

Mitt. österr. geol. Ges.	79 (1986) Umweltgeologie- Band	S. 359-372 4 Abb., 1 Tab.	Wien, Dezember 1986
--------------------------	--------------------------------------	------------------------------	---------------------

Geochemie und Humanmedizin

Von E. SCHROLL*)

Mit 4 Abbildungen und 1 Tabelle

Zusammenfassung

Das höher entwickelte Leben hat sich den relativ eng begrenzten geochemischen Durchschnittsbedingungen der Erdoberfläche angepaßt. Neben den Haupt- und essentiellen Spurenelementen sind biologische Schadelemente und neutrale Ballastelemente zu unterscheiden. Der geochemische Untergrund wird im wesentlichen durch die chemische Zusammensetzung der Gesteine, der Böden und der Wässer bestimmt. Er unterliegt bereits nachhaltig, zumindest regional, dem Einfluß der vom Menschen geschaffenen Technosphäre.

Geochemische Karten dienen nicht nur der Rohstoffforschung sondern auch den Bio- und Humanwissenschaften und Techniken. Überschüsse und/oder Mangel an essentiellen Spurenelementen können Ursache oder ein zu beachtender Faktor für das Auftreten endemischer Krankheiten sein, wie Kropf, Caries, Herzkrankheiten oder Krebs. Auf Grund der Ergebnisse der geochemischen Basisaufnahme mit der ein bedeutender Anteil des Staatsgebietes der Republik Österreich umfaßt worden ist, wird auf die noch nicht bekannten Einflüsse von positiven geochemischen Arsenanomalien, auf ein mögliches Selendefizit und regional gehäuftes Auftreten von Krebskrankheiten eingegangen. Interdisziplinäre Forschungsarbeiten und die Gründung einer nationalen Arbeitsgruppe werden angeregt.

Summary

The higher organized life has been adapted to the restricted conditions of the geochemical averages of the Earth crust. Besides the major elements of the living substances following element groups are distinguished: essentially trace elements, toxic elements and ballast elements. The geochemical background is determined by the chemical compositions of rocks, soils and waters. Nowadays the influence of the technosphere created by the mankind is strong, at least regionally.

Geochemical maps are not only used for mineral prospecting but also for bio science and human technics. Surplus and/or deficit, of essentially trace elements can be the cause or factors which are to consider for the occurring of endemic diseases, such as goiter, caries, heart diseases or cancer. The first results of the geochemical mapping of an important part of the area of the Austrian republic are discussed in relation of positive anomalies of arsenic, a possible deficit on selenium and the problem of the regional distribution of cancer. Interdisciplinary research and the setting-up of a national working group is suggested.

*) Adresse des Verfassers: Prof. Dr. E. SCHROLL, Geotechnisches Institut der BVFA-Arsenal, A-1031 Wien - P. O. B. 8.

Inhalt

1. Einleitung	360
2. Bio- und Schadelemente	361
3. Der geochemische Untergrund	363
4. Geochemische Karten	365
5. Spurenelemente und menschliche Krankheiten	366
6. Aspekte für Österreich	369
7. Schlußfolgerungen	371
Literatur	371

1. Einleitung

Die Beschäftigung mit den Erdwissenschaften liefert letztlich die Grundlagen für alle anderen auf die menschliche Gesellschaft bezogenen wissenschaftlichen und technischen Aktivitäten (Abb. 1). Die Erdoberfläche als Zone des Lebens ist von ihrer Morphologie bis zu den Gesteinen, Böden und Wässern das Produkt der geologischen Evolution und kosmischer Einflüsse. Die Entwicklung des Lebens hat sich nicht nur den Zuständen der Erdoberflächen angepaßt, sondern diese auch mitgestaltet.

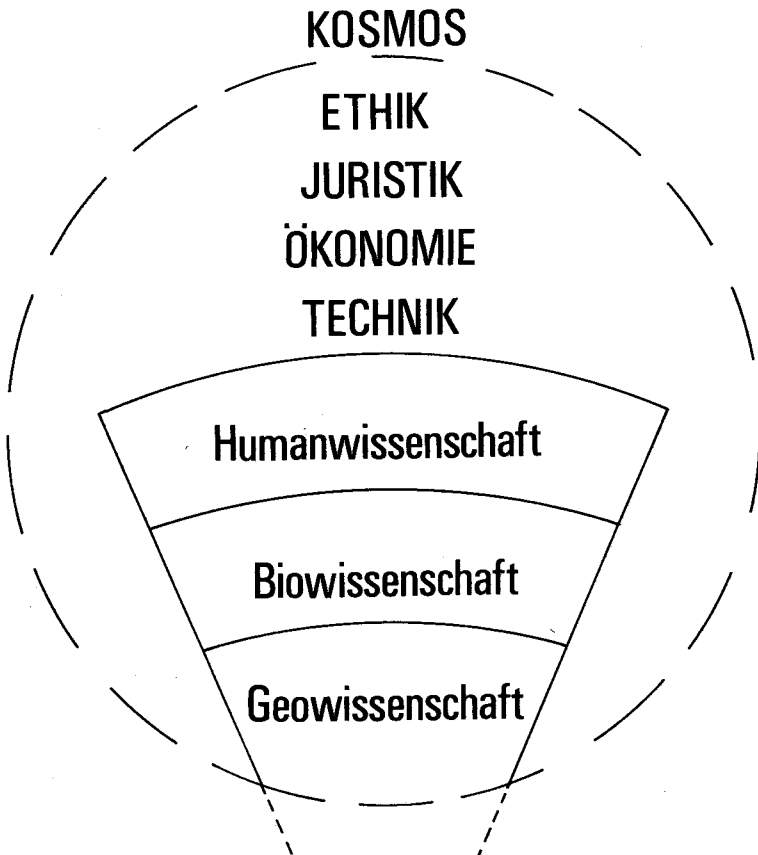


Abb. 1: Die Erdwissenschaften als Basis gesellschaftspolitischer Aktivitäten.

Die Geochemie ist ein subsidiärer Arbeitsbereich der Erdwissenschaften. Sie bestätigt sich mit den Verteilungsgesetzmäßigkeiten der chemischen Elemente und ihrer Isotope und deren Verteilungsbahnen in der Zeit und Raum. Abgesehen von den Problemen, die das unzugängliche Erdinnere aufwirft, ist die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der Erdoberfläche, d. h. der Gesteine, Böden, der Wässer und der Luft (oder wie der Geochemiker zu sagen pflegt: der Lithosphäre, Pedosphäre, Hydrosphäre und Atmosphäre), von erstrangiger Bedeutung.

Die Existenz des Lebens – oder auch der Biosphäre – ist an bestimmte physikalische und chemische Grenzbedingungen gebunden. Das Leben, nicht zuletzt auch der Mensch als höchst entwickeltes Lebewesen, hat sich dem vorgegebenen geochemischen Milieu angepaßt. Die Grenzen sind für niedriger entwickelte Lebensformen als Folge der evolutionären Prozesse weiter gezogen als für Mikroorganismen, die in sauerstofffreier Umgebung bei erhöhtem Druck bis zu Temperaturen bis 150° C und mehr lebensfähig sein sollen.

Höher entwickeltes Leben hat parasitären Charakter. Es benötigt den Sauerstoffgehalt der Luft, Wasser und Nahrung aus der Biosphäre. Für höhere Lebewesen ist dabei die Nahrungskette von besonderer Bedeutung. Zwar vermögen einige Mikroorganismen seltene Elemente wie Uran oder Gold bis zum Faktor einer Million anzureichern, die Nahrungskette ist jedoch ein weiterer Multiplikator mit dem auch der Mensch zu rechnen hat. Die Beschäftigung damit ist Aufgabe der Biochemie, der Agrar- und Ernährungswissenschaften. Die Biochemie hat sich schon frühzeitig mit derartigen Fragestellungen beschäftigt, einerseits weil die Grenzen der Wissenschaften fließend und andererseits Lebensprozesse für die Elementverteilung in den an der Erdoberfläche gebildeten Sedimentgesteinen und Lagerstätten von nicht zu übersehender Bedeutung sind.

2. Bio- und Schadelemente

Die Bioelemente haben elektrochemische, katalytische, strukturelle oder andere, teilweise auch noch unbekannt Funktionen. Biologisch essentielle Spurenelemente sind vor allem für katalytische Funktionen in metallaktivierten Enzymen oder Metallo-Enzymen, wie Metallproteine, -porphyrine oder -flavine von Bedeutung.

Die essentiellen Hauptelemente, die die Biosphäre aufbauen, sind (etwa bis $Z = 20$) durchwegs chemische Elemente mit niedriger Ordnungszahl und hoher kosmischer und terrestrischer Häufigkeit:

C, H, O, N, P, S, Na, K, Mg, Ca, Si und Cl.

Dazu kommen die biochemisch essentiellen Spurenelemente. Nach dem gegenwärtigen Stand sind gesichert (nach BOWIE et al. 1985):

für die Pflanze: Mn, Fe, Cu, Zn, Mo, B und Cl

für den Menschen: Mn, Fe, Cu, Zn, Mo, Co, Cr, Ni, Sn, Se, J und F

Für die Geologie essentieller Spurenelemente ist ein bestimmter Versorgungsgrad vorgegeben. Mangel und Überschuß führen zu Krankheiten oder Tod (Abb. 2).

So wie bei den Hauptelementen Unterschiede im Bedarf bei Pflanze und Tier bestehen, wie beim K bzw. Na, trifft dies auch für die essentiellen Spurenelemente zu. Die Pflanze vermag Elemente zu konzentrieren, die für sie selbst nur von

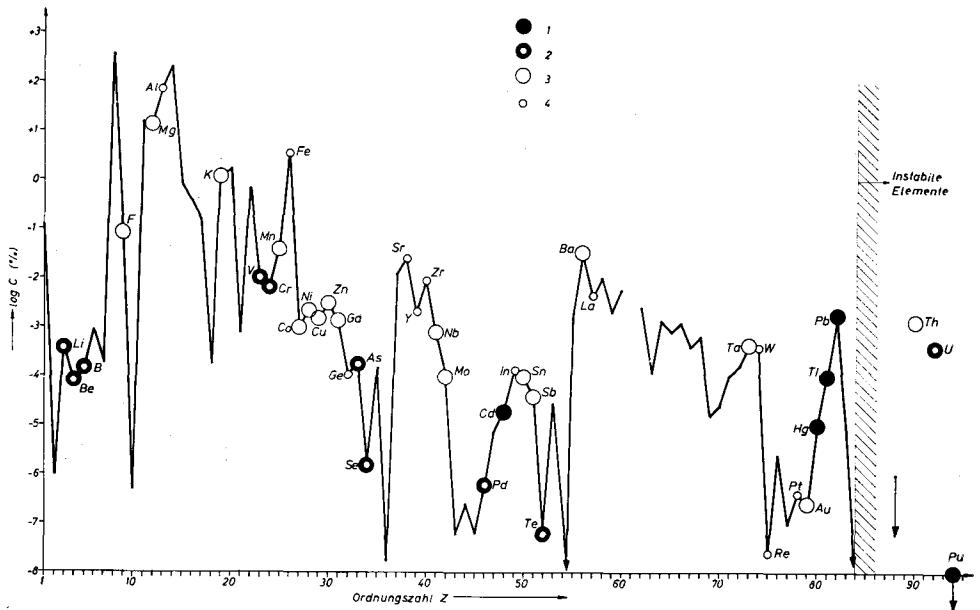


Abb. 2: Häufigkeit der chemischen Elemente in Abhängigkeit von der Ordnungszahl Z . Die für den Menschen in Frage kommenden Schadelemente sind nach dem Grade ihrer Toxizität gekennzeichnet (nach BOWEN 1966):

1 Besonders hochtoxisch, lange Verweilzeit und Akkumulation, 2 hochtoxisch, 3 mäßig toxisch, 4 leicht toxisch (entnommen aus SCHROLL 1975).

geringer oder kleiner Bedeutung sind, aber für die Gesundheit für Mensch und Tier ausschlaggebend sind, u. a. Co, Cr, As, Se und J.

Es gibt selbstverständlich primitive Arten der Pflanzen- und Tierwelt, für die auch noch andere Spurenelemente im geochemischen Sinne biologisch essentiell sein können, wie z. B. Ba, Sr, V, Nb, Br.

Als hochgradige Schadelemente sind jene Elemente zu bezeichnen, die lange Verweilzeiten im Organismus aufweisen. Für die Pflanze sind dies Cu, Zn, Mo, Ni, Cd, Hg, Pb und Se, für den Menschen vor allem Cd, Hg, Pb, Tl und Pu, ferner auch As (vergl. BOWIE et al. 1985). Plutonium gehört zur Gruppe der Transuranelemente und ist unter natürlichen Bedingungen praktisch nicht existent. Toxizität ist bei vielen Elementen gegeben. Voraussetzung ist jedoch stets das Löslichkeitsverhalten die Art der Aufnahme und nicht zuletzt die aufgenommene Menge (Abb. 3).

Daneben gibt es auch Elemente, die keine biologische Funktion aufweisen. Soweit sie eine Anreicherung im Organismus erfahren, werden sie als Ballastelemente bezeichnet. Beispiele dafür sind Al, SEE, Ti, u. a.

Es ist nicht immer abgeklärt, ob gewisse Spurenelemente nicht doch von essentieller biologischer Bedeutung sind.

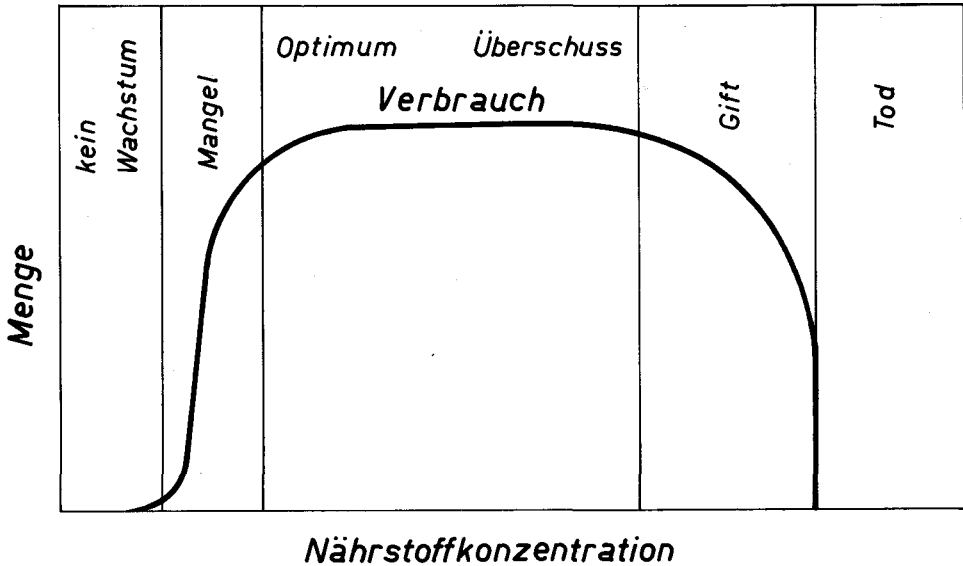


Abb. 3: Wachstumsdiagramm eines Lebewesens als Funktion des Versorgungsgrades mit einem biologisch essentiellen Spurenelement nach SMITH 1962 (entnommen aus SCHROLL 1975).

3. Der geochemische Untergrund

Der geochemische Untergrund wird im wesentlichen bestimmt durch:

- die Arten der Gesteine und Erzmineralisationen an der Erdoberfläche
- die Bodenbildung
- dem Wasserkreislauf
- der Morphologie der Erdoberfläche
- den klimatischen Bedingungen
- den Austritten von Tiefenwässern und vulkanischen Ereignissen und
- dem Impakt der Technosphäre.

3.1. Gestein

Die geologische Karte gestattet es bereits, den geochemischen Untergrund aus der Gesteinsverteilung grob abzuschätzen. Der Gehalt an seltenen Elementen ist nur indirekt und in ungenügendem Maße abzulesen.

Vom Standpunkt der Verfügbarkeit von Bioelementen und Präsenz von Schadelementen läßt sich folgendes aussagen:

Einen durchschnittlichen bis guten Versorgungsgrad lassen erwarten:

- Basische bis intermediäre magmatische Gesteine
 - Tongesteine und ihre metamorphen Äquivalente
- Unterversorgt sind Böden aus kieselsäurereichen oder -armen Gesteinsarten:
- kieselsäurereiche Gesteine magmatischer Herkunft, Sandsteine, Quarzite, usw.

- Ultrabasite, die zwar Überschüsse an Mg, Cr, Ni oder Co aufweisen, von denen aber das relativ gut wasserlösliche Ni toxische Wirkungen zeigt oder
- Metamorphite der Katazone bezüglich Selen.
Höhere Konzentrationen an Schadelementen sind zu erwarten bei:
- Erzmineralisationen, intensiviert durch Bergbautätigkeit
- vulkanogen-sedimentären Serien und ihren metamorphen Äquivalenten
- manchen Schwarzschiefern
- Sandsteinformationen (z. B. im Perm)

Es ist eine bekannte Tatsache, daß Bodenbildung und Muttergestein auf die Art der Vegetation Einfluß haben, so daß die Vegetation zur Kartierungshilfe werden kann.

Karbonatgesteine haben eine eigene Flora, da nicht alle Pflanzen dieses abweichende chemische Milieu (Ca^{+2} , HCO_3^{-1} , pH 7) vertragen.

3.2. Wasser

Wasser ist das wichtigste geochemische Transportmedium. In einer vom Menschen nicht beeinflussten Umwelt existieren gleichfalls Wässer verschiedenen chemischen Lösungsinhaltes: Meerwasser, Brackwasser, Niederschlagswasser, Karstwässer, Grundwässer, Tiefenwässer verschiedenster Herkunft bis vulkanogenen Emanationen. Vom Standpunkt der Trinkwasserversorgung und Bewässerung sind weiche Niederschlagswässer (Mg, Ca) im kristallinen Untergrund, harte Wässer (Ca, Mg – HCO_3) in Kalzit- und Dolomit-führenden Nebengesteinen und mineralisierte chloridreiche Tiefenwässer mit höheren Gehalten an Schadelementen hervorzuheben, die neben F auch Ba, Pb, Cd, As u. a. enthalten können.

3.3. Morphologie und Klima

Als Faktor des natürlichen geochemischen Untergrundes dürfen die Morphologie der Landoberfläche und die klimatischen Bedingungen vor allem auch für die Bodenbildung nicht übersehen werden.

Die Entfernung vom Meer bzw. von Gebirgsketten, die den Niederschlag ozeanischer Herkunft anhalten, sind für die Versorgung der lokalen Biotope mit thalassophilen Elementen, wie Cl, Br, J und B maßgeblich. Regenreiche Klimate, vor allem in warmen Zonen, sorgen für weitgehenden Abtransport von Schadelementen, aber auch Bioelementen. Abflußlose bis -arme Senken und Depressionen geben zur Anreicherung leichtlöslicher Spurenelemente Anlaß, so daß toxische Konzentrationen, wie bei B, Se, As oder Hg eintreten.

3.4. Der Einfluß der Technosphäre

Die natürliche Stoffverteilung an der Erdoberfläche war in der erdgeschichtlichen Vergangenheit niemals stabil. Abgesehen von säkulären tektonischen Änderungen haben sich auch katastrophale Ereignisse ereignet, wie große und oder massierte Vulkanausbrüche oder Einschläge von Asteroiden. Von diesen Ereignissen war vor allem die Erdatmosphäre betroffen.

Die durch die Technik ausgelösten Eingriffe in die Geochemie der Atmosphäre, Hydrosphäre und Pedosphäre haben ein Ausmaß erreicht, daß die Auswirkungen nicht nur lokale oder regionale, sondern globale Ausmaße anzunehmen drohen. Es ist vor allem die seit 1850 exponentiell zunehmende Ausbeutung der Bodenschätze und ihre technische Nutzung.

Dies trifft vor allem für erhebliche Störungen der geochemischen Zustände in der Erdatmosphäre und den Transport von Stoffen im Verwitterungszyklus zu.

Hauptverursacher sind vor allem:

- Die Verbrennung der fossilen Brennstoffe Kohle, Erdöl und Erdgas. Der Verbrauch überschreitet bei weitem das Ausmaß ihrer rezenten Bildungsrate. Nach GOLDBERG (1975) wurde beim Hg der Umsatz der natürlichen Verwitterungsprozesse erreicht oder sogar überschritten. Nicht unbeträchtlich ist auch die Dispersion von Schadelementen wie V, As, Se, Mo und Pb.
- Hütten- und Chemieindustrie
- Ballungsgebiete von Siedlungen einschließlich des Verkehrs
- Unzureichende Müllverwertung und Deponierung. Nach GOLDBERG (1975) erreicht die Müllmenge bereits größenordnungsmäßig die Menge der in Flüssen zu den Ozeanen transportierten gelösten Stoffe
- Düngung und Schädlingsbekämpfung in der Agrarwirtschaft
- Kriegshandlungen

Eine besondere Erwähnung bedarf auch die Erzeugung künstlicher Radionuklide durch die Atomenergietechnik, die ein zusätzliches Problem darstellt.

In Ballungsgebieten sind auch die Flußsedimente vom Menschen soweit belastet, daß sie lokal als Armerz anzusehen sind (MÜLLER, *ibid.*). Nur durch Vermeidung jeglicher Vorgänge einer technogenen Dispersion, Wiederaufbereitung oder Bildung „technogener Mineralisationen“ in geeigneten Deponien wird man die Probleme meistern können.

Ein Hilfsmittel dabei ist auch die Feststellung und ständige Kontrolle des regionalen geochemischen Untergrundes in allen in Frage kommenden Bereichen, vor allem Boden, Wasser und Lebewesen.

4. Geochemische Karten

Die Anfertigung geochemischer Karten ist das Produkt der Rohstofforschung. Die Methoden der geochemischen Exploration zählen heute zum Instrumentarium der Suche nach verborgenen Lagerstätten.

Denn die Konzentrationsprozesse, die zur Bildung nutzbarer Rohstoffvorkommen geführt haben, sind an bestimmte Gesteinsassoziationen gebunden. Ferner erzeugen die primären Anreicherungsprozesse und noch viel mehr die sekundären Prozesse der Verwitterung mehr oder weniger großen Höfe (Aureolen) positiver oder untergeordnet auch negativer Konzentrationsanomalien.

Dieselben geochemischen Methoden, die der Rohstofforschung dienen, eignen sich aber gleichermaßen für Aufnahme der geochemischen Umwelt. Großräumige geochemische Karten, wie sie heute von den staatlichen geologischen Diensten geschaffen werden, sollen beide Zielsetzungen dienen, wobei in den Industrielän-

dern die Gesichtspunkte der vom Menschen veränderten Umwelt und der Volksgesundheit verstärkte Bedeutung gewonnen haben.

Vor allem in den USA wird seit den sechziger Jahren den Zusammenhängen zwischen geochemischer und medizinischer Forschung Aufmerksamkeit geschenkt. Unter den zahlreichen Publikationen von der National Academy of Sciences sei nur auf die 1974 herausgegebenen Bände „Geochemistry and the Environmental Health“ (HEMPHILL 1967 – ff.) verwiesen.

Ein nicht unerheblicher Fortschritt ist mit der Herausgabe des „WOLFSON Geochemical Atlas“ (WEBB et al. 1978) zu verzeichnen. Als charakteristisch für die Geochemie der Erdoberfläche wird die Zusammensetzung der Siebfeinfraktion (–80 mesh, d. s. etwa 0,01 mm) von Bach- und Flußsedimenten („Fließsedimenten“) angesehen. Dieses Sediment setzt sich aus klastischem, vorwiegend aus dem Boden abzuleitendem Detritus, der Tonfraktion und akzessorischen Schwermineralien zusammen. In Großbritannien wurden andere geochemische Karten, zum Teil in kleineren Maßstäben von Nordirland und den Inseln, angefertigt (BOWIE et al. 1985, S. 24). 1985 ist in der Bundesrepublik Deutschland ein geochemischer Atlas erschienen, in dem die Elementverteilung in Bach- und Flußsedimenten und Wässern dargestellt werden. Auch in Österreich wurde ein geochemisches Basisprogramm durchgeführt, das zunächst den Zentralteil der Ostalpen und die Böhmisches Masse, mit der Beprobung erfaßt hat. Daten über diese geochemischen Atlanten sind aus Tab. 1 zu ersehen.

Es verdient vermerkt zu werden, daß bereits 1972 vom damaligen Bundesministerium für Soziale Verwaltung eine Karte herausgegeben worden ist, in der die Fluorgehalte der Trinkwasserversorgungsanlagen und einiger Mineralquellen aufgenommen worden sind. Regionale geochemische Verteilung des Fluors wird damit nur teilweise erfaßt, da zwischen Oberflächen- und Tiefenwässern zu unterscheiden wäre, bzw. die Herkunft der Wässer mit dem Ort der Versorgung teilweise nicht ident ist. Die Strahlenkarte der Bundesrepublik Österreich (TSCHIRF et al. 1975), die gewisse Zusammenhänge mit dem geologischen Untergrund erkennen läßt, ist, wenn auch bedingt, gleichfalls als eine Art geochemisches Kartenwerk zu bezeichnen.

5. Spurenelemente und menschliche Krankheiten

Als essentielle Spurenelemente in der menschlichen Nahrung gelten Cr, Co, Cu, F, J, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Si, Sn, V und Zn, als nicht essentielle, aber toxische Elemente vor allem Cd, Hg, Pb und As.

Vom medizinischen Standpunkt sind vor allem folgende Spurenelemente von Interesse, wobei der Nachweis im Trinkwasser, in den Nahrungsmitteln und auch im menschlichen Körper zu suchen ist: J, F, Ca, Mg, Pb, Cd, Zn, Cr und Se.

Darüber hinaus kommen noch andere Spurenelemente, wie Co, Cu, Mo u. a., in Frage.

Die exakte Feststellung des Einflusses des geochemischen Milieus ist zweifellos eine schwierige Aufgabe. Grundsätzlich wird man zwischen dem ländlichen Raum und den städtischen Ballungsgebieten zu unterscheiden haben, wobei im letzteren Milieu der zusätzliche Einfluß der Technosphäre am stärksten zur Wirkung kommt. Statistische Untersuchungen benötigen die Erfassung möglichst aller für die betref-

Tab. 1: Geochemische Atlanten

Land	Kartenmaßstab	Probenart	Fläche in km ²	Zahl der Proben	Zahl der Elemente	Elemente	Jahr (Beginn)
UK (England u. Wales)	1 : 2,000.000	Bach- und Flußsedimente	160.000	50.000	21	Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sc, Sn, Sr, V, Zn	1969 (WEBB et al. 1978)
BRD	1 : 2,000.000	Bach- und Flußsedimente	240.000	66.000	15	Ba, Cd, Co, Cr, Cu, F, Li, Ni, Pb, Sr, Sn, U, V, W, Zn	1977 (FAUTH et al. 1985)
		Flußwasser			9	Cd, Co, Cu, F, Ni, Pb, U, Zn	
Alaska, USA	1 : 6,000.000	Bach- und Seesedimente	1,500.000	57.000	41	Ag, Al, As, Ba, Be, Ba, Be, Bi, Ca, Cr, Ca, Co, Cr, Cu, Dy, Eu, Fe, Hf, K, La, Li, Lu, Mg, Mn, Na, Na, Ni, Pb, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Ti, U, V, W, Yb, Zn, Zr	1979 (WEAVER et al. 1983)
Österreich	1 : 1,000.000	Bach- und Flußsedimente	40.000	30.000	35	Al, As, Ag, Ba, Be, Ca, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Sc, Sn, Sr, Th, Ti, U, V, W, Y, Zn, Zr	1979 (1987)

fende Krankheit in Frage kommenden Faktoren und eine ausreichende Zahl der Fälle.

5.1. Kropf und Caries

Zu den klassischen Spurenelementen in der Medizin zählen J und F. Die Bekämpfung des endemischen Kropfes durch Jodieren des Speisesalzes ist schon lange bekannt, obwohl die Interaktion anderer Spurenelemente, vor allem F, As und Co, bisher noch nicht voll abgeklärt werden konnte. Dasselbe trifft für die Cariesverhütung mittels Fluorierung des Trinkwassers zu. In das Kristallgitter der Hydroxyapatites der Zähne wird außer Fluor auch Se, Mo, Pb und V eingebaut. Ein Einfluß dieser Spurenelemente kann nicht ausgeschlossen werden (BOWIE et al. 1985).

5.2. Herzkrankheiten

Ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Herzkrankheiten mit dem geochemischen Milieu wird immer wieder vermutet. Vor allem wird die Qualität des Trinkwassers, d. h. seine Härte, in Betracht gezogen. Weiches Wasser soll der Grund für höhere Sterblichkeitsraten, verursacht durch Herzkrankheiten, sein. Selbstverständlich sind andere Risikofaktoren, wie Alter, Blutdruck, Rauchgewohnheiten, Streß u. a. miteinzubeziehen. Dazu kommt auch der Ersatz des Trinkwassers durch Tafel- und Mineralwässer. Calciumreiches Wasser soll dabei die Aufnahme potentieller toxischer Elemente, wie Cd, Pb, und Cu, herabsetzen.

Länger bekannt ist, daß Selenmangel bei Haustieren zu Erkrankungen führen kann. Jüngerem Datums ist aber die Erkenntnis, daß Selen auch bei Menschen zu den essentiellen Spurenelementen zählt. In der Provinz Keshan in der VR China wurde bei Kindern eine mit tödlichem Ausgang verbundene Herzkrankheit, Cardiomyopathie („Keshan-Krankheit“) festgestellt. Durch das geochemisch bedingte geringe Selenangebot ist auch die Selenkonzentration im Blut gering. Durch Verabreichung von Natriumselenitdosen konnte diese Krankheit zum Verschwinden gebracht werden (CHEN et al. 1982); weitere Literatur siehe bei JACKSON (1986), der auch die Beziehungen zwischen Selengehalten und Herzkrankheiten in anderen Ländern (USA, Finnland und Neuseeland) beleuchtet. JACKSON (1986) kommt zu dem Schluß, daß intensive Agrarwirtschaft zu einer zusätzlichen Verringerung des Bodens führt. Todesrate durch Herzkrankheiten und Alter des Menschen stellen eine exponentielle Funktion dar, die vom Selenangebot abhängig erscheint.

5.3. Krebskrankheiten

Zu den Risikofaktoren, so wird vermutet, zählen auch umweltbedingte anorganische Stoffe. Studien in England haben ergeben, daß Magenkrebs mit Böden verbunden sein könnte, die hohe Konzentrationen an organischen Stoffen aufweisen, und vom Zn/Cu-Verhältnis abhängig sein sollte (BOWIE et al. 1985). JACKSON (1986) legt eine Studie vor, in der wie bei den Herzkrankheiten eine entsprechende Selenversorgung für das Auftreten von Krebskrankheiten und maximalem Lebensalter abhängig sein soll. Jedenfalls sind Spurenelemente kritische Komponenten von

Enzymen, die Krebsanfälligkeit durch Aktivität bei der Entgiftung und genetischen Reparatur herabsetzen.

5.4. *Multiple Sklerose*

Diskutiert wird auch der Einfluß von Spurenelementen auf das Auftreten von Multipler Sklerose. Obwohl nach vorherrschender Meinung eine Virusinfektion in gemäßigten Klimazonen vorliegt, könnten auch Spurenelemente, wie erhöhte Aufnahme von Molybdän, die gleichzeitig mit Kupfermangel verbunden ist, als Ursache vermutet werden (BOWIE et al. 1985).

5.5. *Balkan-Nephropathie*

Die Balkan-Nephropathie ist eine Nierenerkrankung, die vor allem bei der Landbevölkerung Jugoslawiens, Bulgariens und Rumäniens auftritt. Nach neueren Untersuchungen soll sie zu den Mangelkrankheiten gehören, die durch zu geringen Versorgungsgrad eines essentiellen Spurenelementes ausgelöst werden (MAKSIMOVIĆ & RADANOVIĆ, 1985).

6. Aspekte für Österreich

Die Problemstellung, aus der sich mögliche Maßnahmen zur Förderung der Volksgesundheit ergeben können, sollte allein den Anlaß geben, das geochemische Datenmaterial in der Bundesrepublik Österreich auf das ganze Staatsgebiet zu erweitern und die bisher erfaßten Elemente zu ergänzen, z. B. Selen und Bor. Die geochemische Untersuchung der Natur- und Kulturböden, der Wässer und auch der wichtigsten Gesteinstypen wird zur Notwendigkeit. Selbst beim Forschungsprojekt „Waldsterben“ muß es als Mangel angesehen werden, daß Geologie und Geochemie des Bodens bisher mehr oder weniger unbeachtet geblieben sind.

Unter den nächsten vordringlichen Untersuchungsaufgaben wären die Auswirkungen relativ hoher Arsenanomalien im Bereich altpaläozoischer Metamorphite, ein in gewissen Landschaften Österreichs zu vermutendes Selendefizit und nicht auszuschließende Zusammenhänge mit dem Auftreten endemischer Krankheiten, insbesondere Krebs, zu untersuchen.

6.1. *Positive Arsenanomalien*

Die bereits fertiggestellte geochemische Arsenkarte läßt im kristallinen Altpaläozoikum, von der Deffereger- und Kreuzeckgruppe bis in den Raum Oststeiermark/Semmering weiträumig positive Arsenmineralien erkennen. Schon aus der Verbreitung an Arsenmineralien dürfen die Ostalpen als eine geochemische Provinz angesprochen werden, die reich an Arsen ist. Nicht unerwähnt sei hier der relativ hohe Gehalt an Arsen in tertiären Braunkohlen (SCHROLL 1961).

Das Arsen ist als typisches Entgasungsprodukt in vulkano-sedimentären Gesteinsserien und Tongesteinen angereichert. Auch der WOLFSON-Atlas zeigt in altpaläozoischen Metamorphiten in Wales ähnliche positive Anomalien.

Welche gesundheitlichen Auswirkungen hat dieser Arsengehalt? Ist er im Menschen etwa in den Haaren nachweisbar?

6.2. Selendefizit

Selen konnte bei der bisherigen geochemischen Basisaufnahme in Bach- und Flußsedimenten zwar nicht berücksichtigt werden, es ist aber bekannt, daß bisher in den Ostalpen kein Selenmineral nachgewiesen werden konnte, abgesehen von winzigen Anflügen elementaren Selen, das bei Kohlenhaldenbränden als Anflug beobachtet worden ist (SCHROLL 1985). Spurenanalysen sulfidischer Erze bestätigen die Defizienz (ROCKENBAUER & SCHROLL 1960). Spurenelementanalysen einiger Gesteine, vor allem Metamorphite, zeigen zum Großteil unterdurchschnittliche Gehalte (HEINRICH 1975). Selengehalte sind am ehesten im Bereich der altpaläozoischen Kieslagerstätten, vor allem Grauwackenzone, und als sekundäre Anreicherung im Perm oder anderen evaporitisch beeinflussten Mineralisationen (Myrthengraben/Semmering) zu erwarten.

Nach mündlicher Mitteilung von Frau Prof. Dr. Jäger wurde im Tessin/Schweiz mit einer geochemischen Studie begonnen. Dieser Kanton soll eine hohe Krebssterblichkeit aufweisen. Eine intensivere geochemische Studie ist in Österreich gleichfalls zu empfehlen. Gleichzeitig sollten Analysen des Selengehaltes im menschlichen Blut durchgeführt werden.

6.3. Krebssterblichkeit und andere endemische Krankheiten

Aus den Todesstatistiken des Statistischen Zentralamtes, die man gegebenenfalls zum Erhalt vertiefter Informationen noch adaptieren sollte, geht hervor, daß das Krebsrisiko in Österreich regional ungleich verteilt ist (LANGBEIN et al. 1984). Es erscheint verständlich, daß sich die Waldschadenskarte weitgehend mit Krebs von Lunge, Bronchien und Luftröhre deckt. Andere Krebsarten (Darm, Magen, Leber,

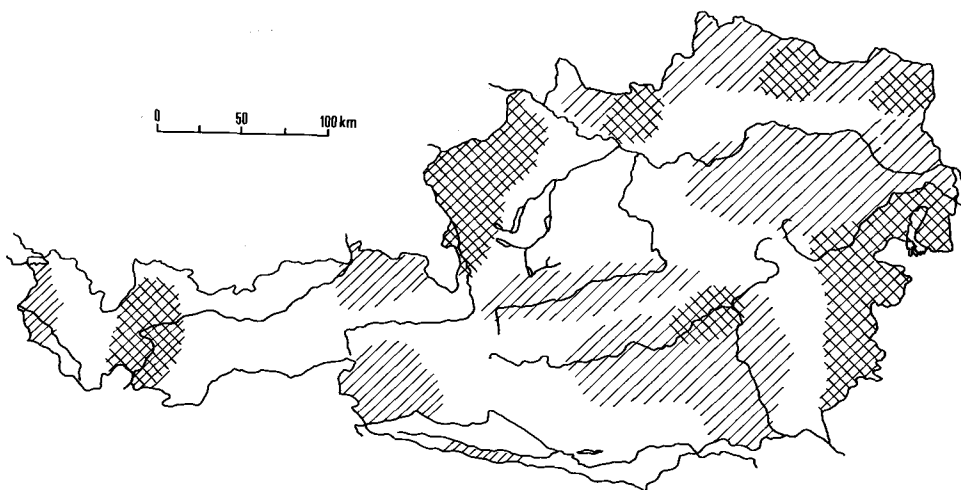


Abb. 4: Kartenskizze des Staatsgebietes von Österreich mit Bereichen überdurchschnittlicher Häufigkeit von Todesfällen, verursacht durch Krebskrankheiten (schraffiert, gekreuzt schraffiert Häufung von zwei oder mehreren Krebsarten, siehe LANGBEIN et al. 1984).

Galle, Bauchspeicheldrüse, Brust, Prostata, Niere und Harnblase) zeigen unterschiedliche Häufungspunkte. Dabei fällt aber auf, daß die Krebssterblichkeit in vielen ländlichen Bezirken größer ist als in der Bundeshauptstadt Wien. Eine eindeutige Zuordnung zu geologischen Einheiten ist zwar nicht erkennbar; Landschaften, die mit glazialen oder tertiären Sedimenten bedeckt sind, zeigen eine Häufung, wie Bezirke im Burgenland, Salzburg und Oberösterreich (Abb. 4).

7. Schlußfolgerungen

Die Heranziehung geochemischer Daten für die humanmedizinische Forschung darf nicht übergangen werden, auch dann, wenn das Staatsgebiet klein ist und geologisch bunt gegliedert erscheint.

Es handelt sich allerdings um eine interdisziplinäre Aufgabenstellung, an der neben Geologen und Geochemikern, Agrar-, Veterinär- und Ernährungswissenschaftlern sowie Medizinern vor allem solche, die sich mit epidemiologischen Krankheiten beschäftigen, beteiligt sein sollten. Dieses Projekt ist nicht nur national, sondern auch global zu sehen.

Die Initiative dazu ist in den USA und anderen Staaten von den Erdwissenschaften ausgegangen. In den USA existiert the Society for Environmental Geochemistry and Health und beschäftigen sich die Regional Geochemistry Division des US Geological Survey und ein Sub-Committee on Geochemistry and Health der US Academy of Science mit dieser Fragestellung. In Canada gibt es eine Arbeitsgruppe im National Research Council, in Norwegen an der Norwegian Academy of Science and Letters, in Australien das Department of Animal Science, University of Western Australia, in der VR China das Geochemistry Laboratory, Institute of Geochemistry, Academia Sinica und in die Royal Society Working Party on Environmental Geochemistry and Health.

Literatur

- BERTINE, K. K. & GOLDBERG, E. D.: Fossil fuel combustion and the major sedimentary cycle. – *Science* 173, 233–235, 1 Tab., 1971.
- BOWEN, H. J. M.: Trace Elements in Biochemistry. – 293 S., 13 Abb., 57 Tab. (Academic Press London), New York, 1966.
- BOWIE, S. H. U. & THORNTON, I.: Environmental Geochemistry and Health. – 140 S., 3 Abb., 13 Tab., Reidl Publ. Co., Dordrecht–Boston–Lancaster, 1985.
- FAUTH, H., HINDEL, R., SIEWERS, U. & ZINNER, J.: Geochemischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. – Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, 1–79. 62 Karten, 2 Kartenfolien, Stuttgart, 1985.
- WEAVER, Th. A., BROXTON, D. F. & BOLIVAR, St. L.: Geochemical Group Earth and Space Science Division Los Alamos National Laboratory. The Geochemical Atlas of Alaska. – S. 1–57, 49 Karten, 4 Kartendeckblätter, Los Alamos, 1983.
- GOLDBERG, E. W.: Man's role in the major sedimentary cycle. [In:] SINGER, S. F. [ed.] The Changing Global Environment. – 275–294, 10 Tab., Reidel Publ. Co., Dordrecht–Holland, 1972.
- HEINRICHS, H.: Die Untersuchung von Gesteinen und Gewässern auf Cd, Sb, Hg, Tl, Pb und Bi mit der flammenlosen Atom-Absorptions-Spektralphotometrie. – Diss. mathem.-nat. Fak. Univ. Göttingen, 1–15, 15 Abb., 42 Tab., Göttingen 1975.
- HEMPHILL, D. D. [ed.]: Trace Substances in Environmental Health, I bis XVIII. – University of Missouri, 1967–1985.

- JACKSON, M. L.: Geochemical characteristics of land and its effect on human heart and cancer death rates in the United States and China. – *Applied Geochem.* 1, 175–180, 1 Abb., 2 Tab., Pergamon Press, Oxford etc., 1986.
- INSTITUTES OF GEOLOGICAL SCIENCES: Geochemical Atlas of Great Britain. – *Inst. Geol. Sci.* London, 1978, 1979, 1980 und 1981.
- LANGBEIN, K., MARTIN, H. P. & WEISS, H.: Wo man schneller stirbt. – *Profil* No. 43, 56–54, 8 Abb., Wien, 1984.
- MAXIMOVIĆ, Z. & RADOVANOVIĆ, Z.: Balkan endemic nephropathy in Yugoslavia and geochemical studies. [In:] HEMPHILL, D. d. [ed.]: Trace Element Substances in Environmental Health, XVII, 230–236, 1 Abb., 3 Tab., University of Missouri, Columbia, 1985.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES: Geochemistry and the Environment. Vol. I: The Relation of Selected Trace Elements to Health and Disease. – 113 S., 8 Abb., 34 Tab., 1974; Vol. II: The Relation of Selected Trace Elements to Health and Disease. – 163 S., 31 Abb., 39 Tab., Washington, 1977.
- ÖSTERR. ARBEITSGEMEINSCHAFT F. VOLKSGESUNDHEIT: Fluoridgehalt der Trinkwässer in Österreich. – 2 Karten, Wien 1972.
- ROCKENBAUER, W. & SCHROLL, E.: Das Vorkommen von Selen in österreichischen Erzen. – *Montan. Rdsch.* 43, 48–52, 2 Abb., 2 Tab., Springer, Wien, 1960.
- SCHROLL, E.: Seltene Elemente in biogenen Sedimenten. – *Tschermaks miner. petrogr. Mitt.* (7) 4, 488–490, 1 Tab., Springer, Wien, 1961.
- SCHROLL, E.: Analytische Geochemie, Bd. II: Grundlagen und Anwendungen, 374 S., 126 Abb., 76 Tab., Ferd. Enke-Verlag, Stuttgart, 1976.
- SCHROLL, E.: Umweltbelastung durch natürliche Schadstoffe. – *Z. angew. Bäder- und Klimaheilkunde* 24/3, 240–244, 1 Abb., Stuttgart, 1977.
- SCHROLL, E.: Die Minerale Österreichs. – *Mitt. österr. miner. Ges.* 130, 33–44, 1 Tab., Wien, 1985.
- TSCHIRF, E., BAUMANN, W., NIESNER, R. & VYCHYTIL, P.: Republik Österreich, Strahlenkarte Österreichs. – Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, 1–43 S., 5 Karten, Wien, 1975.
- WEBB, J. S., THORNTON, I., THOMPSON, M., HOWARTH, R. J. & LOWENSTEIN, P. L.: The Wolfson Geochemical Atlas of England and Wales. – S. 1–70, 45 farbige Karten und 2 Kartendeckblätter, Oxford Univ.-Press, Oxford, 1978.

Bei der Schriftleitung eingelangt am 4. Juli 1986