

Beitrag zur Kenntnis der Radioaktivität von Quellensedimenten

Autor(en): **Nussberger, G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden**

Band (Jahr): **64 (1924-1926)**

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-594564>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

BEITRAG ZUR KENNTNIS DER RADIOAKTIVITÄT VON QUELLEDIMENTEN.

VON DR. G. NUSSBERGER.

Es ist beabsichtigt, über die Verbreitung der Radioaktivität in Graubünden eingehendere Untersuchungen anzustellen. Die nachfolgenden Mitteilungen bilden den Anfang dieser Arbeit und enthalten vorläufig nur wenig Untersuchungsergebnisse, welchen einige allgemein orientierende Bemerkungen über Radioaktivität vorausgeschickt werden sollen.

Im Jahre 1896 entdeckte der französische Chemiker *Becquerel* bei Erzen, welche das Metall Uran enthalten, eine neue Eigenschaft. Diese Stoffe senden fortwährend Strahlen aus, die in ihrer Wirkung den kurz vorher entdeckten Röntgenstrahlen ähnlich sind. Sie schwärzen in lichtdichtes Papier gehüllte photographische Platten, machen die Luft elektrisch leitend, bringen geeignete Materialien (z. B. Sidotblende) zum Aufleuchten und geben nach außen Wärme ab. Sie behalten diese Eigenschaften mit konstanter Intensität unter allen Umständen, bei jeder Temperatur, in Licht und Dunkelheit, und verlieren also fortwährend Energie. Das geschieht ohne äußere Anregung, ohne daß ihnen Energie von außen zuströmen würde. Die Entdeckung verursachte berechtigtes Aufsehen. Das gleiche Strahlungsvermögen wurde kurz nachher auch bei Verbindungen des Metalles Thor nachgewiesen, und im Jahre 1898 fanden P. und S. Curie bei messenden Untersuchungen über die Uranstrahlung der Pechblende von Joachimstal ein bis dahin unbekanntes Element von besonders intensiver Strahlung, das sie Radium nannten.

Für das Gesamtverhalten der durch die genannte Strahlung wirkenden Substanzen ist das Wort Radioaktivität eingeführt worden. Eingehende Studien darüber haben gezeigt, daß radioaktive Elemente drei Strahlengattungen aussenden können, die ihrer Natur nach ganz verschieden sind:

Die α -Strahlen sind positiv elektrisch geladene materielle Teilchen eines bekannten chemischen Elementes, des Heliums, welche mit einer Geschwindigkeit von 15 bis 18 km in den Raum hinausgeschleudert werden. Sie bringen beim Aufschlagen auf gewisse Stoffe diese zum Aufleuchten und werden schon von einem dünnen Papier zurückgehalten. Ihre Reichweite in der Luft ist höchstens 8 cm.

Die β -Strahlen sind ebenfalls materieller Natur, es sind die Elektronen, Teilchen, welche das Elementarquantum der negativen elektrischen Ladung tragen. Ihre Masse ist freilich sehr klein und beträgt nur $\frac{1}{1830}$ derjenigen des Wasserstoffatoms. Die Geschwindigkeit, mit der sie ausgestoßen werden, ist dagegen eine enorme, zwischen 100,000 und 300,000 km/sek. liegende.

Die α - und β -Strahlen sind also äußerst kleine, aber schnellbewegte, elektrisch geladene Teilchen.

Die γ -Strahlen sind anderer Natur. Ihrem Wesen nach den Röntgenstrahlen, also auch den Lichtstrahlen, gleich, werden sie wie diese als elektromagnetische Wellenbewegungen aufgefaßt, aber als solche mit bedeutend geringerer Wellenlänge. Sie machen denjenigen Teil der radioaktiven Strahlung aus, der durch ein großes Durchdringungsvermögen ausgezeichnet ist, und können das schwere Metall Blei auf mehrere cm durchqueren. Wegen ihrer Tiefenwirkung sind sie in der Medizin ein besonders geschätztes Heilmittel geworden.

Um die Entstehung, Natur und Bedeutung dieser Strahlung verständlich zu machen, müssen hier einige Hinweise auf die bisherigen Anschauungen betreffend den Aufbau der Substanz gemacht werden.

Das gesamte Verhalten aller Körper, beispielsweise dasjenige bei Temperaturveränderung, Absorption, Durchdringung usw., kann man nur begreifen, wenn man annimmt, daß

sie selbst dann, wenn sie uns ganz lückenlos erscheinen, z. B. Wasser, Glas, gleichmäßig durch und durch mit feinen Zwischenräumen durchsetzt sind, wodurch ihre Masse in kleinste Massenteilchen, die Moleküle, zerfällt. Moleküle und Zwischenräume sind so klein, daß wir sie mit keinen uns zugänglichen Vergrößerungen direkt wahrnehmen können. Ist eine Substanz zusammengesetzter Natur, z. B. das Wasser, das aus Wasserstoff und Sauerstoff besteht, dann muß auch deren Molekül noch aus kleineren Teilchen bestehen, welche diesen Bestandteilen entsprechen. Das sind die Atome, die kleinsten Teile der nicht zerlegbaren, also einfachen Stoffe (der chemischen Elemente).

Bis gegen Ende des letzten Jahrhunderts galten die Atome als die letzten, unzerteilbaren und absolut unveränderlichen Bestandteile der Elemente und damit der Materie; keines von ihnen kann neu gebildet, keines zerstört werden. Alle denkbaren Stoffänderungen, d. h. alle chemischen Vorgänge, bestehen einfach darin, daß Atome aus einem Molekularverband aus- und in einen andern eintreten. Man sieht, daß nach dieser Auffassung die Verwandlung eines Atoms in ein anderes ausgeschlossen ist.

Diese Anschauung hat man auf Grund der bei der Radioaktivität beobachteten Vorgänge als unhaltbar verlassen müssen.

Der unter Radioaktivität verstandene Erscheinungskomplex tritt sowohl beim Element als auch bei dessen sämtlichen chemischen Verbindungen auf. Er ist bei den letztern direkt proportional ihrem Gehalte an radioaktivem Metall und ganz unabhängig von dessen Verbindungszustand; demnach muß er eine Eigenschaft des Atoms sein. Dann ist aber eine Erklärung dafür nur noch möglich unter der Voraussetzung, daß das Atom nichts Einfaches, sondern etwas Zusammengesetztes ist, daß die Radioaktivität den Zustand des Atomzerfalls darstellt und durch diesen, bzw. durch Explosion der Atome, bedingt ist. Namentlich auf Grund eines reichen Beobachtungsmaterials über Radioaktivität, Röntgenstrahlen, Spektrallinien und Wirkungsquanten hat sich die heute allgemein anerkannte Hypothese über den Aufbau der Atome entwickelt, als deren Begründer Rutherford, Niels

Bohr und Sommerfeld zu nennen sind. Man weiß beim Studium dieser Arbeiten nicht, was man mehr bewundern soll, die von den Forschern neu erfundenen Arbeitsmethoden, ihre scharfsinnigen Ableitungen oder die Schlußfolgerungen, zu denen sie geführt haben.

Ich muß es mir hier versagen, die sinnreichen Wege zu schildern, welche zur Hypothese, zu dem «Atommodell», führten, und mich darauf beschränken, den Inhalt derselben zu skizzieren:

Das Atom, dieses winzige Teilchen, dessen Durchmesser nur ein hundertmillionstel cm beträgt, ist einem Sonnensystem vergleichbar, bei welchem um einen Zentralkörper in kreisförmigen bzw. elliptischen Bahnen sich Planeten bewegen. Der Zentralkörper (der Sonne entsprechend) ist der sogenannte Atomkern; ihn umkreisen die kleinsten Gebilde mit der Einheit der negativen elektrischen Ladung, die Elektronen.

Der Kern, in dem das Gesamtgewicht des Atoms liegt (ein Elektron wiegt bloß $\frac{1}{1830}$ eines Wasserstoffatoms), besitzt eine positive, die Elektronen zusammen eine gleich große negative elektrische Ladung. Nach außen ist das Atom unelektrisch. Unaufhörlich umkreisen die Elektronen, durch die elektrische Anziehung in ihrer Bahn gehalten, mit der enormen Geschwindigkeit von über 2000 km/sek. den Kern und machen in einer Sekunde 7000 Millionen Umläufe.

Das kleinste und leichteste Atom ist das des Wasserstoffs. Sein Kern ist einfach und repräsentiert das kleinste materielle Gebilde, das mit der letzten Einheit der positiven Elektrizität geladen ist. Es wird Wasserstoffion, Hydrion, oder Proton genannt. Der Wasserstoffkern ist von einem einzigen Elementarteilchen der negativ elektrischen Ladung, einem einzigen Elektron, umkreist. Bei allen andern Atomen ist der Kern ein kompliziertes Gebilde und besteht aus mehreren Wasserstoffionen, die durch Elektronen zusammengehalten werden, besitzt mehrere freie positiv elektrische Ladungen und ist dementsprechend von mehreren Elektronen umkreist.

Wir kommen so zu dem wichtigen Schluß, daß die Atome der verschiedenen chemischen Elemente sich hinsichtlich

ihres Aufbaues im wesentlichen nur durch die Zahl der Bausteine voneinander unterscheiden. Die Bausteine selbst sind aber in allen Atomen die gleichen, positiv elektrisch geladene Wasserstoffionen und negativ geladene Elektronen.

Ein Element ist durch die Masse bzw. den Bau seines Atomkernes bestimmt. Dieser ist hauptsächlich bei den schwersten Atomen unbeständig und befindet sich im Zustande des Zerfalls. Dabei sendet er mit enormer Geschwindigkeit von seinen Bestandteilen Heliumkerne und Elektronen, die erstern als α -Strahlen, die letztern als β -Strahlen aus. Dadurch können auch γ -Strahlen hervorgerufen werden. Es fällt dabei auf, daß nicht die letzten Einheiten, die Wasserstoffionen entstehen. Man führt das auf die Beobachtung zurück, daß das Heliumatom, das nach der gegenwärtigen Auffassung aus vier Wasserstoffatomen besteht, besonders stabil ist, und die H-Ionen in den schwereren Atomen zu den besonders beständigen Gruppen der Helium-Ionen vereinigt sind. Verliert nun der Kern von seinen Bestandteilen und somit an Gewicht, dann muß ein neuer leichter Kern entstehen, d. h. es bildet sich durch den Atomzerfall ein neues Element mit kleinerem Atomgewichte. Aus dem Radium bildet sich beispielsweise ohne Unterbrechung ein Gas, die Radiumemanation, und zwar $0,1 \text{ mm}^3$ pro gr und Tag. Die Emanation ist ein indifferentes Gas, das zu den Edelgasen gehört. Sie ist ebenfalls radioaktiv, und die Elementumwandlung geht weiter. Ganze Reihen von solchen genetisch zusammenhängenden Elementen sind bekannt. Beispielsweise sei hier die vom Element Radium ausgehende Reihe angeführt: Radium — Radiumemanation — Radium A — Ra B — Ra C — Ra C' — Ra D — Ra E (Polonium) — Ra G (identisch mit Blei), und erst damit tritt die Substanz in ein stabiles, nicht radioaktives Stadium. Radium selbst ist übrigens ein Zerfallsprodukt und zwar des Urans. Über die Ursachen des Atomzerfalls weiß man nichts Genaueres. Wir wissen nur, daß es die Atome der schwersten Elemente sind, die zusammenbrechen, und kennen keinen Vorgang, bei dem sie wieder aufgebaut werden. Man hat auch den zeitlichen Verlauf dieser Elementumwandlungen verfolgt und nennt die Zeit, in welcher die Hälfte des Gewichtes eines radioaktiven Ele-

menten zerfällt, Halbwertszeit. Sie beträgt für das Radium zirka 1800 Jahre, für die Radiumemanation 3,8 Tage, für das Radium A 3 Minuten, für das Uran 4500000000 Jahre. Besitzt man heute 1 gr Radium, dann geht dessen Gewicht während 1800 Jahren auf $\frac{1}{2}$ gr, während eines weitem gleich großen Zeitabschnittes auf $\frac{1}{4}$ gr zurück usw.

Nach diesen Andeutungen wende ich mich in den nachfolgenden Ausführungen zunächst der Verbreitung von radioaktiven Elementen aus der Radiumreihe, speziell also von Radium und seinem ersten Zerfallsprodukt, der Emanation, in Quellen und in denjenigen Ausscheidungen derselben, die sich freiwillig aus ihnen bilden, zu. Beim Suchen nach Radium und Radiumemanation erhebt sich eine Schwierigkeit: In den Quellen und den Quellsedimenten ist das Radium in so eminent geringen Mengen vertreten, daß dessen Nachweis bezw. dessen quantitative Bestimmung, selbst mit den feinsten chemischen Arbeitsmethoden ganz unmöglich ist. Auch die erheblich empfindlichere Spektralanalyse, mit der sich noch minimale Spuren von Elementen mit Sicherheit nachweisen lassen, ist dazu unbrauchbar, da bei radioaktiven Vorgängen Mengen im Betrage von 10^{-8} bis 10^{-12} gr in Betracht kommen. Allein mit der Entdeckung der Radioaktivität ist gleichzeitig auch eine grundsätzlich neue Methode zum Erkennen der Anwesenheit bezw. zur Ermittlung der Menge der Elemente, die diese Eigenschaft besitzen, gefunden worden, es ist die elektrometrische.

Die radioaktiven Elemente senden dauernd α , β und γ -Strahlen aus. Ein Element kann davon eine oder gleichzeitig zwei bezw. alle drei Gattungen emittieren. In den nachfolgenden Ausführungen handelt es sich ausschließlich nur um die Bestimmungen von Radiumemanation, eines Stoffes mit reiner α -Strahlung. Die α -Strahlen sind, wie schon bemerkt, materielle Teilchen, doppelt positiv geladene Heliumkerne, die mit großer Geschwindigkeit aus dem radioaktiven Atom herausgeschleudert werden und auf ihrem 4 cm langen Weg in der Luft mit Molekülen derselben zusammenstoßen und diese vermöge ihrer gewaltigen Wucht zertrümmern. Es entstehen so elektrisch geladene Molekülteile, die man Ionen nennt. Man sagt kurz, die Strahlen

ionisieren die Luft. Atmosphärische Luft zeigt überall ein geringes elektrisches Leitvermögen. Sobald sie aber von α -Strahlen durchquert und dadurch ionisiert ist, wächst dasselbe und zwar proportional der Menge der in ihr gebildeten Ionen. Diese wiederum ist direkt abhängig von der Intensität der α -Strahlung, welche ihrerseits mit dem Ansteigen der Menge der radioaktiven Substanz zunimmt. Deshalb besitzen wir in der Änderung der Leitfähigkeit der Luft ein Mittel, das uns einen Schluß auf die Menge des aktiven Stoffes, durch welche sie hervorgerufen ist, erlaubt. Der Grad der Ionisation der Luft wird aus dem Verhalten eines Elektrometers beurteilt. Erteilt man einem Metallstab, der mit einem Elektroskop verbunden und irgendwie isoliert befestigt ist, eine elektrische Ladung, so zeigen die Blättchen des Elektroskops durch ihre größere oder geringere Divergenz das Potential der Ladung an. In reiner, trockener und normaler Luft nimmt die letztere nur äußerst langsam ab, d. h. die Blättchen fallen nur sehr langsam zusammen. Wird aber der Stab mit einem radioaktiven Gas umgeben, dann vergrößert sich der sekundliche Spannungsabfall sofort, und daraus läßt sich auf die Intensität der α -Strahlung und auch die Menge der aktiven Substanz, von der sie herührt, schließen. Auf diesem hier nur kurz angedeuteten Messungsprinzip beruhen alle Radioaktivitätsbestimmungen.

Unmittelbar nach der Entdeckung der radioaktiven Substanzen und der hier angedeuteten Methode zu ihrer Erkennung, begannen vielerorts ausgedehnte Untersuchungen über die Verbreitung solcher Stoffe in der Natur, und es zeigte sich bald, daß sie fast überall nachweisbar waren. In allen Gesteins- und Bodenarten, in allen Quellen, den warmen und den kalten, und selbst in der Luft entdeckte man Radioaktivität. So konnte schon im Jahre 1914 der Freiburger Professor *A. Gockel*¹ eine vorzüglich orientierende Zusammenstellung über die Verbreitung der Radioaktivität mit vielen Zahlenangaben veröffentlichen. Bei diesen Untersuchungen fanden selbstverständlich auch die Mineralquellen starke Berücksichtigung. Es ist ja eine alte Erfahrungstatsache, daß gewisse Mineralquellen am Ort, wo sie zutage

¹ Dr. A. Gockel, Die Radioaktivität von Boden und Quellen.

treten, vielfach eine besondere Heilwirkung ausüben, die dem in Flaschen abgezogenen Mineralwasser nicht mehr zukommt, selbst dann nicht, wenn beim Abfüllen alle jene Vorsichtsmaßregeln beobachtet werden, durch welche erfahrungsgemäß Änderungen in der Mineralisation des Wassers vermieden werden. Andererseits sind auch Mineralquellen bekannt, deren auf empirischem Wege einwandfrei festgestellte Heilwirkung sich aus ihrer Mineralisation einfach nicht ableiten läßt. Bekannt ist ferner auch, daß es völlig unmöglich ist, ein Mineralwasser auf künstlichem Weg so herzustellen, daß dessen Einwirkungen auf den Stoffwechsel mit denjenigen des Naturprodukts übereinstimmen. Neuere Untersuchungen scheinen sogar zu beweisen, daß es selbst dann nicht gelingt, ein Mineralwasser herzustellen, das in seinen Wirkungen in jeder Richtung mit dem direkt aus der Erde kommenden übereinstimmt, wenn man dessen Quellbestandteile aus dem letztern zuerst abscheidet und nachher neuerdings, und zwar in genau gleicher Konzentration, in Lösung bringt.

Man erkennt aus allem dem, daß man bei Beurteilung der Wirkung vieler Heilquellen nicht nur einfach auf die chemische Analyse und die Temperatur abstellen kann, daß noch vieles, was wir über die Heilquellen wissen, sich auf Grund des gegenwärtigen Standes der Forschung nicht erklären läßt. Berücksichtigt man diese Verhältnisse, namentlich die Unterschiede in der Wirkung des frischen und des gestandenen Mineralwassers, dann liegt es nahe, die Ursache davon in der Radioaktivität des Mineralwassers zu suchen, die zwar an der Quelle auftritt, allein eine rasch vergängliche Größe darstellt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen über die Radioaktivität der Mineralquellen haben in der Tat manches Rätsel in der Heilquellentherapie lösen und auf wissenschaftlicher Basis erklären können. Allein es muß doch bemerkt werden, daß es Quellen ohne namhafte Radioaktivität gibt, bei welchen die beschriebenen Unterschiede zwischen frischem Quellwasser und altem Tafelwasser eben auch nachgewiesen sind.

Zuerst von sich aus und nachher im Auftrag der Schweiz. Balneologischen Gesellschaft hat Professor *A. Schweitzer* in den Jahren 1907 bis 1916 eine möglichst vollständige Erforschung der schweizerischen Heilquellen auf Radioaktivität durchgeführt. Er hat in seine Untersuchungen aus dem Kanton Graubünden 51 Heilquellen und die Quellsedimente aus 19 Mineralquellen einbezogen. Die Hauptergebnisse dieser außerordentlich wertvollen Arbeit sollen hier, soweit sie Graubünden betreffen, kurz erwähnt werden, im übrigen wird auf die Originalarbeit verwiesen².

Alle Mineralquellen Graubündens sind mehr oder weniger radioaktiv, doch konnte nirgends ein nennenswerter Betrag von im Wasser gelösten radioaktiven Salzen bzw. des Radiums nachgewiesen werden, d. h. die Radioaktivität der Quellen ist in allen Fällen auf die Anwesenheit der gasförmigen und rasch vergänglichen Radium-Emanation (Halbwertszeit 3,6 Tage) zurückzuführen. Die Radioaktivität ist bei der überwiegenden Mehrzahl (bei über 40 Quellen) nicht groß und schwankt bei sehr vielen innerhalb der gleichen Grenzen wie bei den Süßwasserquellen. Als Quellen mit namhafter Aktivität sind erkannt worden: der aus dem Triasdolomit entspringende Eisensäuerling von S. Bernardino, die ihrer chemischen Beschaffenheit nach nicht bekannte, aus kristallinem Schiefer tretende Tödiquelle von Compadias, eine in einem Paralleltal zu Val St. Plazi bei Disentis am rechten Ufer des Lumpegniabaches aus Gneis kommende Eisenquelle, und endlich die gegenwärtig verschüttete Donatusquelle bei Solis, ein jodhaltiger Eisensäuerling aus dem Bündnerschiefer.

Auffallend große Radioaktivität ist in der St. Plazidus-Quelle, einem etwa 200 m oberhalb des Hotels Disentiserhof in Disentis aus einem pyritreichen Gneißband entspringenden leichten Eisensäuerling festgestellt worden, die als die Quelle mit weitaus der stärksten Radioaktivität der Schweiz gilt. Die seit langem wohlbekannte, ausgezeichnete Heilwirkung dieses Wassers dürfte wohl damit im Zusammenhang stehen. A. Schweitzer gelangt auf Grund seines reich-

² A. Schweitzer, Über die Radioaktivität der Heilquellen der Schweiz. Ann. d. Schweiz. Ges. f. Balneologie u. Klimatologie, Heft XI/XIII, 1916.

haltigen Untersuchungsmaterials zu dem Schlusse, es lasse sich zwischen Radioaktivität und chemischer Zusammensetzung bzw. Temperatur eines Mineralwassers ein Zusammenhang nicht nachweisen, im allgemeinen seien aber Quellen aus dem Urgestein stärker aktiv als die andern, eine Beobachtung, welche auch durch seitherige Untersuchungen³ bestätigt worden ist.

Aus den Untersuchungsergebnissen Schweitzers über die Radioaktivität der Mineralwassersedimente ergibt sich, daß in erster Linie beim Val-Sinestra-Sediment von einer erheblichen Aktivität die Rede sein kann. Über dieses hat im Jahre 1924 auch Dr. *L. Blumer*⁴ eine interessante Studie veröffentlicht. Er prüft vom medizinischen Standpunkte aus die Frage, ob bei Schlammapplikationen die Radioaktivität eine Rolle spiele. Zu diesem Zwecke vergleicht er drei viel verwendete Produkte: Lehm, Fangoschlamm und Val-Sinestra-Schlamm in bezug auf ihre Radioaktivität miteinander und gelangt zu dem Schluß, daß das trockene Val-Sinestra-Sediment eine über neunzigmal stärkere Aktivität besitze als das Fangopulver.

Die Untersuchungen *Schweitzers* über Radioaktivität in Quellen beruhen auf der direkten Messung des Ionisationsstromes. Der dabei benützte Apparat ist das Fontaktoskop von *Engler* und *Sieveking*⁵.

Das zu untersuchende Wasser wird in einer großen Kanne stark geschüttelt, wodurch die gasförmige Emanation z. T. in die über dem Wasser befindliche Luft gelangt. Setzt man das Elektrometer mit dem in den Luftraum der Kanne hängenden Zerstreungskörper auf, erteilt demselben eine Ladung und verfolgt nun den zeitlichen Verlauf des Blättchenabfalls, dann kann man durch eine ganz einfache Formel die Intensität des elektrischen Stromes, der vom Zerstreungskörper aus durch die ionisierte Luft zur Wandung des geerdeten Schüttelgefäßes fließt, finden und damit ein Maß für die Aktivität des betreffenden Wassers erhalten. Dabei

³ Vergleiche beispielsweise W. Müller, Die Bestimmung der Wasser, Mitteilungen des eidgenössischen Gesundheitsamtes, 1923, S. 315.

⁴ Schweizerische Medizinische Wochenschrift, 1924, S. 530.

⁵ Physikalische Zeitschrift 6, S. 700.

wird die Stromstärke in $\frac{1}{1000}$ der elektrostatischen Einheit, die man Mache-Einheit (M. E.) nennt, angegeben.

Ohne näher auf Einzelheiten einzugehen, sei hier gesagt, daß der auf diese Weise direkt erhaltene Wert in mehrfacher Beziehung korrigiert werden muß und von Größen abhängt, die z. T. nicht genau in Rechnung gestellt werden können. Den Angaben über Quellaktivitäten, die auf diesem Wege erhalten worden sind, haftet eine gewisse Unsicherheit an.

Bei den Sediment-Untersuchungen bediente sich *A. Schweitzer* des Apparates von *Elster* und *Geitel*⁶. Er verwendete zur Bestimmung eine gewogene Menge des trockenen Sedimentpulvers, die er in immer gleicher Art ausbreitete, und ermittelte den Blättchenabfall, der von der ionisierten Luftschicht hervorgerufen wurde. Als Vergleichssubstanz, die leicht und mit gleichbleibender Aktivität herstellbar ist, wählte er Urankaliumsulfat, eine Substanz, die wohl in keiner Mineralquelle vorkommt. *Blumer* benützte einen ähnlichen Apparat, an dem er einige Verbesserungen angebracht hatte. Er breitet eine gewogene Menge Pulver auf einer flachen Eisenschale in immer gleichhoher Schicht aus und mißt dann einfach den Voltabfall pro Stunde. Mit Rücksicht auf den speziellen Zweck, den er verfolgte, erscheint die Arbeitsweise begreiflich. Allein er erhält dadurch Resultate, deren Größe selbstverständlich durch die Apparatur und die Arbeitsweise bedingt ist, die sich wohl untereinander, nicht aber mit denjenigen irgendwelcher anderer Forscher vergleichen lassen. An diesem Übelstande leiden überhaupt mehr oder weniger alle früher ausgeführten Radioaktivitätsbestimmungen. Man suchte daher nach einem leicht auszuführenden, genaueren Verfahren, dessen Resultate unabhängig von der Apparatur, gewissermaßen in einer absoluten Maßeinheit, auszudrücken wären. Man fand auch ein solches, das sogenannte Vergleichsverfahren, das sich sowohl bei Quellwassern wie auch bei Sedimenten anwenden läßt.

Man vergleicht dabei die ionisierende Wirkung einer unbekanntes und zu bestimmenden Menge von Radiumemana-

⁶ Physikalische Zeitschrift V, S. 321.

tion mit derjenigen einer genau bekannten. Zur Bereitung der letztern benützt man eine Radium-Lösung von bestimmtem Gehalt, welche man mit großer Genauigkeit herstellen kann. Läßt man diese in einem gutverschlossenen Kölbchen 30 Tage lang stehen, dann ist durch Zerfall des Radiums diejenige Menge von Emanation, die mit dem vorhandenen Radium im Gleichgewicht steht, gebildet, also ein genau bestimmtes Quantum. Man kann übrigens nach dem Zerfallsgesetz für jeden beliebigen Zeitpunkt vorher den aus dem Radium bis dann gebildeten Teil der maximalen Emanation berechnen und darauf diese durch Rechnung finden.

Die Emanation wird in eine Ionisationskammer gebracht. In unserem Falle ist das durch das sogenannte Zirkulationsverfahren geschehen, d. h. es ist das erwähnte Glaskölbchen in sinnreicher Weise mit der Ionisationskammer durch Kautschuckschläuche und ein Gummizirkulationsgebläse derart verbunden worden, daß die in der Normalradiumlösung gebildete Emanation durch längeres Durchquirlen unter Erwärmung ausgetrieben und auf das Gesamtvolumen von Gebläse, Gummischlauch, freiem Raum im Normallösungsgefäß, Chlorcalciumrohr und Ionisationskammer verteilt werden konnte. Dann wurde der Voltabfall ermittelt. Auf gleiche Weise wird die unbekannte Emanation des zu untersuchenden Wassers bzw. der zu untersuchenden Sedimentlösung behandelt und allfällige Abweichungen, das Gesamtvolumen und die Lösungsmenge betreffend, sinngemäß in Rechnung gebracht. So erhält man zuverlässige Resultate und, was als nicht unwesentlich in Betracht fällt, Resultate, ausgedrückt in Gewichtseinheiten des Metalls Radium, von dem ja die Radioaktivität ausgeht. Als Gewichtseinheit kann freilich nicht das gr (1 gr Radium = 1 Curie) gewählt werden, da es sich in allen diesen Fällen um sehr kleine Werte handelt. Die Radioaktivität wird in Zehntausendmillionstel gr (= 10^{-10} gr) ausgedrückt, einer Gewichtseinheit, welche man Eman nennt.

Damit ist der Verlauf der Radioaktivitätsmessung nur angedeutet, da es sich hier ja nicht um eine genaue Anleitung zu einer solchen Arbeit handeln kann. Immerhin mußte davon gesprochen werden, damit die nachfolgenden Resul-

tate richtig gedeutet werden können. Es mag hier noch darauf verwiesen werden, daß im Jahre 1921 auf Anregung des sächsischen Bergamtes und des Freiburger Radiuminstitutes in Freiberg i. S. hin eine Tagung stattgefunden hat, an der die wichtigsten deutschen und österreichischen Radiuminstitute, die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Charlottenburg und die Badeorte Böhmens und Sachsens vertreten waren. Man einigte sich dabei auf gewisse Grundsätze, nach welchen künftig die Aktivitätsbestimmung durchzuführen wäre. Drei davon mögen hier angeführt sein:

«Es wird empfohlen, den Emanationsmessungen von Quellwassern in Zukunft Normallösungen zugrunde zu legen, die Messungen also nach der Vergleichsmethode auszuführen.

Als internationale Radiumemanationseinheit wird das Curie (= 1 gr Radium) anerkannt. Als praktische für die Angabe der Radioaktivität von Quellen wird 10^{-10} Curie pro Liter empfohlen und dafür der Name «Eman» vorgeschlagen (1 Curie ist die Emanationsmenge, die mit 1 gr Radium im Gleichgewicht steht).

Es wird empfohlen, bei Emanationsmengen von Quellen nicht das Wasser selbst, sondern die ausgetriebene Emanation in den Meßraum zu bringen.»

An diese Leitsätze habe ich mich bei meinen Untersuchungen, die zurzeit freilich erst im Anfange stehen, gehalten, und alle meine Untersuchungen nach dem Vergleichsverfahren durchgeführt. Es sollen so nach und nach für die vielen Mineralquellen des Kantons zuverlässige Zahlenangaben über Radioaktivität erhalten werden, die sich mit allen neueren Angaben ohne weiteres vergleichen lassen. Sodann soll auch die Radioaktivität der Quellsedimente näher geprüft und ihre Herkunft genauer untersucht werden.

Der Apparat, den ich bisher zu den Untersuchungen benützte, ist mir in verdankenswerter Weise vom Chemischen Laboratorium des Eidgenössischen Gesundheitsamtes (Vorstand: Herr Dr. J. Werder) zur Verfügung gestellt worden. Ich danke an dieser Stelle insbesondere auch Herrn Dr. W. Müller, Chemiker am Gesundheitsamt, für seine wertvollen Fingerzeige und Ratschläge. Es handelt sich um

ein Instrument in der Form, wie es von der Firma Spindler & Hoyer fabriziert wird. Ein Elektrometer, konstruiert nach *H. W. Schmidt*⁷ ist festverbunden mit der Ionisationskammer, in welcher sich der stabförmige Leiter befindet. Dessen Potential kann an einem Aluminiumblättchen, an dem ein Quarzfaden befestigt ist, vermittelst eines Ablesefernrohres festgestellt werden. In bezug auf genauere Angaben wird auf die Fachliteratur verwiesen. Die Eichung hatte Herr Dr. Müller mit einer von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg bezogenen Normalradiumlösung besorgt. Die Radioaktivität der Quellen wurde an Ort und Stelle ausgeführt, wobei das Instrument vorher längere Zeit unter Spannung gehalten worden ist. Der Normalverlust wurde vor und nach der Bestimmung ermittelt. Für gute Erdung der Ionisationskammer ist in allen Fällen gesorgt worden.

Quellsedimente.

Wenn schon die vielen Mineralquellen Graubündens in ihrer Mineralisation so verschiedenartig sind, daß man kaum zwei gleiche finden kann, haben sie, ganz wenige Ausnahmen abgerechnet, im Charakter dennoch etwas Gemeinsames: es sind Eisensäuerlinge, enthalten also freie Kohlensäure und die kohlensauren Salze von Eisenoxydul, Kalk und Magnesia in Lösung. Damit steht im Zusammenhang, daß sie, sobald sie aus dem Erdinnern an die Erdoberfläche gelangen, die Neigung haben, feste Stoffe auszuschcheiden und einen Niederschlag, ein Sediment, zu bilden. Es handelt sich dabei, kurz gesagt, um Vorgänge, die einerseits durch die beim Zutretreten des Wassers infolge von Druckverminderung teilweise entweichende Kohlensäure und andererseits durch Hinzutreten vom Luftsauerstoff bedingt sind, und die zur Bildung von unlöslichem, rotbraunem Eisenhydroxyd und der einfach kohlensauren Salze des Calciums und Magnesiums führen. Überall da, wo Eisensäuerlinge frei ausfließen, bilden sie die wohlbekannten, gelben bis rotbraunen Überzüge, Quellsinter, Oker oder Quellsediment genannt. Man kann die Ausscheidung der genannten Stoffe künstlich dadurch be-

⁷ H. W. Schmidt, Physikalische Zeitschrift 6.

günstigen, daß man das Mineralwasser langsam und auf langer Strecke mit möglichst großer Oberfläche an der freien Luft fließen läßt und es zudem durch Fallen erschüttert. Geschieht das in einer besondern, sachgemäß eingerichteten Anlage, dann erhält man das Maximum des Niederschlages, ohne fremde Beimischungen, in Form eines äußerst feinen, plastischen Schlammes. Immerhin kann es sich, wie das aus der Analyse dieser Mineralwasser klar hervorgeht, auf den Liter bezogen nur um verhältnismäßig ganz geringe Mengen handeln, so daß sich eine derartige Operation nur bei Quellen mit reichem Ertrag lohnen kann.

Einzig die Quellsedimente der Heilquellen von *Andeer* und *Vals* sind meines Wissens seit Jahrzehnten medizinisch verwendet worden, wobei mehr nur auf mechanische und thermische Reizwirkungen dieser Produkte abgestellt wurde. Wesentlich gestützt auf die günstigen Resultate, welche *A. Schweitzer* über die Radioaktivität des Sedimentes von *Val Sinestra* veröffentlichte, ist dieses in den letzten Jahren vom dortigen Kurarzt, Herr Dr. *Albert Nadig*, mit ganz außerordentlichen Heilerfolgen angewendet worden.

Im Folgenden soll über einige von mir untersuchte Wasser und Sedimente berichtet werden. Zur Bestimmung der Radioaktivität in den Sedimenten wurde das trockene Sedimentpulver in unserm Laboratorium in Salzsäure gelöst und der unlösliche Rest durch Schmelzen mit Natriumkarbonat aufgeschlossen, wobei ein ganz geringer unlöslicher Rückstand von Kieselsäure verblieb, der durch Filtration entfernt wurde. Die so erhaltene Lösung wurde durch Aufkochen emanationsfrei gemacht und dann, gut verschlossen, eine bestimmte Zeit lang aufbewahrt. Nachher wurde die gebildete Emanation nach dem Durchquirlungsverfahren in der vorher beschriebenen Apparatur verteilt. Ich erhielt dann durch Umrechnung die Radioaktivität der Emanation und dadurch die mit ihr im Gleichgewicht stehende Menge des im Sediment enthaltenen Radiums, die in Eman (1 Em = 10^{-10} gr Radium) ausgedrückt ist.

1. Das Quellsediment von Val Sinestra.

Im Laufe des letzten Sommers habe ich sowohl die Mineralwasser von Val Sinestra als auch das dort daraus gewonnene Sediment wiederholt auf Radioaktivität untersucht. Val Sinestra ist hier besonders berücksichtigt, weil dort die erste rationelle Anlage zur künstlichen Gewinnung des Sediments besteht und dieses, so viel bis jetzt bekannt ist, das aktivste in der Schweiz ist. In Val Sinestra hat sich denn auch eine auf mehrjährige Erfahrung begründete medizinische Verwendung desselben ausgebildet.

a) Das Mineralwasser.

Unterhalb des Kurhauses Val Sinestra, hart am rechten Ufer der Brancla, bestehen sechs Quelfassungen. Die zwei stärksten Mineralquellen (die Ulrichs- und die Eduardsquelle) werden zur Trinkkur, die Mischung von drei andern (Thomas-, Conradin- und Johannesquelle) zu Bädern und daneben zur Gewinnung des Quellsediments verwendet. Die Mineralwasser stammen aus einem kalkigen, tonigen und sandigen Liasschiefer und weisen eine Quelltemperatur von 8 bis 8,5 ° C und einen ungewöhnlich reichhaltigen Mineralgehalt auf. Dem Hauptcharakter nach sind es alkalisch-muriatisch-salinische Eisensäuerlinge, bekommen aber durch die Anwesenheit speziell von Arsenit- und Bor-Ion eine ganz besondere therapeutische Bedeutung⁸. Die fünf Quellen unterscheiden sich graduell, d. h. in der Konzentration voneinander, in qualitativer Hinsicht sind sie identisch. Bemerkenswert ist der hohe Quellertrag.

Die am 7. bis 9. August 1925 an Ort und Stelle vorgenommenen Radioaktivitätsbestimmungen ergaben:

Quelle	Ertrag Ltr./m	Emanation allein		Emanation + Zerfallsprodukte	
		Eman	M. E.	Eman	M. E.
Ulrich	20	2,12	0,6	4,60	1,29
Eduard	8	2,20	0,62	4,77	1,35
Mischung der drei andern .	143	2,10	0,6	4,56	1,28

Die Umrechnung der Eman in M. E. ist mit dem Faktor 0,28 erfolgt.

⁸ Betreffend Analyse siehe: Nußberger, Heilquellen und Bäder im Kanton Graubünden.

Es ergibt sich zunächst, daß im Gehalt an aktiven Stoffen zwischen den drei Quellen kein Unterschied ist. Das ist begreiflich, indem zweifellos allen Quellaustritten ein und dasselbe Mineralwasser zugrunde liegt, das nur mehr oder weniger mit Süßwasser vermischt ist. Da die Radioaktivität der Quellen klein ist und durchaus im Bereich derjenigen des Grundwassers liegen dürfte, kann sie durch die größere oder geringere Beimischung des letztern nicht beeinflußt sein. Meine Resultate habe ich auch in M. E. umgerechnet. Sie stimmen mit denjenigen Schweitzers entweder ganz überein oder zeigen nur unbedeutende Unterschiede, die übrigens durch die natürlichen Schwankungen des Emanationsgehaltes bedingt sein können.

Die Frage, ob in diesen Quellen einfach Emanation gelöst ist, oder ob die Radioaktivität wenigstens z. T. von Radiumverbindungen selbst herkommt, habe ich auf Grund von Untersuchungen des Eindampfungs-Rückstandes des Mineralwassers zu entscheiden versucht und habe ihn zu diesem Zwecke auf die gleiche Weise wie die Quellsedimente zur Lösung gebracht, die Bildung der Emanation abgewartet, diese nachher unter Anwendung des Durchquirlungsverfahrens in der Apparatur verteilt und den Millivoltabfall/Sek. bestimmt. Der Ausfall mehrerer in dieser Richtung angestellten Versuche ist zweifelhaft. Der Voltabfall überstieg zwar meistens den Normalverlust des Elektrometers, aber nur um so wenig, daß man die Differenz auch einer kleinen Änderung des Leerabfalls zuschreiben konnte. Interessant ist, daß das Wasser, das zum Versand gelangt, monatelang nach der Abfüllung immer noch radioaktiv ist, was ausgeschlossen wäre, wenn die Emanation an sich die einzige Ursache der Radioaktivität des Wassers sein würde. Die in dieser Richtung bis jetzt vorgenommenen Untersuchungen führten nicht zu befriedigend übereinstimmenden Resultaten. Wahrscheinlich spielt hier ein ungleiches Vorgehen beim Abfüllen des Mineralwassers mit. Soviel ist sicher, daß der Hauptteil der Radioaktivität der Val-Sinestra-Quellen auf Radiumemanation zurückzuführen ist. Ebenso gewiß ist aber, daß im Wasser außerdem ein Radiumsalz gelöst sein muß; das ergibt sich aus dem Nachfolgenden.

b) Das Quellsediment.

Von der Kurhausverwaltung erhielt ich im Winter 1921/22 eine Probe des Quellschlammes, wie er sich in der dortigen Anlage direkt absetzt. Wir stellten daraus die lufttrockene Substanz, ein feines, gelbbraunes Pulver, her und unterwarfen dieses in unserem Laboratorium der qualitativen und quantitativen Analyse, deren Resultate hier angeführt werden sollen:

	%		%
Wasser (Hydratwasser) . .	6,69	Salze von Alkalien . . .	1,36
Eisenoxyd ($\text{Fe}_2 \text{O}_3$) . .	78,54	Arsenrioxyd ($\text{As}_2 \text{O}_3$) . .	4,91
Kohlensäure (CO_2) . .	5,89	Eisenhaltiger Ton,	
Calciumoxyd (Ca O)	} 0,70	Schieferbestandteile . .	1,91
Magnesiumoxyd (Mg O)			

Aus den Analysenwerten ist ersichtlich, daß das Eisen in Form von Ferrihydroxyd den Hauptteil, mehr als vier Fünftel des Pulvers, ausmacht; daneben sind die kohlen-sauren Salze des Calciums und Magnesiums und in ganz geringer Menge, offenbar durch Antrocknen bedingt, lösliche Alkalisalze vertreten. Besonders interessant ist der Gehalt an Arsen. Im Wasser ist dieses Element als arsenigsaures Natrium gelöst. Man sollte daher annehmen können, daß es, vom Vorgang der Sedimentation unberührt, in Lösung bleiben sollte. Nun weiß man aber, daß das Eisenhydroxyd imstande ist, das Arsenit-Ion aus Lösungen zu adsorbieren bzw. zu binden, und diesem Umstand ist es wohl zuzuschreiben, daß das Mineralwasser bei der Ausscheidung des Eisenschlammes den Arsenikgehalt an letztern abgibt.

Auffallend ist sodann auch der zwar geringe Gehalt an tonigen Bestandteilen. Offenkundig führt das Wasser zuweilen solche Stoffe mit und deponiert sie dann in der Sedi-mentieranlage.

Die Bestimmung des Gehaltes an Radium habe ich in zwei Sedimentproben durchgeführt, in derjenigen, auf welche sich die Analyse bezieht, und die seit Beginn des Jahres 1922 in unserem Laboratorium aufbewahrt war, und in einer zweiten, die ich besonders für diesen Zweck im Mai 1925 erhielt. Die für alle diese Untersuchungen verwendeten Proben ent-

sprechen einer sorgfältig aus mehreren kg Quellschlamm bereiteten Durchschnittsprobe.

Sedimentprobe	Die Strahlung von 100 gr Sediment entspricht Eman	
	Emanation allein	Emanation + Zerfallsprodukte
Nr. 1	39,0	84,6
Nr. 2	39,5	85,7
Nr. 3	37,4	81,2
Nr. 4	37,6	81,6

Um festzustellen, ob die Radioaktivität allenfalls von den vom Wasser mitgerissenen Tonschieferteilchen herrührt, habe ich sie durch Schlämmen einer Probe stark angereichert und dann die Aktivität des von Eisenoxyd zum großen Teil befreiten Rückstandes bestimmt und zu 3,12 Em gefunden. Von diesen Mineralteilchen kommt also die Radioaktivität des Sediments nicht her und kann somit nur auf eine im Mineralwasser ursprünglich gelöste Radiumverbindung zurückgeführt werden. Es ist zu berücksichtigen, daß radioaktive Stoffe oft aus den allerverdünntesten Lösungen gefällt werden, wenn andere Stoffe daraus in unlösliche Form übergehen. Nun findet ja beim langen Fließen des Mineralwassers an der Luft in einer Sedimentanlage fortwährend die Bildung von kolloidalem Eisenhydroxyd und von unlöslichen Salzen statt, welche Stoffe sich aus dem Wasser nach und nach niederschlagen. Da sind dann eben die Bedingungen dafür gegeben, daß sich die im Wasser vorhandenen minimalen Mengen von Radium auch ausscheiden und sich im Schlamm ansammeln können. Der Niederschlag, welcher sich in der Anlage in Val Sinestra nach meinen Erfahrungen aus 1 Liter Mineralwasser ausscheidet, wiegt zirka 20 mg. Für die Bildung von 1 kg Sediment, dessen Radioaktivität 400 Em beträgt, sind daher 50,000 Liter Mineralwasser notwendig. Daraus läßt sich der Gehalt des Mineralwassers an Radium berechnen und wird zu 0,01 Eman = $1 \cdot 10^{-12}$ gr Radium im Liter gefunden, eine Menge, die sich mit unserem Apparat nicht nachweisen läßt.

Die in der ersten Spalte angeführten Werte geben den Emanationsgehalt des Sediments, der durch das Radium

allein bedingt ist, an, denn sie sind erhalten worden, indem die elektrometrische Messung unmittelbar nach dem Einführen der Emanation in die Ionisationskammer vorgenommen wurde. Bei der praktischen Verwendung des Sediments ist zu berücksichtigen, daß die Radiumemanation im Zustande des raschen Zerfalles ist und dabei in die wiederum aktiven, festen Elemente Radium A, B, C usw. übergeht, die sich im Raum, wo das Sediment liegt, niederschlagen und hier auch Strahlen (α , β und γ) aussenden. Bei der Messung der Emanation machen sie sich dadurch geltend, daß die Ionisation der Luft, vom Beginn der Einfüllung der Emanation an gerechnet, stetig zunimmt und in etwa $3\frac{1}{2}$ Stunden ein Maximum erreicht, wobei dann das Gleichgewicht zwischen Emanation und den aktiven Niederschlägen erreicht ist. Ich habe diesen Zustand nicht bestimmt, da er sich leicht berechnen läßt, und habe die Zahlen dafür in der letzten Spalte angeführt.

Leider lassen sich meine Resultate mit denjenigen von *Dr. Blumer* nicht vergleichen, da diese in Voltstunden, also in einem relativen Maß, das durch die Apparatkonstanten beeinflusst ist, ausgedrückt sind. Blumer fand für 125 gr Sediment 749,72 Voltstunden. Die Beziehung auf die Radioaktivität von Fangoschlamm, die nachgewiesenermaßen stark schwankt, gibt auch keine sicheren Anhaltspunkte. *A. Schweitzer* bezieht die Sedimentsaktivitäten auf $\frac{1}{100}$ Urankaliumsulfat-Einheiten (U. K. S. E.). Auch hier ist eine einwandfrei Umrechnung nicht möglich. Nimmt man an, daß 1 gr U. K. S. = $3,6 \times 10^{-8}$ gr Radium entspricht, so ergibt sich unter der Voraussetzung, daß Schweitzer seine Angaben auf 125 gr bezieht (was nicht ausdrücklich angegeben, aber dennoch anzunehmen ist), für die

Thomas-Quelle (Minimum)	18,47 Em
Conradin-Quelle (Maximum)	68,04 Em

In Berücksichtigung der Wassermenge berechnet sich die Aktivität des Mischsediments aller drei Quellen

zu 23,45 Em

Meine Bestimmung, auf 125 gr bezogen,
ergab 49,06 Em.

Dabei ist freilich zu berücksichtigen, daß die Untersuchungen *Schweitzers* sich auf die Quellausscheidungen, wie sie sich früher ohne jede besondere Einrichtung gebildet haben, beziehen, während die meinigen mit einem gereinigten, in einer besonderen Anlage ausgeschiedenen Sediment vorgenommen wurden, bei dem ein Maximum von Strahlung zu erwarten war. Sodann beziehen sich die frühern Resultate auf das Pulver. Dabei ist die Radioaktivität von Zufälligkeiten abhängig und durch die aktiven Niederschläge störend beeinflusst. Durch die Untersuchungen ist festgestellt, daß die Radioaktivität des Val-Sinestra-Schlammes durch Radium bzw. eine Verbindung desselben, bedingt und somit nicht eine vorübergehende, vergängliche Erscheinung ist. Ein kg Sedimentpulver enthält $400 \text{ Eman} = 400 \times 10^{-10} \text{ gr metallisches Radium}$. In der Zeit von zirka 1800 Jahren verliert das Sediment die Hälfte seiner Aktivität. Während der Zeit eines menschlichen Lebensalters ist also der Verlust nicht nachweisbar und ohne jede praktische Bedeutung. Das spielt bei der Bewertung des Sediments als Heilmittel eine entscheidende Rolle.

2. Das Quellsediment von Andeer.

Das Mineralwasser von Andeer ist eine aus Bündnerschiefer entspringende, subthermale, sulfatische Bitterquelle und daneben ein Eisensäuerling. Ihr vorherrschender Bestandteil ist der Gips, ihre Temperatur $18,3^\circ \text{ C}$ und der Quellertrag 218 l/min. Das zur Trink- und Badekur nicht erforderliche Wasser fließt, einen Bach bildend, durch den Hotelpark dem Rhein zu und bildet dabei ein Quellsediment, das seit langen Zeiten zu Schlambädern Verwendung findet, deren Wirkung außerordentlich günstig beurteilt wird. Wir haben eine uns im Jahre 1923 eingesandte Probe davon analysiert. Auf lufttrockene Substanz bezogen lauten die Analysenzahlen:

	%
Wasser (Hydratwasser)	13,49
Eisenoxyd ($\text{Fe}_2 \text{ O}_3$)	45,39
Kohlensäure (C O_2)	2,07
Calciumoxyd (Ca O)	2,99

	%
Magnesiumoxyd (MgO)	0,50
Eisenhaltiger Ton, Schieferbestandteile .	33,79
Schwefelsäure (S O ₃)	1,07
Alkalisalze	Spuren
Organische Stoffe	0,27

Auch hier bildet das Eisenhydroxyd den einen Hauptteil. Der andere ist pulveriges Bündnerschiefermaterial, das, z. T. wenigstens, vom Wasser mitgeführt wird. Für die Radioaktivitätsbestimmung habe ich dieses soviel als möglich ausgeschieden und nur den Rest, der dann freilich der obigen Analyse nicht mehr ganz entsprach, verwendet.

Die Emanation, sofort nach dem Einfüllen in die Ionisationskammer bestimmt, betrug für 100 gr Sediment 30,25 Em, was dem Betrag von 65,6 Em für die Emanation und radioaktive Niederschläge entspricht.

Auch das Quellsediment von Andeer weist somit namhafte Radioaktivität auf, bedingt durch das Vorhandensein einer Radiumverbindung. Dessen Heilwirkung ist schon lange empirisch erprobt und dürfte angesichts dieses Ergebnisses, wenigstens teilweise, durch die Radioaktivität erklärt werden.

3. Das Quellsediment von Vals.

Schon seit dem 17. Jahrhundert ist die eisenhaltige Gips-therme von Vals bekannt. Sie ist mit Erfolg therapeutisch verwendet worden und liefert zufolge ihres großen Ertrags (600 l/min.) ein starkes Sediment, das bis jetzt nicht näher untersucht ist. Der Gehalt an Radium entspricht nach unsern Feststellungen 6,90 Eman auf 100 gr Sediment ($E + Z = 14,97$ Em) und ist somit immer noch erheblich höher als beim Fangoschlamm.

4. Das Quellsediment der Mauritiusquelle in St. Moritz.

Die Mauritiusquelle ist ein typischer Eisensäuerling aus Syenit, der dem Grenzgebiet der Trias angehört. Aus der Quelle scheidet sich ein nicht verwendeter Schlamm aus, von welchem mir Herr Dr. W. Suter in St. Moritz in verdankenswerter Weise eine Probe zuschickte.

Die Radioaktivitätsbestimmung ergab einen Gehalt entsprechend 18,7 Eman in 100 gr trockenem Sedimentpulver, herrührend von Radium. Die Strahlung von Emanation und aktiven Niederschlägen beträgt demnach 40,58 Eman.

Es folgen hier noch die Resultate über die

Radioaktivität einiger Quellen aus Bündnerschiefer.

E + Z = Emanation im radioaktiven Gleichgewicht mit den aktiven Niederschlägen.

E = Emanation allein.

1. Gruppe. Quellen aus liasischem Bündnerschiefer aus der Umgebung von Chur.

Nr.	Name und Lage	Charakter	E	E + Z
1	Mittenbergquellen, durchschnittl.	Süßwasser	1,01	2,19
2	Schöneckquelle	Süßwasser	1,23	2,67
3	Quelle am Fuße des Pizokel .	Süßwasser	1,51	3,28
4	Quelle in Araschgen	Süßwasser	1,02	2,21
5	Helenenquelle Passugg . . .	Mineralwasser	1,62	3,52
6	Ulrikusquelle	Mineralwasser	1,76	3,82
7	Mittelbelvedraquelle.	Mineralwasser	1,66	3,60

2. Gruppe. Quellen aus dem Bündnerschiefer des Unterengadins.

8	Trinkwasserquelle Sent . . .	Süßwasser	1,29	2,80
9	Quelle Stron Sent	Süßwasser	0,94	2,04
10	Eduardsquelle Valsinestra . . .	Mineralwasser	2,20	4,77
11	Ulrichsquelle Valsinestra . . .	Mineralwasser	2,12	4,60
12	Quellenmischung Valsinestra . .	Mineralwasser	2,10	4,56

(Thomas, Johannes, Conradin)

3. Gruppe. Wasser aus der Parpaner Trinkwasserleitung.

13	Probe vom 13. Juni		1,29	2,80
14	Probe vom 28. Juni		1,39	
15	Probe vom 30. Juni		1,41	
16	Probe vom 4. Juli		1,23	

Es geht nicht an, aus den wenigen Zahlen, die bis jetzt vorliegen, einigermaßen sichere Schlüsse zu ziehen. Auffallend ist aber, daß in beiden Bündnerschiefergebieten die Mineralquellen radioaktiver sind als die scheinbar aus dem gleichen Gesteintypus und in deren nähern Umgebung entspringenden Süßwasserquellen.

