uranerzgänge von Joachimsthal und Johanngeorgenstadt bekanntgeworden sind. Die bayerischen Vorkommen sind nicht so groß und reich wie diese Ganglagerstätten und unterscheiden sich auch genetisch von ihnen. Nur die uranpecherzführenden Flußspatgänge von Wölsendorf zeigen eine Ähnlichkeit mit den böhmisch-sächsischen Uranpecherz-Lagerstätten. Bei den anderen Uranvorkommen im *Fichtelgebirge* und *Oberpfälzer Wald* handelt es sich um uranglimmerführende Granite, deren Urangelhalte im Durchschnitt zehnmal niedriger liegen als die der uranpecherzführenden Gänge. Letztere sind damit auch wirtschaftlich interessanter. Die Wirtschaftlichkeit der Vorkommen ist somit im wesentlichen von der Art des Lagerstättentyps, hier z. B. ob Gang oder vererzte Granitklüfte, abhängig. Ganz besonders zeigt sich dies bei den uranerzführenden Feldspat-Quarz-Phosphat-Pegmatiten, die in großer Zahl im ostbayerischen Kristallin verbreitet sind. Diese linsen- oder stockförmigen Körper, die im wesentlichen auf Feldspat abgebaut werden, führen nur sporadisch Uranmineralien. Die Urangelhalte dieser Erze können örtlich bis 1% U betragen, jedoch sind die Vorräte sehr gering, so daß sich ein Abbau auf Uran nicht lohnt. Mehrere Granitmassive in der *Oberpfalz* und im *Bayerischen Wald* enthalten Uran in feinsten Verteilung, die Vorräte sind relativ groß, die Durchschnittsgehalte mit bis 100 g U/t zu niedrig, gemessen an den hohen bergmännischen Gewinnungskosten. Wesentlich günstiger liegen die Verhältnisse bei den uranhaltigen Sedimenten, die 1955 durch Prospektionsarbeiten erstmalig in Bayern gefunden wurden. Durch Bohrungen konnten u. a. im Braunkohlen-Tertiär von *Wackersdorf* bei *Schwandorf*/Bay. uranhaltige Horizonte mit U-Gehalten von 100—4500 g/t festgestellt werden. Aber auch in geologisch älteren Schichtablagerungen wurden seit 1954 in der *Oberpfalz*, in *Mittelfranken* sowie in *Schwaben* Uran nachgewiesen. Diese Funde bilden die Grundlage für weitere systematische Uranuntersuchungen in sedimentären Gesteinen,

über deren Uranhöflichkeit, im Gegensatz zu den kristallinen Gesteinen, bisher noch wenig bekannt war.

Uran konnte somit in verschiedenen primären und sekundären Verbindungen und Ablagerungen in Gesteinen nachgewiesen werden. Genetisch betrachtet, handelt es sich um magmatische und sedimentäre Vorkommen. Die magmatischen finden sich in kristallinen Gesteinen besonders im Bereich von Graniten. Es sind primäre Bildungen; Uran tritt in Gängen, auf Klüften im Granit, fein verteilt im Granit und örtlich in Pegmatitkörpern angereichert auf. Im Laufe der Erdgeschichte wurden diese uranhaltigen Gesteine z. T. durch Wind und Wasser abgetragen, die uranhaltigen Lösungen wanderten und wurden zusammen mit den Sedimenten abgelagert, oder sie drangen nachträglich in diese ein, wie z. B. in die tonreichen Braunkohle-Partien. So entstanden sekundäre Lagerstätten, in denen sich häufig das Uran in größeren Konzentrationen angereichert findet als in den primären Vorkommen.

DIE EINZELNEN URANVORKOMMEN

Unter den bisher in Bayern festgestellten Uranlagerstätten sind, abgesehen von den zahlreichen Mineralvorkommen, die nur als Fundpunkte angesprochen werden, vier, die bergmännisch untersucht sind bzw. werden.

Tabelle 1

Vorkommen	Lagerstätte und Erzführung	Durchschnitts- gehalt Gramm U/Tonne*)
Wölsendorf	Flußspatgänge mit Uranpecherz	2000—6000
Weißenstadt	Granit mit Uranglimmer auf Klüften	650
Flossenbürg	Granit mit Uranglimmer auf Klüften	250—550
Wackersdorf	Braunkohle, Uran adsorptiv gebunden Asche	300—400 600—800

*) Chemische Uranbestimmungen.

DIE URANPECHERZHALTIGEN GÄNGE VON WÖLSENDORF

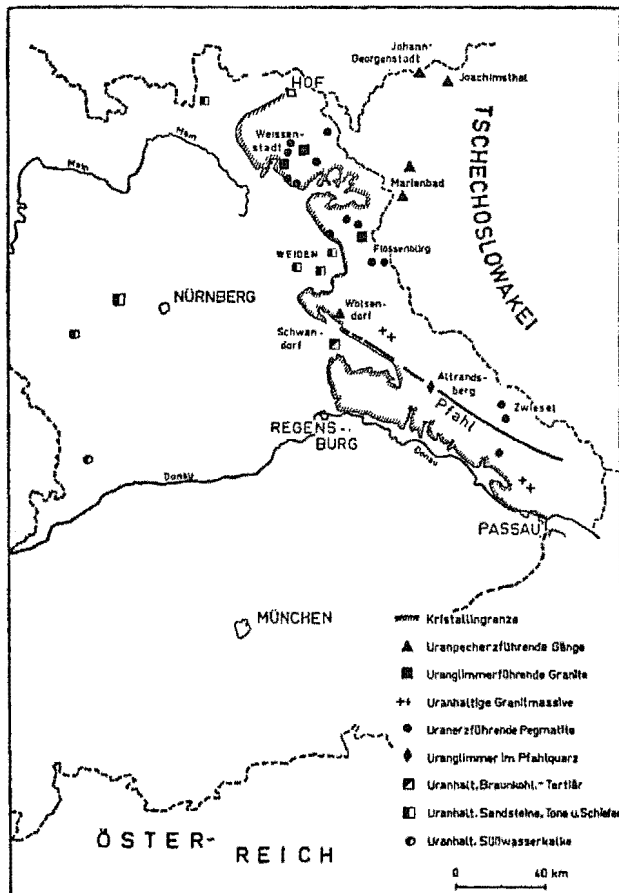
Diese sind bisher die einzigen Lagerstätten in Bayern, in denen Uranpecherz abbauwürdig vorkommt. Wenn diese Vorkommen hinsichtlich ihrer Vorräte auch noch nicht genau untersucht sind, so kommt ihnen doch eine besondere wirtschaftliche Bedeutung zu, denn analoge Uranerzgänge mit Flußspat baut man schon seit einigen Jahren in Frankreich mit Erfolg auf Uran ab. Von den Silber, Kobalt, Nickel und Wismut führenden Uranerzgängen im Erzgebirge unterscheiden sich die Wölsendorfer Flußspatgänge durch ihre Mineralführung. Als Hauptmineral tritt in Wölsendorf Flußspat, Quarz und Schwespat sowie Karbonate, untergeordnet Uranpechblende und sekundäre Uranmineralien, auf; Silber und Wismut-Mineralien fehlen.

Von den ca. 30 abbauwürdigen Flußspatgängen im Wölsendorfer Revier konnten bis jetzt in fünf Uranerze nachgewiesen werden, z. T. bis zu einer Tiefe von 180 m. Zwei Gangvorkommen wurden von zwei verschiedenen Grubengesellschaften bergmännisch und aufbereitungsmäßig untersucht. Auf Grund der positiven Ergebnisse sind weitere Untersuchungsarbeiten geplant.

Die schwarz-graue, kugelig-schalige Uranpechblende tritt in Reicherzonen innerhalb der Flußspatgänge auf, besonders an der Grenze Flußspat — Nebengestein. Das Nebengestein setzt sich aus rotem Granit und aus Gneisen zusammen, die häufig von Uranpecherz-Gängchen bis 10 cm Mächtigkeit durchzogen sind. Die Uranpechblende ähnelt in ihrer kugelig-schaligen Ausbildung der Pechblende von Joachimsthal und Wittichen.

Im Wölsendorfer Revier besteht die durchaus berechtigte Hoffnung, daß sich die Uranführung in größerer Tiefe fortsetzt und weitere uranhaltige Flußspatgänge, die sich durch ihre Stinkspatführung, einem radioaktiv umgewandelten schwarzen Flußspat, auszeichnen, aufgefunden werden.

Die Gewinnung der Uranerze aus dem Flußspat bereitet gewisse Schwierigkeiten, da ein gesonderter Abbau unter Tage wegen der Flußspatgewinnung nicht erfolgen kann. Die Uranerze müßten daher über Tage durch mechanische Trennung oder durch Handklauben vom Flußspat geschieden werden; auf diese Weise erfolgt zugleich eine Voranreicherung des Erzes.



Uranvorkommen und Fundpunkte in Bayern
H. Ziehr

URANVORKOMMEN VON WEISSENSTADT UND LEUPOLDSDORF/FICHELGEIRGE

Uran tritt hier in Form von Kupfer- und Kalk-Uranglimmer, dem Torbernit und Autunit, auf Klüften innerhalb von Greisenzonen im Granit auf. Es findet sich auch Uranpecherz in kleinen Kristallen unregelmäßig im Granit eingesprengt. Zusammen mit Wolfram- und Zinnerzen, Spuren von Kupfer-, Arsenkies und Flußspat, stellt diese Lagerstätte einen besonderen Typus dar, der in der Lagerstättenkunde als pneumatolytisch-hydrothermal bezeichnet wird. Es konnten bis jetzt mehrere uranführende Greisenzüge bis zu einer Tiefe von 200 m nachgewiesen werden. Weite Areale des einige hundert Quadratkilometer großen Granitgebiets erwiesen sich an der Oberfläche als uranhöufig. Wie weit sich die Uranführung in größere Teufe fortsetzt, ist unbekannt, da für Lagerstätten dieses Typus noch keine Erfahrungen vorliegen. Damit wächst das Risiko auf einen erfolgreichen Bergbau und voraussichtlich auch die bergmännischen Gewinnungskosten.

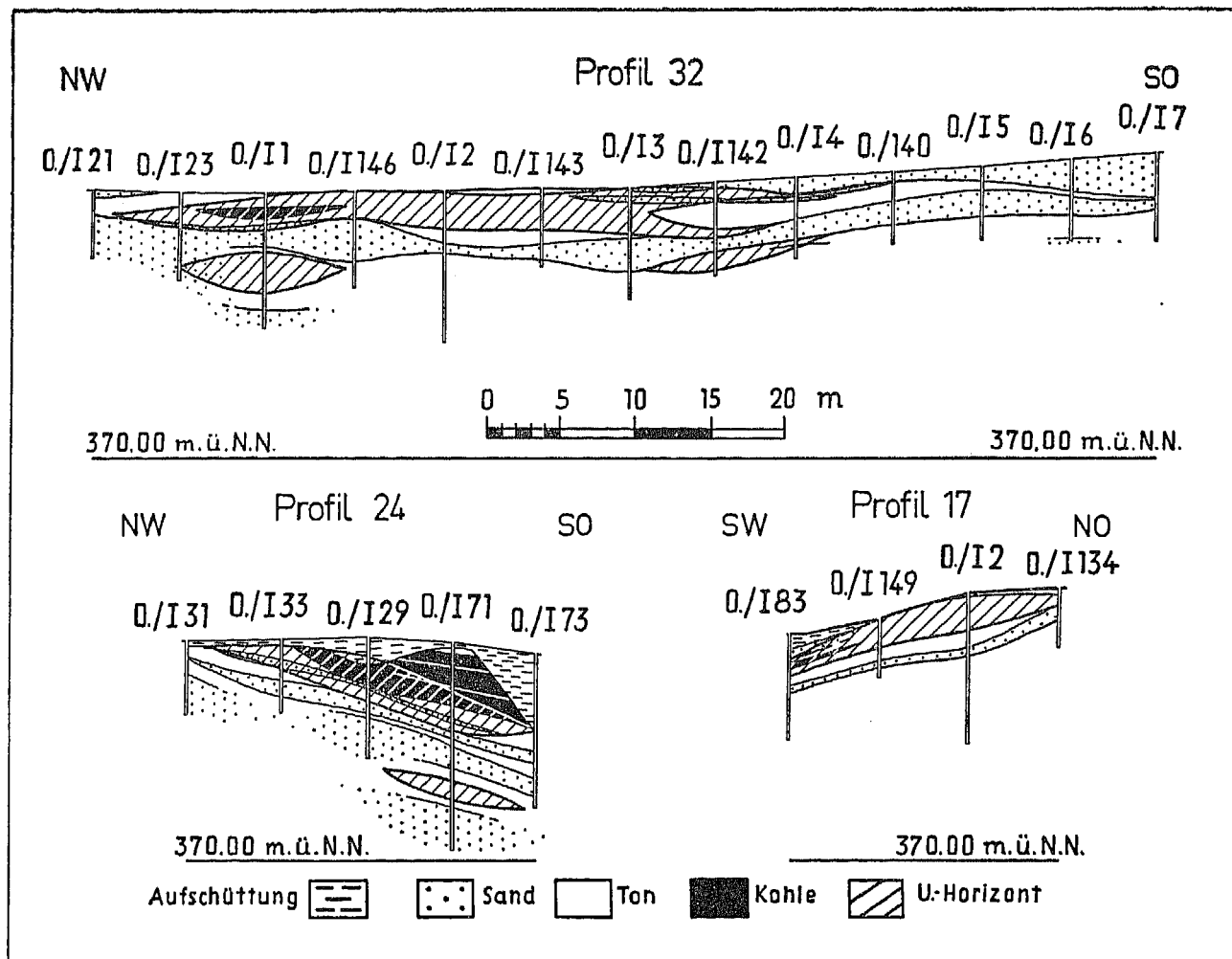
Die Weiterverarbeitung der uranglimmerhaltigen Granite erfolgt auf chemischem Wege. Das Uran läßt sich fast vollständig durch saures Laugen aus dem Granit gewinnen.

URANVORKOMMEN VON FLOSSENBURG IM OBERPFÄLZER WALD

Ähnlich wie im Fichtelgebirge liegen die Verhältnisse beim uranglimmerführenden Granitmassiv von Flossenbürg. In dem 60 qkm großen Granitkörper wurde an über 20 verschiedenen Stellen, hauptsächlich in Steinbrüchen, Uranglimmer auf Klüften und im Granit festgestellt. Es handelt sich hier um Kalzium-Uranglimmer, den Autunit, der im Gegensatz zum Torbernit beim Bestrahlen durch ultraviolette Licht intensiv grün fluoresziert und auf diese Weise bei der Prospektion sehr leicht gefunden werden kann. Die Urangehalte von Schlitzproben betragen 250—550 g U/t. Man muß jedoch berücksichtigen, daß ein Teil der Uranglimmer in den Steinbrüchen und noch mehr in den seit einigen hunderttausend Jahren freiliegenden Felsen an der Erdoberfläche durch die Atmosphären gelöst wurden, so daß die Urangehalte solcher Proben sehr niedrig sind bzw. häufig überhaupt kein Uran an der Tagesoberfläche mehr gefunden werden kann. Aus diesem Grund sind Bohrungen und bergmännische Aufschlüsse notwendig, um einen Überblick über die Urangehalte und Vorräte zu bekommen. Chemische Laugversuche mit uranglimmerführendem Granit ergaben, daß sich das Uran, ähnlich wie im Fichtelgebirge, nahezu vollständig herauslösen läßt, so daß aufbereitungsmäßig keine zu großen Schwierigkeiten bestehen. Die bevorstehenden bergmännischen Untersuchungen werden allerdings wie im Fichtelgebirge kostspielig und schwierig sein.

URANHALTIGES BRAUNKOHLN-TERTIÄR VON WACKERSDORF/OPF.

Das Auftreten von Uran in der Wackersdorfer Kohle war im Gegensatz zu den anderen Vorkommen vorher nicht bekannt. Durch Radioaktivitätsmessungen mittels Scintillometergeräten bekam man im März 1955 die ersten Hinweise für das Vorhandensein von Uran. Es war dies das erstmal, daß man in Bayern Uran in der Kohle und damit in Sedimenten fand. Die weiteren systematischen Messungen ergaben, daß sich die Verbreitung des Urans auf die tonigen Kohlepartien an den Beckenrändern und im Liegenden der Kohlenmulden beschränkte. Es handelt sich um eine für die Dampfkraftzeugung bzw. Brikettherstellung nicht brauchbare Kohle, die deshalb nicht abgebaut wurde. Die normale Braunkohle ist dagegen uranfrei. Ähnlich wie in den uranhaltigen Ligniten in Süd-Dakota (USA) ist das Uran in der Kohle von Wackersdorf makro- und mikroskopisch nicht erkennbar. Es tritt nicht in Form von Mineralien auf, sondern ist adsorptiv an tonige Kohle, an sandige Tone und teilweise auch an reine Tone gebunden. Bei den weiteren Untersuchungen zur genauen Erforschung der Lagerstätte konnte man sich nicht auf sichtbare Leithorizonte stützen, sondern man war gezwungen, alle uranhöufigen Teile der Braunkohlen-Lagerstätte mit einem engmaschigen Bohrgitter abzubohren und die dabei gewonnenen Bohrspalten radiometrisch und chemisch zu untersuchen. Auf diese Weise bekam man ein genaues Bild über die Verteilung des Urans in der Kohle. Es liegen 0,2—7,0 m mächtige Uranhorizonte vor. Die Urangehalte schwanken zwischen 50 und 4500 g U/t. Die abbauwürdigen Feldeile mit über 100 000 t tonig-sandiger Kohle haben Durchschnittsmächtigkeiten von 1,5—2,5 m und im Mittel Urangehalte von 300—400 g U/t. Außerdem wurden einige hunderttausend Tonnen uranhaltige Sande und Tone gefunden, die wegen ihres niedrigen Urangehaltes von unter 100 g U/t vorläufig nicht abbauwürdig sind. Die bisher festgestellte uranführende Braunkohle ist im Tagebau gewinnbar; entsprechend sind die bergmännischen Gewinnungs-



Schnitte durch die erhöhten Uranhorizonte im Braunkohlentertiär von Wackersdorf (Opl.)

kosten niedrig, und es ist damit, trotz der geringen U-Gehalte, eine gewisse Wirtschaftlichkeit gegeben. Die Weiterverarbeitung der uranhaltigen Kohle erfolgt über den Weg der Verbrennung. Die dabei gewonnene Asche hat einen doppelt so hohen U-Gehalt als das Ausgangsmaterial; der U-Gehalt beträgt im Mittel 650–850 g U/t in der Asche. Aus dieser läßt sich das Uran durch saures Laugen gewinnen. Hier treten zwar vorerst noch gewisse Schwierigkeiten auf, vor allem, wenn die Kohle bei zu hoher Temperatur verbrannt wird.

URANFUNDE IN SEDIMENTÄREN GESTEINEN

Noch vor dem Auffinden von Uran in der Kohle wurde mit der Uranprospektion in Sedimenten der Oberpfalz begonnen, die später auf andere Gebiete Nordbayerns ausgedehnt wurde. Für diese Untersuchungen lagen keine Anhaltspunkte vor, wo Uran zu suchen ist, wie z. B. im Kristallin. Um so überraschender war es, als bereits die ersten Arbeiten positive Ergebnisse brachten.

Gemessen an den zur Verfügung stehenden wenigen Geländesintillometern, die nur einen beschränkten Einsatz zuließen, sind die Ergebnisse in den Sediment-Gesteinen zufriedenstellend. Es wurden zwar noch keine abbauwürdigen Lagerstätten entdeckt; dies hatte man auch nicht erwartet, denn es lagen vorher keine Hinweise über uranführende Sedimente vor. Die Uranfunde zeigen, daß geologisch verschieden alte Sediment-Gesteine in Nordbayern übernormale Urankonzentrationen enthalten. Es besteht durchaus die Möglichkeit, weitere uranführende Sedimente, vielleicht mit wirtschaftlich interessanten Urangehalten, zu finden. Hier bieten sich z. T. größere Aus-

sichten für Uranfunde als im Kristallin Ostbayerns, das hinsichtlich seiner Uranführung in großen Zügen erforscht ist.

Tabelle 2

Geologische Formation	Gesteinsart	Fundort	Durchschnittsgehalt Gramm U/Tonne ¹⁾
Rotliegendes	Ton	Oberpfalz	100–200
	Kohlenschiefer	Oberfranken	50–100
Permotrias	sandige Tone	Oberpfalz	100–200
Keuper	Arkose	Oberpfalz	50–100
	tonige Sande	Oberfranken	50–150
	tonige Sande	Mittelfranken	150–500
	Tone	Mittelfranken	70
Tertiär ²⁾	Süßwasserkalk	Schwaben	100–250

¹⁾ Chemische Uranbestimmungen.

²⁾ Fund mittels Sintillometer durch Dipl.-Physiker Trapp, Geophysikalisches Institut München.

Die zukünftige Uransuche muß regional und systematisch betrieben werden. Hierzu ist ein umfangreicher Einsatz von Prospektoren mit Strahlensuchgeräten notwendig. Man darf jedoch nicht sofort große Erfolge erwarten. Das Beispiel der Uransuche in Frankreich zeigt uns, daß erhebliche finanzielle Mittel und eine Zeit von einigen Jahren notwendig waren, bis man Lagerstätten mit größeren Uranvorräten gefunden hatte. Diese Tatsachen sollte man auch bei uns berücksichtigen, wenn man über den Stand und den Erfolg der Uransuche in der Bundesrepublik urteilen will.