

Über die nutzbaren Radiumlagerstätten und die Zukunft des Radiummarktes.

Von

P. Krusch.

Vortrag, gehalten auf dem XI. Intern. Geol.-Kongreß 1910 zu Stockholm.

Seit der Entdeckung des Radiums und der energischen Wirkung seiner Strahlen haben sich Regierungen sowohl als zahlreiche Private bemüht, für eine regelmäßige Radiumproduktion geeignete Lagerstätten aufzufinden oder zu erwerben. Während die Staaten ausschließlich von wissenschaftlichen Gesichtspunkten geleitet werden, wurden die Privaten nicht zum geringen Teil durch den hohen Radiumpreis, der gegenwärtig ca. 400 000 Frcs. pro Gramm beträgt, angezogen.

Wegen der engen Verknüpfung des Radiums mit Uran, Edel- und andern Schwermetallen sind die radioaktiven Lagerstätten zweifellos Gegenstand der Lagerstättenlehre.

Spuren von Radium sind in der Erdrinde sowohl in den Gesteinen als auch in den Quellen außerordentlich verbreitet; eine schwache Radioaktivität ist beispielsweise fast in allen Wasserleitungswässern vorhanden.

Bei den ausgesprochen radioaktiven Mineralien muß zwischen der großen Zahl mineralogischer Fundpunkte und den wenigen bis jetzt bekannten nutzbaren Lagerstätten unterschieden werden, welche relativ

größere Anhäufungen derartiger Mineralien darstellen. Nur mit dem letzteren will ich mich beschäftigen.

Wenn man von „Radium“ spricht, meint man Radiumsalz höchster Aktivität. Die Bestimmung der Radioaktivität eines Minerals, z. B. der Uranpechblende, erfolgt als Radiumbromid. Die angegebene Gewichtsmenge dieses Salzes darf aber nicht als Bestandteil des untersuchten Minerals aufgefaßt werden, sondern der Analytiker will mangels einer gewichtsanalytischen Methode damit nur angeben, daß die radioaktive Wirkung einer bestimmten Gewichtseinheit des untersuchten Minerals derjenigen der von ihm angegebenen Gewichtsmenge Radiumbromid entspricht.

Soweit unsere Kenntnis der radioaktiven Lagerstätten reicht, ist das Radium ausschließlich an Uran gebunden.

Die einzelnen radioaktiven Lagerstätten.

Die Vorkommen ordne ich nach dem genetischen System unter Berücksichtigung von Form und Inhalt und beginne demnach bei denjenigen, welche die engste Verknüpfung mit eruptiven Vorgängen zeigen.

a) *Magmatische Ausscheidung auf
Pegmatitgängen.*

Vorkommen von Lunkwengule
im Ulugurugebirge, Bezirk Morogoro,
Ostafrika.

Es handelt sich nach den Untersuchungen von Schwarz um Granitpegmatitgänge, welche gegenwärtig auf Glimmer ausgebeutet werden. In den Glimmertafeln finden sich eingesprenzte Uranpecherzkrystalle, die beim Spalten des Glimmers gewonnen werden. Die Größe der einzelnen Individuen schwankt außerordentlich; man findet einerseits solche von Korngröße und andererseits Massen, die Trägerlasten entsprechen sollen, also 30—35 kg wiegen dürften.

Das frische Material der hochgradig umgewandelten Krystalle hatte nach Marckwald*) 87,9 Proz. U_3O_8 und 7,5 Proz. PbO . Eine von Dr. Klüß im Laboratorium der Königl. Geologischen Landesanstalt ausgeführte zweite Untersuchung ergab:

U_3O_8	. . . . .	89,47	Proz.
PbO	. . . . .	6,87	-
CaO	. . . . .	0,82	-
SiO_2	. . . . .	0,52	-
FeO	. . . . .	0,48	-
ThO_2	. . . . .	0,20	-
H_2O	. . . . .	2,03	-

bei einem spezifischen Gewicht von 8,635.

Diese Pechblende ist von den Krystallflächen aus in ein gelbes Verwitterungsprodukt umgewandelt, welches man auf den ersten Blick für Uranocker hält. Bei der chemischen Untersuchung stellte sich aber heraus, daß das Material folgende Zusammensetzung hat:

U_3O_8	. . . . .	83,8	Proz.
CO_2	. . . . .	12,1	-
PbO	. . . . .	1	-

Marckwald bezeichnet dieses Mineral als Uranylcarbonat. Beide Mineralien sind stark radioaktiv.

Von Interesse ist ein Uranoxydul enthaltender Fergusonit von Morogoro, der nach der Analyse von Dr. Klüß folgende Zusammensetzung hat:

Niobsäure	. . . . .	46,03	Proz.
Tantalsäure	. . . . .	1,20	-
Uranoxydul	. . . . .	13,60	-
Titansäure	. . . . .	0,90	-
Yttererde	. . . . .	14,12	-
Eisenoxyd	. . . . .	5,72	-
Thonerde	. . . . .	0,17	-
Bleioxyd	. . . . .	7,55	-
Kupferoxyd	. . . . .	1,21	-
Manganoxydul	. . . . .	0,28	-
Kalk	. . . . .	2,84	-
Wasser	. . . . .	6,23	-
		99,85	Proz.

*) W. Marckwald: Über Uranerze aus Deutsch-Ostafrika. Zentralbl. f. Min. u. s. w. 1906.

Das spez. Gewicht beträgt 4,801, ist also viel niedriger als das normale zwischen 5,8 und 5,9 schwankende; indessen dürfte es sich hier um etwas angewittertes Material handeln, welches beim Fergusonit leichter und weicher zu sein pflegt als das frische.

Eine genauere Untersuchung der Gesamtmenge von Uranpecherz bzw. Uranylcarbonat auf diesen Pegmatitgängen ist noch nicht ausgeführt worden. Nach den vorliegenden Berichten und Beschreibungen halte ich es aber nicht für ausgeschlossen, daß man es hier mit einer Lagerstätte zu tun hat, die in der Lage ist, eine größere Menge radioaktiven Uranpecherzes zu liefern.

Norwegen

hat ähnliche Uranpecherzlagerstätten, von denen zwei näher untersucht sind.

Bei Evje nördlich von Kristiansand werden die Pegmatitgänge auf Feldspat ausgebeutet; in ihnen tritt die Pechblende als Einsprengung auf; sie wird hier als Nebenprodukt gewonnen, und im ganzen sind nach der freundlichen Angabe von Professor J. H. L. Vogt etwa 100 kg versandt worden.

In der Nähe von Stavanger arbeitete eine englische Gesellschaft längere Zeit auf Pegmatitgängen, die Pechblende enthielten. Der Erfolg soll kein ermutigender gewesen sein.

Von allgemeinem Interesse ist die Feststellung, daß die Pechblende der norwegischen Vorkommen trotz des hohen Gehaltes an Uran nur schwach radioaktiv ist¹⁾.

Es genügt also nicht die Feststellung, daß Pechblende vorliegt, sondern der Grad der Radioaktivität bedarf einer besonderen Prüfung.

b) *Uranmineralien führende Zinnerzgänge mit
südfidischen Erzen.*

Die Zinnzüge treten in Cornwall und Süd-Devon auf.

Die Erzlagerstätten liegen in Granitgebieten, die zum Teil von kontaktmetamorphen Schiefen bedeckt werden. Beide sind von postgranitischen Quarzporphyrgängen (Elvans) durchsetzt. Der spät- bis postcarbonische Granit ist zweifellos älter als die Elvans und die noch jüngeren Zinn- und Kupfererzgänge mit Uran, dies sich durch eine intensive Mineralisation der Eruptivgesteine und Sedimente an ihren Salbändern auszeichnen²⁾.

¹⁾ Schiffner: Radioaktive Wässer in Sachsen. Freiberg 1. Teil 1908 und 2. Teil 1909.

²⁾ Donald: A. Mac Alister: Geological Aspect of the Lodes of Cornwall. Econ. Geol. Vol. III, Juli-August 1908, Nr. 5.

Die Porphyr- und Erzgänge verlaufen annähernd parallel der Schichtung der Sedimentgesteine, die sie namentlich in den oberen Teufen durchsetzen.

Die Erzgänge stellen Spaltenfüllungen verschiedener Größe und Form von Messerückenstärke bis zu bedeutender Mächtigkeit dar und zeichnen sich im letzteren Falle mitunter durch reichliche Nebengesteinsbruchstücke aus.

Der Form nach kann man

1. Spalten- oder parallele Systeme derselben,
2. Mineralisierungen des Nebengesteins durch Imprägnation und metasomatische Verdrängung und
3. mineralisierte Gangbreccien unterscheiden.

Die Gangfüllung zeigt in struktureller Beziehung alle Übergänge von lagenförmiger Verwachsung bis zur Breccienstruktur.

Unter den Erzen sind oxydische und sulfidische Zinnerze, sulfidische und oxydische Kupfererze mit Gediegen Kupfer, Arseniken und anderen Arsenerzen, Wolframerze, Phosphate, Arsenate und Carbonate von Blei, Silber, Zink, Wismut; Silbererze, Zinkerze, Wismut-, Kobalt- und Nickelerze, Manganerze und Pechblende besonders bemerkenswert. Von den Gangarten müssen vor allen Dingen Quarz, Chlorit, Turmalin, Flußspat und Kaolin genannt werden, und von besonderem Interesse ist, wie wir später sehen, der Flußspat.

Dem Alter nach lassen sich die Erze und Gangarten in folgender Weise gruppieren:

1. Zinnerz, Wolframit, Kupfer-, Zink- und Arsensulfide in unteren Teufen,
2. Kupfererze und andere Sulfide mit etwas Silber und Blei bei gleichzeitigem Auftreten von Quarz, Chlorit und Flußspat in oberen Teufen und
3. Silberbleierze und Carbonate, Quarz und Flußspat.

Hier handelt es sich also um einen deutlichen primären Teufenunterschied, bei welchem das Nebengestein eine wesentliche Rolle spielt, da die Zinnerze vor allem in dem in der Tiefe anstehenden Granit auftreten, während die Kupfererze besonders die den Mantel bildenden Schiefer bevorzugen.

Abgesehen von den primären Teufen sind die recht reichlichen Oxydationserze bemerkenswert, welche bis zu einer Tiefe von 20 Faden unter die Tagesoberfläche reichen.

Besonders reich an Uranerz ist die Uranium-Mine bei Grampound auf dem dritten Granitfelde der Halbinsel von Osten aus gerechnet, die im Durchschnitt jährlich 20 bis 30 t liefert. Von 1896 bis 1906

schwankte die Produktion, die 1907 72 t betrug, zwischen 6 und 105 t.

Aus diesen außerordentlichen Differenzen ergibt sich die unregelmäßige Verteilung der Uranerze auf der Lagerstätte.

Im übrigen sind diese Zahlen nicht ohne weiteres mit denjenigen anderer Gebiete, zu vergleichen, da die Gehalte an Uran in der Statistik nicht angegeben werden.

Schiffner³⁾ bemerkt, daß die Pechblende von Cornwall ähnlich derjenigen von Norwegen trotz des erheblichen Gehaltes an Uran nur schwach radioaktiv ist.

c) *Uramineralien führende Kobalt-Nickel- und Edelmetallgänge.*

Die Gänge von Joachimstal in Böhmen.

Seit langem kennt man im böhmischen und sächsischen Erzgebirge viele uranerzführende Gänge, deren Zahl in den letzten Jahren infolge des hier herrschenden Radiumfiebers noch bedeutend vermehrt worden ist. Ich begnüge mich an dieser Stelle nach dem eingangs des Vortrages angegebenen Prinzip mit den gut erforschten reichsten Vorkommen von St. Joachimsthal, die zum Teil vom österreichischen Aerar, zum Teil von der Edelleutstollen-Gesellschaft ausgebeutet werden.

Wir befinden uns hier in einem krystallinen Schiefergebiet, welches in engster Verknüpfung mit Granit steht und in der Hauptsache aus Gneis, Glimmerschiefer, Amphibolit usw. besteht.

Als besonders reich an Uranerzen werden die sog. Joachimsthaler Schiefer angesehen⁴⁾. Das gegenseitige Verhältnis der einzelnen in petrographischer Beziehung verschiedenen Schieferkomplexe scheint noch nicht ausreichend geklärt, um eine Altersfolge der Schichten aufzustellen.

Die Erzgänge, deren Zahl recht bedeutend ist, bilden zwei scharf getrennte Systeme, nämlich ein nordsüdliches und ein ostwestliches.

Während das ostwestliche im Streichen im allgemeinen ohne Störung verläuft, ist das nordsüdliche in den meisten Fällen in einzelne gegeneinander verschobene Gangabschnitte zerlegt. Meine Untersuchungen im Gebiete der Edelleutstollen-Gesellschaft haben das Resultat ergeben, daß man es bei dieser

³⁾ a. a. O.

⁴⁾ Fr. Babanek: Beurteilung der Geologisch-bergmännischen Verhältnisse der Joachimsthaler Erzlagerstätten in: Geologisch-bergmännische Karte mit Profilen von Joachimsthal u. s. w., Wien 1891.

J. Step u. F. Becke: Das Vorkommen des Uranpecherzes zu St. Joachimsthal. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, Bd. 113, 1904, Teil I.

Zerstückelung nicht mit Verwerfungen, sondern mit Gangablenkungen zu tun hat, und daß das ostwestliche Gangsystem älter ist als das nordsüdliche. Daraus erklärt sich auch die Gesetzlosigkeit der Verschiebungsrichtung, die sich bei den Gangstücken des Nordsüdsystems geltend macht.

Im allgemeinen sind die Nordsüdgänge in bezug auf die Erzführung edler als die Ostwestgänge.

Unter den Erzen sind die Verbindungen von Silber, Kobalt und Nickel besonders häufig.

Die Pechblende tritt als durchaus gleichwertiges Erz neben diesen auf, wenn sie auch, was die Menge anbelangt, erst in zweiter Linie kommt.

Früher nahm man an, daß die Pechblende ausschließlich auf die Nordsüdgänge beschränkt wäre; die neueren Aufschlußarbeiten haben indessen ihr Auftreten auch in den Ostwestgängen kennen gelehrt, wenn diese auch wesentlich uranärmer als die Nordsüdgänge sind.

Die wichtigsten Gangarten sind auf den Nordsüdgängen Carbonspäte und auf den Ostwestgängen neben diesen auch Quarz.

Es besteht im allgemeinen nach Step und Becke die konstante Aufeinanderfolge Quarz (am ältesten), Uranerz und Dolomit (am jüngsten). Charakteristisch ist, daß Braun- und Kalkspat in der Nähe der Pechblende rot bis rotbraun gefärbt sind; diese Färbung kann als Indikator bei der Aufsuchung der häufig recht isoliert liegenden Pechblendepartien dienen.

Die Gangkreuzungen der Ostwestgänge mit den nordsüdlichen zeigen besonders häufig Pechblendeanreicherungen.

In vielen Fällen findet man das Uranerz in engster Verbindung mit Schiefer. Es tritt deshalb häufig unmittelbar am Nebengestein oder nur durch eine dünne Quarzlage von ihm getrennt als älteste Umrandung von Schieferbruchstücken auf, eine Beobachtung, die meines Wissens zuerst der um den Joachimsthaler Bergbau besonders verdiente K. K. Oberbergverwalter Step gemacht hat.

Im allgemeinen bilden die sulfidischen und sulfidisch-arsenidischen Silber-, Kobalt- und Nickelerze eine höhere primäre Teufe über der Uranpecherzone. Schon in wenigen Jahren dürfte es auf den ärarischen Gruben wenigstens stellenweise gelingen, den Nachweis zu führen, welche primäre Erzzone unter der Uranpecherzone folgt.

Das Uranpecherz ist nicht regelmäßig in der Gangmasse verteilt, sondern tritt in Trümmern und Linsen in engster Verwachsung

mit den braunen oder rotbraunen Carbonaten auf. Häufiger finden sich Imprägnationen des Erzes im Schiefer, die von den Spalten aus erfolgten.

Bei Joachimsthal liegen exakte Untersuchungen nicht nur über den Urangehalt des Erzes, sondern auch über seine Radioaktivität vor.

In den von mir genommenen Proben schwankt die Radioaktivität eines Kilogramms Pechblende in ziemlich regelmäßigem Verhältnis mit dem Urangehalt nach den Untersuchungen von Prof. H. W. Schmidt in Gießen zwischen 0,233 und 0,373 mg. Als Maßstab kann dienen, daß ein Kilogramm Pechblende mit 60 Proz. U_3O_8 eine Radioaktivität entwickelte, welche 0,333 mg Radiumbromid entspricht.

Ich schätze die Maximalproduktion an Pechblende, welche beide Gruben auf längere Zeit zu liefern imstande sind, auf 16 bis 20 t jährlich mit einem Durchschnittsgehalt von 55 Proz. U_3O_8 .

Der Bergbau auf Uranpecherz ist schon recht alt. Man gewann das Mineral vor der Entdeckung des Radiums zur Herstellung von Uranfarben und verkaufte es an die Uranfarbenfabrik von Joachimsthal zu recht erheblichem Preise. Aus einer mir zur Verfügung stehenden Tabelle entnehme ich folgende Gehalte und Preise:

Pechblende mit	Wert pro t
8 Proz. U_3O_8 . . .	1897 Kr.
10. - - - . . .	2355 -
20 - - - . . .	5892 -
30 - - - . . .	9212 -
50 - - - . . .	15879 -
60 - - - . . .	19208 -

Aus der Tabelle ergibt sich, daß die ärmeren Erze fast genau in demselben Verhältnis bezahlt werden wie die mittleren. Daraus geht hervor, daß es ev. keinen Zweck hat, das Fördergut bis zur äußersten Grenze zu konzentrieren, da naturgemäß die Verluste im Verhältnis zur Konzentration relativ größer werden. Die Aufgabe von Aufbereitungsversuchen ist es, festzustellen, bei welcher Konzentration die Uranpecherzverluste die relativ kleinsten sind.

Die Arbeiten der letzten Jahre haben gezeigt, daß die aus dem Uranpecherz gewonnenen Uranfarben nicht radioaktiv sind, und daß es möglich ist, auf chemischem Wege Uran von Radium zu trennen, derart, daß die Rückstände der Uranfarbenfabrikation die gesamte ursprünglich in der Pechblende enthaltene Radiummenge haben.

Die von mir genommenen Proben von Rückständen enthielten nach der Untersuchung von Professor H. W. Schmidt in

Gießen in einem Kilogramm eine Radioaktivität, die 1,2 mg Radiumbromid entspricht.

Es hat also, wenn wir 60prozentige Pechblende zugrunde legen, eine drei- bis vierfache Konzentration der Radioaktivität der Pechblende in den Rückständen stattgefunden.

Gilpin County (Colorado).

Das hochgradig metamorphische Gebiet besteht aus Gneisgranit, Granitit, Protogingranit, Granulit, Felsit und Pegmatit mit allmählichen Übergängen, zu welchen an schiefrigen Gesteinen Glimmer-, Talk- und Hornblendeschiefer mit ausgeprägter Schichtung treten. Von Interesse ist, daß man hier den allmählichen Übergang von Granit durch Gneis in schiefrige Gesteine beobachten kann⁵⁾.

Die Gänge sind echte Spaltenfüllungen, die häufiger Verwerfer mit geringer Sprunghöhe darstellen. Die Grenze gegen das Nebengestein ist meist scharf. Die Gangfüllung ist durch erheblichen Gold- und Silbergehalt charakterisiert, und zwar sind die beiden Edelmetalle derart gruppiert, daß man einen westlichen Gold- von einem östlichen Silber-Belt unterscheiden kann, wenn auch Übergänge zwischen beiden selbstverständlich vorhanden sind.

Dem Streichen nach kennt man ein östliches und ein nordöstliches Gangsystem, die sich gegenseitig durchkreuzen.

Die häufigsten Erze sind edelmetallhaltiger Schwefelkies und etwas Kupferkies mit Feldspat und Quarz als Gangart. Man unterscheidet ein Schmelzerz, welches aus derbem Schwefelkies mit etwas Kupferkies besteht, von einem Pocherz, das ein weißes oder gelbes, mit denselben Sulfiden imprägniertes Gemenge von Feldspat und Quarz darstellt. Das Mengenverhältnis beider kann als 1 : 20 angenommen werden. Gediegen Wismut und Arsen sind selten; ersteres ist oft mit Fahlerz vergesellschaftet. Arsenkies und andere arsenhaltige Erze kommen ebenfalls vor. Wichtig ist der Tellurgehalt, der an Gold gebunden zu sein scheint.

Zu den genannten Erzen tritt als völlig gleichwertig mit den übrigen primären — allerdings in recht unregelmäßiger Verteilung — die Pechblende, die namentlich in den Wood und Kirk Mines des Leavenworth Gulch in bedeutenderen Mengen gewonnen wird.

Mit Sicherheit beobachtet wurden Veränderungen der Gangfüllung, die mit einer

⁵⁾ Forbes Rickard: Notes on the Vein-Formation and Mining of Gilpin County, Colorado. Transact. of the Amer. Inst. of Min. Eng. 1898, S. 108.

Änderung der Fallrichtung Hand in Hand gingen. Sie bringen bald eine Anreicherung, bald eine Verarmung mit sich, und zwar scheint es, als ob die Lagerstätten bei steiler Stellung ärmer wären.

Kreuzungen der beiden Gangsysteme sind häufiger mit Erzanreicherungen verbunden; indessen beobachtet man nicht selten sog. scheinbare Kreuzungen, bei denen kurz vor der Vereinigung die Gänge wieder zu divergieren beginnen.

Bemerkenswert ist das Aushalten der Edelmetallgehalte auf einigen Gängen nach der Tiefe. Es scheint, als ob Spaltenfüllungen, die sich an der Oberfläche als reich oder arm erweisen, den gleichen Charakter auch in der Tiefe bewahren. Wenn ein derartiges Gesetz gilt, dann können die Cementations- und Oxydationserscheinungen keine einschneidenden Metallverschiebungen hervorgebracht haben. Tatsächlich reicht die Oxydation in den meisten Fällen nur bis 40 oder 80 Fuß und nur ausnahmsweise, wie z. B. bei der Carr Mine, bis 200.

Als Cementationserz dürfte Fahlerz aufzufassen sein.

In bergwirtschaftlicher Beziehung ist bemerkenswert, daß mehrere Tonnen Uranerz der Wood Mine in der ersten Zeit der Uranerzgewinnung nach Swansea (England) verkauft wurden und hier einen hohen Preis erzielten, sodaß man bei größerer Förderung und größerer Aufnahmefähigkeit des Marktes mit einem erheblicheren Gewinn rechnen konnte. In den letzten Jahren erreichte der Preis annähernd 2 Dollar per Pfund Uranoxyduloxyd, so daß Erze mit 50 Proz. ca. 2000 Dollar erzielten. Carnotit wurde mit 5 Dollar per Unit verkauft. Eine Fabrikanlage bei Cedar in San Miguel Co. soll dieses Mineral mit nur 2 Proz. Uran verarbeiten.

Im allgemeinen handelt es sich bei den Uranerzvorkommen von Gilpin County nicht um reiche Erze, so daß die Vereinigten Staaten auf die Einfuhr von Uransalzen angewiesen sind, die von 1903 bis 1907 einen Wert von 7093 bis 14656 Dollar hatte.

Die Kolmlagerstätten Schwedens.

Einen ganz anderen Charakter als die eben geschilderten Spaltenfüllungen, haben die Kolm-Lagerstätten Schwedens⁶⁾.

⁶⁾ J. Landin: Radium i Sverige 1903 Ark. Kemi, Stockholm, Bd. 2, Nr. 2. — Derselbe: Om Radium, särskildt dess Förekomst svenska material. Teknisk Tidskrift Stockholm, Afdeln. f. Kemi, Bd. 35, 1905, S 28—32. — Außerdem briefliche Mitteilung des Herrn Professor Andersson, des Direktors der Geol. Landesanstalt, für die ich ihm auch an dieser Stelle verbindlichst danke.

Unter Kolm versteht man eine eigentümliche, im Äußern der Bogheadkohle nicht unähnliche Kohle, welche in cambrischen Alaunschiefern auftritt, die in der letzten Zeit in größerem Maßstabe bei Närke und Västergötland verarbeitet worden sind.

Kolm findet sich in den Alaunschiefern in flachen Linsen, die in Reihen angeordnet sind, bildet also keine zusammenhängenden Flöze. Meist sind die Linsen nur einige Zentimeter dick. Allem Anscheine nach handelt es sich um Konkretionen von Kohlenstoffmaterial, welche bei der Verfestigung der Alaunschiefer in ähnlicher Weise entstanden wie beispielsweise die Eisensteinkonkretionen in gewissen Ton- und Schiefer-tonschichten der Kreide-, Jura- und Steinkohlenformation gebildet wurden.

Da die Kolmlinsen unregelmäßig verteilt und nur wenige Zentimeter stark sind, so ergibt sich aus der ganzen Art des Auftretens ein ziemlich spärliches Vorkommen, welches zu der Verarbeitung einer gewaltigen Masse von Alaunschiefer zwingt, wenn man eine beträchtliche Menge von Kolm gewinnen will; das Rohmaterial dürfte infolgedessen ziemlich teuer werden.

Eine vollständige Analyse des Kolm von Professor Winkler ist in den Verhandlungen der schwedischen Akademie der Wissenschaften im Jahre 1901 veröffentlicht worden. Allem Anscheine nach bezieht sie sich auf eine ungewöhnlich reine, aschenarme Probe, die folgende Zusammensetzung hat:

C	60,24	Proz.
H	4,64	-
O	3,5	-
N	0,5	-
S	3,99	-
H ₂ O	4,85	-
Asche	22,28	-
Zusammen	100,00	Proz. ¹⁾

Wenn auch in dieser Analyse ein Uran-gehalt nicht hervortritt, so ergibt doch die Untersuchung der Asche, daß auch im Kolm die Radioaktivität an Uran gebunden ist. Zwei aus den Veröffentlichungen Landins entnommene Analysen der Asche ergaben:

	1. Analyse	2. Analyse
U ₃ O ₈	2,87	0,92
Fe ₂ O ₃	19,65	16,07
Al ₂ O ₃	21,14	18,85
Mn ₂ O ₃	0,32	0,09
MgO	1,58	1,33
CaO	Spur	1,60
Alkalien	3,98	4,64
SO ₃	0,60	1,71
SiO ₂	49,86	54,79
	100,00	100,00

¹⁾ Winkler in Oefvers. af K. Vet. Ak. Förhandl. Stockholm 1901, S. 502–503.

Bei der Untersuchung einer anderen Aschenprobe wurden 1,68 Proz. U₃O₈ gefunden.

Nimmt man aus diesen drei Resultaten das Mittel des Uranoxyduloxyd-gehaltes, so ergibt sich 1,82 Proz.

Verrechnet man diesen Gehalt der Asche auf frische Substanz mit 22,28 Proz. Asche, so erhält man einen Uranoxyduloxyd-gehalt von 0,405 Proz. in frischem Material.

Über die Radiumausbeute der schwedischen Kolm-Gesellschaft liegen zurzeit noch keine Angaben vor; man scheint sich noch in bezug auf die Herstellung des Radiums im Versuchsstadium zu befinden.

Die Chancen der Gesellschaft dürften aber hauptsächlich davon abhängen, ob man auch die großen Alaunschiefermassen, die mit-gewonnen werden müssen, verwenden kann.

Während also die Kolmverarbeitung noch im Versuchsstadium ist, liegen in bezug auf die Uranerzgänge zahlreiche und mehrjährige Erfahrungen vor.

Die gemeinsamen Merkmale aller radiumhaltigen Uranerzgänge.

1. Alle sind an Granitgebiete und hochgradig umgewandelte Schiefer gebunden. Radium und Uran sind also saure Elemente.

2. Der Flußspatführung begegnen wir nicht nur auf den Gängen des Cornwall-Zinnerztypus, sondern auch in Joachimsthal. Sie spricht nach Sueß und den Laboratoriumsversuchen für heißeste Exhalationen.

3. Auf allen Gängen, auch beidem Cornwall-Zinnerztypus, ist die enge Vergesellschaftung der Uranerze mit sulfidischen Erzen von Edelmetall, Kupfer, Kobalt und Nickel bemerkenswert.

4. Wenn auch Zinnerze nur im Cornwall-distrikt auf denselben Gangspalten mit Uran auftreten, so finden sie sich doch auch in anderen Gebieten auf benachbarten.

Als Resultat kann man nach dem heutigen Stande unserer Kenntnis den Satz ableiten, daß uranerzverdächtig solche sulfidischen Erzgänge sind, die in oder in der Nähe von zinnerzführenden Graniten aufsetzen.

Bemerkenswert sind für die Aufsuchung neuerer Lagerstätten noch folgende Erfahrungen:

a) Gänge ohne sulfidische Erze mit ausschließlich Uranlimmer sind nach meiner Praxis nicht aussichtsreich. Geht dagegen Uranlimmer in der primären Zone in Uranpecherz über, so empfiehlt es sich, die Arbeiten fortzusetzen.

b) Die Uranfarbenfabrikation zeigt, daß man aus der Pechblende zunächst Uranfarben gewinnt, die nicht radioaktiv sind, und daß, wie ich oben ausführte, das Radium in den Rückständen konzentriert wird. Wir haben außerdem gesehen, daß nicht alle Pechblenden hochgradig radioaktiv sind; denn diejenigen von Norwegen und Cornwall haben reichlich Uran, aber wenig Radioaktivität.

Dann muß die Möglichkeit zugegeben werden, daß auch in der Natur Radium allein ohne Uran vorkommen kann.

Radium ist ausschließlich als eine Verunreinigung aufzufassen, die sich nach unseren heutigen Erfahrungen in relativ größerer Menge nur bei Uranpecherz gefunden hat.

c) Demnach kann ein und dasselbe Mineral bald radiumhaltig, bald radiumfrei sein. Die verschiedenen Fundpunkte desselben Minerals können sich also verschieden verhalten, und das negative Resultat bei einem Mineral eines bestimmten Fundpunktes genügt nicht, um daraus die Folgerung zu ziehen, daß das analoge Mineral anderer Fundpunkte ebenfalls nicht radioaktiv ist.

d) Über primäre und sekundäre Teufenunterschiede liegen bei den gewöhnlicheren Uranerzen folgende Beobachtungen vor:

Ausschließlich sekundäre Erze sind Uranocker und Uranylcarbonat. Bald als primär, bald als sekundär erweisen sich die Uranglimmer und ausschließlich primär ist Uranpecherz.

Bei St. Joachimsthal kann man den Nachweis führen, daß die Uranpecherzzone einen tieferen primären Teufenunterschied unter einer Kobalt- und Nickelerzzone darstellt. Welche primäre Zone die Uranerzzone auf den ärarischen Gruben in noch größerer Tiefe ablösen wird, dürften die nächsten Jahre entscheiden.

Über die Höhe der heute möglichen Radiumproduktion.

Auf Wunsch will ich auch kurz auf diese Frage eingehen, obgleich sie keine geologische, sondern eine volkswirtschaftliche ist.

Nach dem heutigen Stande der Versuche der Radiumherstellung kommen die Quellen und ihre Absätze für die nächste Zeit für eine regelmäßige Produktion nicht in Frage. Von allen Uranerzlagerstätten kann bei einer regelmäßigen Produktion von Rohmaterial nur auf Joachimsthal gerechnet werden. Die beiden in Frage kommenden Gruben sind nach meiner Schätzung in der Lage, eine Jahresproduktion von 16 bis 20 t Uranpecherz mit einem Durchschnittsgehalt

von 55 Proz. U_3O_8 zu liefern. Wie ich bereits ausführte, werden die Erze zunächst auf radiumfreie Uranfarben verarbeitet, so daß der Radiumgehalt in den Rückständen konzentriert wird.

Bei der Berechnung der Höhe der Produktion kann man nach meiner Erfahrung die theoretischen Ermittlungen des Radiumgehaltes der Pechblende noch nicht zugrunde legen, sondern muß sich mit den heute zugänglichen Erfahrungszahlen begnügen. Die bisherige Praxis lehrt, daß die verarbeitete Pechblende annähernd ein Drittel ihres Gewichtes Rückstände liefert, so daß bei einer Jahresförderung von 18 t Erz mit ca. 6 t Rückständen zu rechnen ist. Aus 10 t Rückständen gewann man annähernd 2,5 g Radiumsalz höchster Aktivität; indessen dürfte bei diesem ersten großen Versuche ein erheblicher Teil verloren gegangen sein, so daß vielleicht in der Zukunft 3 g Radium gewonnen werden können.

Da die Jahresproduktion für 6 t Rückstände reicht, würde man mit einer Jahresproduktion von 1,8 g Radiumsalz höchster Aktivität rechnen können.

Die bis jetzt in Österreich erreichte Produktion beträgt ca. 3,5 g; sie stammt aber nicht aus einer regelmäßigen Produktion von Pechblende, sondern aus einer erheblichen Menge alter Vorräte, die jetzt erschöpft sein dürften.

Der heutige Preis für Radiumsalz höchster Aktivität beträgt annähernd 400 000 Frcs. pro Gramm. Die 1,8 g würden demnach einem Werte von 720 000 Frcs. entsprechen. Es ist aber zu bedenken, daß der heutige Radiumpreis ein Zufallswert ist, der nicht mit dem Marktpreise anderer Metalle verglichen werden kann.

Diesem Werte des Radiumsalzes stehen die Unkosten gegenüber, die außerordentlich gering sind. Nach den bisherigen Erfahrungen kann man sie zu ca. 10 000 Frcs. pro Gramm Radium annehmen; und dieser Summe steht ein Wert von ca. 400 000 Frcs. gegenüber.

Man könnte aus diesem Verhältnis der Unkosten zum Wert schließen, daß bei dem heutigen Preise noch sehr arme Erze verwertbar sind, und daß man eventuell von einem Rohmaterial ausgehen kann, welches nur wenige Prozent Uranoxyduloxyd enthält.

Die Erfahrung lehrt aber Vorsicht bei derartigen Schlüssen; denn es zeigt sich bei allen Metallen, daß die uns bekannten chemischen bzw. hüttenmännischen Prozesse nur bis zu bestimmten Verdünnungen möglich sind; bei stärkeren Verdünnungen wirken

dann die betreffenden Fällungsmittel nicht mehr. Man wird also gut tun, die bisherigen Erfahrungszahlen ausschließlich auf reiche Rohmaterialien anzuwenden.

Für den künftigen Radiummarkt sind noch folgende Gesichtspunkte von Wichtigkeit:

1. Das Radium bzw. Radiumsalz höchster Aktivität unterscheidet sich von den im Handel befindlichen Metallen dadurch, daß es praktisch so gut wie nicht verbraucht wird. Während bei allen übrigen Metallen ein erheblicher Teil der Jahresproduktion verschwindet, haben wir bei dem Radium das eigenartige Verhältnis, daß durch eine regelmäßige Produktion eine regelmäßige Vermehrung der auf der Welt befindlichen Radiummenge stattfindet.

2. Aus dieser Eigenschaft des Radiums hat sich bereits das Verleihungssystem ausgebildet, d. h. man verleiht eine Radiummenge auf eine gewisse Zeit für eine bestimmte Summe, von der Voraussetzung ausgehend, daß das Objekt nach Ablauf der Verleihungszeit so gut wie unverändert ist. Ein derartiges Verfahren ist aber naturgemäß der Bildung eines Radiummarktes außerordentlich hinderlich.

3. Wie wir gesehen haben, ist der Radiummarkt aufs engste verknüpft mit dem Uranfarbenmarkt. Eine Radiumproduktion ist nur möglich nach vorangegangener Uranfarbenproduktion. Will man also zu einer regelmäßigen Radiumproduktion gelangen, so wird man gezwungen, die Uranfarbenfabrikation erheblich auszudehnen.

Die Uranfarben verwendet man gegenwärtig in der Glas- und Porzellanmanufaktur. Die Versuche, dem Stahl bestimmte Eigenschaften durch Uran zu geben, haben vorläufig keine befriedigenden Resultate gezeigt,

da Uran keine anderen Vorzüge hervorbringt, als durch den Zusatz billigerer Schwermetalle erzielt werden können.

Endlich soll man etwas Uran den Glühstrümpfen zusetzen, um die Wirkung von Thorium und Cerium zu vermehren.

Der heutige Uranfarbenmarkt deckt diesen Konsum der Uranfarben vollkommen. Die neue amerikanische Produktion an Uran ärmeren Verbindungen hat bereits genügt, den Markt zu stören; eine spätere regelmäßige Zunahme der Produktion wird den Preis der Uranfarben ganz wesentlich drücken.

Ein gesunder Radiummarkt ist also nur möglich durch Zusammenschluß aller Bergwerksinteressenten, die bei der Absätzigkeit der Erzmittel ausgedehnte Aufschlußarbeiten treiben und stets für erhebliche Vorratsmengen sorgen müssen, also ein bedeutendes Risiko eingehen.

Das Bestreben der Interessenten muß zur Verhinderung des Fallens der Uranfarbenpreisedaraufgerichtet sein, den Konsum an Uranfarben zu heben. Wünschenswert ist aber außerdem wegen des heutigen geringen Verbrauchs an Radium auch für Erweiterung des Konsums der Radiumsalze höchster Aktivität zu sorgen*).

*) Nachträglich erfahre ich aus Paris, daß die vor einiger Zeit neugegründete Radiumbank im Geschäftsjahr 1910 1,92 g Radiumsalz höchster Aktivität zum Preise von 400000 Fres. pro g verkauft hat. Davon entfallen 254000 Fres. auf Frankreich und 514000 auf das Ausland. Der Verwendung nach wurden für 73000 Fres. zu industriellen Zwecken und 695000 zu Heilzwecken gekauft.

Von Interesse dürfte außerdem sein, daß es Frau S. Curie vor kurzem gelungen ist, das Element Radium herzustellen.