

**U R A N I A**

(Gesellschaft zur Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse)  
Präsidium

---

**W. I. Wernadskij  
und die globalen Probleme der  
Menschheit**

**v o n  
Autorenkollektiv**

---

Abteilung Natur- und Technikwissenschaften  
Sektion Geowissenschaften  
1990

## W. I. Wernadskij's Beitrag zur modernen Geochemie

Peter Krüger, Bernd Voland, Dieter Wolf

### 1. Einleitende Bemerkung

Person und Werk W. I. Wernadskij's erfahren gegenwärtig eine Neueinschätzung. Noch vor zehn, fünfzehn Jahren wäre der Erfolg Wernadskijscher Ideen und Theorien vor allem an der Nutzung geochemischer Suchmethoden bei der Erforschung mineralischer Rohstofflagerstätten, an der Aufhellung von Konzentrations- und Dispersionsgesetzmäßigkeiten der Elementverteilung in den oberen Gesteinsschichten gemessen worden. Dagegen wurden seine Vorstellungen von der Biosphäre, der Rolle der lebenden Substanz bei den Dispersions- und Konzentrationsprozessen, vom Lebensdruck der lebenden Materie, von der Rolle des wissenschaftlichen Gedankens als planetare Erscheinung, schließlich von dem Übergang der Biosphäre in die Noosphäre, die Sphäre des alle menschlichen Handlungen beherrschenden und steuernden Verstandes oft genug als skurrile Ideen des alternden Akademikers belächelt. Wernadskij hat aber schon vor 60 Jahren gerade den heute akut gewordenen globalen Problemen, den Fragen der Erhaltung des Friedens und des Lebensraumes der gesamten Menschheit, den Fragen des Umweltschutzes, der immer enger werdenden Verknüpfung von Wissenschaft und Leben der Gesellschaft, seine oft kritische Aufmerksamkeit gewidmet. Auf diese immer komplexer werdenden Fragen hat der Geochemiker und der synthetisierende Denker bereits in den zwanziger, dreißiger und vierziger Jahren Denkansätze, Hinweise und Antworten gegeben.

Besonders das Alterswerk Wernadekijs, das gegenwärtig in der Sowjetunion erschlossen und größtenteils erstmalig veröffent-

licht wird, enthält eine Überfülle von Ideen und Lösungsvorschlägen, die nicht nur dem Geochemiker, sondern allen Natur- und Gesellschaftswissenschaftlern neuartige Zusammenhänge über Wesen und Funktion der Biosphäre, über den komplizierten Stoffwechsel zwischen Natur und Gesellschaft deutlich werden lassen. So, wie sich Wernadskij in neue Dimensionen des Denkens begeben musste, um die ganze Kompliziertheit des "Denkzeuges" Biogeochemie zu begreifen und darzustellen, so sind auch wir gefordert, in diesen neuen Dimensionen zu denken. Der 125. Geburtstag Wernadskijs ist hierfür ein würdiger Anlass.

## 2. Qualitätssprünge im Schaffen W. I. Wernadskijs

Wir müssen davon ausgehen, dass Wernadskij ein Naturwissenschaftler und Denker des ausgehenden 19. und des beginnenden 20. Jahrhunderts war, der sich von Anfang an nicht in Einzeluntersuchungen verlor, sondern stets um die Erkenntnis *des* Ganzen bemüht war. (1) Dabei spielte keine Rolle, ob es sich um neu erkannte Gesetzmäßigkeiten, um Prozesse, Methoden, Denkschemata handelte. Wernadskij war geprägt von den großen Entdeckungen seiner Zeit, war außerordentlich belesen, kannte viele Länder Europas, hatte persönliche Kontakte zu vielen Naturwissenschaftlern, Historikern und Philosophen. Er zeichnete sich durch akribisches Literaturstudium aus.

Sein geochemisches Schaffen ist gekennzeichnet durch eine ganze Reihe interessanter Qualitätssprünge. Sie sollen uns als wichtige Wegmarken dienen und helfen, das Auftauchen neuer Ideen, neuer Zusammenhänge, ja, neuer Wissenschaftszweige im Denken Wernadskijs zu erkennen. Dabei ist zu beachten, dass solche "Denksprünge" oftmals nicht chronologisch nacheinander folgten, sondern auch fast zeitgleich nebeneinander auftauchen konnten.

Als solche Qualitätssprünge können gelten

- die Einführung des Prozessdenkens in die Mineralogie und die Lehre von der "genetischen" Mineralogie um 1890;
- die Herausarbeitung der Geochemie als selbständiger Wissenschaftszweig um 1909/1910;
- die Erkennung der weltweiten Bedeutung radioaktiver Prozesse für Fragen der Energiewirtschaft und zur Klärung geologischer Erscheinungen und Prozesse um 1911;
- die Einbeziehung der lebenden Substanz als Ganzes in die Geochemie und die Herausbildung der Biogeochemie und der Lehre von der Biosphäre um 1922;
- die Erkenntnis von Isotopie-Effekten an stabilen Isotopen als Ergebnisse biogeochemischer Prozesse der dreißiger Jahre;
- der Problemkreis Umweltgeochemie Ende der dreißiger Jahre;
- die konsequente Weiterentwicklung der Lehre von der Biosphäre zur Lehre von der Noosphäre um 1940.

Im Folgenden sollen einige dieser "Denksprünge" näher, wenn auch nur schlaglichtartig, betrachtet werden.

### 3. Die "genetische" Mineralogie

Von 1890 bis 1911 lehrte W. I. Wernadskij an der Moskauer Universität das Fach Mineralogie. Dabei interessierte ihn von Anfang an weniger die Systematisierung der Minerale nach äußeren Kennzeichen, sondern es war vor allem die Entstehungsgeschichte der Minerale, die ihn fesselte: Unter welchen physikochemischen Bedingungen bilden sie sich, unter welchen können sie wieder zerfallen, wie bedingen sich Chemismus und innere Struktur der Minerale? So schrieb er 1898, dass die Mineralogie eine dynamische Wissenschaft sei und es nötig wäre, die Ge-

schichte der Minerale zu untersuchen; die zukünftige Richtung der Mineralogie würde die chemisch-genetische sein. Diese Vorstellungen über den Prozesscharakter der Mineralogie legte Wernadskij 1892 in dem Aufsatz "Die Genese der Minerale ", 1898 in dem Buch "Versuch einer beschreibenden Mineralogie" dar. Als Schüler des großen russischen Chemikers Mendelejew übernahm er dessen materialistische Auffassung von der chemischen Einheit der Welt und entwickelte sie konsequent weiter.

#### 4. Die Herausarbeitung der Geochemie

Chemisches Denken in der Geologie wurde auch schon vor Wernadskij praktiziert (den Begriff "Geochemie" prägte 1838 der Schweizer Chemiker Ch. F. Schönbein), aber Wernadskij gebührt das Verdienst, nach der Jahrhundertwende das Bild der chemischen Entwicklung der Erdgeschichte mit einer vor ihm nicht vorhandenen Konsequenz und Farbigkeit ausgemalt zu haben.

Mit dem Vortrag "Die Paragenesis der chemischen Elemente in der Erdkruste" auf dem Kongress der Russischen Ärzte und Naturforscher im Dezember 1909, gedruckt 1910, realisiert Wernadskij den konsequenten Übergang zur Geochemie. Im Gegensatz zu seinem amerikanischen Kollegen F. W. Clarke, der 1908 das Buch "The data of geochemistry" als umfangreiche Faktensammlung veröffentlicht hatte, beschränkt Wernadskij weiter den prozessorientierten Weg der dynamischen Geochemie, deren Gegenstand er später wie folgt definierte: "Die Geochemie untersucht wissenschaftlich die chemischen Elemente, d.h. die Atome der Erdkruste und, soweit möglich, des ganzen Planeten. Sie studiert ihre Geschichte, ihre Verteilung und Bewegung in Raum und in der Zeit sowie ihre genetischen Wechselbeziehungen auf unserem Planeten." (2) Dementsprechend studierten Wernadskij

und seine Schüler, vor allem A. E. Fersman, das geochemische Verhalten einzelner chemischer Elemente und ganzer Elementgruppen und rekonstruierten so verfllossene oder noch vor sich gehende Migrationsprozesse, die Konzentration und Dispersion von Elementen, ihre wichtigsten Wirkungssphären, von denen Wernadskij drei unterschied: Die Zone der Hypergenese (Sphäre der Oberflächenbedingungen), die Zone der Metamorphose (Sphäre der Umwandlung von Gesteinen, meist unter erhöhten Druck- und Temperaturbedingungen) und die Zone der Tiefenbedingungen, in denen die eigentlichen magnetischen Prozesse ablaufen. Die Elemente selbst teilte Wernadskij in sechs Gruppen: Edelgase, Edelmetalle, Zyklische Elemente (diese Gruppe enthält die organogenen Elemente und die meisten Metalle), Disperse Elemente (sie bilden keine eigenen Minerale), Radioaktive Elemente, Seltene Erden.

Unabhängig und fast zeitgleich veröffentlichte der norwegische Forscher V. M. Goldschmidt, ebenfalls einer der Klassiker der Geochemie, seine Einteilung der chemischen Elemente in siderophile, chalkophile, lithophile, atmophile und (später) biophile Elemente, die noch heute weit verbreitet ist. Das erste Geochemie-Lehrbuch veröffentlichte Wernadskij 1924 in französischer Sprache. 1930 erschien in Leipzig eine neu bearbeitete deutsche Fassung "Geochemie in ausgewählten Kapiteln". Dieses Lehrbuch, aber auch das Auftreten Wernadskijs mit Vorträgen auf der "Russischen Naturforscher Woche" 1927 in Berlin, wo auch sein Schüler Fersman mit Vorträgen aufgetreten war, hatte für die Popularisierung der Geochemie nachhaltigen Einfluss auf die deutschen und internationalen Geowissenschaftler.

## 5. Die Bedeutung radioaktiver Prozesse für die Geologie

Wernadskij gehörte zu den wenigen Geowissenschaftlern seiner Zeit, die sich nach Entdeckung der radioaktiven Prozesse intensiv mit ihren möglichen Zusammenhängen mit geologischen Prozessen beschäftigten. Er studierte petrologische, geologische und mineralogische Erscheinungen, wie z.B. Bleichungshöfe, Paragenesen von Uranmineralen u.a., die er richtig mit dem radioaktiven Zerfall in Verbindung brachte. Außerdem erkannte er schon vor 1910 die Bedeutung der radioaktiven Energie als zukünftigen Kern-Brennstoff und seine Überlegenheit gegenüber allem bisherigen Energie-Rohstoff, und zwar zu einer Zeit, als die Physiker sich noch lange nicht über die technische Seite der Atomenergie in klaren waren. Wernadskij organisierte in Russland die systematische Suche und Erkundung von Radium-Lagerstätten, rüstete zu diesem Zweck im Auftrag der Akademie der Wissenschaften mehrere Expeditionen aus, die er auch selbst leitete. Der Höhepunkt seiner Aktivitäten auf diesem Gebiet war die Gründung des Radium-Institutes, die er aber erst nach der Oktoberrevolution realisieren konnte.

Bereits 1910 hielt Wernadskij einen stark beachteten Vortrag, in dem er u.a. ausführte: "Vor uns öffnen sich Energiequellen, vor denen hinsichtlich Kraft und Bedeutung Dampfkraft, Elektrizität, die Kraft chemischer Explosionen verblasst. Es öffnen sich die Quellen der Atomenergie, die millionenfach alle Energiequellen übertreffen, die die menschliche Einbildungskraft sich vorstellen konnte /.../. Die Menschheit ist in das Zeitalter der Atomenergie eingetreten." (3) Mehrmals noch, so z.B. 1937 auf dem Internationalen Geologenkongress in

Moskau, legte der 74jährige Wernadskij zusammenfassend seine Lehre von der Radiogeologie dar und gab damit auch international wichtige Impulse. Es kann hier nicht auf alle Aktivitäten Wernadskijs zur Problematik "Geologie und Atomenergie" eingegangen werden. Aber hervorzuheben ist, dass Wernadskij immer wieder die große Verantwortung des Wissenschaftlers beim Umgang mit der Atomenergie herausstellte, einer Verantwortung, der er bewusst lebte. So schrieb er bereits im Jahre 1922. "Wir nähern uns einer großen Wende im Leben der Menschheit, die unter allen bisher durchgemachten nicht ihresgleichen hat. Nicht mehr fern ist die Zeit, da der Mensch die Atomenergie in seine Hände bekommt, eine derartige Kraftquelle, die es ihm ermöglichen wird, sein Leben nach seinen Wünschen zu gestalten. /.../ Versteht es der Mensch, diese Kraft zu nutzen, sie zum Guten und nicht zur Selbstvernichtung zu verwenden? Ist er reif genug, um diese Kraft mit Verstand zu nutzen, die ihm die Wissenschaft unvermeidlich geben muss? Die Wissenschaftler dürfen gegenüber den möglichen Folgen ihrer wissenschaftlichen Arbeit, des wissenschaftlichen Fortschritts nicht blind sein. Sie müssen sich für alle Folgen ihrer Entdeckungen verantwortlich fühlen. Sie müssen ihre Arbeit mit einer besseren Organisation der gesamten Menschheit verbinden."(4) Wie aktuell klingen diese Worte Wernadskijs!

#### 6. Die Herausbildung der Biogeochemie und die Lehre von der Biosphäre

Wernadskij begriff die geochemische Migration der Elemente in der Lithosphäre als Stoffwechsel der Natur, und von dieser Überlegung war es nur noch ein Schritt bis zur Einbeziehung auch der lebenden Substanz der Erdoberfläche, aber auch der

lebenden Substanz in der Hydro- und in der Atmosphäre, in diesen Stoffwechsel. So erweiterte Wernadskij die Geochemie zur Biogeochemie; die Resultate seiner Überlegungen und praktischen Laborversuche legte er in Büchern und Artikeln nieder, wie z.B. "Die Biosphäre" (russ. 1926), "Über neue Aufgaben in der Chemie des Lebens" (1926), "Über die geochemische Energie des Lebens in der Biosphäre" (Vortrag auf der Russischen Naturforscherwoche in Berlin 1927, erschienen 1928).

Nach seiner Rückkehr aus Paris 1926 baute Wernadskij die Abteilung "Lebende Materie" an der Akademie der Wissenschaften der UdSSR auf und untersuchte mit einer neuen Schüler-Generation, aus der sein späterer Nachfolger A. F. Winogradow herausragte, die chemische Zusammensetzung einer Vielzahl von Organismen. Er studierte das Zusammenwirken der Objekte der lebenden und unbelebten Natur, wobei er immer von seiner einheitlichen materialistischen Weltanschauung ausging. Die lebende Substanz überzieht nach Wernadskij die gesamte Erdoberfläche, steht mit Atmo- und Hydrosphäre im Austausch und hat durch den Stoffwechsel der Organismen mit der Umwelt die heutige Gashülle geschaffen, in bedeutendem Maße die chemische Zusammensetzung der heutigen Hydrosphäre bestimmt, die Entstehung der an der Erdoberfläche verbreiteten Gesteine, wie Sand, Ton und Granit, bewirkt; durch die akkumulatorischen Funktionen der Mikroorganismen zur Konzentration einer großen Anzahl chemischer Elemente und damit zur Lagerstättenbildung beigetragen.

P. Marnitz hebt hervor (5), dass der Übergang zum biogeochemischen Denken in der Naturwissenschaft eine theoretische Revolution auslöste. Nach ihm bestehen die wesentlichen Züge dieser

theoretischen Revolution in folgendem: Erstens in einem neuen Zugang der Geologie zu einigen ihrer Grundprobleme, darunter der Entstehung der Litho-, Atmo- und Hydrosphäre. Zweitens in einer Verbreiterung des Gesichtswinkels der Biowissenschaften, die nun bei der Erklärung der Großabläufe der Evolution davon ausgehen können, dass das Leben, weil es mit Wernadskij eine geologische Rolle hat, seine geochemische Umwelt selbst gestaltet, d.h. die äußeren Naturbedingungen für seine eigene Evolution zu einem großen Teil selbst setzt. Damit wäre der Ausgangspunkt für eine neue Evolutionskonzeption gegeben, die über die Darwinsche hinausgeht, weil in letzterer die Umwelt als konstanter, vorgegebener Faktor verstanden wird, der vom Leben selbst nicht tangiert wird. Drittens bedeutet geologische Rolle des Lebens, dass die lebenden Organismen den Chemismus der Erdoberfläche wesentlich determinieren. Dies heißt, dass die Geschichte der chemischen Elemente der Oberfläche der Erde gekoppelt ist mit der Tätigkeit der lebenden Substanzen. Also verläuft zusammen mit der Evolution des Lebens zugleich eine geologische Evolution, mit dieser eine geochemische, so dass sich die Evolutionskonzeption Wernadskijs ausweitet und darstellt als Geschichte der chemischen Elemente der Erde überhaupt. Und viertens schließlich folgt aus der Tatsache, dass die lebenden Organismen ihre Energie aus der Sonnenstrahlung beziehen, dass die Evolution der Biosphäre ein kosmisches Phänomen ist.

1930 schrieb Wernadskij in der "Geochemie": "Überall erhöht der Mensch die Anzahl der aus den althergebrachten 'ewigen' geochemischen Zyklen ausscheidenden Atome. Er begünstigt die Störung dieser Prozesse, lässt neue entstehen und alte aufhören.

Mit der Menschheit ist an der Erdoberfläche zweifellos eine neue gewaltige, bisher noch nicht da gewesene geologische Kraft herangewachsen. Das Gleichgewicht, das sich in der Migration der Elemente im Verlauf geologischer Zeiten eingestellt hatte, ist durch den Geist und die Tätigkeit der Menschheit gestört worden. Wir befinden uns z.Z. in einer Periode umwälzender Änderungen der thermodynamischen Gleichgewichtsbedingungen innerhalb der Biosphäre." (6)

Wie klar stellt Wernadskij den Zusammenhang zwischen Natur und menschlicher Tätigkeit dar, umreißt er Hauptprobleme des Stoffwechsels zwischen Natur und Gesellschaft, warnt er vor den Störungen der Biosphäre durch die ungezügelte Tätigkeit des Menschen. Das Beispiel zeigt, wie Wernadskij das "Denkzeug" Geochemie einsetzt und zugleich zur Biogeochemie weiterführt. Die Systemnatur der Biosphäre, die zur Einheit zusammenschließende, Wechselwirkung von biotischen und abiotischen Faktoren, zwingt so z.B. die Agrarwissenschaftler und die Praktiker der Landwirtschaft dazu, die Ergebnisse der Geochemie und Biogeochemie zu nutzen, um die für eine optimale landwirtschaftliche Produktion nötigen Kennziffern des Stoffwechsels zwischen Gesellschaft und Natur zu finden und zu berücksichtigen. Dies ist nach Wernadskij erstens wichtig, um die Bedürfnisse der Gesellschaft zu befriedigen, und zweitens notwendig, weil sich der Mensch auch um die Erhaltung und Reproduktion der natürlichen Regime zu sorgen hat.

#### 7. Zusammenhänge zwischen Spurenelementen und Gesundheit von Mensch und Tier

In der DDR wird das Erbe Wernadskijs nicht nur gepflegt, sondern aufbauend auf seinen geochemischen und biogeochemischen

Theorien, den von ihm und seinen Schülern gefundenen Gesetzmäßigkeiten der Verteilung der chemischen Elemente in Litho-, Hydro- und Atmosphäre wurden wichtige Erkenntnisse weiterentwickelt und neue Ergebnisse auf diesem Gebiet der engsten Verzahnung geologischer mit biologischen Wissenschaften gewonnen. Am Beispiel neuer Forschungsergebnisse des Wissenschaftsbereiches Geochemie/Mineralogie der Sektion Geowissenschaften der Bergakademie Freiberg soll abschließend gezeigt werden, dass die Aussagen Wernadskijs heute wachsende Bedeutung haben.

Der Zusammenhang zwischen Jodmangel und, Kropfbildung (Struma), seit Jahren in vielen Ländern untersucht, ist auch in der DDR nachgewiesen. Neue Untersuchungen, an denen Geochemiker und Mediziner gleichermaßen beteiligt waren, führten zu folgenden Ergebnissen:

Im Norden der DDR: Jod im Boden ca. 10 ppm, im Trinkwasser  
ca. 10 - 12 µg/Liter  
Strumahäufigkeit der Bevölkerung 2 - 3%

In den Südbezirken der DDR: Jod im Boden ca. 5 ppm,  
im Trinkwasser 1 - 2 µg/Liter. (sehr  
wenig), Strumahäufigkeit der  
Bevölkerung 27 - 30 %  
(nach Prof. Meng, Greifswald)

Die Kosten für Strumabehandlungen, ausgefallene Arbeitszeit usw. betragen in der DDR nach Schätzungen ca. 120 - 130 Millionen Mark/Jahr. Zur Behebung des Jodmangels wurde begonnen, u.a. jodiertes Kochsalz für die Speisezubereitung zu verwenden. Ein weiterer wichtiger Aspekt: In Jodmangelgebieten und Gegenden mit großer Strumahäufigkeit gehen 50 % der Totgeburten bei

Rindern und Schweinen auf Jodmangel zurück, denn Jod stimuliert die Schilddrüsenhormone und damit das Wachstum der Tiere, und Jodmangel führt demnach zu Untergewicht der Föten und damit zu Totgeburten. Gezielte Jodgaben können also die Fleischproduktion wesentlich erhöhen.

Diese Erkenntnis, in der Kinderheilkunde diskutiert und realisiert, führte zu dem Ergebnis, dass durch gezielte Jodgaben Frühgeburten beim Menschen und Untergewicht der Frühgeborenen erfolgreich bekämpft werden konnten, wie Erfahrungen der Universitätsklinik Leipzig zeigen,.

Folgeschwere Zusammenhänge gibt es zwischen dem Selen-Gehalt im Boden und in Pflanzen und der Häufigkeit des Myocard-Infarkts beim Menschen. In Gebieten mit Selen-Mangel ist der Myocard-Infarkt signifikant höher als in Gebieten mit normalen Selen-Gehalten im Boden. Warum? Selen stimuliert die Produktion von Glutation-Peroxidase in den Muskeln, die wiederum Peroxide abbaut, die sich im Herzmuskelgewebe bilden. Wenn Glutation-Peroxidase nicht ausreichend gebildet wird, zerstören die Peroxide die Herzmuskeln, es kommt zum Infarkt. Eine geochemische Kartierung großer Gebiete auf Selenmangel hilft, Territorien mit erhöhter Herzinfarkt-Gefährdung zu erkennen und rechtzeitig medizinische Prophylaxe-Maßnahmen zu ergreifen. Ein Überangebot an Selen im Boden ist jedoch genauso problematisch und hat negative Folgen für Säugetiere und auch für den Menschen: Infolge seiner chemischen Verwandtschaft zum Schwefel wird bei einem Überangebot von Selen dieses anstelle von Schwefel in die Hornsubstanz eingebaut, also in Hufe, Nägel, Haare u. dgl., wodurch diese ihre mechanischen Eigenschaften verändern- Sie werden weich und halten Belastungen

nicht mehr stand. So werden z.B. die Hufe von Huftieren weich und breit, wodurch diese Tiere nicht mehr normal laufen können. Solche starken Selen-Konzentrationen kommen regional z. B. in der VR China vor, wo sie zu den genannten Folgeerscheinungen führten.

Ein für die Futterpflanzen-Produktion wichtiger Zusammenhang wurde zwischen dem Molybdän-Gehalt im Boden und dem Pflanzenertrag (Grünmasse-Ertrag) gefunden. Es zeigte sich, dass geringe Mengen von Molybdän die Produktion von Enzymen stimulieren, die wiederum den Stickstoff-Stoffwechsel der Pflanze mobilisieren. Bei diesen Enzymen handelt es sich um Nitrat-Reduktase und Nitrogenase. In Gebieten mit Molybdän-Mangel bilden sich zu wenig dieser Fermente, die Pflanzen können Stickstoffdünger nicht aufnehmen, selbst wenn davon ausreichend auf die Felder gebracht wurde. In diesen Gebieten kommt es in der Regel zu erheblichen Grünmasse-Mindererträgen bei der Pflanzenproduktion. Durch Molybdän-Düngung, d.h. durch die Gaben von geringen Mengen pflanzenverfügbarer Molybdän-Verbindungen auf die Grünflächen, konnten Mehrerträge an Grünmasse von 10 bis 15 % erreicht werden.

## 8. Schlussbemerkungen

Die kurzen Beispiele haben gezeigt, dass das Wernadskijsche Konzept der Biogeochemie auch heute lebendig ist, ja, an Bedeutung zunimmt. Wernadskijs Einfluss auf die moderne Geochemie und Biogeochemie erweist sich als stabil über Generationen, er wird erweitert und weiterentwickelt, und nicht nur auf dem Gebiet des Umweltschutzes. Wurde Geochemie bisher vorwiegend in der Geologie und im Bergbau angewandt, so hat sie heute weltweit neue gesellschaftliche Auftraggeber gefunden: den

gesamten Agrarbereich, d.h. Pflanzenproduzenten, Pflanzenzüchter, Forstwirtschaft, Tierproduzenten; die Humanmedizin in vielen Spezialeinrichtungen; die Wasserwirtschaft, die Ökologie. Anzahl und Richtung der Auftraggeber wachsen. Hier haben wir ihn, den Stoffwechsel zwischen Natur und Gesellschaft, den nur der menschliche Verstand zum Nutzen der Menschheit einrichten kann, ganz im Sinne der Vorstellungen von der Noosphäre Wernadskijs!

P. Marnitz schreibt: "Wernadskijs Konzept der Evolution des Stoffwechsels von Gesellschaft und Natur, des Durchdenkens der biosphärischen Folgen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts ist zutiefst mit den großen Problemen der Gegenwart verbunden"(7). Vorausdenkend hat uns Wernadskij schon vor mehr als 50 Jahren Wege zur Entwicklung der Biosphäre aufgezeigt, die er mittels des "Denkzeuges" Geochemie-Biogeochemie erkannte oder erahnte. Auch heute sind es die Geochemiker und Biogeochemiker, die als beste Kenner dieses "Denkzeuges" in Zusammenarbeit mit allen verantwortungsbewussten Menschen aufgerufen sind, diese Wege 'der Analyse und der Lösung globaler Probleme in internationaler Zusammenarbeit aufzuzeigen und zu beschreiten und so das Vermächtnis des Naturwissenschaftlers und Denkers Wernadskij in die Tat umzusetzen.

#### Literatur

- 1 Peter Krüger: Wladimir Iwanowitsch Wernadskij. Biographien hervorragender Wissenschaftler, Techniker und Mediziner, Bd. 55. Leipzig<sup>9</sup> 1981.  
A. Jauschin, S. Mikulinski, I. Motschalov: In memoriam Wernadskij - Wissenschaft in der UdSSR, Moskau (1983), 6, S. 2 - 9.

- Wernadskij und die Gegenwart. - Wissenschaft in der UdSSR, Moskau (1988) 2, S. 2 - 21.
- I. Iwanow, D. Dreschkin: Ein Schritt zur "humanen Materie". - Wissenschaft in der UdSSR, Moskau (1987) 5, S. 88 - 94.
- 2 W. I. Wernadskij: Die Paragenesis der chemischen Elemente in der Erdkruste. (russ.). - Dnewnik XII s'esda russkich estestwoispytakelej i wratschej, 1 otdel. Moskwa 1919, S. 73 - 91.
- 3 W. I. Wernadskij: Die Aufgaben des Tages auf dem Gebiet des Radiums (russ.). - Iswestija Akademii Nauk, 6 serija, 5 (1911) 1, S. 661 - 72.
- 4 W. I. Wernadskij: Otscherki i retschi. Petrograd 1922, Reihe 1, S. 11 (Vorwort). Zitiert in: I. I. Motschalow: Pierre Curie und W. I. Wernadskij über die Gefahr des nuklearen Omnizids. (deutsch). - Gesellschaftswissenschaften (Moskau), H. 4/1988.
- 5 Peter Marnitz: Evolutionstheoretische und globalistische Auffassungen W. I. Wernadskijs - Eine philosophische Analyse. - Dissertation B, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin 1986, S. 15.
- 6 W. I. Wernadskij: Geochemie in ausgewählten Kapiteln. Autorisierte Übersetzung aus dem Russischen von Dr. E. Kordes. Leipzig 1930.
- 7 F. Marnitz: a.a.0.