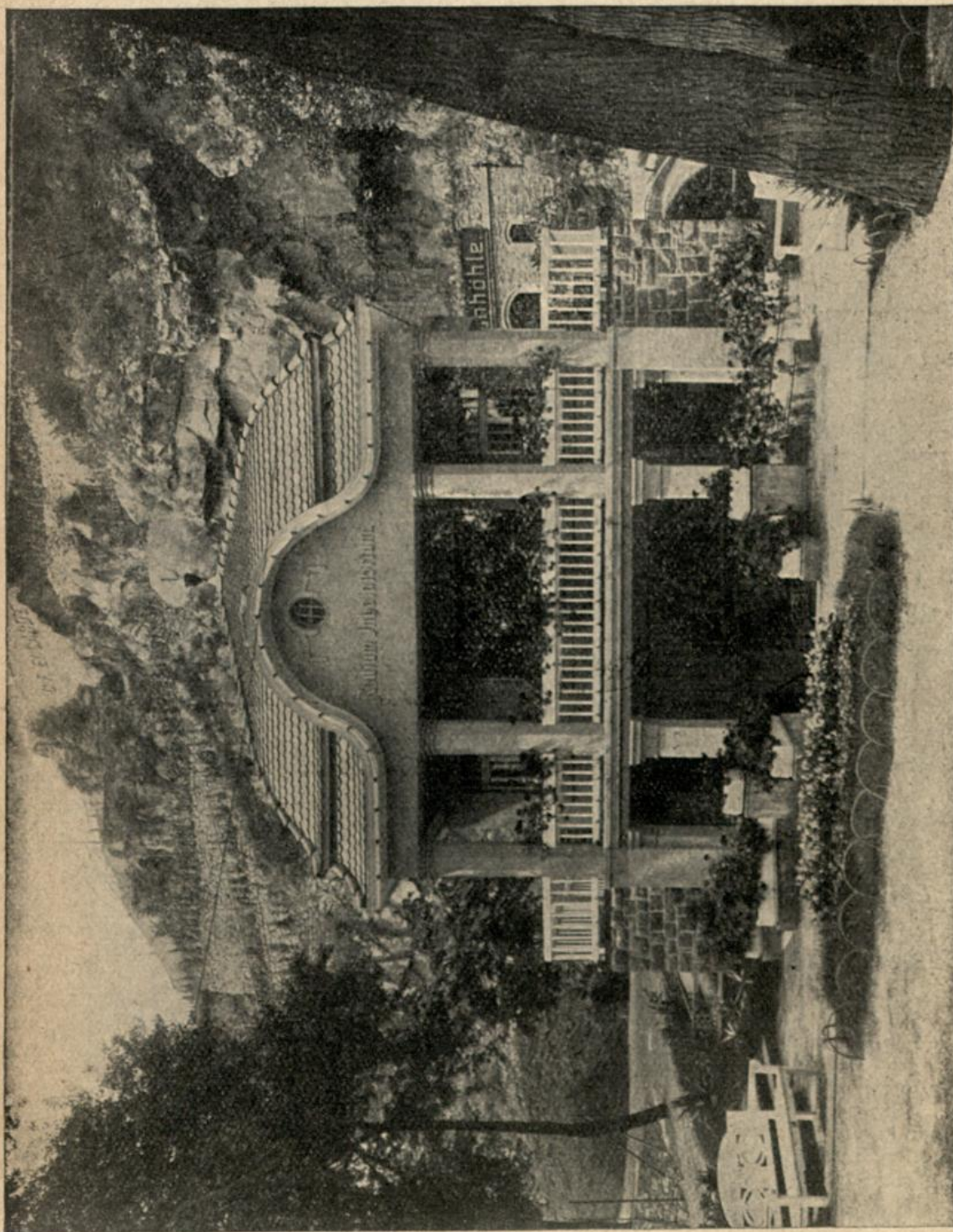


Das Radium-Inhalatorium in Bad Kreuznach.

Von Dr. Karl Aschoff, Bad Kreuznach.

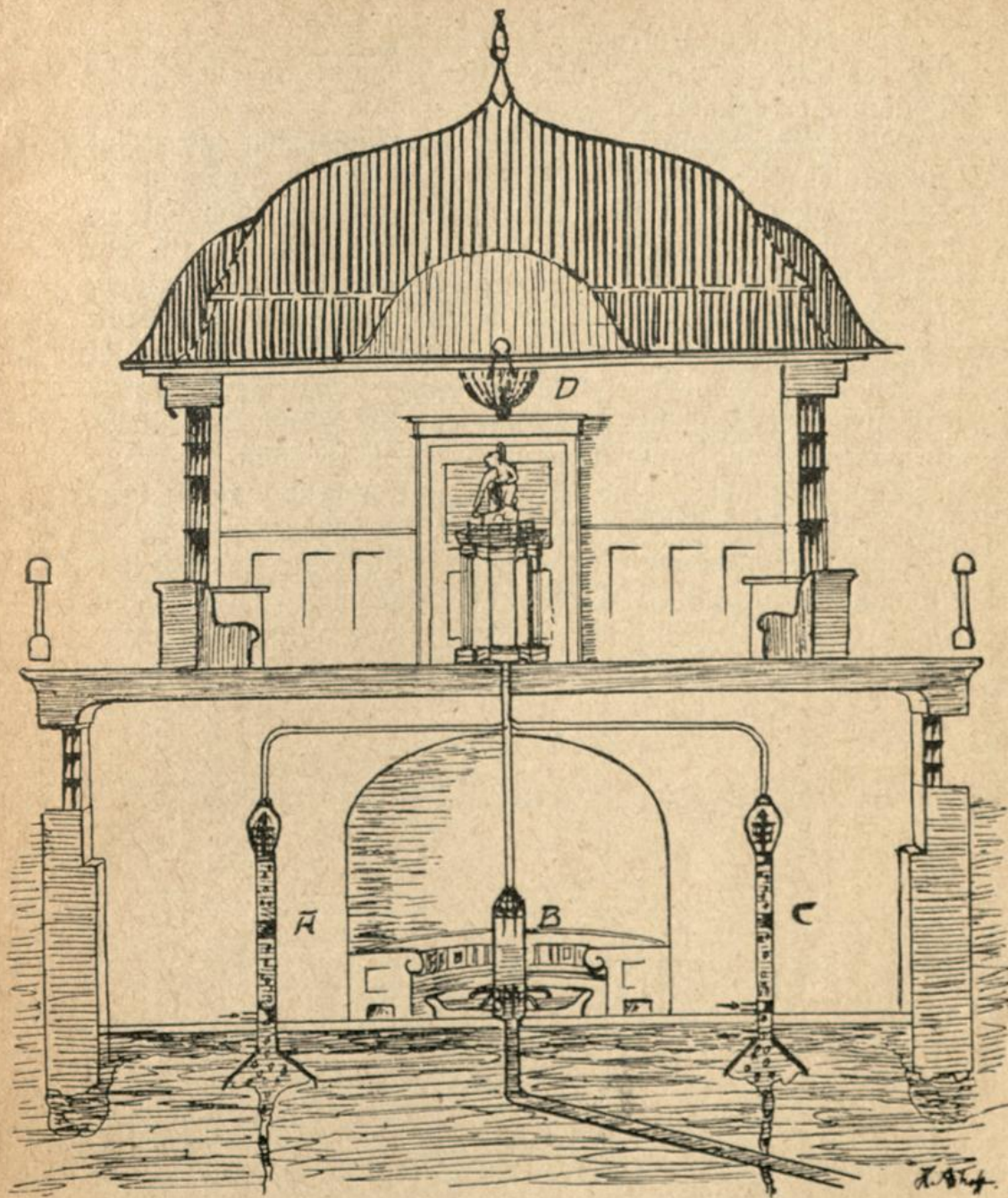
Im vergangenen Jahre konnte ich berichten, dass in einem alten, beim Kreuznacher Kurpark gelegenen Bergwerk-



Das Kreuznacher Radium-Inhalatorium.

stollen aus Spalten des Porphyrgesteins stark emanationshaltige Luft ausströmt. Diese Beobachtung hat zur Errichtung eines ganz einzigartigen Radiuminhalatoriums geführt. Dasselbe liegt im Kurpark, wenige Meter vom Stollenausgange entfernt; die emanationshaltige, durchaus frische und kühle Stollenluft wird mittels eines Hochdruckluftgebläses aus 2 ca. 300 m vom Stolleneingange gelegenen Seitenstollen durch eine Röhrenleitung herausgesaugt und strömt aus einer in der Decke des Inhalationsraumes befindlichen Oeffnung in diesen aus. Zur Reinigung wird die Luft des Inhalationsraumes mit Hilfe eines Exhaustors einem Ozonisierungsapparat zugeführt, dann von Kohlensäure und Feuchtigkeit befreit und wieder in das Inhalatorium zurückgeleitet. Da täglich viele hundert Kubikmeter emanationshaltiger Stollenluft zur Verfügung stehen, ist es leicht möglich, den Emanationsgehalt des Inhalatoriums auf der erforderlichen Höhe zu halten; im Laufe des Betriebes hat es sich sogar gezeigt, dass sich der Emanationsgehalt der Stollenluft durch das Herauspumpen erhöht, indem anscheinend emanationsreichere Luft aus den Felsspalten nachgesaugt wird. Natürlich sind die betr. Seitenstollen durch luftdicht schliessende Eisentüren abgeschlossen, um ein Ansaugen der Aussenluft zu verhindern. Ausser dieser Stollenluft werden die emanationsreichen Gase dreier unter dem Inhalatorium austretender Quellen andauernd dem Inhalationsraume zugeführt, nachdem sie vorher von Kohlensäure befreit worden sind. Umstehende Skizze zeigt die oben beschriebenen Einrichtungen in anschaulicher Weise.

Das Radiuminhalatorium wurde am 18. Mai 1912 dem Betriebe übergeben; natürlich wurde der Emanationsgehalt durch regelmässige Messungen kontrolliert und dabei die Beobachtung gemacht, dass die aus den Felsspalten austretende Emanationsmenge offenbar von dem Steigen und Fallen des Luftdruckes abhängig ist. Die gleiche Erscheinung ist bei allen emanationshaltigen Mineralquellen der Fall; während bei letzteren der Emanationsgehalt bei stärkerem Luftdruck, also höherem Barometerstande, zunimmt, was auf die Zunahme der Löslichkeit von Gasen in Flüssigkeiten bei höherem Druck zurückzuführen ist, ist bei dem Emanationsgehalte der aus den Porphyrspalten ausströmenden Gase das Gegenteil der Fall; hier steigt der Emanationsgehalt bei fallendem Barometer und sinkt beim Steigen des Luftdruckes. Wenigstens liessen einige im vergangenen Sommer gemachte Beobachtungen diesen Schluss zu. Messungen des Emanationsgehaltes der Inhalatoriumsluft hatten nämlich ergeben:



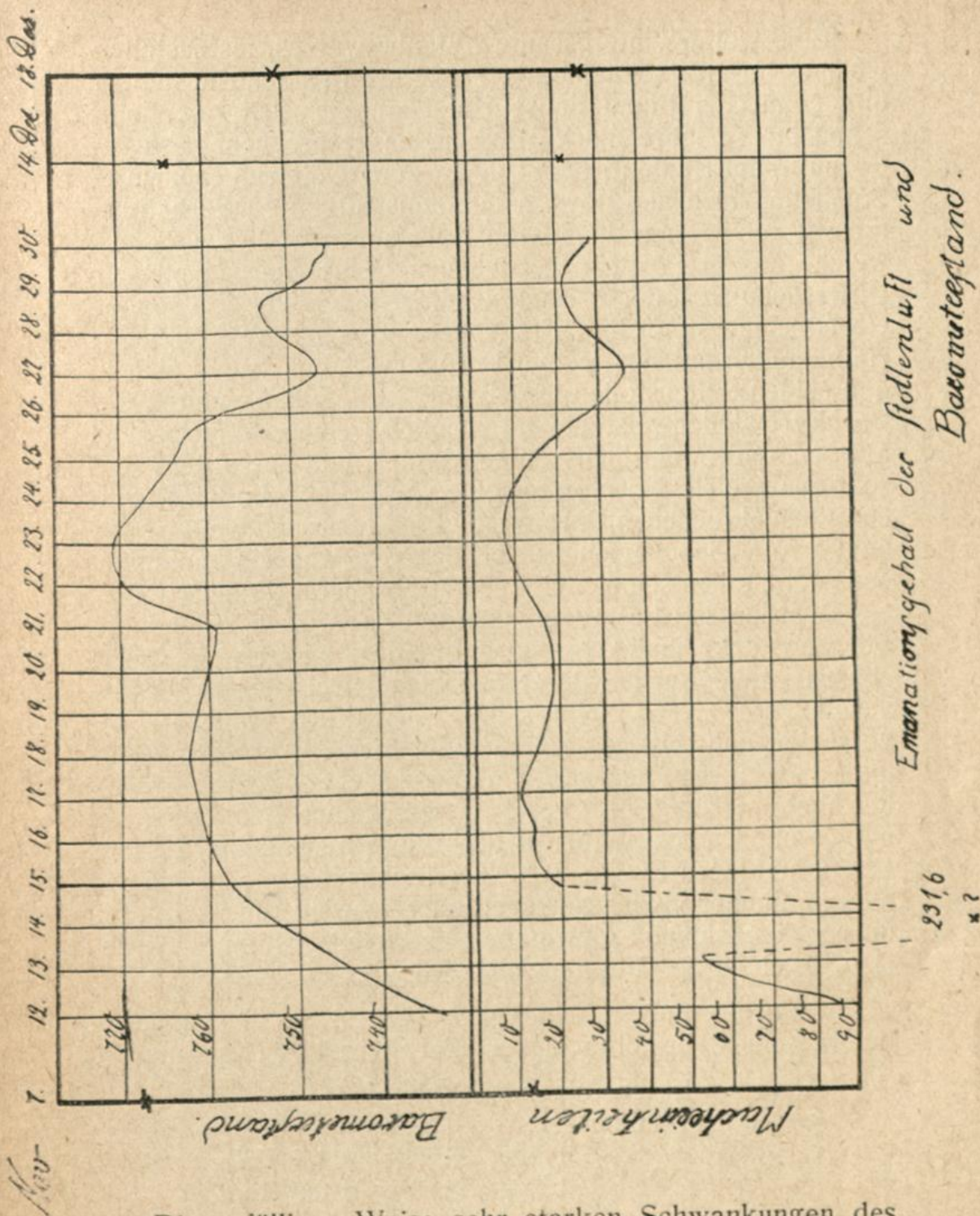
Längsschnitt des Radium-Inhalatoriums.

- A Entgasungsrohr der linken Seitenquelle. B Faustquelle.
 C Entgasungsrohr der rechten Seitenquelle.
 D Austritt der Stollenluft.

am 15. Juli: 13,4 Macheeinheiten im Liter bei einem Barometerstande von 758 mm;
 „ 16. „ 13,4 Macheeinheiten im Liter bei einem Barometerstande von 757 mm;
 „ 2. Aug.: 24,1 Macheeinheiten im Liter bei einem Barometerstande von 750 mm;
 „ 26. „ 72,3 Macheeinheiten im Liter bei einem Barometerstande von 742 mm.

Je nach dem Barometerstande wurde demnach durch längeres oder kürzeres Pumpen der Emanationsgehalt nach Möglichkeit reguliert.

Die gemachten Beobachtungen veranlassten mich, im Laufe des November 1912 regelmässige Emanationsbestimmungen der Stollenluft bei gleichzeitiger Beobachtung des Barometerstandes auszuführen. Es wurden zu diesem Zweck Luftproben im rechten Seitenstollen entnommen, der sich, ca. 225 m vom Stollenausgange entfernt, vom Hauptstollen abzweigt und noch ca. 75 m tief in den hier ziemlich rissigen Porphyry eindringt. An 3 Stellen dieses Stollens wird Luft zur Speisung des Inhalatoriums abgesaugt; der Eingang ist, wie erwähnt, während des Pumpens durch eine Eisentür mit Asbestdichtung luftdicht abgeschlossen. Während der Versuche wurde nicht gepumpt; zur Messung vielmehr die in der Nähe des Stolleneingangs freiwillig abfliessende Stollenluft entnommen. Nachstehende Tabelle gibt die Resultate der Messungen und den jedesmaligen Barometerstand an.



Die zufälliger Weise sehr starken Schwankungen des Barometerstandes während der Versuchszeit zeigen aufs deutlichste, welch' gewaltigen Einfluss die Aenderung des Luftdrucks auf den Austritt der emanationshaltigen Gase aus den Felsspalten ausübt. Ganz aus der Reihe fällt nur die Bestimmung vom 14. November: 231,6 Macheeinheiten im Liter Luft; vielleicht hat hier ein Einfluss des an diesem Tage über unsere Berge hinbrausenden Sturms stattgefunden. Aber die Versuche zeigen zugleich auch, welch' gewaltige Emanationsmengen für das Kreuznacher Radium-inhalatorium zur Verfügung stehen.

Eine weitere interessante Aufgabe war es, festzustellen, welches unserer Gesteine als Träger von Radiumsubstanzen und somit als Emanationsquelle anzusehen ist. Ich habe schon im Vorjahre die Vermutung ausgesprochen, dass der Porphyry der Radiumträger sei, da gerade diejenigen unserer Solquellen sich als stark emanationshaltig und verhältnismässig reich an radioaktiven Substanzen erwiesen haben, welche aus in Porphyry getriebenen Bohrlöchern austreten. Untersuchungen der in dem Radiumstollen vorkommenden Gesteine mussten diese Frage beantworten. Während der Hauptstollen nur aus festem Porphyry besteht, finden sich in den beiden Seitenstollen in den dort zahlreichen Spalten des Porphyrys stellenweise einmal ziemlich weiche, dunkelbraune Massen, dann weissliche tonige Massen, und ausserdem sind sehr quarzreiche Porphyrgesteine vorhanden. In den Rissen eines losgebrochenen Porphyrstückes konnte ich weiter auch einige rote Zinnoberteilchen beobachten, was die Annahme, dass der Stollen seiner Zeit zur Quecksilbergewinnung angelegt worden ist, bestätigen dürfte. Es wurden nun einige Porphyrstücke und Quarzporphyrstücke losgebrochen, und ebenso einige Partien der braunen und weisslichen Massen gesammelt. Nach genügendem Trocknen wurden die verschiedenen Gesteine in ein staubfeines Pulver verwandelt und dies in verschlossenen Gefässen ca. 4 Wochen aufbewahrt. Dann wurde eine Untersuchung der Gesteinspulver auf Radioaktivität in der Weise ausgeführt, dass je 12,5 g auf dem Boden der Untersuchungskanne in gleichmässig dünner Schicht ausgebreitet wurden, und nun der durch die Strahlung eintretende Voltabfall bestimmt wurde. Das Ergebnis der Untersuchung war das folgende:

1. Porphyrypulver, aus Teilen hergestellt, die aus dem Innern eines losgebrochenen Porphyrstückes stammten.

12,5 g bewirkten folgenden Voltabfall:

a) Normalverlust:

$$t^0 = 28,7^\circ = 211,2 \text{ Volt}$$

$$t^{10} = 28,4^\circ = 210,0 \text{ Volt}$$

$$\text{Normalverlust in 10 Minuten} \quad 1,2 \text{ Volt}$$

b) Voltabfall nach Einbringen von 12,5 g Porphyrypulver:

$$t^0 = 28,1^\circ = 208,7 \text{ Volt}$$

$$t^{15} = 26,5^\circ = 201,2 \text{ Volt}$$

$$7,5 \text{ Volt}$$

$$\text{ab Normalverlust in 15 Minuten} \quad 1,8 \text{ Volt}$$

$$= 5,7 \text{ Volt}$$

$$\text{oder } 5,7 \times 10 \times 4 = 228 \text{ Volt pro 125 g in 1 Stunde.}$$

2) Quarzporphyr:

a) Normalverlust:

$$t^0 = 29,3^0 = 213,6 \text{ Volt}$$

$$t^{10} = 28,8^0 = 211,6 \text{ Volt}$$

$$\text{Normalverlust in 10 Minuten} \quad 2,0 \text{ Volt}$$

b) Voltabfall nach Einbringen von 12,5 g Quarzporphyr-Pulver:

$$t^0 = 27,1^0 = 204,0 \text{ Volt}$$

$$t^{15} = 25,7^0 = 196,7 \text{ Volt}$$

$$7,3 \text{ Volt}$$

$$\text{ab Normalverlust in 15 Minuten} \quad 3,0 \text{ Volt}$$

$$4,3 \text{ Volt}$$

$$\text{oder } 4,3 \times 10 \times 4 = 172 \text{ Volt pro 125 g in 1 Stunde.}$$

3) Weissliche tonige Massen:

a) Normalverlust:

$$t^0 = 22,4^0 = 178,3 \text{ Volt}$$

$$t^{10} = 22,1^0 = 176,6 \text{ Volt}$$

$$\text{Normalverlust in 10 Minuten} \quad 1,7 \text{ Volt}$$

b) Voltabfall nach Einbringen von 12,5 g Pulver aus obigen weisslichen tonigen Massen:

$$t^0 = 28,0^0 = 208,2 \text{ Volt}$$

$$t^{15} = 26,9^0 = 203,1 \text{ Volt}$$

$$5,1 \text{ Volt}$$

$$\text{ab Normalverlust in 15 Minuten} \quad 2,5 \text{ Volt}$$

$$2,6 \text{ Volt}$$

$$\text{oder } 2,6 \times 10 \times 4 = 104 \text{ Volt pro 125 g in 1 Stunde.}$$

4) Dunkelbraune weiche Massen, welche etwas Kupfer und reichlich Eisen und Mangan enthielten:

a) Normalverlust:

$$t^0 = 27,7^0 = 206,8 \text{ Volt}$$

$$t^{10} = 27,4^0 = 205,4 \text{ Volt}$$

$$\text{Normalverlust in 10 Minuten} \quad 1,4 \text{ Volt}$$

b) nach Einbringen von 12,5 g Pulver aus obigen dunkelbraunen Massen:

$$t^0 = 27,7^0 = 206,8 \text{ Volt}$$

$$t^{15} = 26,6^0 = 201,7 \text{ Volt}$$

$$5,1 \text{ Volt}$$

$$\text{ab Normalverlust in 15 Minuten} \quad 2,1 \text{ Volt}$$

$$3,0 \text{ Volt}$$

$$\text{oder } 3,0 \times 10 \times 4 = 120 \text{ Volt pro 125 g in 1 Stunde.}$$

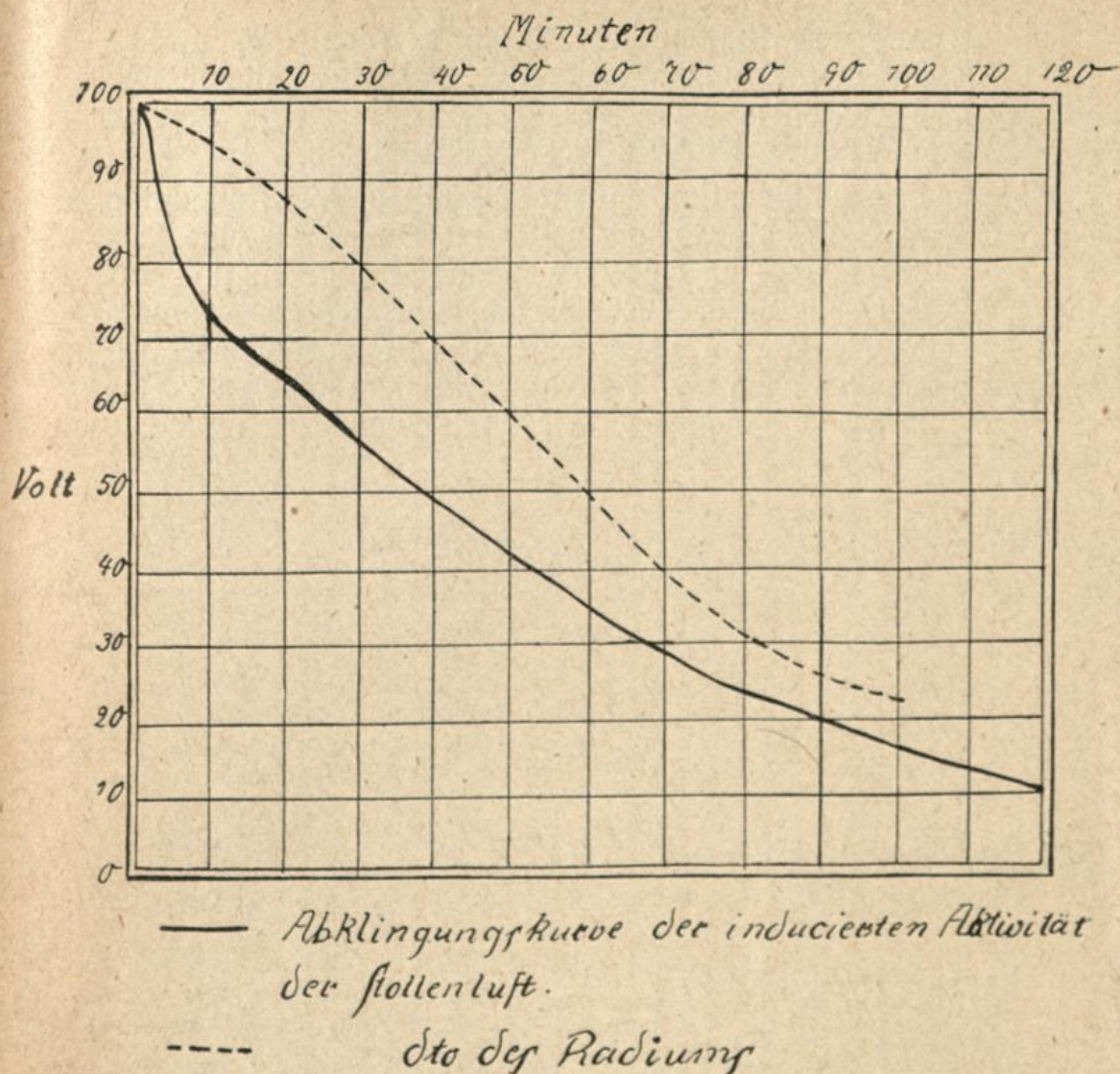
Diese Untersuchungen haben also ergeben, dass die sämtlichen Gesteine etwas radioaktiv sind; die stärkste Aktivität zeigte der Porphyrt selbst, und in ihm dürfte demnach vor allem wohl die Quelle der Radioaktivität unserer Sole und des Emanationsgehaltes der Stollenluft zu suchen sein.

Doch eine weitere, interessante Frage blieb noch zu beantworten. Schon vor Jahren hatten meine Untersuchungen gezeigt, dass die Emanation unserer Sole nicht allein auf Radium zurückzuführen ist, sondern auch Radiothor und Aktinium vorhanden sind; sowohl Elster und Geitel als auch ich selbst konnten Radiothor aus den Sedimenten unserer Quellen isolieren, und in der Kreuznacher Mutterlauge konnte ich ausser Radium deutlich Aktinium nachweisen. Ich durfte hiernach annehmen, dass auch die Emanation der Stollenluft ausser Radiumemanation die Emanation des Radiothors und Aktiniums enthalten musste. Zur Beantwortung dieser Frage führte ich Bestimmungen der Abklingkurve des von der Stollenemanation stammenden, innerhalb 24 Stunden entstandenen radioaktiven Niederschlages aus, deren Ergebnis das folgende war:

Voltabfall 2 Minuten nach Entfernung der Emanation 97,4 Volt

„ 6	„	„	„	„	„	82,1	„
„ 11	„	„	„	„	„	72,2	„
„ 15	„	„	„	„	„	68,6	„
„ 20	„	„	„	„	„	65,7	„
„ 30	„	„	„	„	„	57,1	„
„ 45	„	„	„	„	„	45,8	„
„ 60	„	„	„	„	„	36,5	„
„ 75	„	„	„	„	„	25,4	„
„ 100	„	„	„	„	„	16,0	„
„ 120	„	„	„	„	„	10,6	„

Diese Zahlen geben nachstehende Abklingkurve:



Die Kurve fällt anfangs erheblich rascher ab, als die Radiumkurve; das weitere Abklingen erfolgt etwas langsamer, als bei Radium. Die Kurve stimmt hierin mit den Abklingkurven überein, welche ich früher bei der inducierten Aktivität des Kreuznacher Quellsinters und der aus diesem gewonnenen ersten Radiobaryumprodukte festgestellt habe. Diese Körper enthalten nach meinen Untersuchungen, die von Elster u. Geitel und dem radiologischen Institut in Heidelberg bestätigt worden sind, ausser Radium auch ziemlich reichliche Mengen Aktinium und Radiothor, die bei der Hochkonzentration der Kreuznacher Radiumsalze allmählich in die Mutterlauge übergehen. Die Uebereinstimmung der Abklingkurven beweist, dass auch in der Stollenluft ausser Radiumemanation die Emanationen des Radiothors und Aktiniums enthalten sind.

Vorstehend beschriebene Versuche haben also gezeigt:

1. Der Porphyr unserer Nahetalgebirge ist deutlich radioaktiv.

2. Aus den Spalten des Porphyrs treten stellenweise andauernd emanationshaltige Gase aus; die Menge derselben ist eine grosse und ist von dem Steigen und Fallen des Luftdruckes abhängig.
3. Diese Emanation enthält ausser Radium-Emanation auch etwas Aktinium- und Thor-Emanation, eine Tatsache, die für die Verwendung der Emanation zur Speisung unseres Radiuminhalatoriums von grossem Werte ist, da nach neueren Untersuchungen den Emanationen von Thor und Aktinium gleichfalls eine intensive biologische Wirkung zukommt.