

SALZ-WASSER-LUFT – GEOPHYSIK IM SALZKAMMERGUT

SALT-WATER-AIR – GEOPHYSICS IN THE SALZKAMMERGUT

Rainier Arndt ⁽¹⁾ und Christian J. Schmid ⁽²⁾

I. EINLEITUNG

Der Name *Salzkammergut* ist eine geographische Bezeichnung. Die Geographie ist die Wissenschaft von territorialen Strukturen in Natur und Gesellschaft, die u.a. auch die Erkenntnis des gegenwärtigen und durch technische Eingriffe veränderten Zustandes der Erdoberfläche zum Ziel hat. Im Gegensatz dazu steht **Geologie** – sie erforscht die ihr unmittelbar zugänglichen Teile der obersten Erdkruste. Was bei der geologischen Arbeit im Gelände, im Labor und im Archiv an Erkenntnissen gewonnen wird, wird in geologischen Karten festgehalten. Solche geologischen Karten sind von höchster Aussagekraft für die Perspektiven und Prognosen einer Region – Baugrundverhältnisse, Gefährdungspotentiale, Rohstoffgewinnung, vorrangige Grundwassernutzung. Aber auch Deponiemöglichkeiten können darin ausgewiesen werden. Bei einer geologischen Kartierung begleiten **Geophysik** und **Geochemie** den Geologen mit exakten Methoden, wenn die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Gesteine und Sedimente in unterschiedlicher Tiefe erforscht werden müssen. Die Wissenschaftsgebiete der Geochemie, Geophysik, Geographie, Geologie sind Untergliederungen zum übergeordneten Sammelbegriff der Geowissenschaften.

Seit jeher dienen die Geowissenschaftler der Gesellschaft, indem sie helfen die Umwelt zu verstehen und dadurch das Dasein und das Wachstum zu erleichtern. In besonderem Maße trifft dies auf die Zweige der **angewandten Geowissenschaften** zu, zu denen z.B. die Grundwasserkunde, die Ingenieurgeologie, die Bodengeologie und die Lagerstättenkunde gehören. Diese angewandten Teilgebiete sind streng technisch / ökonomisch ausgerichtet und verlangen deshalb nach exakten Beobachtungen und Formulierungen um sichere Angaben über die Verhältnisse des Untergrundes zu geben. Daher spielen quantitative Aussagen eine wesentliche Rolle, und dadurch bekleidet die angewandte Geophysik eine besondere Position im Gebäude der angewandten Geowissenschaften.

Es sollen drei Fallbeispiele der angewandten Geophysik aus dem Salzkammergut präsentiert werden. Die ausgewählten Fallbeispiele beziehen sich auf die Elemente, die das Salzkammergut in Europa so unvergleichlich machen – Salz, Wasser und Luft.

II. GEOPHYSIK

Geophysikalische **Erkundungsmethoden** beruhen auf der Messung physikalischer Größen, die sich mit den geologischen Verhältnissen streng ändern. Dabei können entweder die natürlichen Erdfelder (Magnetismus, Schwerefeld, elektrische Eigenpotentiale) oder künstlich eingebrachte Energie (Seismik, Geoelektrik, Georadar) benutzt werden, um die notwendige Information für andere Geowissenschaften freizulegen. Drei Beispiele aus der großen methodischen Palette der Geophysik werden vorgestellt - die Gravimetrie, die Seismik und die Radiometrie

Bei der **Gravimetrie** wird das Schwerefeld der Erde bestimmt. Ausgehend vom NEWTON'schen Gesetz, nach dem sich zwei Massen mit einer Kraft anziehen, die einerseits proportional dieser Massen aber umgekehrt proportional dem Quadrat des Abstandes sind, kann die Anziehungskraft der Erde an jedem Punkt der Erdoberfläche praktisch und theoretisch bestimmt werden. Die Brauchbarkeit der Gravimetrie für die angewandten Geowissenschaften beruht darauf, dass Gesteine verschiedene Dichten haben. Eine überproportional große Dichte - und damit positive Schweresignale – haben Erzstöcke, Erzgänge und einige Industrieminerale, wie z.B. Schwespat. Dagegen gehören Salzstöcke – mit der geringeren Dichte des Salzes – zu den Quellen von negativen Signalen. Die Schwerkraft der Erde wird mit sogenannten Gravimetern bestimmt. Auf Abbildung 1 ist ein Geophysiker mit einem Gravimeter während einer Feldkampagne abgebildet. Das Problem der Deutung von Schweremessungen liegt in der Vieldeutigkeit – dabei kann ein großer Körper in erheblicher Tiefe die gleiche Anziehungskraft wie ein kleiner Körper in kleiner Tiefe erzeugen. Gravimetrische Messungen für geologische Zwecke, wie. z.B. für die Lagerstättenexploration, sind immer Relativmessungen und werden an einen bestimmten Bezugswert angekoppelt.

¹⁾ Dipl. Geophysiker Dr. rer. nat., SV Geophysik, Geophysiker an der Geologischen Bundesanstalt (TRF), Postfach 127, A-1031 Wien, Austria (Tel.: +43-1-712 56 74 373, +43-664-1820 400; e-mail: rainier.arndt@cc.geolba.ac.at); ²⁾ Dipl. Ing Dr. mont, ZT & SV, Geophysiker, Leiter des Instituts für Wasserressourcenmanagement, Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH., Roseggerstraße 17, 8700 Leoben (Tel.: +43-3842-47060-2231, mobil +43-664-410 9069; e-mail: schmid@unileoben.ac.at).

Die größte Bedeutung für die Erforschung der obersten Erdschichten haben die seismischen Verfahren, die künstlich erzeugte Wellen benutzen. Solche Wellen werden entweder durch Sprengungen, Hammerschlag oder Vibratoren in den Boden eingebracht. Beobachtet werden einerseits die an physikalischen Grenzflächen gebrochenen Grenzwellen, die alle überlagernden Gesteinsschichten in Schwingung versetzen (Refraktionsseismik) oder Wellen, die unter einem Winkel der kleiner als die Totalreflexion ist, wieder an die Erdoberfläche zurückkehren (**Reflexionsseismik**). Der große Vorteil der Reflexionsseismik besteht darin, dass eine größere Anzahl von tieferen Schichten Punkt für Punkt genau abgetastet wird. Aus der Kenntnis der Laufgeschwindigkeiten der künstlichen Wellen lassen sich durch Softwarepakete – die auf das Herauslesen der reflektierten Welle aus einer Unzahl von gestreuten, gebeugten und gebrochener Wellen spezialisiert sind – die Geschwindigkeiten und damit die Eigenschaften der „durchleuchteten“ Gesteinspakete bestimmen. Das Ergebnis einer solchen seismischen Vermessung sind sogenannte *seismische Sektionen*: Senkrechte Schnitte durch die Erde auf denen wie eine Momentaufnahme die Laufwege der künstlichen Vibrationswellen gezeigt werden. Als Abbildung 2 ist eine seismische Sektion aus dem Traantal beigefügt.

Mit der **Radiometrie** werden die an / oder nahe der Erdoberfläche liegenden radioaktiven Stoffe kartiert. Radiometrische Vermessungen können nicht nur vom Boden, sondern auch vom Flugzeug bzw. vom Hubschrauber aus, durchgeführt werden. Gesteine mit erhöhtem natürlichen Gehalt an radioaktiven Mineralien liefern beim Zerfall von Radium und Thorium gasförmige „Ausdünstungen“ (sog. *Emanationen*), die besonders über Gesteinsklüfte und Spalten an die Oberfläche dringen. Die Radiometrie kann aber auch die Verteilung von anthropogenen radioaktiven Materialien nachweisen. Abbildung 3 zeigt ein Einsatzphoto der Hubschrauber-geophysik.

III. SALZ

Lagerstätten sind natürliche Anhäufungen von nutzbaren Mineralien und Gesteinen in der Erde, deren Abbau einen volkswirtschaftlichen Nutzen bedeutet. Die Salzlagerstätten in den Ostalpen hatten und haben für die Region des Salzkammergutes eine besondere wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Noch heute sind 350 „*Salinisten*“ bei der Salinen Austria AG, dem größten Arbeitgeber der Region, tätig. Die hereingewonnene Salzformation wird *Haselgebirge* genannt. Das Haselgebirge ist eine Mischung (sogenannte *Brekzie*) von Ton, Anhydrit und Salz. Im allgemeinen nimmt die Reichhaltigkeit in den alpinen Salzbergen von Osten nach Westen ab – Alt-Aussee ist am reichsten, Hall am ärmsten. Wegen einer starken Störung der ursprünglichen Schichtverbände, stellt die Aufsuche von neuen Salzlagerstätten für den Montangeologen eine besondere Herausforderung dar. Die typische Strategie zur Aufsuche von Salzlagerstätten folgt einem Stufenplan. Zuerst werden mittels gravimetrischer Vermessung negative Schwereanomalien in Gebieten gesucht, die vorher vom Montangeologen als *besonders hoffig* prognostiziert wurden. Lässt sich eine solche negative Schwereanomalie - deren Signalstärke eine bestimmte Amplitude aufweisen muss (*hier*: kleiner als -1 mGal) – nachweisen, wird eine hochauflösende seismische Vermessung nachgeschaltet. Dabei müssen Zieltiefen bis zu 1000 m unter der Geländeoberfläche erreicht werden. Aus einer gemeinsamen Ansprache der Ergebnisse von Schwerevermessung und Seismik können Schlüsse über die Verteilung des Salzes im unverritzten Untergrund gezogen werden. Als vorgestelltes Fallbeispiel dient die Vermessung des Ischltals durch die Salinen Austria AG in den Jahren 1998 bis 2001. Zuerst wurde östlich von St. Wolfgang eine Schwerekartierung durchgeführt. Dabei zeigte sich ein langgestrecktes, talbegleitendes Schwereminimum. Zur weiteren Untersuchung wurde eine seismische Vermessung initiiert, welche schließlich von einer britischen Firma durchgeführt wurde. Dabei kamen industrieübliche „Vibratoren“ zum Einsatz – geländegängige Lkw's mit einer absenkbaren Rüttelplatte. Durch die Rüttelplatte werden genau definierte Vibrationswellen in den Erdboden eingebracht und mittels spezieller Aufnehmer, den sogenannten *Geophonen*, wieder aufgezeichnet. Im östlichen Teil des Ischltals, nahe der Stadt Bad Ischl, konnten so geophysikalische Ergebnisse gewonnen werden, die im späteren als salzführende Schicht bestimmt wurden.

Durch die enge Zusammenarbeit von Geologie und **Geophysik** konnten zukünftige Gewinnungsfelder für die Salinen Austria AG identifiziert werden. Damit wurde auch sichergestellt, dass der Name *Salzkammergut* noch in der nahen Zukunft seine ursprüngliche Gültigkeit beibehält.

IV. WASSER

Unter allen Bodenschätzen an nutzbaren Mineralien und Gesteinen nimmt das unterirdische Wasser eine besonders wichtige Stellung ein. Dies gilt besonders für Mitteleuropa, wo durch einen erhöhten Trink- und Brauchwasserbedarf sowie die Intensivierung von Industrie, Landwirtschaft und Verkehr der Wasserverbrauch ständig ansteigt. Die Planung der Wasserversorgung und eine nachhaltige Bewirtschaftung der vorhandenen und

nachgewiesenen Wasserressourcen erfordert auch die Erschließung neuer, tiefer liegender Grundwasserstockwerke (sogenannte *Aquifere*).

Die tieferen Stockwerke bilden bereits heute einen wesentlichen Bestandteil des Grundwassermanagements – besonders im Sinne einer sicheren Notwasserversorgung. Aufgrund der großen Tiefenlage sind diese ausgezeichnet gegen jegliche anthropogene Verunreinigungen geschützt. Dies gilt auch für die wasserreichen Tallandschaften der Nördlichen Kalkalpen, wo meist oberflächennahe Quellen für die Wasserversorgung herangezogen werden. Speziell das Wasser von Karstquellen weist oftmals keine allzu lange Verweilzeit im Untergrund auf, und widerspricht damit dem Notwasserversorgungskonzept.

Im Raum Ebensee ging man davon aus, dass im Trauntal etwa 200 m mächtige Sedimente das Grundgebirge überdecken, welche ein beträchtliches Wasserpotential aufweisen könnten. Dies ist unter anderem durch eine Aufschlussbohrung im Ortsgebiet von Ebensee belegt. Wie die Erfahrung aus anderen inneralpinen Tälern bereits zeigte, können Grundwasserleiter in ihrer Ausbildung und ihren Eigenschaften räumlich sehr stark variieren. Daher wurden im Rahmen eines interdisziplinären Untersuchungsprojektes die Sedimentüberdeckung und relevante geologische Strukturen im Trauntal um Ebensee ermittelt. In weiterer Folge wurde eine Abschätzung des Volumens möglicher grundwasserführender Gesteine ausgeführt.

Als methodischer Ansatz wurde die Reflexionsseismik gewählt. Diese Methode hatte in anderen Untersuchungsgebieten bei gleicher Problemstellung bereits ausgezeichnete Ergebnisse erzielt.

Die im Raum Ebensee durchgeführten seismischen Messungen lieferten Datenmaterial von ausgezeichneter Qualität. Die finalen seismischen Sektionen wiesen eine sehr hohe vertikale und laterale Auflösung auf und lieferten daher ein sehr detailliertes Bild über den Aufbau des Trauntales hinsichtlich (i) Talfüllung, (ii) Mächtigkeiten der Sedimenteinheiten und (iii) Tiefenlage. Auch das Relief des kalkalpinen Taluntergrundes konnte mit hoher Sicherheit erkannt werden. Ein in Talrichtung verlaufendes Profil (Abb. 2) lieferte schließlich für die Wasserprospektion ein wichtiges Ergebnis: Das Trauntal hat im Bereich Ebensee eine Mindesttiefe von 350 m und das erste Grundwasserstockwerk reicht bis in eine Tiefe von etwa 150 m bis 180 m hinunter.

Unterhalb der vom Fluss transportierten Sedimente (dem sogenannten *fluviatilen Schüttungsbereich*) wurden sogar zwei weitere Sedimentpakete unterschieden, die wasserwirtschaftlich von untergeordneter Bedeutung sind – denn beide bestehen vorwiegend aus tonig schluffigem Material (Moränenmaterial?).

Ein zukünftiges Prospektionsziel könnte hingegen der kalkalpine Untergrund darstellen, der im Bereich von Bruchstrukturen normalerweise eine gute Durchlässigkeit hat. Durch die extreme Deckschichtenmächtigkeit sind hier gespannte Wässer zu erwarten, die eigentlich keines Grundwasserschutzes bedürfen.

Durch eine enge Zusammenarbeit von Hydrologie und **Geophysik** konnte so die Grundlage für eine sichere und nachhaltige Wasserversorgung in der Region um Ebensee geschaffen werden. Damit wurde indirekt sichergestellt, dass der Name *Salzkammergut* auch in der nahen Zukunft mit hoher Lebensqualität und gesundem Alltag in Verbindung gebracht wird.

V. LUFT

Ein Bestandteil der aerogeophysikalischen Vermessung in Österreich ist die Messung der natürlichen Radioaktivität der obersten Bodenschicht. Der Aerogeophysik Österreich steht dazu ein Detektorsystem zur Verfügung. Aufgezeichnet werden die in das Detektorvolumen einfallenden Gammastrahlen, nach ihrer Energie geordnet in Spektren zu je 256 Kanälen. Diese energiediskriminierende Aufzeichnung ermöglicht eine nuklidspezifische Zuordnung der detektierten Strahlung in einem Bereich von etwa 300 keV bis 3 MeV.

Während die für geologische Untersuchungen relevanten natürlichen Gammalinien der Uran- und Thoriumserien und des K-40 im höherenergetischen Bereich des Spektrums liegen, weisen künstliche radioaktive Strahler wie Kernspaltungsfolgeprodukte eher niederenergetische Gammalinien unter 1 MeV auf. Das prominenteste Nuklid ist sicherlich CS-137 mit einer Energie von 662 keV. Während nicht energieauflösende Strahlungsdetektoren wie z.B. der Geiger-Zähler oder die Ionisationskammern nicht zwischen Strahlung mit natürlichem Ursprung und aus künstlichen Quellen unterscheiden können, ist dies bei dem von der Hubschrauber-geophysik verwendeten System eine Grundvoraussetzung. Ein großes Detektorvolumen bewirkt die hervorragende Nachweisempfindlichkeit auch für Quellen mit geringer Aktivität.

Schließlich ermöglicht der Einsatz des Hubschraubers als Messplattform (siehe auch Abb. 3) eine schnelle und enge Vermessung großer Flächen. Hinzuweisen ist selbstverständlich auch auf die vorhandene Logistik von der Erfassung der Koordinaten mittels GPS, der physikalisch richtigen Datenauswertung bis zur routinemäßigen Erstellung von maßstabsgerechten Anomalienkarten der vermessenen Gebiete. Das klassische Einsatzgebiet der **Aeroradiometrie** ist der Strahlenschutz. Die Vorteile liegen in der hohen Nachweisempfindlichkeit, der Messgeschwindigkeit und guten Flächenabdeckung. Durch die Verwendung eines Szintillationsdetektors (ein großer Einkristall aus Natriumjodid / NaJ mit ca. 36 l Volumen) – ist sogar eine nuklidspezifische Detektion möglich.

Als Beispiel wird das Anomalienmuster für den Spektralbereich von Cs-137 nördlich des Salzkammerguts, im Bereich Hausruck, gezeigt. Deutlich ist die Zunahme der Aktivität von Norden nach Süden zu erkennen. Dieser Gradient erklärt sich aus der nach Süden hin steigenden Niederschlagsmenge im Nordstau der Alpen beim Überqueren der radioaktiven Wolke von Tschernobyl.

VI. SCHLUSSBEMERKUNG

Im Salzkammergut sind die Wechselwirkungen zwischen Mensch, Technik, Natur und der obersten Erdkruste von besonderer Sensibilität. Die Geophysik, eine in der Öffentlichkeit wenig bekannte Disziplin der Geowissenschaften und der Physik, hat im Gebäude der österreichischen Wissenschaften eine Aufgabe als Berater und Mittler für das Salzkammergut übernommen und ausgefüllt: Daten und Modelle für einen nachhaltigen Umgang mit der alpinen Natur sind für Entscheidungsprozesse bereitgestellt.

VII. DANK

Diese Arbeit stützt sich auf Einzelarbeiten die von P. Baumgartner, K. Motschka, A. Römer, R. Rieger, B. Meurers, M. Mayr, G. Schäffer, G. Mandl und G. Oberlercher durchgeführt wurden. Die finanziellen Zuwendungen zur Durchführung der zitierten Projekte stammten (i) von den Salinen Austria, (ii) von der Oberösterreichischen Landesregierung sowie (iii) aus Bundesmitteln der Ministerien für Wirtschaft und Wissenschaft. Die Autoren möchten dafür ihren Dank aussprechen.

VIII. ANHANG 1: ZITIERTE UND WEITERFÜHRENDE LITERATUR.

Hohl R. 1980. Die Entwicklungsgeschichte der Erde. Brockhaus Nachschlagewerk Geologie, 1-704, Leipzig.

IX. ANHANG 2: ABBILDUNGEN



Abb. 1: Geophysiker mit einem Gravimeter

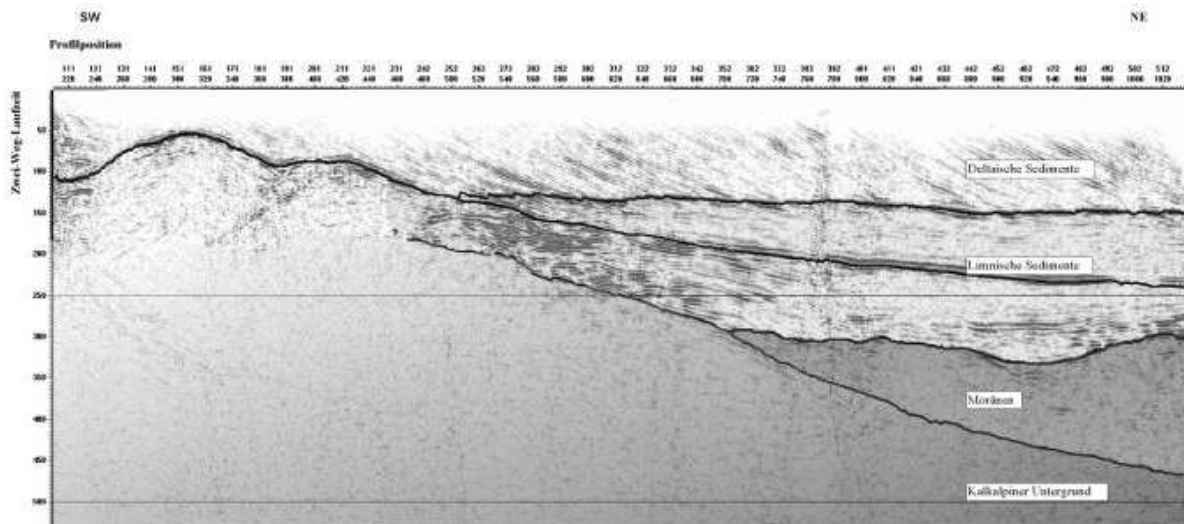


Abb. 2: Seismische Sektion (Tallängsprofil) in Ebensee



Abb. 3: Hubschrauber und Messsonde der österreichischen Aerogeophysik

