

Über radioaktive Substanzen in Bayern.

Von

Dr. Ludwig von Ammon.

Nachstehende Abhandlung schrieb ich ihrem wesentlichen Inhalte nach im Winter 1908. Sie wurde unter dem 15. März 1909 als Bericht dem Kgl. Staatsministerium des Königlichen Hauses und des Äußern unterbreitet betreffs einer berggesetzlichen Angelegenheit.

Zurzeit sind bei dem raschen Fortschreiten der radioaktiven Forschung manche in der Arbeit enthaltene Angaben veraltet, da der vorliegende Aufsatz erst im laufenden Jahresheft (für 1910) seinen Platz finden konnte. Doch dürfte bei dem allgemeinen Interesse des Gegenstandes die erbrachte Zusammenstellung, die im allgemeinen das Bild unserer Kenntnisse über die in Bayern vorhandenen radioaktiven Stoffe, so wie es sich um die Jahreswende 1908/09 zeigte, wiedergibt, gleichwohl für eine Veröffentlichung nicht ungeeignet sein.

Ab und zu sind der früheren Darstellung Zusätze eingefügt worden; sie heben sich durch den Kleindruck vom alten Texte ab, der an der einen oder anderen Stelle selbst kleine Veränderungen erfahren mußte.

Unter den Uranmineralien besitzt die Pechblende, die oxydische Verbindung des Uraniums, wegen ihres Vorkommens in nicht allzu geringen Mengen an manchen Plätzen ihrer Verbreitung allein eine Bedeutung für eventuelle Ausbeute. Für Bayern ist der sichere Nachweis ihres Auftretens leider noch nicht erbracht. Damit kommt zugleich die Aussicht auf Gewinnung von Mineralsubstanzen, die radioaktive Eigenschaften, ausgehend von Uranverbindungen, besitzen, zurzeit in Wegfall. Das Vorkommen von Uranmineralien überhaupt ist in Bayern sehr beschränkt. Die Seltenheit ihres Auftretens oder vielmehr die geringe Menge ihres Vorkommens an den jeweiligen Fundplätzen schließt eine Veranstaltung zur Ausbeute nach den jetzigen Verhältnissen aus.¹⁾ Es darf wohl gleich beigelegt werden, daß radioaktive Erscheinungen nicht von Uranverbindungen allein abhängen, doch ist weiters das Vorkommen anderer starkradioaktiver Mineralien in Bayern nicht bekannt.

In neuester Zeit ist eine wichtige Abhandlung von Prof. P. KRUSCH erschienen: „Über die nutzbaren Radiumlagerstätten und die Zukunft des Radiummarktes“ (Vortrag, XI. Internat. Geolog. Kongreß zu Stockholm 1910, abgedruckt in der Zeitschrift für praktische Geologie XIX. Jahrg. 1911), auf welche Arbeit unter dem Zitat KRUSCH im folgenden öfters hingewiesen werden wird. Ihr entnehmen wir nachstehende Sätze:

„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.“

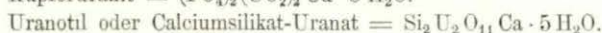
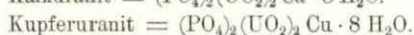
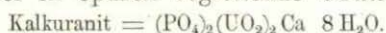
¹⁾ Diese Zeilen sind vor dem Auffinden des Vorkommens am Fuchsbau geschrieben worden, dürften aber gleichwohl noch ihre Gültigkeit haben.

„Wenn man von „Radium“ (in wirtschaftlichem Sinne) spricht, meint man Radiumsalz höchster Aktivität. Die Bestimmung der Radioaktivität eines Minerals, z. B. der Uranpechblende, erfolgt als Radiumbromid.“

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

1. Uranmineralien in Bayern.

Die in Bayern sich findenden Uranmineralien sind hauptsächlich die beiden Uranglimmer (Kalk- und Kupferuranphosphat: der Kalkuranit oder Autunit und der Kupferuranit oder Chalkolith, auch Torbernit genannt), denen sich als große Seltenheit der Uranotil (wasserhaltiges Kalkuransilikat) und weiters noch der die Uranglimmer in Spuren begleitende Uranocker anschließt.



Der Kalkuranglimmer ist nachgewiesen von Wölsendorf bei Nabburg, vom Epprechtstein bei Kirchenlamitz, von Reinersreuth am Waldstein, von Leupoldsdorf, Neubau bei Fichtelberg, von Mehlmeisel und von Göpfersgrün im Fichtelgebirge, sowie vom Hühnerkobel bei Rabenstein im Bayerischen Walde.

Der Kupferuranglimmer gleichfalls von Wölsendorf, vom Epprechtstein, von Göpfersgrün und vom Hühnerkobel, außerdem noch von der Gregnitz bei Nagel, aus der Gegend von Brand, vom Fuchsbau bei Leupoldsdorf und von Selb im Fichtelgebirge.

Weiters werden Uranglimmer von der Sägmühle bei Tirschenreuth, von der Taferlhöhe bei Oberfrauenau und von Hauzenberg im Bayerischen Wald angegeben. Der Uranotil (Uranophan) kommt bei Wölsendorf vor.

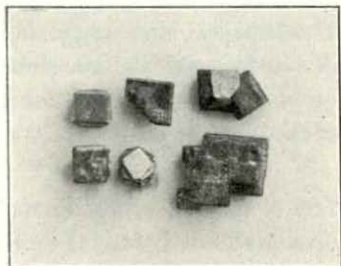
Die **Uranglimmer** sind als kleine grüngelbe oder grüne Blättchen ausgebildet, die einzeln aufgewachsen oder schuppenartig gruppiert sind. Abgesehen vom Göpfersgrüner Auftreten (Anflüge auf Speckstein) sind die bayerischen Uranmineralien in ihrem geologischen Vorkommen beschränkt auf Granite oder Pegmatite (Epprechtstein, Hühnerkobel, Sägmühle) und Flußspatgänge (Wölsendorf). Am Epprechtstein liegen die Blättchen auf Gesteinspalten oder in Drusenräumen der pegmatitischen Nester des dortigen Granitmassivs. Dasselbst, in den Steinbrüchen am Epprechtstein, und bei Wölsendorf werden ab und zu deutlichere Stücke (d. h. besser erhaltene Stufenexemplare) gefunden, aber auch hier reicht die Menge lange nicht aus, um etwa an eine Ausbeute zu denken.

So das bisherige Vorkommen. Ganz neuerdings ist der Kupferuranit in den Steinbrüchen der Waldabteilung Fuchsbau bei Leupoldsdorf in gut ausgebildeten und dabei stellenweise in ziemlich reichlicher Zahl vorhandenen Kristalltäfeln gefunden worden.

Nach der Lagerstättenlehre gehören die fichtelgebirgischen Uranmineralienvorkommnisse (Epprechtstein, Fuchsbau) zu einer Mineralgesellschaft, die derjenigen der Zinnstein-Ganggruppe entspricht.

In neuerer Zeit sind gegen früher die Vorkommnisse von Uranglimmer etwas häufiger geworden, was wohl durch die größere Ausdehnung des Steinbruchbetriebes bedingt sein mag. So äußert sich beispielsweise DÜRRFELD in seiner Arbeit „Die Drusenmineralien des Waldsteingranits im Fichtelgebirge (Nachtrag)“ (Zeitschr. für Kristallographie 47. Bd. 1910, S. 246): Eine ganze Reihe schöner Stufen mit mehreren Millimeter großen quadratischen Täfelchen von Kalkuranglimmer konnte ich am Epprechtstein erwerben. — Die am Ostabhang des Berggebietes der Platte gelegene, bereits erwähnte Waldabteilung Fuchsbau kann gegenwärtig als diejenige Fundstätte in Bayern gelten, wo Uranglimmer relativ am häufigsten auftritt.

Der Granit wird in den Brüchen am Fuchsbau von vielen Klüften durchzogen. In manchen derselben haben sich sekundäre Bildungen abgesetzt. Zurzeit ist in einem der obersten Steinbrüche eine solche Kluftfläche gerade abgedeckt. Man beobachtet nun, daß der schmale Gesteinsriß mit einer ockerigen Substanz ausgefüllt ist, worin die kleinen grünen quadratischen Tafeln des Uranminerals (Kupferuranit) sitzen. Zu bemerken ist noch, daß im Granit hin und wieder dünne Quarzgänge auftreten, die Flußpat und selbst kleine Eisenkieseinsprengungen einschließen; das nachbarliche Gneisgebiet ist seit alters als zinnsteinführend bekannt.



Kupferuranitkristalle in natürlicher Größe.

Granitsteinbruch, Ostabhang der Platte westlich von Wunsiedel.

Der Kupferuranit vom Fuchsbau besitzt ein spez. Gew. von 3,564; seine Farbe wechselt von smaragd- bis hellgrün; beim Lösen in Säure bemerkt man eine schwache Gasentwicklung. Die meisten Kristalle (pseudotetragonal) erreichen nur eine Länge von 2–3 mm, einzelne sind jedoch bis zur Größe von 1 cm gefunden worden. Die Zusammensetzung des Uranglimmers dieser Fundstätte ist, wobei die in kleinster Menge vorhandenen Bestandteile unberücksichtigt geblieben sind, nach der Analyse von ADOLF SCHWAGER folgende: 18,34 Glühverlust; 7,45 CuO; 60,00 UO₂; 15,01 P₂O₅ = 100,80. — Die ockerige Masse, worin die Kristalle eingebettet sind, besteht hauptsächlich aus kieselsäurehaltigem Eisenoxydhydrat; da ein gut Teil der Kieselsäure mit Kalilauge in Lösung geht, muß auch amorphe SiO₂ angenommen werden. So scheint eine Art eisenreicher Kieselgallerte, in welcher die Neubildung des Kupferuranphosphats in regelmäßiger Kristallform erleichtert war, die feine Spalte zuerst erfüllt zu haben. — Die Radioaktivität des Fuchsbauer Uranglimmers wurde von HANS GÜNTHER durch experimentelle Versuche nachgewiesen, die genaueren Resultate seiner Ermittlungen werden von ihm späterhin mitgeteilt werden.

Nebenbei sei erwähnt, daß (im allgemeinen gesprochen, nicht mit Beziehung auf den bayerischen Uranglimmer) nach den Ermittlungen von Frau CURIE der Kupferuranglimmer etwa $\frac{2}{3}$, der Kalkuranglimmer etwa $\frac{1}{3}$ der Stärke der radioaktiven Eigenschaften der Pechblende von Johanngeorgenstadt besitzt.

Hinsichtlich der Uranglimmer weist KRUSCH darauf hin, daß Gänge ohne sulfidische Erze mit ausschließlich Uranglimmer nicht als aussichtsreich gelten können. Nach dem genannten Autor erweisen sich hinsichtlich der sogen. primären oder sekundären Teufenunterschiede (vgl. BEYSLAG, KRUSCH und VOGT, Die Lagerstätten der Nutzbar. Min. u. Gest. I, S. 201) die Uranglimmer bald als primäre, bald als sekundäre Erze. Ausschließlich primär ist Uranpecherz. — Radium ist eine Beimengung — eine Verunreinigung gewissermaßen, die sich — wie KRUSCH bemerkt — nach unseren heutigen Erfahrungen in relativ größerer Menge nur bei Uranpecherz gefunden hat. Das gleiche Mineral kann sich daher hinsichtlich des Gehaltes an Radium nach den verschiedenen Fundplätzen verschiedenartig verhalten.

2. Über Radioaktivität im allgemeinen.

Dem Radium und seinen Salzen kommt die Fähigkeit zu, eigentümliche Strahlen, die Uran- oder Becquerelstrahlen, auszusenden — eine Strahlung, die in ihrer Gesamtheit eine sehr komplizierte Erscheinung darstellt. Diejenigen Substanzen, welche solche Becquerelstrahlen auszusenden vermögen, werden radioaktiv genannt. Außer diesen komplizierten Strahlungen sendet das Radium ebenso wie das Thor und Aktinium ständig ein Gas aus — die sogen. Emanation. Nebenbei

sei noch der höchst auffälligen Tatsache gedacht, daß in der Emanation Helium auftritt, d. h. Helium, wie man annehmen muß, aus dem Radium entsteht. Jene Emanation wird von Wasser und vielen anderen Körpern absorbiert, wobei diese Substanzen induzierte Radioaktivität erhalten. In den Gesteinen können radioaktive Erze oder Mineralien eingeschlossen sein, dadurch wird erklärt, daß so manches natürliche Wasser Emanation besitzt oder lösliche Radiumverbindungen enthält. Auf den Gehalt an Emanation sucht man neuerdings vorzugsweise die Wirkung zahlreicher Heilquellen zurückzuführen. Man mag dabei wohl häufig zu weit gehen, denn zu den Heilwirkungen kommen noch andere wichtige Momente, beispielsweise sonstige chemische Zusammensetzung und klimatische Lage u. s. w. hinzu. Immerhin aber wird man selbstverständlich den aktiven Wassern volle Aufmerksamkeit zu schenken haben.

Folgende Angaben dürften vielleicht noch allgemeines Interesse beanspruchen. Die Wärmewirkung pro Gramm Radium beträgt 113 Gramm-Kalorien pro Stunde; die Lebensdauer des Radiums, das wegen der Ausstrahlung vergänglicher Natur ist, beträgt 1760 Jahre. Nach anderen Forschern wird die mittlere Lebensdauer des Radiumatoms zu 3700 Jahren angenommen. Alle radioaktiven Elemente unterliegen mit der Zeit einem Atomzerfall. „Wir kennen aber kein Mittel, sagt MARCKWALD (Berichte der Deutsch.-chem. Ges. 41 Nr. 8), den radioaktiven Atomzerfall zu beschleunigen. Besäßen wir ein solches, so würden wir vermutlich imstande sein, auch andere Elemente umzuwandeln. Dabei hätten wir die Bildung von Grundstoffen mit niedrigerem Atomgewicht unter gleichzeitigem Gewinn ungeheurer Energiemengen zu erwarten. Würde die Umwandlung plötzlich erfolgen, so müßte sie von den furchtbarsten Explosionswirkungen begleitet sein; wäre sie hingegen beliebig regulierbar, so würde 1 kg Pechblende genügen, um einen großen Schnelldampfer über den Atlantischen Ozean zu befördern.“

3. Vorkommen in Sachsen und Vergleichung mit der Ausbildung in Bayern.

Radioaktive Wasser sind in letzter Zeit namentlich zahlreich im Erzgebirge, das auch die Uranerzlagerstätten einschließt, vorgefunden worden. Gleichwohl konnte nachgewiesen werden, daß — was auch SCHIFFNER in seiner Schrift „Radioaktive Wässer in Sachsen 1., Freiberg 1908 betont, — das Auftreten aktiver Wasser nicht ausschließlich oder sogar keineswegs lokal gebunden ist an das Vorhandensein von Uranpecherz oder anderen Uranmineralien. — Für die Ausbringung radiumhaltiger Körper ist nach dem Stand unserer jetzigen Kenntnis immer noch das Uranpecherz das Hauptrohmaterial; für seine Ausbeute kann, wie SCHIFFNER sagt, nach den bisherigen geologischen Forschungen in Deutschland nur das sächsische Erzgebirge in Betracht kommen. SCHIFFNER gibt dann in der zitierten Schrift (S. 56) weiters noch Ausführungen, die hauptsächlich die wirtschaftliche Seite des Gegenstandes betreffen und auf die hier verwiesen sein mag.

Im Originalbericht habe ich einige Punkte daraus besonders erwähnt. Die volkswirtschaftliche Frage hat neuerdings KRUSCH in seinem Aufsatz als Schlußkapitel, betitelt „Über die Höhe der heute möglichen Radiumproduktion“, kurz besprochen. Es wird sich Gelegenheit geben, auf einzelne darin enthaltene wichtigere Äußerungen zurückzukommen.

Zur Vergleichung mit den bayerischen Verhältnissen sollen zunächst noch einige Daten aus Sachsen mitgeteilt werden. Hier, in Sachsen, sind Uranerze und sonstige uranhaltige Mineralien von vielen Orten bekannt. Die Pechblende und ihr Zersetzungsprodukt, das Gummierz, ist allein in neun Revieren oder Gebiets-

teilen mit ca. 30 Fundplätzen nachgewiesen. Eine weite Verbreitung zeigt dann noch der Kalkuranglimmer. Trotzdem wird, so behauptet SCHIFFNER, von mancher Seite die Quantität und der Wert der in Sachsen gewonnenen Uranerze weit überschätzt. Was das übrige Deutschland betrifft, so sind wohl im Schwarzwald (Baden und Württemberg) und im Riesengebirge (Schlesien) vereinzelte Vorkommnisse von Uranmineralien beobachtet worden, diese sind aber sehr gering und nicht abbauwürdig. So bleibt Sachsen der einzige Produzent für Uranerz in Deutschland. Im Jahre 1900 betrug die Förderung an Uranpecherz 14,4324 Doppelzentner (Himmelsfürst bei Freiberg, Vater Abraham zu Marienberg und Schneeberger Kobaltfeld), im Jahre 1905 (Johanngeorgenstadt, Schneeberg und sonstige Gruben) 48,82 Doppelzentner im Werte von 15719 Mk., im Jahre 1907 (Johanngeorgenstadt) 8,53 Doppelzentner im Werte von 600 Mark.

Im Vergleich mit Sachsen besteht schon darin eine große Verschiedenheit als es in Bayern bis jetzt noch nicht geglückt ist, das Haupterz der Uranmineralien, die Pechblende, aufzufinden; es sind nur die oben erwähnten uranhaltigen Mineralien bekannt.

Die Pechblende oder das Uranpecherz (Uraninit) läßt sich als eine Verbindung von Uranoxyd und Uranoxydul bezeichnen: $\text{UO}_2 \cdot 2 \text{UO}_3 = \text{U}_3\text{O}_8$. Das Mineral kann auch betrachtet werden als ein normales Salz der Säure: UO_4H_2 , nämlich als Urano-Uranat $(\text{UO}_4)_2\text{U}$; ein kleiner Teil des Urans ist durch Blei ersetzt, man erhält dann die Formel $(\text{UPb}_2) 3 \text{U}_2\text{O}_{12}$.

Man begegnet wohl in der Literatur einem Hinweis auf ein bayerisches Vorkommen, nämlich aus dem Urgebirgsterain des Vorpessartes. BESNARD (Die Mineralien Bayerns nach ihren Fundstätten, Augsburg 1856) führt die Pechblende von der Schindkaute nächst Aschaffenburg an. Die späteren Autoren erwähnen aber von dem Vorkommen nichts mehr und es dürfte nicht zweifelhaft sein, daß seinerzeit eine Verwechslung mit einem anderen Mineral stattgefunden hat.

Die Mehrzahl der erzgebirgischen Vorkommnisse von Uranmineralien sowie auch der in diesem Gebirge bekannten Plätze mit größerer Wasseraktivität gehört dem Karlsbad-Eibenstocker Granitgebiet mit weiterer Umgebung an. Einer der bayerischen Fundplätze für Uranverbindungen, der Epprechtstein, liegt nicht gerade sehr beträchtlich weit ab von dem genannten Granitgebiet (etwa 60—80 km); dieses Eibenstocker Granitmassiv zeigt jedoch in seiner Ausbildung als geologischer Körper manche Besonderheiten, die es als ein eigenartiges Gebiet für sich erkennen lassen. Die Uranerze sind in Sachsen hauptsächlich an die Gangformation der Kobalt-Silbererze gebunden. Diese Formation fehlt im Bayerischen ganz. Das Epprechtsteiner Vorkommen läßt sich mit den anderwärts als Topas und Zinnstein führendes Gebirg beschriebenen Gesteinen vergleichen; die Drusenmineralien des Waldsteingranits vom Epprechtstein sind solche Mineralien, die zur Zinnstein-Ganggruppe (BEYSCHLAG, KRUSCH und VOGT, Die Lagerstätten der Nutzb. Min. I S. 414) gehören und auch die Vorkommnisse im Leupoldsdorfer Wald (Fuchsbau) des Zentralstocks vom Fichtelgebirge wird man der gleichen Gruppe zuzuweisen haben. Uranmineralien treten in Sachsen auch in der edlen Bleiformation auf. Zu dieser Gruppe kann füglich das Wölsendorfer Vorkommen in der Oberpfalz gerechnet werden: wir haben hier erzarme, an Gangart reiche Gänge der flußspatführenden Silber-Bleiformation vor uns. Ausgeschlossen wäre es nicht, daß sogar oxydisches Uranerz im Nabburger Flußspat sich noch fände; auch am Epprechtstein, im Fuchsbau oder sonstwo im granitischen Gebiete könnte sich dasselbe möglicherweise in kleinen Partien zeigen: allem Ermessen nach ist aber keine so große Menge zu erwarten, daß auf eine regelmäßige oder ergiebige Ausbeute gerechnet werden könnte.

Die Uranylurane, wohin das Pecherz und seine Verwandten gehören, scheinen, so spricht sich auch von DEM BORNE in seiner Abhandlung: Die radioaktiven

Mineralien, Gesteine und Quellen (Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik, II. Jahrg. 1905, Leipzig 1906) aus, sich fast nur im böhmisch-sächsischen Grenzgebiet des Erzgebirges in so reichlicher Menge gebildet zu haben, daß es zu einer eigentlichen Gangbildung kam; reich sind die Gänge nur in der die Granite umgebenden Schieferhülle, sobald sie, z. B. in Johanngeorgenstadt, in den Granit selbst eintraten, vertaubten sie.“ — Joachimstal liegt im südlichen Teil des Ostrandes vom erzgebirgischen Granitmassiv, die uranerzführenden Gänge, wovon in Bayern kein Analogon bekannt ist, setzen in Glimmerschiefer-artigen Gesteinen durch.

Über die Natur der Gänge von Joachimstal in Böhmen, die das wichtigste Vorkommen aller uranerzführenden Lagerstätten begreifen, gibt KRUSCH in seinem Vortrag gleichfalls ausführlichen Aufschluß; er nennt diese Gänge: Uranmineralienführende Kobalt-Nickel- und Edelmetallgänge. Einem Kilogramm Joachimstaler Pechblende mit 60% U_3O_8 kommt eine Radioaktivität zu, die 0,333 mg Radiumbromid entspricht.

Manche Einzelheiten mineralogischer Art lassen an den Vorkommnissen vom Epprechtstein sowohl wie beim Flußspat von Wölsendorf, abgesehen vom Auftreten der Uranverbindungen in deutlich erkennbarer Form, die Anwesenheit von radioaktiven Substanzen vermuten. Von der letztgenannten Lokalität schien namentlich die dunkelviolette Varietät des Flußspates, der sogen. Stinkfluß, ein geeignetes Material in dieser Beziehung zu sein. Beim Zerreiben entwickelt die Substanz einen chlorartigen Geruch von, wie wohl als sicher angenommen werden darf, freiem Fluor. Man könnte sich nun vorstellen, daß eine partielle Ionisierung des Calciumfluorids (Spaltung in Calcium-Jonen und freies Fluor) infolge radioaktiver Beeinflussung der in der Mineralmasse fein verteilten Uranpartikelchen vorhanden sei. Diese Annahme hat aber keine Bestätigung durch das Experiment gefunden: nach den unter Leitung von Professor Dr. EBERT im physikalischen Institut der Technischen Hochschule vorgenommenen Untersuchungen erwies sich ein Stück des dunkelvioletten Wölsendorfer Flußspats völlig inaktiv.

KRUSCH widmet in seiner Darstellung ein besonderes Kapitel den gemeinsamen Merkmalen aller radiumhaltigen Uranerzgänge. Diese — so führt er aus — sind sämtlich an Granitgebiete und hochgradig umgewandelte Schiefer gebunden: Radium und Uran sind sonach saure Elemente. Die Flußspatführung (Cornwallers Zinnerzgänge und Joachimstal) weist auf heißeste Exhalationen hin. Wichtig ist die Vergesellschaftung der Uranerze mit sulfidischen Erzen von Edelmetall, Kupfer, Kobalt und Nickel. Als uranerzverdächtig können solche sulfidische Erzgänge betrachtet werden, die in der Nähe von zinnerzführenden Graniten aufsetzen.

Nach diesen Erörterungen erscheint es daher im Hinblick auf bayerische Vorkommnisse nicht ohne Bedeutung, daß im uranglimmerführenden Gebiet von Leupoldsdorf und in der Umgebung davon Zinnseifen in alter Zeit sich befunden haben, so an der Zinnschütze, Eulenlohe, bei Tröstau und sonst im Landstrich südwestlich von Wunsiedel. Aus den Steinbrüchen am Epprechtstein ist Zinnstein als Drusenmineral (DÜRRFELD l. c. S. 243) bekannt; am Fuße des Berges bestanden früher Zinnerzgruben (ALB. SCHMIDT, Radioaktives aus dem Fichtelgebirge in Zeitschr. f. angewandte Chemie u. Zentrabl. f. techn. Chemie XXI, 1908, S. 2368 und derselbe, Die alten Zinngruben bei Kirchenlamitz im Archiv f. Gesch. u. Altertumsk. v. Oberfranken XVI, 3. Heft 1887; weiters ebendasselbst Bd. XV, Heft 3, 1883).

4. Radiumproduktion im Ausland.

Nach PETRASCHECK (Verhandlungen der geologischen Reichsanstalt 1908, S. 386) käme außer dem böhmisch-sächsischen Erzgebirge für eine nachhaltende Uranerzproduktion gegenwärtig vielleicht nur noch Gilpin County in Colorado in Frage.

Aus außerdeutschen Ländern sind uns noch folgende Daten bekannt geworden. In Nogent-sur-Marne bei Paris hat ARMET DE LISLE ein industrielles Unternehmen

gegründet, in dem aufgearbeitet werden: Pechblende, Autunit, Pyromorphit und einige andere Mineralien. In England (Der Erzbergbau, V. Jahrg. 5. Heft vom 1. März 1909) hat sich eine British Radium Corporation Limited gebildet zur Gewinnung von Radium und Uran aus der Pechblende der Trenwith-Gruben in Cornwall; es ist Vorsorge getroffen, daß das dort hergestellte Radium in England bleibt und das auf Initiative des Königs gegründete Radium-Institut in erster Linie mit dem hergestellten Produkt bedacht wird. Der Wert eines Milligramms Radium beträgt 20 Pfund Sterling. — Von der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien ist eine Kommission (Zeitschrift f. angew. Chemie 1909, Heft 9, S. 386) ernannt worden, die dafür zu sorgen hat, daß die Rückstände der Uranfabrikation in St. Joachimstal in Böhmen sachgemäß auf die radioaktiven Bestandteile verarbeitet und von bewährten Forschern wissenschaftlich untersucht werden. Über die Verarbeitung liegen bereits einige Mitteilungen vor: aus 10000 kg Rückständen von Uranpecherz, wozu etwa 30000 kg dieses Minerals notwendig waren, konnte man 3 g Radiumchlorid gewinnen.

Vorstehendes, viertes Kapitel kann, da es vor zwei Jahren geschrieben wurde, über die jetzt bestehenden Verhältnisse keinen genügenden Aufschluß mehr gewähren. Zureichende Ergänzungen zu geben, liegt hier nicht in der Absicht: nur ein paar Bemerkungen, hauptsächlich der Darlegung von KRUSCH entnommen, mögen folgen.

Die Gänge von Gilpin County in Nordamerika (Spaltenfüllungen) liegen in einem stark metamorphischen Gebiet, worin man den Übergang von Granit durch Gneis in schieferige Gesteine beobachten kann. In Gesellschaft von silber- und goldhaltigem Schwefelkies mit Feldspat und Quarz als Gangart und von arsen- und selbst tellurhaltigen Mineralien begleitet findet sich daselbst Pechblende vor; doch soll das Uranerzvorkommen nicht zu den reichen Erzen gehören.

Die Zinn- und Kupfererzgänge von Cornwall und Süd-Devon stellen gleichfalls Spaltenfüllungen dar; sie gehören Gebieten von Granit an, der wie der ihn zum Teil bedeckende kontaktmetamorphe Schiefer von Quarzporphyrgängen durchsetzt wird. Die hauptsächlichste Grube ist die Uranium Mine bei Grampound, die im Durchschnitt jährlich 20–30 t liefert. Die Uranerze sind im allgemeinen sehr unregelmäßig verteilt. Trotz des großen Gehaltes an Uran soll die Pechblende nur schwach radioaktiv sein, gleichwie die Pechblende von Norwegen, wo in Evje nördlich von Kristiansand und bei Stavanger dieses Mineral in Pegmatitgängen vorkommt. Andererseits geben Zeitungsnachrichten (Münchener Neueste Nachrichten, 21. Okt., Nr. 493, 1910) kund, daß nach einer Mitteilung des Chemikers WILL. RAMSAY in Limehouse aus der Cornwaller Pechblende nach einem neuen Verfahren monatlich ein halbes Gramm Radium hergestellt werde.

Auch in Portugal (Distrikt von Guarda) hat man neuerdings Uranerze aufgefunden (Berg- und Hüttenmännische Rundschau IV. 1910, Nr. 17, S. 185). Die Pariser Radiumwerke sollen, wie Notizen in Zeitungen (Münchn. N. N. 25. Okt. 1910) besagen, mit Rohmaterial aus Portugal (Autunit) versorgt werden.¹⁾

Viel genannt werden die Kolmlagerstätten Schwedens. Bei Närke und Västergötland werden cambrische Alaunschiefer auf ihre in flachen wenig starken Linsen darin eingebetteten Einschlüsse einer eigenartigen, etwa 0,4 % Uranoxyduloxyd enthaltenden Kohle (Kolm) verarbeitet; für die Ausbeute müssen jedoch sehr große Massen von Schiefer bewältigt werden.

¹⁾ Der portugiesische Autunit wurde in jüngster Zeit von MARCKWALD und RUSSELL („Über den Radiumgehalt einiger Uranerze“) auf seinen Gehalt an Radium und das Verhältnis von diesem zu Uran darin untersucht. Die fünf zur Prüfung gelangten Proben zeigten ganz verschiedene Verhältnisse zwischen Radium und Uran. Setzt man willkürlich das von den genannten Gelehrten ermittelte Verhältnis von Radium zu Uran in der Joachimstaler Pechblende gleich 100, welches Verhältnis auch im javanischen Thorianit und in der afrikanischen Pechblende in der Hauptsache gefunden wurde, so lieferten die Proben die Werte 20,7; 24,9; 38,6; 41,7; 68,0. Im Autunit von Autun konnte das Verhältnis von Radium zu Uran zu 27,7 nachgewiesen werden. Daraus wäre zu schließen, daß der Autunit regelmäßig nur einen Teil der theoretischen Gleichgewichtsmenge an Radium enthalte. Die Autoren nehmen deshalb an, daß das Radium im genannten Mineral einen Auslaugungsprozeß erfahren habe, wofür sie noch andere Ausführungen chemischer Art vorbringen (Berichte d. Deutsch. Chemisch. Ges. 44, Nr. 6, 1911).

Als magmatische Ausscheidung auf Pegmatitgängen kann das Vorkommen von Lunkwengule im Ulugurugebirge, Bezirk Morogoro in Deutsch-Ostafrika gelten. Die Pechblende, die sich wie ihr Verwitterungsprodukt, ein Uranylkarbonat, stark radioaktiv erweist, findet sich daselbst in Kristallen in den Glimmertafeln eingesprengt vor; nähere Ermittlungen über die Ergiebigkeit stehen noch aus. — Über neuerliche Radiumsfunde in Australien s. Chemikerzeitung 1911, S. 931.

Was Joachimstal betrifft, so schätzt Krusch die Maximalproduktion an Pechblende, welche die beiden hauptsächlich in Betracht kommenden Gruben auf längere Zeit zu liefern imstande sind, auf 16—20 t jährlich mit einem Durchschnittsgehalt von 55% U_3O_8 . Die Erze werden zunächst auf radiumfreie Uranfarben verarbeitet, so daß der Radiumgehalt in den Rückständen konzentriert wird. Deren Menge beläuft sich nach der Jahresproduktion auf 6 t, was einer jährlichen Produktion von 1,8 g Radiumsalz höchster Aktivität entspricht. Der Wert dieses Produktes kann auf 720 000 Frcs. angesetzt werden, da 1 g vom Radiumsalz höchster Aktivität zurzeit im Preise von annähernd 400 000 Frcs. steht. Der heutige Radiumpreis ist als ein Zufallswert zu betrachten, der nicht direkt mit dem Marktpreis anderer Metalle verglichen werden kann. Einem solch' hohen Werte stehen höchst geringe Unkosten gegenüber: nur 10 000 Frcs. pro Gramm Radium.

In Paris ist vor einiger Zeit eine Radiumbank gegründet worden, die im Geschäftsjahr 1910 insgesamt 1,92 g Radiumsalz höchster Aktivität zum oben bemerkten Preis pro Gramm verkauft hat. Davon entfallen 254 000 Frcs. auf Frankreich und 514 000 Frcs. auf das Ausland; für 73 000 Frcs. wurden zu industriellen, für 695 000 Frcs. zu Heilzwecken gekauft. Diese Daten sind gleichfalls dem Vortrag von Prof. Dr. KRUSCH entnommen, aus welchem noch folgende Sätze wegen ihrer allgemeineren Bedeutung anzuführen geboten sein wird.

„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 Joachimstal gerechnet werden.“

Am Schlusse seines Kapitels „Über die Höhe der heute möglichen Radiumproduktion“ gibt KRUSCH noch einige Gesichtspunkte für den künftigen Radiummarkt an, welche Punkte hier gleichfalls vorgeführt werden sollen: 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 ein 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.“¹⁾ 3. „Der Radiummarkt ist aufs engste verknüpft mit dem Uranfarbenmarkt. — Ein gesunder Radiummarkt ist nur möglich durch Zusammenschluß aller Bergwerksinteressenten, die bei der Absatzigkeit der Erzmittel ausgedehnte Aufschlußarbeiten treiben und stets für erhebliche Vor-

¹⁾ So liest man gegenwärtig in den Zeitungen (Kölnische Zeitung, Freitag 14. Juli 1911, Nr. 783) als Analogon hierzu, daß ein von der Firma KNÖFLER & Co. nach dem Verfahren von Prof. Dr. OTTO HAHN vor einiger Zeit dargestelltes Präparat von Mesothoriumbromid, das übrigens auch Radiumbromid enthält (bis zu 25%), von der Kgl. Akademie zu Berlin unter gewissen Bedingungen, die in der erwähnten Notiz der Hauptsache nach angegeben sind, zu Forschungszwecken ausgeliehen wird.

„Es ist in letzter Zeit Herrn O. HAHN gelungen, aus Thoriummineralien radioaktive Substanzen, die der Zerfallsreihe des Thoriums angehören, herzustellen, deren Strahlungsintensität, auf gleiche Gewichtsmengen bezogen, der von reinem Radium mindestens gleichkommt, diese aber auch um ein Mehrfaches übertreffen kann. Solche starke Mesothoriumpräparate können aus den bis jetzt als wertlos betrachteten Thoriumrückständen gewonnen werden. — Da Deutschland kein Ausgangsmaterial für Radium besitzt, hingegen der größte Thoriumproduzent der Welt ist, so daß es imstande wäre, jährlich eine Menge Mesothorium zu fabrizieren, die etwa 10 g reinem Radium entspräche, so ist die Auffindung des Verfahrens zur fabrikmäßigen Herstellung des Mesothors und Radiothors für Deutschland von speziellem Interesse.“ (Entnommen dem Aufsätze von Dr. LISE MEITNER: Die radioaktiven Eigenschaften der Thoriumreihe in Naturwissenschaftl. Rundschau, 26. Jahrg. Nr. 28, 13. Juli 1911).

ratsmengen sorgen müssen, also ein bedeutendes Risiko eingehen. Das Bestreben der Interessenten muß zur Verhinderung des Fallens der Uranfarbenpreise darauf gerichtet sein, den Konsum an Uranfarben zu heben. Wünschenswert ist aber außerdem wegen des heutigen geringen Verbrauchs an Radium auch für die Erweiterung des Konsums der Radiumsalze höchster Aktivität zu sorgen.“

5. Sonstige radioaktive Mineralien.

Als ein radioaktives Mineral wird weiter der Pyromorphit (Bleichlorophosphat oder Grünbleierz) bezeichnet. Er ist aus Bayern von Freihung bei Vilseck, von mehreren Plätzen (Altfalter, Weiding, Pretzabruck) der Gegend von Schwarzenfeld in der Nähe jener Flußspatgänge, dann von Hunding bei Lalling und von Arzberg bekannt; wegen der Seltenheit seines Vorkommens ist eine Gewinnung ausgeschlossen. Auch Zinnstein, wenigstens der erzgebirgische, soll radioaktiv sein. Seine Verbreitung in Bayern beschränkt sich auf vereinzelte vom Bergbau längst verlassene Gänge in der Weißenstadter Gegend und bei Hirschberg und auf Seifenablagerungen am Schneeberg sowie sonst im Gebiete der Uranglimmervorkommnisse bei Wunsiedel und Kirchenlamitz (s. S. 196). Endlich wäre noch der Zinnober als radioaktives Mineral zu erwähnen; er kommt im Porphyry, Melaphyr und im Sandstein der Überkohlengebirgsschichten auf den pfälzischen Quecksilberlagerstätten vor: leider nicht mehr reichlich genug, sonst müßte er in erster Linie zur Ausbringung von Quecksilber dienen.¹⁾ Unberücksichtigt können die in winzigen Körnern im Urgebirgsgestein eingeschlossenen radioaktiven Mineralien Xenotim und Monazit (Selb, Reuth bei Ge-frees, Glattbach und Gailbach im Spessart) bleiben, ebenso auch der mehr verbreitete Orthit (Orthitgneise der Aschaffener Gegend), der wohl nur dann deutlichere Aktivität zeigen dürfte, wenn ihm ein gewisser Gehalt an Thor eigen. — In allergeringsten Mengen scheint übrigens das Radium in verschiedenen, nicht gerade seltenen Mineralien, vielleicht auch nur in gewissen Verbreitungsbezirken derselben, enthalten zu sein. So enthält nach den neuesten Untersuchungen STRUTTS (Proc. of the Roy. Soc. of London, Ser. A, Bd. LXXX, 1908, p. 572) Baryt, Graphit und Eisenglanz aus Cumberland ganz minimale Beimengungen von Radium. Ein solcher Gehalt mag jedoch immerhin nicht ganz belanglos sein für die Allgemeinheit, denn Wasser, die Gesteine mit radiumhaltigen oder überhaupt aktiven Mineralien durchziehen, könnten daraus ihren Emanationsgehalt oder ihre Beimengung an gelösten aktiven Salzen bekommen. Insofern mögen vielleicht der genannte Orthit, dann aber namentlich die in kleinsten Kriställchen in den Gesteinen äußerst verbreiteten Mineralien Apatit und Zirkon, die wahrscheinlich auch als Träger von Aktivität gelten können, keine so ganz unbedeutende Rolle spielen in Bezug auf die Ursache der Aktivität von Quellen.

Reiner Zirkon ist nicht radioaktiv; durch seine Beimengungen (wohl meist thoritartiger Natur) kommt ihm gewöhnlich ein ganz minimaler Gehalt von radioaktiver Substanz von wenigen Millionstel Prozent zu.

6. Radioaktivität der Luft und der Gesteine.

Das bisherige bezog sich vor allem auf Mineralien. Es gibt aber auch eine Radioaktivität der Atmosphäre, der Gesteine, und, wie bekannt, der Quellen.

Bei Messungen, die Prof. Dr. EBERT an der Luft auf einer Waldwiese nächst der Nößlinger Mühle bei Viechtach vorgenommen hat, ergaben sich Resultate,

¹⁾ Über die frühere Ausbeute an einzelnen Stellen siehe die Notizen über den alten Quecksilbergbau am Potzberg in den Erläuterungen zu dem Blatte Kusel (1910), S. 72–75 und S. 226 (Königsberg).

welche auf rein lokale Ursachen hinweisen, es kämen dabei wohl in erster Linie Bodenemanationen in Betracht. Vom geologischen Standpunkt aus betrachtet, würde eine solche Annahme keinem Hindernisse begegnen, denn die Stelle liegt im granitischen Territorium und den Granitgebieten gehören hauptsächlich die Mineralsubstanzen an, von denen radioaktive Erscheinungen ausgehen.

Instruktive Untersuchungen liegen im allgemeinen über den Emanationsgehalt der Bodenluft vor, wobei sich eine Abhängigkeit von der petrographischen Beschaffenheit des Gesteins gezeigt hat (s. VON DEM BORNE: Untersuchungen über die Abhängigkeit der Radioaktivität der Bodenluft von geologischen Faktoren, Zeitschrift d. Deutsch. geol. Ges. 56). Diese Untersuchungen erstreckten sich aber nicht auf Gebietsteile, die in Bayern liegen.

Ebenso sind unter den ausgedehnten Ermittlungen über die Radioaktivität der Gesteine unseres Wissens noch keine Nachweise für bayerische Vorkommnisse gegeben.¹⁾ Im Gegensatz nämlich zu der intensiven Mineralaktivität, deren Träger die oben bezeichneten, meist ziemlich verbreiteten, aber nirgends häufigen Mineralien sind, steht die schwache, universell verbreitete Gesteinsaktivität, die, wie man glaubt, mehr oder minder allen uns zugänglichen Bestandteilen des Erdballs anhaftet. Man meint (s. VON DEM BORNE²⁾ S. 100) jetzt darüber folgendes sagen zu können: Gesunde, d. h. unverwitterte Gesteine des Erdinnern sind inaktiv, die Derivate vulkanischer Gesteine scheinen vielfach stärker aktiv zu sein, als diejenigen von sedimentärem Ursprung und weiters sind alle tonhaltigen Verwitterungsgesteine der Erdoberfläche deutlich radioaktiv. — Granite haben beispielsweise einen Radiumgehalt von 4,1 Billionstel Gramm auf das Gramm Gesteinsmasse.

Weiß man den Gehalt an Radium, dann ist damit auch der von Uran in den Gesteinen sowie in den Mineralien, die keine Uranverbindungen selbst sind, gegeben, denn Uran wie Radium kommen gemeinsam und in bestimmten Mengenverhältnissen zueinander vor. Der Gehalt an Radium wurde beispielsweise in einem Cornwaller Granit zu 281 Billionstel Gramm in 100 Gramm Gesteinssubstanz gefunden, dem entspricht eine Uranoxydmenge von 870 Millionstel Gramm. Das Uran zeigt sich direkt mit dem Radium verknüpft durch das Jonium, da das Radium aus dem Jonium und dieses wieder aus dem Uran hervorgeht. Das Radium zerfällt gegenwärtig auf der Erde; es wird ersetzt durch eine dauernde aktive Substanz und diese ist das Uran (JOLY Uran und Geologie, Naturwissenschaftl. Rundschau, 24. Dezember 1908).

Eine relativ starke Aktivität ist an den Erzgebirgsgraniten beobachtet worden. Damit lenkt sich der Blick für uns auf die Granite des Fichtelgebirges und weiters, worüber unten noch gesprochen werden soll, auf die ausgedehnten granitischen Massen im Bayerischen Wald. Wenn auch die Aktivität der Gesteine gering ist und an und für sich keine besondere praktische Bedeutung haben dürfte, so steht damit doch wohl ein aktiver Zustand oder die Emanation der Quellwasser der betreffenden Gebiete in Zusammenhang und diese Verhältnisse dürften wiederum allgemeineres Interesse beanspruchen.

7. Quellen.

Während das Meerwasser vollständig inaktiv zu sein scheint, sind, wie von HIMSTEDT nachgewiesen wurde, Wasser, die aus dem Erdinnern dringen, bei ihrem Austritt „mehr oder weniger mit Emanation gesättigt“ (VON DEM BORNE,²⁾ S. 103).

¹⁾ Wenigstens fehlen darüber Angaben in der Literatur. Herr Reallehrer H. GÜNTHER in Kulmbach hat mir jedoch mitgeteilt, daß er einige Gesteinsarten aus dem Fichtelgebirge bereits untersucht habe. Im Epprechtsteiner Granit konnte er Radioaktivität deutlich nachweisen. Einschlägiges darüber gedenkt er später selbst zu veröffentlichen.

²⁾ Zitiert auf S. 195/6.

„Untersuchungen des Erdbodens zeigten, daß dieser durchgängig spurenweise und zwar dauernd radioaktiv ist. Die Quellwasser führen die in den Poren des Bodens angesammelte Emanation mit sich und geben sie dem HENRY-DALTON'schen Gesetze gemäß an die Luft ab. Noch reichlicher nimmt Erdöl die Emanation auf. Viele Quellwasser, die aus großen Tiefen kommen, sind besonders reich an Radium-Emanation. Deshalb sind viele Thermal- und andere Heilquellen sehr gründlich hinsichtlich ihres Gehalts an radioaktiven Stoffen untersucht worden. — Obwohl sicherlich die Radioaktivität vieler Heilquellen für deren therapeutischen Wert bedeutungslos ist, so scheint doch in gewissen Fällen ihre spezifische Wirkung auf dem Emanationsgehalt zu beruhen. Ist es doch bekannt, daß die Gasteiner Thermen fast frei von gelösten Salzen sind. An Emanationsgehalt aber übertreffen sie fast alle bekannten Quellwasser.“ Soweit läßt sich MARCKWALD vernehmen. (Die Radioaktivität, Ber. d. deutsch. chem. Ges. 41, Nr. 8, 1908, S. 1557.) Die Einwirkung aktiver oder mit Emanation versehener Wasser auf den Körper wird man nicht unterschätzen dürfen, näheres darüber findet man in der Abhandlung NAGEL-SCHMIDT und KOHLRAUSCH, Die physiologischen Grundlagen der Radiumemanationstherapie, Biochemische Zeitschr. 1908, Bd. 15, vor. Die erhöhte Heilkraft eines Wassers am Quell- und Badeort gegenüber der Wirkung seines auswärtigen Gebrauches schreibt man der Radioaktivität, die am Ursprungsort am ungeschwächtesten sich zeigt, zu. Radiumemanation ist in allen daraufhin untersuchten Heilquellen nachgewiesen worden, auch kommt eine solche, wie schon erwähnt, allen Quellwassern zu: eine schwache Radioaktivität ist, wie KRUSCH sagt, fast in allen Wasserleitungswässern vorhanden; einige Quellen enthalten außerdem radioaktive oder überhaupt aktive Substanzen selbst, so Radium, Thor, Aktinium. Ein Zusammenhang der Größe des Emanationsgehaltes der Quelle mit dem geologischen Aufbau des betreffenden Quellgebietes läßt sich für die meisten Orte, wie SOMMER wohl mit Recht glaubt (Emanation und Emanationstherapie, München 1908, S. 57), vermuten. Die meisten radioaktiven Quellen, sagt der Ebengenannte, scheinen aus granitischem Gestein zu entspringen. Als die stärkste aktive Therme galt bislang die schon von den alten Römern benutzte Quelle von Lacco Ameno auf Ischia, sie entspringt jedoch dem trachytischen Tuff eines Vulkangebietes; Baden-Baden gehört dem Granit, Gastein dem mit Granit verwandten Gneis an. Die allerstärksten Quellen schienen bis jetzt die Joachimstaler, worauf weiter unten zurückzukommen sein wird, zu sein. Ganz neuerdings fand man im Wasser vom Brambacher Sprudel im sächsischen Vogtland einen noch höheren Gehalt an Radioaktivität auf.¹⁾ Diese neuerbohrte Quelle liegt am Granitrande der nordöstlichen Ausläufer des Fichtelgebirges. In Bayern befindet sich die bis jetzt bekannte stärkste radioaktive Quelle (Heilstätte bei Bischofsgrün) im Gebiete des aus Granit bestehenden Zentralstocks des Fichtelgebirgs und zwar am Nordabhang desselben.²⁾ Im allgemeinen kann man

¹⁾ FRESSENIUS und CZAPSKI, Über die neue radioaktive Mineralquelle zu Brambach i. V. (Chemikerzeitung 35, vom 4. Juli 1911). Die den ausgeschüttelten radioaktiven Emanationen entsprechende Sättigungsstromstärke wurde zu 2270 Mache-Einheiten gefunden. Für die Wernerlaufquelle von Joachimstal werden 600 Mache-Einheiten angegeben. Nach einer Notiz in der Kölnischen Zeitung (14. Juli 1911, Nr. 2783) weisen zahlreiche Wasser der Brambacher Gegend eine Emanation von über 100 bis 300 Mache-Einheiten auf, während sonst die meisten Heilquellen eine Emanation von nur 20 bis 120 besitzen. — Die Entfernung von Brambach bis zur bayerischen Grenze beträgt in der Luftlinie $8\frac{1}{2}$ km.

²⁾ Ganz neuerdings ist in einem dünnen Wasserstreifen am Uranglimmerfundplatz im Granitgebiet der Platte eine Aktivität konstatiert worden, die sich nahezu mit der der Quelle am Lacco Ameno vergleichen kann.

Platte = Fichtelgebirg vgl. S. 192

daher sagen, die vulkanischen Gesteine, bei uns in Deutschland mit den Nachbarländern vorzugsweise die alteruptiven Gesteine von granitischem Typus sind diejenigen Gesteinsbildungen, in deren Bereich die stärksten Quellenaktivitäten auftreten. Hinsichtlich Bayerns ist wohl im Bereiche der Fichtelgebirgischen Masse und der alten Bildungen im Frankenwalde eine Reihe von Messungen an Quellwassern vorgenommen worden, aber für die granitischen Gebiete des Bayerischen Waldes liegen unseres Wissens noch keine näheren Beobachtungen nach dieser Richtung vor. Im Österreichischen sind neuerdings, was kurz erwähnt sein mag, im südböhmischen Hauptgranitstock bei Tannbach und Guttau im Mühlviertel, etwa 60 km von der Grenze zum Bayerischen Wald entfernt, einige Quellen, die zum Teil schon als Mineralquellen bekannt waren, sehr kräftig radioaktiv befunden worden. — Nächst dem Granit käme der Porphyr in Betracht; einem solchen Gestein oder in der Nachbarschaft davon entfließen die auch ziemlich stark radioaktiven Quellen von Kreuznach und Münster a. Stein in der Rheinprovinz, welche Plätze hart an der pfälzischen Grenze gelegen sind.

Einige der wichtigeren Quellwasser aus dem Fichtelgebirge sollen weiter unten noch besprochen werden. Was die eigentlichen Mineralquellen betrifft, so liegen aus Bayern in der Literatur doch schon über eine ganze Reihe von Mineralwassern die Untersuchungsergebnisse vor. Die ersten einschlägigen Beobachtungen wurden an den Quellen von Dürkheim, Steben und Bad Kissingen angestellt. „Über die Radioaktivität der Maxquelle in Bad Dürkheim a. d. Haardt“ gibt eine ausführliche Abhandlung von EBLER Aufschluß (Verhandlungen des naturhistor. Vereins zu Heidelberg, Neue Folge, 9. Bd. 1908). „Die Radioaktivität der Stebener Stahlquellen“, die lediglich radioaktive Emanation, aber kein radioaktives Salz enthalten, behandelt Dr. HAMMER (Münchener mediz. Wochenschrift Nr. 8, 1907); dieser Aufsatz schließt mit den Worten: „Die Stebener Stahlquellen gehören demnach nicht nur ihres Eisen- und Kohlensäuregehaltes wegen, sondern auch wegen ihrer hohen Radioaktivität zu den stärksten bisher bekannten Stahlsäuerlingen.“ Über die Radioaktivität der Kissinger Quellen teilt FEL. JENTZSCH (Physikal. Zeitschrift 8. Jahrg. 1907) Einschlägiges mit; der größte Teil der vorhandenen Aktivität wird nach ihm der Anwesenheit von im Wasser gelösten, selbst emanierenden Salzen, die Thorium oder das die Thor-Aktivität hervorbringende Element enthalten, zuzuschreiben sein, ein Teil könnte wohl auch vom Radium herrühren, Schönborn und Solesprudel zeigen dagegen Aktivitäten, die sich der des Radiums direkt anschließen.

Es wird geboten sein, nochmals auf die Dürkheimer Quelle zurückzukommen. Im Wasser der Maxquelle (warmer erdmuriatischer Kochsalzsäuerling), in dessen Rückständen vor mehreren Jahrzehnten zwei neue Elemente (Rubidium und Caesium) entdeckt wurden, sind primär radioaktive Salze gelöst, die sich im Sediment anreichern. Dasselbe enthält daher eine stark radioaktive Substanz und besitzt außerdem auch einen hohen Arsengehalt. Die Maxquelle ist die zweitstärkste Mineralquelle an Arsengehalt (0,0174 g in 1 Liter). Die von der Maxquelle gelieferten Sedimentmengen sind größer als bei irgend einer anderen bis jetzt untersuchten radioaktiven Quelle (EBLER l. c. S. 97). Unter der Annahme, daß die in der Dürkheimer Mutterlauge in erheblichem Maße angereicherte radioaktive Substanz Radium sei, wäre nach EBLER (l. c. S. 113) in ungefähr 34 Litern Mutterlauge die gleiche Menge Radium enthalten wie in 1 g Uranpecherzrückständen. Die radioaktive Substanz glaubt der Genannte einem bis jetzt unbekannten Alkalimetall zuzuschreiben, das das erste Glied der Radium-Thorium-Uranium-Reihe des

periodischen Systems der Elemente bilde; dieses Element wäre das elektro-positivste. Man vergleiche jedoch hierzu den Aufsatz von M. LEVIN „Über die Radioaktivität der Quellen von Bad Dürkheim a. d. Haardt“ (Physikal. Zeitschrift, 11. Jahrg. 1911, S. 322). Jedenfalls erscheint die hohe Aktivität von Sediment und Mutterlauge sehr beachtenswert. Es darf dabei wohl der Ausnützung des Radiumgehaltes der Kreuznacher Wasser und ihres Schlammes gedacht werden, woraus man sogar 30prozentige Salze herstellt. Freilich zeigen die Kreuznacher Quellen eine weit höhere Aktivität, wie aus der Zahl der Mache-Einheiten hervorgeht, als das Wasser der Maxquelle. Was das Sediment der Maxquelle betrifft, so sagt EBLER (l. c. S. 111): „Obwohl die Maxquelle sehr viel Sediment liefert, ist es doch schwierig, ohne Störung des Dürkheimer Gradierbetriebes größere Mengen reines Maxquellensediments zu erhalten.“ Ob und in wie weit daher gegebenenfalls beim Dürkheimer Wasser eine dem Kreuznacher ähnliche Verwendung möglich wäre, muß der Erörterung von Sachverständigen auf physikalisch-chemischem Gebiete überlassen bleiben. Von geologischer Seite aus kann man weiters sagen, daß keinerlei Anzeichen in der Gegend gegeben sind, um andernorts im Gebiete mit aller Sicherheit auf ein dem Dürkheimer Wasser der Maxquelle in der Beschaffenheit völlig entsprechendes Wasser zu stoßen.

Seitdem dies niedergeschrieben wurde, ist eine neue Arbeit von EBLER erschienen, betitelt „Die chemischen Verhältnisse der Maxquelle zu Bad Dürkheim a. d. Haardt“ (Bericht zur 43. Versammlung des Oberrheinisch. Geol. Vereins zu Bad Dürkheim am 29. März 1910). In dieser Abhandlung werden ganz genaue Analysen des Wassers mitgeteilt und die bisherigen Ergebnisse über die Radioaktivität bekannt gegeben. — Was diese Untersuchungen — „also die Entscheidung der Frage, in welcher Weise sowohl qualitativ als quantitativ die bis jetzt bekannten 29 radioaktiven Elemente in den Quellbestandteilen vergesellschaftet sind“ — anlangt, so sind die Versuche noch im vollen Gang. Aus dem seither Ermittelten möge folgendes angeführt werden:

„Sowohl das Quellwasser als auch das aus der Quelle sich kontinuierlich entwickelnde Quellgas (mit dem jeweiligen Luftdruck etwas schwankend in einer Stunde ca. 30 Liter Gas, das im wesentlichen aus CO_2 besteht) als auch die sich reichlich bildenden Quellsedimente enthalten radioaktive Stoffe. — Das Quellwasser in einer solchen Menge, daß die in 1 Liter Maxquellenwasser enthaltenen Emanationen einen Sättigungsstrom von $2,4 \times 10^{-8}$ E.S.E. (= elektrostatische Stromstärke-Einheiten) zu unterhalten vermögen. Die radioaktiven Substanzen im Quellgas (wobei es sich natürlich nur um Emanationen handelt) vermögen pro Liter Quellgas einen Sättigungsstrom von $7,7 \times 10^{-8}$ E.S.E. zu unterhalten. — Die Quelle enthält nicht nur die verhältnismäßig kurzlebigen radioaktiven Emanationen, sondern auch solide, dauernd radioaktive Substanzen, die nach dem Entfernen oder Zerfallen der Emanationen im Wasser gelöst sind und zwar in einer Menge, daß sie pro 1 Liter Quellwasser einen Sättigungsstrom von $0,27 \times 10^{-8}$ E.S.E. zu unterhalten vermögen. — Quellsedimente und Mutterlaugen enthalten nicht unbeträchtliche Mengen radioaktiver Substanzen und infolge der Anreicherung treten Stoffe zutage, die sich im ursprünglichen Quellwasser nicht direkt zu erkennen geben. — Die nähere chemische Untersuchung der Quellsedimente hat nun bis jetzt gezeigt, daß ein erheblicher Teil der Aktivität der Sedimente auf einem Gehalt an Radioblei beruht. Dabei sind unter Radioblei aktive Produkte zu verstehen, die sich chemisch-analytisch mit dem Blei abscheiden, als primären aktiven Bestandteil das Radium D und als strahlende Bestandteile das Radium E₂ und Radium F (Polonium) enthalten.“

Über die geologischen Verhältnisse des Dürkheimer Quellgebietes geben einige neuere Arbeiten vom Kgl. Landesgeologen Dr. REIS näheren Aufschluß, insbesondere die Aufsätze: „Geologische Orientierung über die Maxquelle“ mit Profilskizze durch den Maxbrunnen und „Geologischer Spaziergang von Dürkheim nach der Limburg und zurück nach Seebach“ mit geologischer Karte (1:25 000) der Gegend von Dürkheim und Leistadt, enthalten in den Berichten über die 43. Versammlung des Oberrheinischen Vereins zu Bad Dürkheim, II. Teil, 1910, sowie „Zur geologischen Orientierung über die Maxquelle“ in der Nachlese zu den Exkursionsberichten der Bad Dürkheimer Tagung (Jahresbericht und Mitteilungen des Oberrheinischen Geologischen Vereins, Neue Folge Bd. I, Heft 2, 1911). — Das Quellenterrain liegt hauptsächlich im Buntsandstein (zum Teil auch im Tertiär) und zwar im Gebiet der nach dem Rheintalgraben zu geneigten ausgebleichten Randschollen an einem Kreuzungs-

punkt zweier Störungszüge (mit hercynischer und mit Nord-Südrichtung) und in der Nähe eines Basaltdurchbruchs. Die Bohrung der Maxquelle ist im oberen Hauptbuntsandstein angesetzt, dessen Schichten mit 25° nach Osten und Südosten einfallen; der Buntsandstein wurde bis zur Tiefe von 260 m durchsunken. Von 56 m an beginnen die Solezuflüsse, eine besonders starke Zuströmung läßt sich bei 203 m erkennen. Im untersten Teil des Buntsandsteinkomplexes sind die Schichten viel von Spalten mit Tonausfüllungen durchzogen, aus welcher Region keine Solezuflüsse mehr bekannt sind; dagegen ist ein salzfreier Sauerling mit Gasquelle bei 291 m angetroffen worden. Von 261 m ab setzt das Rotliegende ein, bei etwa 290 m hatte die Bohrung den Grauwackenschiefer, mit oder über dem zugleich auch melaphyrische Gesteine vorkommen, erreicht. In der Tiefe ruht wahrscheinlich granitisches Grundgebirge. Von diesem aus, das als der Herd der seltenen Elemente anzusehen ist, müssen sich noch Einflüsse auf das Mineralwasser geltend machen, so daß wir also hiefür juvenile Stoffe in Anspruch nehmen dürfen, zweifellos ist aber dasselbe durch die Zuzüge in den obersten Schichtenregionen stark vados gemischt.

Wie hoch sich die Stärke der Aktivität bei den bayerischen Mineralwassern, von denen Ermittlungen vorliegen, beläuft, möge aus der nachstehenden Zusammenstellung ersehen werden. Dieselbe wird freilich nicht auf Vollständigkeit Anspruch machen können, da es mir in letzter Zeit nicht mehr möglich war, eingehendere Erkundigungen einzuziehen und manche Angaben wohl nur in Gelegenheitschriften niedergelegt sind, ohne Eingang in die allgemeine Literatur gefunden zu haben. Die Ziffern in der folgenden Zusammenstellung geben die Stärke in sogen. Mache-Einheiten. Die Wasseraktivität bedeutet die Stärke desjenigen Sättigungsstromes, den die in einem Liter Wasser gelöste Emanation hervorruft und zwar gemessen in $1/1000$ elektrostatischen Einheiten (E.S.E.). Eine Mache-Einheit ist dann das Tausendfache der Stärke dieses von einem Liter aktiven Wassers erzeugten elektrischen Stromes.

Bad Steben, Tempelquelle	142,77	Mache-Einheiten
Bad Sodenthal, Echterquelle	22,30	oder
Alexandersbad, Luisenquelle	22,05	E.S.E. $\times 10^3$
„ „ Ludwigsquelle	18,46	
Bad Steben, Wiesenquelle	15,50	
Kondrau, Prinz Ludwigquelle	9,28	
Bad Sodenthal, Rochusquelle	8,70	
Langenau, Max-Marienquelle	8,36	
Bad Kissingen, Maxquelle	4,33	
König Ottobad bei Wiesau, Ottoquelle	4,28	
Bad Kissingen, Rakoczy	2,85	
„ „ Pandur	2,60	
Bad Dürkheim, Maxquelle	2,40	
Bad Sodenthal, Parkquelle	2,10	
Bad Tölz, Karlsquelle	1,60	
„ „ Maximiliansquelle	1,60	
König Ottobad, Sprudel	1,39	
Bad Tölz, Jodtrinkquelle	1,20	
„ „ Marienquelle	1,15	
„ „ Annaquelle	0,80	
Bad Reichenhall, Kaiser Karlquelle	0,31	
Bad Kissingen, Solsprudel	0,05	
„ „ Schönborn	0,02	

Die stärkste radioaktive Mineralquelle in Bayern ist sonach die Tempelquelle in Steben, die wie die übrigen hier aufgeführten oberfränkischen Heilquellen

(Alexandersbad, Langenau) samt den Wiesauer Quellen in der Oberpfalz zu den Eisenquellen gehört: das Langenauer Wasser ist ein erdiger Eisensäuerling, die anderen können als reine Eisenquellen bezeichnet werden. Die Kondrauer Quelle bei Waldsassen (Oberpfalz) ist ein alkalischer Sauerbrunnen. Die Wasser in Reichenhall, Kissingen, Dürkheim und Sodenthal sind Kochsalzquellen, während die einfachen kalten Quellen von Tölz einen Jodgehalt aufweisen.

Die Emanation der Tempelquelle wird sogar neuerdings zu 147,47 M.E. angegeben, während ältere Messungen (l. c.) nur 125 M.E. fanden. Für die Wiesenquelle ergaben neuere Beobachtungen die Stärke von 13,79 M.E. Betreffs des Wassers von Langenau haben spätere Bestimmungen einen geringeren Gehalt als den oben bemerkten ermittelt. Die Werte der Tölzer und Reichenhaller Quellen (nach BENDER und HOBEIN) sind der Schrift SOMMER „Über die Radioaktivitätsverhältnisse der natürlichen Heilquellen des deutschen Sprachgebietes“ entnommen; für die Reichenhaller Kaiser Karlquelle gibt v. HEINLETH (Zeitschr. f. Balneologie II, 1910, S. 646) eine etwas höhere Ziffer (0,43 M.E.) an. — Zeitungsnotizen zufolge wurde auch in den Quellen des Wildbades Haßfurt Radioaktivität nachgewiesen.

Weiters ist das alkalisch-sulfidische Jodwasser (erbohrt in einer Tiefe von 676 m) von Wiessee am Tegernsee nach der Untersuchung von Dr. KURZ als radioaktiv befunden worden, welche Therme (23° C.) sich durch hohen Schwefel- und Jodgehalt auszeichnet; dieser, der Jodgehalt, wurde zuerst bei Gelegenheit einer dienstlichen Untersuchung im Laboratorium der Geognostischen Abteilung konstatiert.

Was die geologische Lage der Mineralquellen betrifft, so können hier nur noch für einen Teil derselben ein paar kurze Bemerkungen darüber, des beschränkten Raumes halber, eingeflochten werden. Die Stebener Quellen entspringen dem Diabas, einem Grünstein (Melaphyr) gehört vielleicht ein Teil der Zuzüge der Dürkheimer Quelle an. Es dürfte aber auch für diese der tiefere, granitische Untergrund in Betracht kommen. Sodenthal liegt im Spessarter Buntsandsteingebiet, es streicht jedoch oberhalb des Quellgebietes der Granit auf eine kurze Strecke im Tale aus. Die Kissinger Quellen treten aus Buntsandstein aus, stehen aber mit den salzführenden Ablagerungen des Zechsteins und wahrscheinlich auch mit den basaltischen Eruptivgebilden der Rhön in Zusammenhang.

Über Quellwasser aus dem Fichtelgebirge gingen uns bis zu Beginn des Jahres 1909 folgende Angaben zu:

Weißmainquelle auf dem Ochsenkopf	22,81 Mache-Einheiten
Sauerbrunnen im Fichtelmoor bei Fichtelberg ca. 20	„
Quelle auf dem Weißenstein bei Stammbach	2,6 „
Saalequelle am Waldsteinzug	1,89 „

Die betreffenden Untersuchungen sind vom Kgl. Reallehrer HANS GÜNTHER in Kulmbach, welchem wir auch einige der obigen Bestimmungen über die radioaktiven Mineralwasser verdanken, ausgeführt worden; es sind noch Kontrollmessungen beabsichtigt, daher die Ergebnisse vielleicht noch kleine Berichtigungen erfahren dürften. Herr GÜNTHER hat nun in letzter Zeit seine Untersuchungen noch weiter fortgesetzt und beabsichtigt, das umfangreiche Material seiner Beobachtungen in einer besonderen Schrift demnächst niederzulegen. Es möge daher im voraus auf diese in Aussicht stehende Veröffentlichung verwiesen sein. Außer von zahlreichen anderen Quellen wird darin die Aktivität folgender Quellwasser besprochen werden:

Sauerbrunnen bei Warmensteinach,
Ludwigsquelle bei Grassemann,
Fürstenbrunnen am Ochsenkopf,
Weißmainquelle am Ochsenkopf,
Fichtelnaabquelle am Ochsenkopf,

Lamitzbrunnen am Waldstein,
 Egerquelle,
 Quelle am Rudolphstein,
 Ringelbrunnen am Kornberg,
 Brunnen auf der Kösseine,
 Quelle auf der Luisenburg.

Nur vereinzelte dieser Wasser besitzen eine Stärke unter 20 Mache-Einheiten, bei mehreren gehen die Ziffern über 30 oder sogar 40 hinauf.

Der nicht gar zu geringe Gehalt an Radioaktivität (Emanation) der oberfränkischen Gebirgswasser scheint in manchen Kreisen Anregung zu eventueller Ausnützung gegeben zu haben. So war in der letzten Zeit in den Tageszeitungen wiederholt auf die radioaktiven Wasser des Fichtelgebirges hingewiesen. Selbstverständlich könnte dabei nur etwa eine therapeutische Wirkung der Wasser in Frage kommen.

Einer Quelle, mit deren Untersuchung sich gleichfalls der genannte Chemiker H. GÜNTHER beschäftigte, muß der Vollständigkeit halber, noch besonders Erwähnung getan werden. Das ist das Wasser im Reservoir der

Heilstätte Bischofsgrün am Schneeberg . . . 149,16 Mache-Einheiten.

Nach GÜNTHERS Ermittlungen ist dies das stärkste aller bisher untersuchten Quellwasser in Bayern; es übertrifft um ein Geringes auch das Wasser der Stebener Tempelquelle. Das Bischofsgrüner Sanatorium (für Lungenkranke), der Oberfränkischen Versicherungsanstalt in Bayreuth gehörig, ist auf Granit gelegen, es befindet sich, gleichwie Brambach, am Nordabfall des Hauptgebirgszuges.

Die Quellen treten ein paar hundert Schritte östlich vom Reservoir aus dem Granit aus. In der Nähe, nördlich von der Heilanstalt, zieht sich die Grenze zu den kristallinen Schiefern durch, die sich hier stark metamorphisiert (Fleckenglimmerschiefer) zeigen.

Einen ausreichenden Überblick über die Aktivität der fichtelgebirgischen Gebirgswasser wird man erst nach Veröffentlichung der Arbeit von HANS GÜNTHER erhalten können. Noch in jüngster Zeit sind von ihm wiederum neue Ermittlungen geschehen, die die Verbreitung von Wassern mit nicht unbedeutender Radioaktivität im Gebiete weiter dartun. Ein bei der Uranglimmer-Fundstätte an der Platte dem Granit ent quellendes Wässerchen zeigte sogar eine Aktivität halb so stark wie die Wernerlaufquelle von Joachimstal: wegen der geringen Wasserquantität und weil durch die Fortsetzung der Steinbruchsarbeiten die Wasserader leicht eine Veränderung erleiden kann, wird diese vorerst wohl weniger die Aufmerksamkeit verdienen.

Die oben genannte Weißmainquelle (Ochsenkopf) gehört dem Granit an, der Weißenstein dem Gneis, Saalequelle und die Mineralquelle in Alexandersbad entspringen dem Phyllit in der Nachbarschaft größerer Granitmassen. Die Mehrzahl der übrigen aufgeführten einfachen Quellwasser fällt ebenfalls dem Granit zu.

Zum Vergleiche mögen noch die Werte einiger auswärtiger Mineral- und sonstiger Quellwasser sowie einiger aktiver Stollenwasser aus dem Erzgebirge, geordnet nach dem Grade ihrer Stärke, beigesetzt werden.

Brambach, Sprudel	2270,0 Mache-Einh.
Joachimstal, Wernerlaufquelle	600
Lacco Ameno auf Ischia (altrömische Quelle)	372,2
Joachimstal, zweiter Wernerlauf am Schweizergang, ärarialisches Bergwerk	185
Bad Gastein, Grabenbäckerquelle	150
Baden-Baden, Büttquelle	125
Himmelfahrtsstollen, Georgental im Erzgebirge	58,8

Aix-les-Bains, Alaunquelle	56	Mache-Einh.
Bad Froy, Villnößtal, Südtirol, Magenquelle	51	
Karlsbad, Eisenquelle	47,5	
Karlsbad, Mühlbrunnen, vorderer	31,5	
Bad Kreuznach, Gradierhausquelle	27,6	
Bad Nauheim, Kurbrunnen	25,4	
Baden-Baden, Murquelle	24	
Bad Münster a. St., Hauptbrunnen	23,4	
Schloß Tannbach, Oberösterreich, Heilquelle	20,2	
Bad Bründl bei St. Oswald, Oberösterreich	17,5	
Kefermarkt, Oberösterreich, Dorfbrunnen	14	
Wiesbaden, Dr. Kurzquelle	11,95	
Bad Kreuznach, Hauptbäderquelle	11,8	
Wasserlauf bei Mühlleiten (Eibenstocker Revier)	10	
Contrexéville, Pavillon	10	
Bad Mergentheim, Karlsquelle	7,10	
Marienbad, Kreuzbrunnen	4,26	
Wildbad im Schwarzwald	1,85	
Wiesbaden, Kochbrunnen	1,23	
Franzensbad, Franzensquelle	0,82	
Ragaz-Pfäfers, Alte Quelle	0,76	
Karlsbad, Sprudel	0,4	
Kösen, Solquelle	0,24	
Rheinfelden, Sole	0,02	

Die radioaktiven Eigenschaften einiger Solquellen Nord- und Mitteldeutschlands finden in der gleichnamigen Inaugural-Dissertation (Halle 1909) von H. WIEPRECHT einen sorgfältigen Beschreiber. Hinsichtlich der Mineralquellen Württembergs stellte HEURUNG Beobachtungen an; nach ihm hält sich die Radioaktivität der untersuchten Quellen im allgemeinen in bescheidenen Grenzen (vgl. KOCH, Radioaktivität einiger Mineralquellen Württembergs, Physikal. Zeitschrift 7. Jahrg. Nr. 21). Über die schweizerischen Mineralquellen liegt eine Studie von J. VON SURY (Dissert. Freiburg 1907) vor, die Aktivität der meisten ist schwach, nur die St. Placidusquelle zu Disentis läßt in dieser Beziehung einen etwas höheren Wert erkennen. In Österreich gelangten in letzter Zeit zahlreiche Quellen zur Untersuchung durch M. BAMBERGER (Wiener Monatshefte, 1908). Viele Tiroler Quellen besitzen nur geringe Aktivität, eine der Quellen des Bades Froy (Villnößtal) macht dabei eine Ausnahme. Nicht unbedeutende Werte kommen einigen Quellen des oben schon erwähnten süd-böhmischen Hauptgranitstockes zu, so bei Schloß Tannbach, Bad Bründl, Kefermarkt. Hinsichtlich Joachimstal galt früher das in obiger Tabelle als zweiter Wernerlauf am Schweizergang aufgeführte Wasser als das stärkste im Revier, nach den neuesten Veröffentlichungen (STĚP, Das Radium und seine Eigenschaften; PETRASCHECK, Geologisches über die Radioaktivität der Quellen, besonders derer von St. Joachimstal I. c. 386—390) sind aber noch bedeutend stärkere vorhanden, zwei Quellen aus dem Roten Gang der Danieli-Stollen-Sohle zeigten Aktivitäten von 756 und sogar 2050 Mache-Einheiten, das Wasser dringt aus der Sohle der Stollen hervor oder rieselt an den Wänden herab. PETRASCHECK leitet die Radioaktivität des Wassers vom Vorhandensein der Pechblende im Gestein ab: wo die uranerzführenden, die sogen. Mitternachtsgänge von den mit Basalttuff ausgefüllten Spalten oder von den

klüftigen Porphyrgängen geschnitten werden, findet sich hochradioaktives Wasser vor. In Übereinstimmung steht damit, daß im Fichtelgebirge an der Stelle, wo sich reichlicher ein Uranmineral findet, die daselbst vorhandene Quelle ein stark aktives Wasser aufweist.

Unseren Ausführungen glauben wir der leichteren Übersichtlichkeit halber eine Kartenskizze beilegen zu dürfen. Mit grüner Schrift sind darin die bayerischen Fundorte der spärlich vorkommenden Uranmineralien, mit roter die bis jetzt als radioaktiv bekannten Mineralwasser, soweit deren Plätze in das Kartengebiet fallen, eingetragen; die rot unterstrichenen Namen beziehen sich auf einige der als radioaktiv befundenen Quellen im Fichtelgebirge; neuerdings sind solche an mehreren anderen in der Nachbarschaft der erstbekannten gelegenen Plätzen (s. S. 205) nachgewiesen worden; ihre Position konnte aber bei dem kleinen Maßstabe der Karte nicht in diese eingetragen werden. Die mit Farbe bedeckten Flächen bringen die Verbreitung einiger älterer Eruptivgesteine zur Anschauung. Diese älteren Eruptivgebilde, insbesondere der Granit, gelten hauptsächlich als Träger radioaktiver Stoffe, und in der Tat zeigen sich auch auf Granit, und zwar auf gewisse Striche seines Verbreitungsgebietes, beschränkt die Vorkommnisse der bayerischen Uranmineralien, ebenso gehört die Mehrzahl der mit stärkerer Aktivität versehenen Wasser dem Bereich der älteren Eruptivgebilde, namentlich dem Granit, an. Die bisherigen Ermittlungen bewegten sich hauptsächlich im nördlichen Bayern, es steht aber auch zu erwarten, daß in den granitischen Regionen des bayerischen Waldes manche Quellwasser mit nicht allzu geringer radioaktiver Eigenschaft behaftet sein werden. Überhaupt sind, wie schon oben erwähnt, in den Gesteinen radioaktive Substanzen in ganz geringer Menge sehr verbreitet, beispielsweise auch in den sonst allenthalben vorkommenden tonigen Ablagerungen. Spurweises Auftreten im Gestein hat im allgemeinen allerdings für praktische Zwecke keine Bedeutung. Für Quellen, speziell Mineralquellen mögen immerhin unter Umständen, zumal wenn den Wassern besondere Bestandteile eigen sind, vielleicht schon kleinste Quantitäten Beachtung verdienen. „Die Untersuchungen von Quellen auf Radioaktivität,“ sagt HENRICH (Neuere Forschungen auf dem Gebiet der Radioaktivität, Zeitschr. f. angew. Chemie 22, Heft 9, 1909) „gehören heutzutage zur vollständigen Charakteristik dieser Naturgebilde; sie haben freilich nur dann wissenschaftlichen Wert, wenn sie sachgemäß ausgeführt werden.“ Für die Messungen benutzt man zurzeit vor allem das Fontaktoskop.

Bei der Untersuchung auf Radioaktivität ist vor allem wichtig die Feststellung, ob das Wasser seine radioaktiven Eigenschaften gelösten aktiven Salzen verdankt oder jene durch Aufnahme gasförmiger Aushauchungen (Emanation) erhalten hat. Bei der Berührung mit der Luft gibt das Wasser diese in Gasform aufgenommene Emanation wieder ab. In den meisten Fällen beruht die Radioaktivität der Quellen nur auf der Gegenwart von Emanation.

Wenn aktive Salze vorhanden sind, die sich im Quellsediment anreichern, dann ist es unter günstigen Bedingungen sogar möglich, Radiumsalzpräparate zu erhalten (s. S. 203, die Ausnützung des Radiumgehaltes des Kreuznacher Wassers betreffend): für den Radiummarkt ist freilich nur Radiumsalz höchster Aktivität von wesentlicher Bedeutung, so daß zurzeit nach dem Ausspruch eines Kundigen (s. S. 198) die Quellen und ihre Absätze für eine regelmäßige Radiumproduktion noch nicht in Frage kommen. Berücksichtigt man aber die therapeutische Wirkung mancher Quellen, so dürfte es nicht zweifelhaft sein, daß mit der Radioaktivität des Wassers auch eine besondere Nutzenanwendung verbunden sein kann.

8. Schlußwort.

Zum Schlusse sollen noch folgende Punkte hervorgehoben werden:

a) Die Aufsuchung und Gewinnung von radiumhaltigen Mineralien aus Gesteinsmassen ist in Bayern in Anbetracht der bestehenden geologischen Verhältnisse nach den bisherigen Ermittlungen untunlich.

Nur an ganz vereinzelt Plätzen (beispielsweise am Fuchsbauwald bei Leupoldsdorf unweit Wunsiedel) finden sich nach unseren jetzigen Kenntnissen Uranmineralien (am Fuchsbau der Kupferuranit) in nicht ganz verschwindend geringer Menge vor. Aber Uranglimmer allein (s. S. 193) besitzt, insbesondere bei beschränktem Auftreten, keine nachhaltige Bedeutung. Es sollte mit ihm das oxydische Erz, die Pechblende, zusammen vorkommen, welches Mineral bis jetzt aus Bayern noch gar nicht bekannt geworden ist. Die paragenetische Ausbildung, nämlich das Vorhandensein von Quarzadern mit Flußspatführung und spärlicher Kieseinsprengung im Granit, auf dessen Klüften sich Uranitfädelchen angesiedelt haben, sowie die Nachbarschaft von zinnsteinführendem Gebirg, läßt allerdings die Möglichkeit offen, daß sich auch die oxydische Verbindung, das Haupterz, einmal zeigen könnte. Zurzeit fehlt jedoch noch die eigentliche Gangformation der sulfidischen Erze (S. 196) — im böhmisch-sächsischen Erzgebirg, zu Joachimstal, bilden z. B. die Silber-Wismuth-Kobaltgänge die Matrix des dortigen radiumhaltigen Uranpecherzes — und wenn auch der Nachweis von Uranpecherz gegeben sein sollte, dann käme es für die Gewinnung, außer auf den genügenden Gehalt an Radium im Mineral, vor allem auf die zureichende Menge an. Nach den bestehenden Verhältnissen scheint sich aber nach dieser Richtung kein aussichtsreicher Blick aufzutun.

b) Mit der Zeit werden noch ab und zu an neuen Plätzen, hauptsächlich in den granitischen Gebieten oder in deren Nachbarschaft, Wasser mit nicht zu geringer, an einzelnen Stellen wohl auch mit nicht unbeträchtlich starker Aktivität nachgewiesen. Da man in neuerer Zeit in dem Emanationsgehalt der Quellen einen bedeutsamen Heilfaktor anzunehmen geneigt ist, dürften solche Wasser für die Allgemeinheit nicht bedeutungslos sein, ihre Bewertung aber nach dieser Richtung liegt außerhalb der geognostischen Forschung.

Kartenbeilage zur Abhandlung über Radioaktive Substanzen in Bayern.

