

Zur Geschichte der erdwissenschaftlichen Erforschung Tirols

Thomas Bidner

Zusammenfassung

Bedingt durch die naturräumlichen Gegebenheiten Tirols als Gebirgsland, spielten geologische und mineralogische Gegebenheiten schon sehr früh eine große Rolle für die Landesentwicklung.

So ist die Motivation der ab rund 2000 v. Chr. verstärkt in die inneralpinen Regionen im Bereich Salzach - Inn einwandernden Menschen besonders auch im Interesse an den in diesen Bereichen vorkommenden Bodenschätzen (Kupfer, Salz) zu sehen.

Der Bergbau auf Silber im Raum Schwaz - Brixlegg, der um 1500 seinen Höhepunkt erreichte, war der Hauptimpulsgeber für die Entwicklung des Landes an der Wende vom Mittelalter zur Neuzeit.

Die Suche nach Bodenschätzen blieb auch in der Folge ein wichtiger Faktor in der Entwicklung des Landes und führte schließlich mit Anfang des 19. Jahrhunderts zum Beginn der erdwissenschaftlichen Erforschung Tirols im „modernen“ Sinn. Ausgehend von den Südtiroler Dolomiten wurde bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts der gesamte Raum „Altirols“ zum erstenmal geologisch-kartographisch erfaßt. Federführend bei dieser Arbeit war der „GEOGNOSTISCH-MONTANISTISCHE VEREIN FÜR TIROL UND VORARLBERG“, die Redaktion oblag dem damaligen Fachdirektor der Mineralogisch-Geologischen Sammlungen des TIROLER LANDESMUSEUMS FERDINANDEUM, Dr. MICHAEL STOTTER. Das Tiroler Landesmuseum beherbergt auch heute noch die Unterlagen und Sammlungen des Vereins.

Ab der Mitte des 19. Jahrhunderts setzte auch eine zunehmende Erforschung der Geologie und Mineralogie Tirols durch die Mitarbeiter der an der Universität Innsbruck gegründeten Institute für Mineralogie und Geognosie, bzw. ab 1890 der Lehrkanzeln für Mineralogie und Petrographie sowie Geologie und Paläontologie ein.

An der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert begann eine zweite großangelegte geologische Kartierungskampagne, diesmal federführend betreut von der 1849 gegründeten k.k. Geologischen Reichsanstalt (heute Geologische Bundesanstalt) in Wien. Ein großer Teil Tirols wurde dabei in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts auf den „Geologischen Spezialkarten im Maßstab 1:75000“ erfaßt. Die geologische Neuaufnahme der Südtiroler Dolomiten in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts war einer der Arbeitsschwerpunkte des Geologisch-Paläontologischen Institutes der Universität Innsbruck.

Nach dem 2. Weltkrieg entwickelte sich das Wissen über die Geologie und Mineralogie Tirols nahezu explosionsartig. Neben den zahlreichen Einzelarbeiten über verschiedenste Gebiete und zu verschiedensten Fachfragen steht der Versuch, Bau und Entwicklung der Alpen im Licht der modernen geodynamischen Konzepte (Stichwort „Plattentektonik“) zu interpretieren im Mittelpunkt des Interesses der Geologen und Mineralogen.

Darüberhinaus nimmt die Rolle der Erdwissenschaften für eine zukunftsorientierte Landesentwicklung immer mehr zu. Die besonderen naturräumlichen Gegebenheiten im „Gebirgsland Tirol“ fordern in dem Maß in dem das Umweltbewußtsein steigt, immer mehr die Mitarbeit der Geologen bei verschiedensten Fragestellungen, sei es im Bereich des Verkehrswegebbaus, der Planung und Umsetzung größerer Bauprojekte, der Wasserversorgung oder bei der Bearbeitung

von Deponien, Verdachtsflächen und Altlasten, im Bereich der Denkmalpflege, sowie der zukunftsorientierten Raumplanung.

Aus diesen Gründen kommt der geologisch-mineralogischen Grundlagenforschung und der Anwendung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse in der Praxis für die Zukunft höchste Bedeutung zu.

Abstract

As Tyrol's landscape is dominated by mountains, geology and mineralogy, at an early stage, played a major role in the development of the region and will so in the future.

One of the reasons for which people started to migrate, around 2000 BC, into the inner alpine region between the rivers „Salzach“ and „Inn“, was that different natural resources (especially copper and salt) occurred there.

Silver mining, between „Schwaz“ and „Brixlegg“ (in the lower Inn Valley), which reached its peak in 1500 AD, was one of the main stimulators in the development of the region during the transition from the Middle Ages to modern times.

The search for natural resources remained a key point, and at the beginning of the 19th century led to the birth of Earth Science Research, in a modern sense. In the middle of the 19th century, from a starting point at the „South Tyrolean Dolomites“, the complete region of „Tyrol“, that is, „North and East Tyrol“ in what is now Austria and „South Tyrol and the Trentino Region“ in what is now Italy, was geologically mapped, for the first time. This work was done in large by the members of the „Geologisch-Montanistische Verein für Tirol und Vorarlberg“. The results were edited and published by the director of Geology and Mineralogy of the „Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum“, Dr. Michael Stotter. The museum still holds the original documentation and samples collected by the club.

In the middle of the 19th century, members of the newly founded „Institut für Mineralogie und Geognosie“ at the University of Innsbruck, later divided into the „Institut für Mineralogie und Petrographie“ (mineralogy and petrography) and „Institut für Geologie und Paläontologie“ (geology and palaeontology) respectively, also became embodied into the exploration of the region.

A huge mapping campaign, which began at the end of the 19th century and continued up until the Second World War, resulted in the publication of a large number of geological maps. A large part of Tyrol was incorporated in these maps (scale 1:75000). This work was done by the „k.k. Geologische Reichsanstalt“ - today the „Geological Survey of Austria“ - which was founded in Vienna in 1849.

Re-mapping the South Tyrolean Dolomites was one of the main goals of the „Institut für Geologie und Paläontologie“ (geology and palaeontology), University of Innsbruck, in the first half of the 20th century.

After World War II, the knowledge about the geology and mineralogy of Tyrol developed quickly. Besides the large amount of field specific research that goes on within various areas, is a general attempt by many earth scientists to understand the development of and to reconstruct the alpine orogeny within the light of the modern geodynamic concept „plate tectonics“.

Taking basic research aside, and the fact that people are now more environmentally aware, we can see the dramatically growing importance that geology and mineralogy will play in the field of applied environmental science. Be it in the planning and construction of traffic ways, building projects and water supply systems, or the investigation of polluted areas and old and new refuse sites. Last but not least, geology will play an important role in future „Land Use Management Concepts“.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	17
Die Anfänge	18
Wenig Neues	18
Erste Schritte in Richtung Wissenschaft	19
Der Beginn der erdwissenschaftlichen Erforschung Tirols im eigentlichen Sinn	20
Der „Geognostisch-Montanistische Verein für Tirol und Vorarlberg“	23
Die Gründung der „k.k. Geologischen Reichsanstalt“ in Wien	24
Geologie und Mineralogie an der Universität Innsbruck	24
Die „Deckenlehre“	26
Neue Impulse zu Beginn des 20. Jahrhunderts	27
Die jüngste erdgeschichtliche Epoche - Das Quartär	29
Die Zeit nach 1945	30
Die Erdwissenschaften in Tirol an der Wende zum 21. Jahrhundert	32

Einleitung

Die vorliegende Arbeit soll einen Überblick über die Geschichte der erdwissenschaftlichen Erforschung Tirols geben. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit kann es selbstverständlich nicht Ziel sein, dieser Aufgabe lückenlos nachkommen zu wollen. Vielmehr sind Schwerpunkte gesetzt, die nicht zuletzt auch der subjektiven Wertung des Autors entspringen. Es wird insbesondere auffallen, daß die Forschungsergebnisse der letzten 15-20 Jahre nur sehr kurz dargestellt werden, da eine umfassende Diskussion den Rahmen der gegenständlichen Arbeit bei weitem sprengen würde. Um jedoch die Möglichkeit einer vertiefenden Auseinandersetzung mit der Thematik zu bieten, wurde versucht, im Literaturverzeichnis eine Auswahl verschiedener weiterführender Arbeiten zusammenzustellen. Der Begriff Erdwissenschaften umfaßt als übergeordnete Kategorie verschiedene Fachdisziplinen, denen gemeinsam ist, daß der Gegenstand ihrer Forschungen der Planet Erde ist. Heute werden den Erdwissenschaften die Fächer Geologie, Paläontologie, Mineralogie, Geophysik und Meteorologie, Geochemie und Geographie zugeordnet.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird der Schwerpunkt auf der geologisch-paläontologischen und mineralogischen Erforschung Tirols liegen.

Infolge der besonderen geologisch-morphologischen Ausgestaltung zwang der „Lebensraum Tirol“ schon sehr früh die Menschen zur Auseinandersetzung mit den verschiedensten geologischen Phänomenen. Von einer Erforschung dieser Phänomene kann jedoch erst für die letzten 150 bis 200 Jahre gesprochen werden.

Es kann davon ausgegangen werden, daß die ab rund 2000 v. Chr. verstärkt in die inneralpinen Regionen im Bereich Salzach-Inn einwandernden Menschen insbesondere von den Bodenschätzen dieses Raumes angezogen wurden.

Da die Erforschung einer bestimmten Region, eines bestimmten Landes, aus historischer Sicht immer in Zusammenhang mit dem jeweils geltenden Stand der Wissenschaft zu sehen ist, werden im Zuge der Ausführungen in der gegenständlichen Arbeit immer wieder Bezüge zu den wichtigen Erkenntnisschritten in der Entwicklung der Geologie/Paläontologie und Mineralogie allgemein aufgezeigt.

Die Anfänge

Bergbauliche Aktivitäten sind in Europa bis ins Neolithikum zurückverfolgbar (ZEMMER-PLANK, 1990, S. 75). Ab der Mitte des 4. Jahrtausends v. Chr. wurde in verschiedenen Gebieten Bergbau auf Silex betrieben. Die Bezeichnung Silex ist ein Sammelbegriff für alle Kieselsäure-Minerale wie Achat, Jaspis, Hornstein, Obsidian, etc. Das Material wurde zu verschiedensten Steinwerkzeugen verarbeitet, seine bergbaumäßige Gewinnung ist für den Raum Tirol jedoch bislang nicht belegt.

Die Anfänge der bergbaulichen Aktivität im Raum Tirol reichen auf jeden Fall bis in das 2. vorchristliche Jahrtausend zurück. Vor allem im späten 2. und frühen 1. Jahrtausend v. Chr. befand sich auf der Kelchalm in Aurach bei Kitzbühel ein blühender bronzezeitlicher Kupferbergbau (ZEMMER-PLANK, 1990, S. 79). Neben dem ausgedehnten Bergbaugelände auf der Kelchalm sind noch eine ganze Reihe anderer Belege für frühgeschichtlichen Bergbau auf Kupfererz, wie auch für Hüttenaktivitäten, aus dem Raum Tirol, Südtirol und Trentino bekannt (ZEMMER-PLANK, 1990, S. 88 ff.).

Wie schon angesprochen, waren für den frühgeschichtlichen Menschen insbesondere die in den inneralpinen Gebieten des Bereiches Salzach-Inn vorhandenen Bodenschätze Anreiz, in dieses, im Verhältnis doch unwirtliche Gebiet vorzudringen. Man erkennt also, wie die besonderen geologischen Gegebenheiten im Bereich Tirol schon früh einen entscheidenden Einfluß auf die Landesentwicklung nahmen.

Wenig Neues

Setzt man den Höhepunkt des frühzeitlichen Kupferbergbaues im Raum Tirol als zeitlichen Eckpfeiler, so kann man davon ausgehen, daß über einen Zeitraum von annähernd 2000 Jahren keine wesentlichen neuen Erkenntnisse zur Geologie und Mineralogie des Landes gewonnen wurden. Wohl wurde das frühe Wissen als Erfahrungsschatz weitergegeben, es kann jedoch keine Rede von der „Erforschung“ erdwissenschaftlicher Fakten sein. Dies deckt sich jedoch mit der Geschichte der

Geologie und Mineralogie allgemein. Erst zu Beginn des 16. Jahrhunderts setzen durch verschiedene Persönlichkeiten Forschungsarbeiten ein, die langsam zu einem als wissenschaftlich zu bezeichnenden Erkenntnisgewinn in diesen Disziplinen führen.

Charakteristisch für die frühen Theorien zur Entstehung der Landschaften ist die Abhängigkeit der Erklärungsansätze von den regionalen Erfahrungen der einzelnen Persönlichkeiten. So schloß z.B. der flämische Geograph MERCATOR (1512-1595) aus der Dünenlandschaft seiner Heimat auf den Wind als erdäufere, die Berge aufhäufende Kraft, während der Italiener RISTORO D'AREZZO (1282) die Berge und Täler durch emporstemmende Erdbeben und die Einwirkung von Wasser erklärte (Sintflut). Die Großformen der Erdoberfläche sah er durch den Einfluß der Gestirne entstanden. Hier findet sich die aristotelische Vorstellung wieder, daß ein von der Fixsternsphäre umschlossener, sich drehender Äther turbulente Winde auf und in die Erde entsendet, die sich unter Erdbeben und Emporhebung von Bergen wieder befreien. Aus „Vulkanen austretende Winde“, die Asche und Feuer ausblasen, ließen sich im Mittelmeerraum ja erleben.

Erste Schritte in Richtung Wissenschaft

Aus der immer größer werdenden Anzahl von Gelehrten, die sich ab der beginnenden Neuzeit mit erdwissenschaftlichen Phänomenen beschäftigten, seien in der Folge einige wenige, besonders herausragende, namentlich erwähnt. Genauere Informationen über die Entwicklung der Geologie und Mineralogie von dieser Zeit bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts sind HÖLDER (1989) und LIEBER (1978) zu entnehmen.

Als erster systematischer Mineraloge, z.T. auch als Begründer der Mineralogie, Geologie und Bergbaukunde, wird häufig GEORG BAUER, besser bekannt unter dem Namen GEORGIUS AGRICOLA (1494-1555), angesehen. Der aus Sachsen stammende Agricola studierte Medizin und beschäftigte sich im Laufe der Jahre zunehmend mit der Bergbaukunde. Von seinen zahlreichen Schriften sei hier nur sein Hauptwerk über das Berg- und Hüttenwesen, „De Re Metallica“ (1556), angeführt. Agricola beschäftigte sich in seinen Arbeiten nicht nur mit der Auffindung von Mineralen und Erzlagern sowie bergmännischen und hütten technischen Vorgängen, sondern er unternahm auch erste Versuche zur systematischen Gliederung der „Fossilien“ (ursprünglich wurde alles, was aus der Erde ausgegraben wurde, als „Fossilien“ bezeichnet, also auch Minerale und Erze). Die Darstellungen in seinem Hauptwerk, mit zahlreichen Holzschnitten, geben heute einen sehr guten Einblick in den Alltag der Berg- und Hüttenleute zu seiner Zeit.

Die persönlichen Daten GEORGIUS AGRICOLAS bilden den Brückenschlag zur Geschichte der Geologie und Mineralogie Tirols an der Wende vom Mittelalter zur Neuzeit und für die folgenden Jahrhunderte.

In der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts erreichte der Bergbau im Raum Schwaz-Brixlegg seinen Höhenpunkt (EGG, 1990, S. 37 ff.).

Der Beginn des Silberbergbaues kann im Raum Schwaz in etwa auf den Beginn des 15. Jahrhunderts festgelegt werden. 1426 wurde im Westen von Schwaz das als „Alte Zeche“ bezeichnete Bergwerksrevier eröffnet.

Der Bergbau entwickelte sich im Verlauf des 15. Jahrhunderts sehr rasch. Um das Jahr 1492 waren bereits rund 4000 Menschen im Bergbau tätig und bereits für das Jahr 1431 wird der erste Silberkauf durch eine Augsburger Handelsgesellschaft verzeichnet, womit die Einbeziehung des Schwarzer Silbers in das europäische Wirtschaftsnetz gegeben war.

Die laufende Vergrößerung des Ortes brachte es mit sich, daß Schwaz um 1500/15 seine größte Ausdehnung erreichte und mit rund 20000 Einwohnern nach Wien der größte Ort Österreichs war. Entsprechend stark war auch der Einfluß des Bergbaus und der mit ihm verbundenen Wirtschaftskraft auf Kunst und Kultur. Hier ist wiederum zu erkennen, welchen wesentlichen Einfluß die Geologie auf die Entwicklung des Landes hatte.

Vom 16. bis zum beginnenden 19. Jahrhundert fanden erdwissenschaftliche Phänomene in vielen Abhandlungen Erwähnung. Es sei hier nur der berühmte „Landtreim der Fürstlichen Grafschaft Tyrol“ von GEORG RÖSCH v. GEROLDSHAUSEN (1558) angeführt.

Ein Hauptwerk dieser Epoche, bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts, stellt aus erdwissenschaftlicher Sicht für den Raum Tirol die „Tyrolische Bergwerksgeschichte“ von JOSEF FREIHERR v. SPERGES (1765) dar.

Auch für die Entwicklung der Geologie und Mineralogie als eigenständige Wissenschaften insgesamt sind ab dem 17. Jahrhundert erste, als „modern“ anzusehende, wissenschaftliche Fortschritte zu erkennen. Besonders zu erwähnen ist hier der dänische Naturforscher NIELS STENSEN, der sich NICOLAUS STENO nannte (1638-1686). Er gewann im Umland seines damaligen Wirkungskreises am Hof der Medici in Florenz erste Einsichten in fazielle Unterschiede von Gesteinen, die meistens erst dem 19. Jahrhundert zugerechnet werden.

Der Begriff „Fazies“ umfaßt die Gesamtheit der Merkmale eines geologischen Körpers, z.B. eines Gesteins. D.h. sowohl seine paläontologischen Charakteristika, also Art und Anzahl der in ihm enthaltenen, fossilisierten, Überreste von Tieren und Pflanzen, als auch die lithologischen, gesteinspezifischen Merkmale, wie die mineralogische Zusammensetzung des Gesteins und die Art der räumlichen Anordnung der Minerale im Gestein sowie auch Erscheinungen, die der Art der Entstehung des Gesteins zuzurechnen sind, wie z.B. sedimentäre Schichtung.

Die Erkenntnisse, die Steno bei seinen Wanderungen in der Toskana gewann, veranlaßten ihn das sogenannte „Lagerungsgesetz“ zu formulieren, das, so einfach und logisch es uns heute erscheint, doch einen wesentlichen Erkenntnisgewinn in der Geschichte der Erdwissenschaften darstellte. Das Lagerungsgesetz besagt, daß sich jede höhere Schicht als die jüngere, über den schon verfestigten tieferen, gebildet haben mußte. Steno schloß, daß im Meer gebildete Gesteinsschichten ursprünglich horizontal abgelagert worden sein müssen. Die oft geneigte Lage entstand nach seiner Ansicht erst später. Aufgrund dieser Erkenntnisse wird Steno häufig als „erster Stratigraph und Tektoniker“ angesehen.

Unter dem Begriff Stratigraphie versteht man jenen Zweig der Geologie, der sich mit der zeitlichen und räumlichen Bildungsfolge von Gesteinen beschäftigt.

Die Tektonik versucht, aus der räumlichen Verteilung der Gesteine und der Art ihrer Beziehung untereinander Rückschlüsse auf die geometrischen Beziehungen und die dynamischen Bildungsbedingungen der Gesteinsformationen zu ziehen .

1669 formulierte Steno dann auch eines der mineralogischen Grundgesetze, nämlich das Gesetz der Winkelkonstanz. Es besagt, daß zwei gleichartige Flächen an einer Kristallart stets gleich sind, und stellt den Grundstein für die später so wichtige Möglichkeit der Vermessung von Kristallen dar.

Der Beginn der erdwissenschaftlichen Erforschung Tirols im eigentlichen Sinn

Mit Beginn des 19. Jahrhunderts kann der Übergang zur erdwissenschaftlichen Erforschung Tirols im engeren Sinn gesehen werden. RAIMUND v. KLEBELSBERG gibt in seiner „Geologie von Tirol“, 1935, S. 1-36, einen hervorragenden Überblick über die erdwissenschaftliche Erforschung Ti-

rols zwischen dem Beginn des 19. Jahrhunderts und den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts. Die folgenden Ausführungen zur Forschungsgeschichte dieses Zeitraumes stützen sich in großen Teilen auf seine Arbeit.

Aus der Tradition der, insbesondere im 18. und frühen 19. Jahrhundert, sehr beliebten wissenschaftlichen Reisen, ergab sich eine Vielzahl von Beschreibungen verschiedener erdwissenschaftlicher Phänomene, die eine Reihe von konkreten Untersuchungen nach sich zogen.

So bereiste zum Beispiel der Naturforscher BALTAZAR HAQUET (1739-1815) unter anderem auch das heutige kärntnerisch-salzburgisch-tirolische Grenzgebiet und legte in seiner Reisebeschreibung „Mineralogisch-botanische Lustreise von dem Berg Terglou in Krain zu dem Berge Glockner in Tyrol im Jahre 1779 und 1781“ auch mineralogische Beobachtungen, vor allem aus dem östlichen Tiroler Grenzgebiet, vor (1784).

Zentraler Angelpunkt der beginnenden „modernen“ erdwissenschaftlichen Erforschung Tirols in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts war jedoch das Gebiet der Südtiroler Dolomiten (siehe auch ASPMAIR, 1997).

Dem französischen Naturforscher DÉODAT de DOLOMIEU (1750-1801), am 23. Juni 1750 in der Dauphiné im Ort Dolomieu geboren, fiel auf einer Reise 1789 das Vorkommen eines „kalkigen“ Gesteins in Südtirol auf, das mit verdünnter Salzsäure nicht oder nur schwach reagierte. Er übermittelte Proben an den Schweizer Botaniker und Chemiker NICOLAS-THÉODORE de SAUSSURE, der feststellte, daß das Material beträchtliche Mengen an Magnesium enthielt, und es „dolomie“ nannte (USDOWSKI, 1997). Der bekannte deutsche Geologe LEOPOLD von BUCH (1774-1853) hat dafür das Wort „Dolomit“ geprägt.

1864 wurde der Gesteinsname von den englischen Alpinisten und Reiseschriftstellern J. GILBERT und G. C. CHURCHILL auf die gesamte Berggruppe übertragen, wobei sich diese Namensgebung erst einige Jahrzehnte später wirklich durchsetzte (ASPMAIR, 1997).

Bevor nun die Marksteine in der frühen Erforschung der Südtiroler Dolomiten aufgezeigt werden, soll kurz auf den „Stand der Wissenschaft“, wie er für Geologie und Mineralogie am Beginn des 19. Jahrhunderts gegeben war, eingegangen werden. Es war diese Zeit insbesondere durch den Gegensatz zwischen NEPTUNISTEN und PLUTONISTEN gekennzeichnet (HÖLDER, S. 36 ff.). Die Neptunisten wurden führend vertreten durch den bekannten Lehrer der 1765 gegründeten Freiburger Bergakademie A. G. WERNER. Der Neptunismus im umfassenden Sinn hielt die Erde für einen aus wässrigem Chaos hervorgegangenen Planeten.

WERNER versuchte, als „religiös gebundener Aufklärer“ (HÖLDER, S. 36), seine Erkenntnisse, die er durch Beobachtungen an Naturphänomenen in seiner Heimat Sachsen gewonnen hatte, mit der Vernunft und dem Bibeltext in Einklang zu bringen. Man erkennt also auch hier wieder die maßgebliche Prägung von Ansichten und den sich daraus entwickelnden Theorien durch die Landschaft im unmittelbaren Umfeld der betreffenden Person. Der Werner'sche Neptunismus im engeren Sinne vertrat die Ansicht, daß alle Gesteine, auch jene des kristallinen Grundgebirges, durch chemischen Niederschlag oder mechanischen Absatz im Wasser gebildet wurden.

Dem Vulkanismus gestand WERNER, entsprechend den Beobachtungen in seiner sächsischen Heimat, nur eine untergeordnete Rolle zu, und er sah ab 1789 brennende Kohleflöze als die Ursache allen Vulkanismus an.

Führender Vertreter der Plutonisten war der in Edinburgh geborene JAMES HUTTON (1726-1797). Der konsequente Plutonismus ging von einer Erdkugel aus glühendem Fluidum aus. Ihn vertrat der französische Naturforscher G. L. de BUFFON (1707-1788), der auch aus der Abkühlungszeit auf das Erdalter schließen wollte.

HUTTON hingegen vermied die Frage nach dem Anfang der Erdentstehung. Beobachtungen vulkanischer Phänomene und die Hebung der Gebirge genügten ihm als Beleg für den glutflüssigen Charakter des Erdinneren.

Der Plutonismus, der den Zeitgenossen HUTTON's häufig den Bibeltexten ferner zu sein schien als der Neptunismus, hatte anfangs größere Schwierigkeiten sich durchzusetzen, wurde jedoch schließlich um so vehementer anerkannt.

Um nun jedoch wieder zur erdwissenschaftlichen Erforschung Tirols zurückzukehren, sei nochmals der Neptunismus bemüht. Einer der bekanntesten Geologen in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts, der auch wichtige Beiträge zur frühen Erforschung der Südtiroler Dolomiten lieferte, war der deutsche LEOPOLD v. BUCH. Er war als Schüler WERNER's anfangs noch überzeugter Neptunist, löste sich jedoch in der Folge allmählich von den Ansichten seines Lehrers.

Bereits seine erste Forschungsreise, 1798, nach Südtirol und Italien erschütterte das Vertrauen v. BUCH's in die Ansichten WERNER's. Insbesondere überraschte ihn die Größe der vulkanischen Wirkungen, und am Vesuv suchte er vergebens nach den Steinkohleflözen, die ja nach WERNER für die Entstehung des Vulkanismus verantwortlich sein sollten.

In der Auvergne schließlich wandelte sich v. BUCH, zwar noch zögernd und widerwillig, da damit in Gegensatz zu seinem Lehrer tretend, zum Plutonisten. Auf einer Reise 1802 studierte er die von DÉODAT de DOLOMIEU beschriebenen Vulkane über granitischem Fundament. Seine eigenen Beobachtungen widersprachen eindeutig den Deutungen WERNER's, „... da Granit, nach Werner ein ‚primitives‘ Gestein, unmöglich von Kohle unterlagert sein konnte; Kohle kam nach Werners Erkenntnissen nur in Flözen vor“ (SENGÖR, 1985, S. 14). V. BUCH entwickelte aus seinen Beobachtungen schließlich seine Theorie der vulkanischen Hebungen, für die er auch im Bereich der Südtiroler Dolomiten zwingende Beweise gefunden zu haben glaubte.

In der ersten Phase der Erforschung der Dolomiten, bis ca. 1836, gab es vor allem verstreute Einzelarbeiten. In dieser Phase war LEOPOLD v. BUCH führend. Bereits 1802 hatte v. BUCH seine „Geognostische[n] Beobachtungen auf Reisen durch Deutschland und Italien“ publiziert, worin er zum ersten Mal den Granit der Sachsenklemme, die dioritischen Gänge von Klausen sowie den Bozner Quarzporphyr anführte.

1822 übertrug er schließlich seine vulkanische Hebungstheorie auf die Südalpen. Seine Beobachtungen im Fassatal führten ihn zu der Annahme, daß „schwarzer Augitporphyr“ für die Gebirgsaufwölbung verantwortlich war. Letztendlich überlegte er sogar, die Entstehung aller Gebirgszüge durch das Aufdringen von Augitporphyr zu erklären (HÖLDER, 1989, S. 76). Die Theorie der magmatischen Hebung wurde in Europa in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts weitverbreitete Meinung.

Für die weitere Erforschung der Südtiroler Dolomiten hatte jedoch eine andere Ansicht v. BUCH's große Bedeutung. Seine Beobachtungen hatten ihn auch zu der Annahme geführt, daß die Kalkgesteine in diesem Bereich durch vulkanische Hitze dolomitisiert wurden. Sie erregte großes Aufsehen und führte zu einer weiteren Intensivierung der Arbeiten im Gebiet Predazzo-Fassatal.

Einen ersten Impuls für eine intensive Beschäftigung mit diesem Gebiet hatten bereits die Arbeiten des k. k. Bergrates CONTE GIUSEPPE MARZARI-PENCATI (1777-1836) gegeben, der zwischen 1819 und 1823 eine Reihe von Arbeiten über Predazzo veröffentlicht hatte. Insbesondere die Angabe, daß bei Predazzo (Canzocoli) Kalke durch Granit überlagert wurden, gab zu heftigen Diskussionen und einer intensiven Beschäftigung mit dem Gebiet Anlaß, da Granit nach Ansicht der neptunistischen Schule um A. G. WERNER ein primitives Gestein war und demzufolge nicht über dem Kalk liegen konnte (siehe auch weiter oben) und die von MARZARI-PENCATI

beschriebenen Lagerungsverhältnisse demnach als äußerst ungewöhnlich anzusehen waren.

Ausgehend von St. Cassian, wo um 1830 umfangreiche Fossilfunde getätigt wurden, entwickelte sich in der Folge auch die stratigraphisch-faunistische Erforschung der Südtiroler Dolomiten.

Es ist nunmehr auch an der Zeit, auf die „ersten Tiroler Geologen“ Bezug zu nehmen. Wenn auch „begeisterte Laien“, so waren doch ALOIS v. PFAUNDLER, KARL v. PLOYER und JOSEPH v. SENGER bereits in den ersten Jahren des 19. Jahrhunderts sehr aktiv. ALOIS v. PFAUNDLER beantragte schon im Jahre 1801 die Gründung eines „Mineralogisch-Geognostischen Vereins in Tirol“, der damit der älteste geologische Verein gewesen wäre. Zur Umsetzung gelangte sein Anliegen allerdings erst Jahre später.

Auch KARL v. PLOYER machte 1801 einen ähnlichen Vorschlag zur Gründung einer „Schürf- und Bergkompanie“.

JOSEPH v. SENGER veröffentlichte in den Jahren 1801-1808 eine Reihe von mineralogisch-geologischen Arbeiten über das Gebiet von Fleims und Fassa.

Während also in der ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts eine umfangreiche Forschungstätigkeit im Raum der Südtiroler Dolomiten einsetzte und die Arbeiten immer mehr systematisiert wurden, blieb es im Gebiet des übrigen Tirol bei Einzelarbeiten. Dies sollte sich jedoch in der Folge ändern.

Der „Geognostisch-Montanistische Verein für Tirol und Vorarlberg“ und das Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum

Im Jahre 1836 erfolgte endlich die, von ALOIS von PFAUNDLER schon 1801 vorgeschlagene, Gründung des „VEREINES ZUR GEOGNOSTISCH-MONTANISTISCHEN DURCHFORSCHUNG DES LANDES TIROL“, der schließlich den endgültigen Namen „GEOGNOSTISCH-MONTANISTISCHER VEREIN FÜR TIROL UND VORARLBERG“ erhielt und nach London und Paris der drittälteste geologische Verein Europas war.

Am 31. Mai 1837 übernahm Erzherzog Johann das oberste Protektorat über den Verein und bereits im Sommer 1837 wurde mit der geologischen Landesaufnahme begonnen, die schließlich, unter der Verwertung aller zur damaligen Zeit verfügbaren Ergebnisse, zur Erstellung der „Geognostischen Karte von Tirol“ im Maßstab 1:112500 führte. Diese Karte, die unter der Redaktion des damaligen Fachdirektors der Mineralogisch-Geologischen Sammlungen des Landesmuseums Ferdinandeum, Dr. MICHAEL STOTTER, erstellt wurde, erfuhr von den führenden Geologen der damaligen Zeit in Europa ein äußerst positives Echo. Die Karte besteht insgesamt aus 10 Blättern und befindet sich heute, ebenso wie der schriftliche Nachlaß des Geognostisch-Montanistischen Vereins und die im Zuge der Geländearbeiten aufgesammelten Handstücke, in den Sammlungen des Ferdinandeums. Die Karte dürfte dann vermutlich im Jahre 1852 allgemein ausgegeben worden sein. Bereits 1846/47 war die Aufstellung der geognostisch-montanistischen Sammlung im Ferdinandeum erfolgt. Sie umfaßt rund 6000 Handstücke, wobei jedoch ein Teil derselben im Zuge der Hochwasserkatastrophe im Jahre 1985 im Landeskundlichen Museum im Zeughaus durch Verlust der Inventarnummern stark in ihrem dokumentarischen Wert beeinträchtigt wurde.

In etwa um die Mitte des 19. Jahrhunderts war also das Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum führend an der erdwissenschaftlichen Erforschung Tirols beteiligt.

Mineralogische Beiträge über Tirol lieferten im Zuge der Aufstellung der Sammlungen des „Geognostisch-Montanistischen Vereins für Tirol und Vorarlberg“ im Museum Ferdinandeum LEONHARD LIEBENER (1800-1869) und ANTON JOSEF OELLACHER (1804-1880).

Bezüglich der Entwicklung speziell der geologischen Kartierung in Tirol sei hier auf die zusammenfassende Arbeit von HOFMANN & CERNAJSEK (1993) verwiesen.

Die Gründung der „k. k. Geologischen Reichsanstalt“ in Wien

Einen weiteren wichtigen Impuls für die geologische Erforschung Tirols stellte die 1849 erfolgte Gründung der k. k. Geologischen Reichsanstalt in Wien dar. Schon sehr bald führte die geologische Aufnahmetätigkeit Geologen der Reichsanstalt nach Tirol. Ab 1856 arbeitete z. Bsp. FERDINAND FREIHERR v. RICHTHOFEN (1833-1905) in den Südtiroler Dolomiten.

In der Folge begannen dann auch Kartierungsarbeiten in den Nördlichen Kalkalpen. So kartierte EDMUND v. MOJSISOVICS (1839-1907) Anfang der 60er Jahre des 19. Jahrhunderts zuerst in den Zentral- und dann in den Nördlichen Kalkalpen, ab den 70er Jahren dehnte er seine Tätigkeit auch auf die Südalpen aus.

Aus den Geländearbeiten dieser beiden Geologen resultierten neben anderen zwei wegweisende Arbeiten:

F. F. v. RICHTHOFEN (1860): „Geognostische Beschreibung der Umgebung von Predazzo, samt Cassian und der Seiser Alpe“.

E. v. MOJSISOVICS (1879): Die Dolomiten-Riffe von Südtirol und Venetien, Beiträge zur Bildungsgeschichte der Alpen“ (mit geologischer Karte des Gesamtgebietes in 6 Blättern).

1854 bereiste der bedeutende österreichische Geologe EDUARD SUESS (1831-1914) im Auftrag der Geologischen Reichsanstalt Tirol und Vorarlberg. Die Erwähnung dieses Namens soll Anlaß sein, von der geologischen Erforschung Tirols im engeren Sinn wiederum kurz abzuweichen und einen Blick auf die Entwicklung der Geologie im weiteren Sinn, insbesondere die immer mehr in den Vordergrund drängende Diskussion über die Entstehung der Gebirge, zu werfen.

Blickt man zurück in die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts, so findet man, insbesondere in Kontinentaleuropa, die magmatische Hebungstheorie LEOPOLD v. BUCH's als weitverbreitete Ansicht der Geologen betreffend die Ursachen der Gebirgsbildung. Sehr eifrig vertreten wurde diese Ansicht vom bekannten Schweizer Geologen BERNHARD STUDER (SENGÖR, 1985, S. 15), dessen Vorstellungen in den Alpenländern noch bis 1875 tonangebend waren.

1875 revolutionierte der österreichische Geologe EDUARD SUESS mit seiner Veröffentlichung „Die Entstehung der Alpen“ jedoch die tektonische Forschung. Er wandte sich darin gegen die vorherrschende Meinung vertikaler Hebungen und sah in horizontalen Bewegungen von Krustenteilen einen wesentlichen Punkt des Baus der alpinen Systeme. Darüberhinaus wies er auf die asymmetrische Struktur der meisten Orogene hin, woraus er in der Folge auf einseitig gerichtete Kraftansätze schloß. Er zeigte, daß der Nordteil der Alpen einen Falten- und Deckenbau aufweist, während der Südtteil vorherrschend von Bruchtektonik gekennzeichnet ist (SENGÖR, 1985, S. 20 ff.).

Unter dem Begriff „Decke“ versteht man in der Geologie Gesteinskörper, die infolge von Kraftwirkungen von ihrer ursprünglichen Unterlage abgelöst und um einen größeren Betrag (KM) auf eine neue Unterlage transportiert wurden.

Geologie und Mineralogie an der Universität Innsbruck

Von Tirol selbst aus erhielt die Forschung ab ca. 1850 durch die Arbeiten ADOLF PICHLER's neu-

en Auftrieb, der 1867 die neugegründete Lehrkanzel für Mineralogie und Geognosie an der Universität Innsbruck übernahm und auch Fachdirektor für Mineralogie, Geologie und Paläontologie am Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum war.

Ende der 50er Jahre des vorigen Jahrhunderts dehnte F. F. v. RICHTHOFEN seine Tätigkeit auch auf das Gebiet der Nordtiroler Kalkalpen aus, wobei er eng mit PICHLER zusammenarbeitete und sich nicht zuletzt auf dessen Erstarbeit „Zur Geognosie der nordöstlichen Kalkalpen Tirols“ (1856) stützte. PICHLER kooperierte auch eng mit dem Leiter der geognostischen Landesuntersuchung für Bayern, CARL WILHELM GÜMBEL (1823-1898) und unterhielt enge Kontakte zu dem bekannten Schweizer Geologen A. ESCHER v. d. LINTH (1807-1872) in Zürich.

Von den zahlreichen Erstbeschreibungen ADOLF PICHLER's seien hier nur einige wenige kurz angeführt, wie die Tischofer Höhle bei Kufstein, die Höttinger Brekzie oder das Bimssteinvorkommen von Köfels.

Die Stadt Innsbruck ehrte ADOLF PICHLER durch die Namensgebung des gleichnamigen Platzes, auf dem sich auch sein Denkmal befindet.

Im April 1858 konnte der Direktor der Wiener Geologischen Reichsanstalt FRANZ v. HAUER (1822-1899), der bei der in den 50er Jahren beginnenden Neuaufnahme der Nördlichen Kalkalpen leitend war, in der Sitzung der Geologischen Reichsanstalt die von RICHTHOFEN, GÜMPEL und PICHLER gemeinsam erstellte verbesserte geologische Übersichtskarte von Tirol präsentieren.

Einen weiteren Aufschwung erhielt die Forschung im Gebiet der Nördlichen Kalkalpen in der Folge durch AUGUST ROTHPLETZ (1853-1918), der unter anderem wichtige Arbeiten über die Vilser Alpen, das Karwendelgebirge und das Kaisergebirge veröffentlichte.

In den Zentralalpen war der Bereich der Ötztaler und Stubaiäer Alpen bereits in den 40er Jahren des vergangenen Jahrhunderts Ziel von Kartierungsarbeiten im Zuge der Aufnahmen für die „Geognostische Karte von Tirol“. Unter anderem hat hier MICHAEL STOTTER Beiträge geliefert.

Am 8. Mai 1875 wurde die Errichtung einer ordentlichen Lehrkanzel für Geologie und Paläontologie an der Universität Innsbruck genehmigt, die in der Folge weiterhin von ADOLF PICHLER besetzt wurde, wobei vom Professorenkollegium der Philosophischen Fakultät beschlossen wurde, die mineralogischen Disziplinen auszugliedern. Mit ministerieller Genehmigung vom 10. April 1877 wurde das mineralogisch-petrographische Institut begründet und in der Museumstraße 10 untergebracht. Die endgültige räumliche und institutionelle Trennung des mineralogisch-petrographischen und des geologisch-paläontologischen Institutes erfolgte jedoch erst 1890. Das Extraordinariat für Mineralogie und Petrographie blieb von 1882 bis 1890 verwaist, nachdem sein Inhaber, der Wiener Privatdozent EDMUND NEMINAR (1852-1897), aus disziplinarischen Gründen aus dem Dienst entlassen wurde. Zwischenzeitlich, bis 1890, wurde die mineralogische Lehrtätigkeit und die Betreuung der entsprechenden Sammlungen von JOSEPH BLAAS übernommen, der in weiterer Folge mit seinen glazialgeologischen Arbeiten wesentlich zur Erforschung der jüngsten geologischen Vergangenheit Tirols beug.

Nach der Pensionierung PICHLER's 1890 wurden schließlich ALOIS CATHREIN (1853-1936) zum Ordinarius für Mineralogie und Petrographie und JOSEPH BLAAS (1851-1936) zum Extraordinarius, am 23. September 1896 dann auch zum ordentlichen Professor, für Geologie und Paläontologie ernannt.

CATHREIN beschäftigte sich bei seinen Forschungen vorrangig mit kristallographischen Problemen und mit Eruptivgesteinen. Er wurde 1922 aufgrund seiner schlechten physischen Verfassung vorzeitig emeritiert.

JOSEPH BLAAS beschäftigte sich intensiv mit glazialgeologischen Fragestellungen und arbeitete

an einem „Führer durch die Tiroler und Vorarlberger Alpen“, der 1902 veröffentlicht wurde. Neben Aspekten der angewandten Geologie, unter anderem zur Frage der Verbesserung der Trinkwasserversorgung Innsbrucks, stand er auch den neuen tektonischen Theorien, insbesondere der „Deckentheorie“ offen, aber kritisch, gegenüber. Wir werden bei der Besprechung der weiteren erdwissenschaftlichen Erforschung Tirols noch einigen seiner bedeutendsten Schüler begegnen, namentlich seien hier angeführt OTTO AMPFERER (1875-1947), BRUNO SANDER (1884-1979) und WILHELM HAMMER (1875-1942).

Zur Geschichte der Mineralogie und Geologie an der Universität Innsbruck in den Jahren zwischen 1867 und 1945 erschien 1990 eine eigene Arbeit in der Reihe „Veröffentlichungen der Universität Innsbruck“ (Band 173, PETER GOLLER & GERHARD OBERKOFLENER, 1990).

Für das Verständnis der Bedeutung der Arbeiten dieser und anderer Geologen und Mineralogen im Raum Tirol an der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert und in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts soll nochmals ein kurzer Blick auf die Entwicklung des geologischen Gedankengebäudes, insbesondere zu Fragen der Gebirgsbildung, in diesem Zeitraum geworfen werden.

Die „Deckenlehre“

Der Schweizer ARNOLD ESCHER von der LINTH (1807-1872), zu dem, wie erwähnt, auch ADOLF PICHLER enge Kontakte unterhielt, konzipierte für den Bereich des Linthtales in den Glarneralpen in der Schweiz eine „gewaltige Überschiebung“, eine „Decke“ älteren Gesteins über jüngerem (HÖLDER, 1989, S. 85). Schon sein Vater HANS CONRAD ESCHER von der LINTH hatte im ersten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts erkannt, daß in diesem Bereich Ablagerungen des Perm (Verrucano) über jüngeren (mesozoischen) Kalksteinen lagen. 1841 konnte sein Sohn zeigen, daß im Süden des Wahnsees im Kanton Glarus eine komplette stratigraphische Abfolge von Perm bis Kreide über nummulithenführendem Flysch gelagert ist. In weiterer Folge entwickelte und publizierte (1846) ARNOLD ESCHER v. d. LINTH das Grundkonzept der berühmten Glarner Doppelfalte (SENGÖR, 1985, S. 15), das eine horizontale Schichtverkürzung um rund 15 km erforderte und damit mit den Hebungstheorien STUDER's unverträglich war. Wie bereits früher angedeutet, wird das Konzept horizontaler, seitlich wirkender, Kraftansätze bei der Bildung der Gebirge gegen Mitte des 19. Jahrhunderts vermehrt diskutiert und gelangt schließlich 1875 auch in Europa mit dem Buch „Die Entstehung der Alpen“ von EDUARD SUESS zur Geltung, nachdem es zuvor bereits in den USA verstärkt aufgenommen worden war.

Nur drei Jahre nach SUESS, nämlich 1878, veröffentlicht der Schweizer Geologe ALBERT HEIM (1849-1937) ein weiteres wichtiges Werk unter dem Titel „Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung im Anschluß an die geologische Monographie der Tödi-Windgällen-Gruppe“. Darin führt HEIM die Überlegungen seines Lehrers A. E. v. d. LINTH bezüglich der Glarner Doppelfalte weiter aus. Mit seinen Überlegungen befand sich HEIM voll im Bereich der Deckentheorie mit ihren seitlich wirkenden Kräften.

Der Unterschied zwischen HEIM und SUESS bestand jedoch darin, daß letzterer nicht, so wie HEIM, allseitige Pressung bei der Entstehung der Gebirge annahm, sondern, wie schon erwähnt, auf die Einseitigkeit der Bewegungen in den Alpen hinwies.

Die Theorie der alpinen Faltung hatte mit den beiden gegeneinander bewegten Faltenstirnen der „Glarner Doppelfalte“ einen Höhepunkt erreicht, der sich als Irrtum erweisen sollte (HÖLDER, 1989, S. 88).

Der französische Geologe MARCEL BERTRAND übertrug seine Erfahrungen mit erheblichen Überschiebungen, die er im südbelgischen Kohlegebirge anhand der Überfahung von gefalteten karbonischen Sedimenten durch vorkarbonische Gesteine gewonnen hatte, auf das Glarnerland. Er deutete die beiden scheinbaren Liegefalten in eine einheitliche, nur durch Erosion aufgerissene und in zwei Teile getrennte Überschiebungsdecke um und löste somit den scheinbaren Widerspruch, der sich aus der Geometrie der Glarner Doppelfalte zu SUESS' Asymmetrie im Bau der Faltengebirge und der daraus abzuleitenden Asymmetrie der Kraftwirkung ergab, auf. BERTRAND erkannte auch, daß bei der Zerstückelung solcher Decken durch die Erosion isolierte Teile wie Inseln und Klippen übrigbleiben können.

Überschiebungsdecken und Klippen waren in der Folge in der Westalpengeologie vorherrschend (Begriff des „NAPISMUS“). In den Ostalpen, mit ihren oft unübersichtlicheren Verhältnissen, verhielt man sich gegenüber diesen Überlegungen häufig noch reserviert.

An diesem Punkt sei angemerkt, daß mit der Jahrhundertwende die Geologie in eine Phase heftiger Diskussionen um Ursachen und Wesen der gebirgsbildenden Vorgänge eintrat, begünstigt und beschleunigt durch die rasch wachsende Menge an wissenschaftlichem Datenmaterial aus vielen Teilen der Welt. Da eine umfassende Diskussion dieses faszinierenden Themenbereiches jedoch den Rahmen der vorliegenden Arbeit bei weitem sprengen würde, werden im folgenden, bevor sich die weiteren Ausführungen auf die Geschichte der erdwissenschaftlichen Erforschung Tirols ab der Jahrhundertwende konzentrieren, noch einige empfehlenswerte Bücher angeführt, die einen Überblick über die Entwicklung der entsprechenden Theorien und ihre Grundlagen geben (MIYASHIRO, AKI, SENGÖR, 1985; FRISCH & LOESCHKE, 1986; EISBACHER, 1991; PARK, 1989; SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT, 1984, 1995).

Mit der Erkenntnis weitreichender Deckenschübe kamen auch Zweifel an der Kontraktionstheorie als Erklärung für derartige Erscheinungen auf.

Die Kontraktionstheorie postulierte, daß die Ursachen für die Gebirgsbildungen in einer Kontraktion des Erdumfanges zu suchen seien. Die primäre Wirkung vertikaler Kräfte, die diese Aussage impliziert, reichte jedoch nicht aus, diese weitreichenden Deckenschübe zu erklären.

Neue Impulse zu Beginn des 20. Jahrhunderts

Wir treffen an dieser Stelle nunmehr auf einen der bekanntesten Tiroler Geologen, nämlich OTTO AMPFERER (1875-1947). Er hatte 1899 mit der Dissertation „Geologische Beschreibung des südlichen Karwendelgebirges“ bei JOSEPH BLAAS an der Universität Innsbruck promoviert und setzte in der Folge als Geologe der k. k. Geologischen Reichsanstalt seine Kartierungen im Bereich der Nördlichen Kalkalpen fort. In weiterer Folge auch Direktor der Geologischen Bundesanstalt, haben ihn seine umfangreichen Kartierungsarbeiten im Raum Tirol und die dabei gewonnenen regionalgeologischen Erkenntnisse auch zur Formulierung verschiedener theoretischer Konzepte, insbesondere in Bezug auf Ursachen und Mechanismen der Gebirgsbildung, geführt.

In der im Jahre 1906 erschienen Arbeit „Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen“ nahm AMPFERER ausführlich Stellung zu diesem Thema, übte dabei Kritik an der Vorstellung der Kontraktion und stellte seine „Unterströmungstheorie“ vor, die noch in der Diskussion von ALFRED WEGENERS (1880-1930) Kontinentalverschiebungstheorie eine Rolle spielen sollte, wobei anzumerken ist, daß WEGENER das Sommersemester 1901 an der Universität Innsbruck studierte (GOLLER & OBERKOFER, 1990, S. 27).

Die unermüdliche Aufnahmetätigkeit AMPFERER's äußert sich neben der Vielzahl der von ihm publizierten Arbeiten auch in seinem maßgeblichen Anteil an der Erstellung zahlreicher geologischer Kartenblätter für den Raum Tirol. Neben der führenden Mitarbeit an den Blättern 4947 (Achenkirch und Benediktbeuren), 4948 (Kufstein), 4949 (Lofer und St. Johann), 5045 (Lechtal), 5046 (Zirl und Nassereith), 5047 (Innsbruck und Achensee), 5048 (Rattenberg), 5144 (Stuben) und 5145 (Landeck) der Geologischen Spezialkarte im Maßstab 1:75000 erstellte er für die Lechtaler Alpen, das Kaisergebirge und das östliche Karwendel und Achenseegebiet bereits Karten im Maßstab 1:25000 (AMPFERER, 1932, 1933, 1950).

Darüberhinaus war AMPFERER auch immer wieder als geologischer Berater bei verschiedenen Bauvorhaben involviert, so nicht zuletzt bei den Arbeiten zur Verbesserung der Innsbrucker Trinkwasserversorgung durch den Bau der Stollenfassungen für die Mühlauer Quellen (AMPFERER 1949; HEISSEL, 1991).

Die unermüdliche Tätigkeit AMPFERER's, insbesondere im Bereich der Nördlichen Kalkalpen, erweiterte den geologischen Wissensstand über diesen Bereich in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts gewaltig, wobei in etwa gleichzeitig mit AMPFERER auch vor allem Geologen der Universität München im Bereich der Nördlichen Kalkalpen und den bayerischen Anschlußgebieten tätig waren und somit zur Erforschung beitrugen.

Im Gebiet südlich des Inntales galt die besondere Aufmerksamkeit der Geologen, insbesondere seit den 90er Jahren des 19. Jahrhunderts, dem Brennergebiet im weiteren Sinn, wobei unter anderem die Grenzlage zwischen Ötztal-Stubai-Alpen und dem Gebiet der Zillertaler Alpen, die Reste mesozoischer Schichten auf dem Kristallin im Brennergebiet sowie die Karbonvorkommen im Gebiet von Steinach das Interesse der Geologen auf sich zogen.

F. F. v. RICHTHOFEN regte 1892 hier intensive Forschungsarbeiten an und stellte dafür auch Mittel des Alpenvereins zur Verfügung. Weitere starke Impulse erhielt die Forschung durch PIERRE TERMIER, der ab 1903 als erster grundsätzliche deckentheoretische Überlegungen, wie sie in den Westalpen schon einige Zeit gängig waren (siehe oben), auf den Bereich der Tiroler Zentralalpen übertrug und durch seine Ideen die weiteren Arbeiten beeinflusste (KLEBELSBERG, 1935, S. 22 f.). Ab Beginn des 20. Jahrhunderts wurden in einer zweiten Kartierungskampagne, parallel zu den Aufnahmen im Bereich der Kalkalpen, große Teile der Tiroler Zentralalpen geologisch neu aufgenommen. An führender Stelle sind hier WILHELM HAMMER (1875-1942), zwischen 1923 und 1935 Direktor der Geologischen Bundesanstalt in Wien, und BRUNO SANDER (1884-1979), von 1922 bis 1955 Professor für Mineralogie und Petrographie an der Universität Innsbruck, zu nennen. Des weiteren maßgeblich an den Arbeiten beteiligt waren OSKAR GRAF SCHMIDEGG und OSKAR REITHOFER.

Während W. HAMMER federführend bei der Neukartierung großer Teile der Ötztaler Alpen, des Silvrettakristallins sowie des Ortler- und Münstertalergebietes, soweit auf altösterreichischem Boden gelegen, war, hat B. SANDER die Aufnahmen aus den südlichen Ötztaler Alpen über den Brenner bis ans Inntal bzw. weit in das Pustertal und Zillertal fortgesetzt.

Seine genauen Aufnahmearbeiten führten BRUNO SANDER zur Entwicklung der statistischen Gefügeanalyse der Gesteine, der der Gedanke zugrunde lag, aus der Art der Anordnung der Minerale im Gestein und der besonderen räumlichen Merkmale der Gesteine, auf die, diese Anordnung bzw. Merkmale erzeugenden, geologisch-tektonischen Kräfte rückzuschließen. Diese, als Gefügekunde oder Petrotektonik bezeichnete Arbeitsrichtung, wurde zusammenfassend erstmals 1930 unter dem Titel „Gefügekunde der Gesteine mit besonderer Berücksichtigung der Tektonite“ als Lehrbuch veröffentlicht und begründete den Weltruf Sanders, der sich in zahlreichen Ehrungen, Ehrenmitglieds-

schaften in internationalen geologischen Vereinigungen, wie auch in den zahlreichen Besuchen ausländischer Wissenschaftler am Innsbrucker Institut widerspiegelte. Die Innsbrucker Universität würdigte BRUNO SANDER in besonderem Maße durch die Benennung des neuen Gebäudes der Naturwissenschaftlichen Fakultät am Innrain als „Bruno-Sander-Haus“, in dem heute unter anderem auch die Institute für Mineralogie und Petrographie, Geologie und Paläontologie, Geographie sowie Meteorologie und Geophysik untergebracht sind.

Im Gebiet der Südtiroler Dolomiten war der Kenntnisstand nach den bahnbrechenden Arbeiten von F. F. RICHTHOFEN (1860) und E. v. MOJSISOVICS (1879) durch zahlreiche Einzelarbeiten, u. a. zur Stratigraphie, Paläontologie und zur Petrographie der Eruptivgesteine verbessert worden. Im Hinblick auf die Tektonik hat vor allem A. ROTHPLETZ wesentliche neue Gesichtspunkte beige-steuert. Besonders intensiv wurde weiterhin das Gebiet von Predazzo-Monzone bearbeitet.

In kartographischer Hinsicht blieben jedoch die sechs, der Arbeit von E. v. MOJSISOVICS beiliegenden Kartenblätter für fast ein halbes Jahrhundert das grundlegende Werk über die Südtiroler Dolomiten.

In etwa zeitgleich mit MOJSISOVICS veröffentlichte RICHARD LEPSIUS (1878) seine Arbeit „Das westliche Südtirol, geologisch dargestellt“, in der er den judikarischen Anteil der Südtiroler Kalkalpen bearbeitete. In dieser Arbeit hat LEPSIUS unter anderem jene Störung dargestellt, die später unter dem Namen „Judikarierlinie“ bekannt wurde.

Nach dem 1. Weltkrieg wurde die geologisch-kartographische Neuaufnahme der Südtiroler Dolomiten zu einem Schwerpunkt des Geologisch-Paläontologischen Institutes der Universität Innsbruck. Hier sind unter anderem namentlich zu nennen RAIMUND v. KLEBELSBERG, GEORG MUTSCHLECHNER, WERNER HEISSEL, OTTO REITHOFER und JOSEF LADURNER.

Rückblickend kann man sagen, daß es in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts weitgehend gelang, die um die Jahrhundertwende begonnene geologisch-kartographische Erfassung, überwiegend im Maßstab 1:75000, vor allem für den Bereich von Nordtirol sehr weit voranzutreiben, so daß Nordtirol jenes Bundesland ist, das am besten mit Karten dieses Maßstabes abgedeckt ist. Nur etwa die Fläche von 1,5 Kartenblättern erschien nicht in gedruckter Form (HOFMANN & CERNAJSEK, 1993, S. 24).

Die jüngste erdgeschichtliche Epoche - das Quartär

Ein wesentliches Kapitel der erdwissenschaftlichen Erforschungsgeschichte Tirols stellt die Glazialgeologie dar, konnten doch einige wichtige Fragen der inneralpinen Vereisung anhand von Studien in Tirol geklärt werden.

Bereits im Verlauf des 19. Jahrhunderts waren eine Reihe von „glazialgeologischen“ Beobachtungen durchgeführt worden. So haben anhand der Verbreitung erratischer Blöcke unter anderem J. TRINKER (1844), B. STUDER (1849) oder A. PICHLER (1856) Hinweise auf die ehemalige Verbreitung der Gletscher geliefert.

Erratische Blöcke sind durch Gletscher aus ihrem Ursprungsgebiet in ein anderes Gebiet transportierte Gesteinsblöcke.

Zwei Wissenschaftler sind gegen Ende des 19. Jahrhunderts schließlich prägend für die systematische Erforschung der quartären Vergletscherung Tirols.

Zum einen ALFRED PENCK, der 1882 in „Die Vergletscherung der deutschen Alpen“ allgemeine Grundlagen erstellte und regionale Beschreibungen vom bayerischen Alpenvorland bis weit in das

Inntal lieferte und unter anderem auf die grundlegende Bedeutung der Höttinger Brekzie hinwies. Sein Hauptwerk „Die Alpen im Eiszeitalter“, das er gemeinsam mit E. BRÜCKNER verfaßte, erschien zwischen 1901 und 1909 in drei Bänden.

Der zweite Name, der mit der glazialgeologischen Erforschung Tirols in dieser Zeit aufs engste verknüpft ist, ist jener von JOSEF BLAAS, der unter anderem über die von ihm so benannten Terrassensedimente im Inntal arbeitete (u. a. 1885, 1890).

Auch im Rahmen der Quartärgeologie begegnen wir wieder OTTO AMPFERER, der die Studien von BLAAS fortsetzte.

Vorrangig in Südtirol war RAIMUND v. KLEBELSBERG tätig, der sich auch mit der Rekonstruktion des Eisstromnetzes in Nord- und Südtirol beschäftigte.

FRITZ v. KERNER-MARILAUN erarbeitete im Brennergebiet Gletscherstände, von denen einer durch ALFRED PENCK namensgebend für das sogenannte „Gschnitzstadium“ wurde.

Die Höttinger Brekzie ist, neben ihrer Bedeutung als Baumaterial, auch ein zentrales Element der quartärgeologischen Erforschung Tirols bzw. des inneralpinen Raumes allgemein. Ihre Bedeutung ergibt sich aus dem Umstand, daß es sich bei der Höttinger Brekzie um eine interglaziale Bildung handelt, d. h., daß sie zwischen zwei Vereisungsphasen entstanden ist

Insbesondere dem östlichen Weiherburggraben kommt eine ganz besondere Bedeutung zu. Hier ist, zum ersten Mal durch A. PENCK im Jahre 1882 dokumentiert, der Kontakt zwischen Moräne (grüngrau - lehmig-tonig) und überlagernder Brekzie (rötlich) in sehr schöner Weise aufgeschlossen. Es war dies für lange Zeit die einzige bekannte Stelle im Inneren der Alpen, wo die Wiederholung der Vergletscherung nachweisbar war. Dementsprechend kritisch wurde dieser Aufschluß auch bewertet, wobei lange Zeit die Frage offen war, ob die Moräne hier nicht sekundär unter die überhängende Brekzie eingedrungen sein könnte.

Um die Primärcharakteristik des Kontaktes zu bestätigen, wurde, auf Anregung von R. LEPSIUS auf dem deutschen Geographentag in Innsbruck 1912, im Jahre 1913 unter ständiger Überwachung durch O. AMPFERER, B. SANDER und L. STERNER-RAINER, im Moränenbereich unter der Brekzie ein Stollen 20 m weit rechtwinklig zum Hangstreichen mit leicht ansteigender Sohle vorangetrieben, der nach seinem Initiator LEPSIUSSTOLLEN genannt wurde. Er ist heute noch im Gelände kenntlich und über den sogenannten „Geologensteig“, am Abhang der Hungerburg, erreichbar.

Mit diesem Stollen gelang es eindeutig, den primären Kontakt zwischen Moräne und Höttinger Brekzie, damit deren interglazialen Charakter und somit auch die Mehrphasigkeit der Vereisung im Alpenraum nachzuweisen.

Durch den Ausbruch des 2. Weltkrieges wurde die grundlegende erdwissenschaftliche Erforschung Tirols in der bisherigen Form unterbrochen, die Fragestellungen an die Geowissenschaftler orientierten sich nunmehr vorwiegend an praktischen Erfordernissen, insbesondere standen Fragen der Rohstoffversorgung im Vordergrund. So erfolgte zum Beispiel während des Zweiten Weltkrieges östlich der Geraer Hütte im Valsertal eine schurfbaumäßige Erschließung der Molybdänglanzlagerstätte westlich der Alpeiner Scharte. Zu einer Aufnahme der Abbautätigkeit kam es jedoch durch das Ende des 2. Weltkrieges nicht mehr (GSTREIN, 1990, S. 71f).

Die Zeit nach 1945

Nach dem 2. Weltkrieg erfuhren die Erdwissenschaften insgesamt, wie auch viele andere Forschungsgebiete, eine immer rasantere Entwicklung. Immer zahlreicher wurden auch die

Einzelarbeiten, die sich mit der Geologie der verschiedenen Teile Tirols befaßten.

In der Entwicklung der Erdwissenschaften insgesamt steht die Entwicklung der Theorie der **Plattentektonik** in den 60er Jahren als der herausragende Fortschritt in der bisherigen Geschichte der geologischen Forschung als besonderer Meilenstein im Mittelpunkt.

Aufbauend auf der Kontinentalverschiebungstheorie, die am prominentesten vertreten wurde durch ALFRED WEGENER, wurden in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts Schritt für Schritt die Grundlagen der Plattentektonik entwickelt.

ALFRED WEGENER formulierte in seinem 1915 erstmals erschienenen Buch „Die Entstehung der Kontinente und Ozeane“ jene Idee, die ihm zum erstenmal 1910 angesichts der Kongruenz der atlantischen Küstenlinien gekommen war, die er aber vorerst selbst verworfen hatte, bis er im Jahre 1911 auf die Ergebnisse paläontologischer Forschungen über die frühere Landverbindung zwischen Brasilien und Afrika aufmerksam wurde.

WEGENER sah in den Konzepten der Isostasie und Erdkontraktion, die um diese Zeit immer noch Basis der großen tektonischen Hypothesen waren, einen unauflösbaren Widerspruch.

Unter dem Begriff „Isostasie“ versteht man jenen Prozeß, der zur Herstellung des hydrostatischen Gleichgewichts von Erdkrustenabschnitten untereinander führt. Unterhalb von hohen Gebirgen ist die Erdkruste tiefer in den Erdmantel eingetaucht, während im Bereich der Ozeane der Erdmantel generell wesentlich höher liegt.

Er war der Ansicht, daß einstige Zwischenkontinente und Landbrücken, wie sie die Kontraktionstheorie annahm, unter isostatischen Gesichtspunkten nicht zu Ozeanböden abgesunken sein können. Da aber geologische, paläoklimatologische, wie auch biogeographische Argumente einen Zusammenhang heute getrennter Kontinente forderten, blieb als einzige Erklärung für WEGENER ihre Verschiebung auf dem schweren, die Ozeanböden bildenden „Sima“, auf dem die „sialischen“ Kontinente wie Eisschollen auf dem Wasser schwimmen sollten (HÖLDER, 1989, S. 142 ff.). Diese Überlegungen wurden von E. ARGAND als „Mobilismus“ bezeichnet und der Kontraktionstheorie („Fixismus“) gegenübergestellt.

Die Kontraktionstheorie hatte zwar eine dominierende Stellung in der Geologie in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts, sie kam jedoch mit dem Fortschritt der alpinen Geologie zunehmend in Erklärungsschwierigkeiten. Insbesondere der immer mehr erkannte Deckenbau in den Alpen konnte mit den doch vertikal (zum Erdmittelpunkt hin) gerichteten Ursachen der Kontraktion nicht mehr vereinbart werden, so daß sich schließlich auch einer der „Väter“ der Alpengeologie, A. HEIM, 1929, zunächst zwar noch sehr unsicher aber doch, von der Kontraktionstheorie lossagte, um die Theorie der Gebirgsbildung durch Zusammenstoß und Aufstau driftender Kontinente anzuerkennen.

Die Kontinentalverschiebungstheorie wurde von der Mehrzahl der Geophysiker und Geologen jedoch vehement abgelehnt. Insbesondere die von WEGENER als treibende Kräfte angenommenen Erscheinungen der Erdrotation und der Polflucht schienen unzureichend, um die postulierten Kontinentbewegungen zu bewirken. Aber auch die Vorstellung, daß die sialischen Kontinentalmassen in der dichteren ozeanischen Kruste schwimmen und durch diese hindurch pflügen, schien den meisten Zeitgenossen aus mechanischen Gründen unrealistisch zu sein. Auch die etwas später von A. HOLMES als treibende Kräfte postulierten Konvektionsströme, die tief in den Erdmantel hinabreichen und die Kontinente passiv mit sich ziehen sollten, konnten der Kontinentalverschiebungstheorie nicht zum Durchbruch verhelfen, so daß sie um 1950 weitestgehend an Bedeutung verloren zu haben schien.

Mit Beginn der 60er Jahre ergaben sich jedoch neue, starke Impulse für die mobilistische Theorie

durch die Ergebnisse der Erforschung der Ozeanböden, wie zum Beispiel die Entdeckung der ozeanischen magnetischen Streifenmuster beiderseits der ozeanischen Rücken. Diese magnetischen Streifenmuster verdanken ihre Entstehung dem Umstand, daß bestimmte magnetisierbare Minerale, die Bestandteil des an den ozeanischen Rücken austretenden Magmas sind, im Zuge der Abkühlung gemäß dem herrschenden Magnetfeld der Erde eingeregelt werden. Diese Entdeckung war eine der Grundlagen für das Konzept des „sea floor spreading“ (Ozeanbodenausbreitung), das von R. DIETZ (1961) und H. HESS (1962) als neue Drifthythese erstellt wurde. Laut dieser Hypothese wird über den mittelozeanischen Rücken, oberhalb aufsteigender Konvektionsströme, neuer Ozeanboden gebildet, seitlich weggeschleppt und an den Tiefseerinnen in den Mantel zurückgeführt. Demzufolge kann Ozeanboden nicht älter als einige 100 Millionen Jahre sein. In der Folge zeigten radiometrische Altersbestimmungen, daß bislang für Ozeanböden kein höheres Alter als rund 200 Millionen Jahre nachgewiesen werden konnte.

Das Konzept des „sea floor spreading“ war eine der wesentlichen Grundlagen für die weitere Entwicklung der Theorie der Plattentektonik im Verlaufe der 60er und frühen 70er Jahre. Während im Verlauf der 60er Jahre vor allem Geophysiker grundlegende Aussagen zu Geometrie und Kinematik der Platten vorlegten, begannen die Geologen gegen Ende der 60er Jahre damit, geologische Daten und Beobachtungen auf Basis der Plattentektonik zu interpretieren.

Sehr stark vereinfacht sieht das Grundmodell der Plattentektonik folgendermaßen aus: Gesteinstafeln, die als weitgehend starr angesehen werden, die sogenannten Lithosphärenplatten, „reiten“ auf der sogenannten „Asthenosphäre“, einer Zone verminderter mechanischer Festigkeit unterhalb der Lithosphäre, angetrieben von „Konvektionsströmen“ in den mechanisch weniger stabilen tieferen Lagen.

Der genaue Antriebsmechanismus der Plattenbewegungen ist auch heute noch nicht geklärt und wird nach wie vor heftig diskutiert, die Theorie der Plattentektonik wird jedoch in ihren Grundzügen von den weitaus meisten Geowissenschaftlern akzeptiert. Sie stellt die erste globale Theorie dar, mit deren Hilfe eine ganze Reihe von geodynamischen Problemen, wie z. B. die Ursache für die Anordnung von Erdbebengebieten oder vulkanische Erscheinungen, erklärt werden konnten und hat in diesem Sinne wie keine andere Theorie vor ihr das geologische Weltbild revolutioniert. Die kritische Bewertung immer neuer Teilaspekte der Plattentektonik führt, in Kombination mit immer mehr verfeinerten Untersuchungsmethoden, zu einer ständig fortschreitenden Anpassung der theoretischen Grundlagen.

Die Erdwissenschaften in Tirol an der Wende zum 21. Jahrhundert

Immer mehr und bessere Untersuchungsmethoden führten in den letzten drei bis vier Jahrzehnten zu einer beinahe unübersehbaren Vermehrung der Erkenntnisse über die Geologie, Paläontologie und Mineralogie Tirols.

Fortschritte in der Mikropaläontologie, der Einsatz moderner physikalischer und chemischer Untersuchungsmethode wie z. B. Rasterelektronenmikroskop, Elektronenstrahlmikrosonde, Atomabsorptionsspektroskopie oder der Einsatz von Massenspektrometern, die Fortschritte im Bereich der absoluten Altersdatierung mit Hilfe von Isotopen, wesentlich verbesserte Methoden der Strukturgeologie und der Einsatz von Experimenten in der Tektonik ebenso wie in der Mineralogie-Petrologie, ständig verbesserte Vergleiche mit rezenten Gegebenheiten, große Fortschritte beim Einsatz geophysikalischer Untersuchungsmethoden zur Aufschlüsselung von Tiefenstrukturen im Erdaufbau,

der Einsatz von Satelliten zur Vermessung geringster Krustenbewegungen und für die großmaßstäbliche Erfassung von Krustenstrukturen in bis vor kurzem noch unmöglichem Umfang, Informationen über die frühen Stadien der Erdentwicklung aus der Untersuchung extraterrestrischer Gesteine (Mond, Meteoriten), neue Überlegungen zu Entwicklung und Evolution des Lebens auf der Erde u. a. m. haben letztendlich dazu beigetragen, die erdwissenschaftliche Forschung insgesamt, aber auch die erdwissenschaftliche Erforschung Tirols, in neue Dimensionen zu heben.

Für die Erforschung der Alpen und damit selbstverständlich auch für die geologische Erforschung Tirols brachte die Plattentektonik gewaltige neue Impulse.

In den 50er und 60er Jahren führten insbesondere die Arbeiten des österreichischen, an der Universität Wien tätigen, Geologen ALEXANDER TOLLMANN zur endgültigen Anerkennung der Deckentheorie in den Ostalpen.

Die postulierten großen Überschiebungsweiten der alpinen Decken, von den Vertretern der Kontraktionstheorie lange Zeit heftig angezweifelt, konnten in der Folge mit Hilfe der Plattentektonik, ebenso wie eine ganze Reihe anderer Phänomene, wesentlich plausibler gesehen werden.

Abgesehen von den zahlreichen, häufig verdienstvollen, Einzelarbeiten, die das erdwissenschaftliche Wissen über die verschiedenen Gebiete Tirols laufend vergrößern, ist es heute vor allem der Versuch, Bau und Entwicklungsgeschichte der Alpen aus dem Gesichtspunkt der Plattentektonik zu verstehen, der einer der zentralen Punkte in der Diskussion innerhalb der Erdwissenschaften darstellt.

Unbestritten ist heute auch, daß nur der Blick über die Grenzen hinaus, d. h. die Einbeziehung von Daten aus den angrenzenden Gebieten, eine sinnvolle Interpretation der vielen verschiedenen Daten in Zusammenschau zielführend macht.

In der Zeit zwischen 1979 und 1987 (zusammenfassende Publikation der Ergebnisse in Buchform) arbeiteten Erdwissenschaftler verschiedener österreichischer Universitäten (Graz, Innsbruck, Leoben, Salzburg, Wien) im Rahmen des „Hochschulschwerpunktes S-15 des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung“ unter dem Titel „Die frühalpiner Geschichte der Ostalpen“ an der Untersuchung der frühalpiner Entwicklungsgeschichte der Ostalpen. Die zusammengefaßten Ergebnisse wurden in dem Buch „Geodynamics for the Eastern Alps“ (FLÜGEL & FAUPL, 1987) veröffentlicht.

In Vorbereitung ist derzeit ein weiteres großes Schwerpunktforschungsprogramm in Kooperation mit den Nachbarländern, allen voran Deutschland und Italien, das im Falle seiner Realisierung unter dem Titel „OEKORP“ durch die Kombination geophysikalischer, geologischer, mineralogischer und petrologischer Untersuchungen entlang eines Profils im Bereich des westlichen Tauernfensters neue Informationen über den Bau der Alpen in der Tiefe und die Möglichkeiten der Tiefeninterpretation von Oberflächenmeßdaten liefern soll.

Mehr denn je zuvor ist heute aber auch das Engagement der Geowissenschaftler bei der Bewältigung anstehender praktischer Probleme gefragt. So sind unter dem Überbegriff „Angewandte Geowissenschaften“ zahlreiche Einzeldisziplinen zusammengefaßt, die sich mit verschiedenen Aufgabengebieten befassen.

Gerade für Tirol, mit seinen besonderen naturräumlichen Gegebenheiten, sind heute Ingenieur- und Hydrogeologie unverzichtbarer Bestandteil bei der Planung und Realisierung neuer Verkehrswegebauten und anderer Bauvorhaben ebenso, wie bei der Sicherung einer qualitativ wie quantitativ einwandfreien Trinkwasserversorgung oder der Bewältigung anstehender Umweltprobleme und der Entwicklung zukunftsorientierter Konzepte für einen schonenden und nachhaltigen Umgang mit der Natur.

Den damit verbundenen Anforderungen und Problemen stellen sich heute Erdwissenschaftler der geologischen Dienststelle des Landes im Amt der Tiroler Landesregierung und der Universität Innsbruck ebenso wie die Mitarbeiter privater geologischer Büros.

Literatur

- AGRICOLA, Georgius (1556): „De Re Metallica“, -Original der Druckerei Froben, Basel, 1556, deutsche Übersetzung in 3. Auflage, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1961.
- AMPFERER, O. (1932): Geologische Karte der Lechtaler Alpe, 1:25000. -Geol. B.-A., Wien.
- AMPFERER, O. (1933): Geologische Karte des Kaisergebirges, 1:25000. -Geol. B.-A., Wien.
- AMPFERER, O. (1949): Geologische Ergebnisse der Quellaufschließungen in der obersten Mühlauer Klamm bei Innsbruck. -Mitt. Geol. Ges. Wien, 36-38 (1943-1945), S. 1-28.
- AMPFERER, O. (1950): Geologische Karte des östlichen Karwendel- und Achenseegebietes, 1:25000. -Geol. B.-A., Wien.
- ASPMAIR, Ch. (1997): Die geologisch-paläontologische Erforschung der Dolomiten. -Der Stoansucher, Jg. 11, 1/1997, S. 44-47.
- BLAAS, J. (1885): Über die Glazialformation im Inntale. -Z. Ferdinandeum Innsbruck, (4)29.
- BLAAS, J. (1890): Erläuterungen zur geologischen Karte der diluvialen Ablagerungen in der Umgebung von Innsbruck. -Jb. Geol. R.-A., Wien, 40.
- BLAAS, J. (1902): Geologischer Führer durch die Tiroler und Vorarlberger Alpen. -Wagner, Innsbruck.
- DIETZ, R. S. (1961): Continent and ocean basin evolution by spreading of the sea floor. -Nature, 190, 854-857.
- EGG, E. (1990): Schwaz ist alla Bergwerk Mutter. -[In:] Silber, Erz und weißes Gold - Bergbau in Tirol. -Katalog zur Landesausstellung 1990, Schwaz, S. 37-46. Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck.
- EISBACHER, G. H. (1991): Einführung in die Tektonik. -310 S., Enke Verlag Stuttgart.
- FLÜGEL, H. W. & FAUPL, P. (Hrsg.) (1987): Geodynamics of the Eastern Alps. -418 S., Deuticke, Wien.
- FRISCH, W. & LOESCHKE, J. (1986): Plattentektonik. -Erträge der Forschung, Bd. 236, 190 S., Wissenschaftliche Buchges., Darmstadt.
- GEROLDSHAUSEN, G. R. v. (1558): Landtreim der Fürstlichen Grafschaft Tyrol. -Herausgegeben von Franz v. Wieser im Archiv für Geschichte und Landeskunde Tirols, V, 1869, S.209-248.
- GOLLER, P. & OBERKOFER, G. (1990): Mineralogie und Geologie an der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck (1867-1945). -Forschungen zur Innsbrucker Universitätsgeschichte. Veröffentlichl. Univ. Innsbruck, 173, 60 S.
- GSTREIN, P. (1990): Die Bergbaue Tirols aus geologischer, mineralogischer und lagerstättenkundlicher Sicht. -[In:] Silber, Erz und weißes Gold - Bergbau in Tirol. -Katalog zur Landesausstellung 1990, Schwaz, S. 67-73. Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck.
- HAQUET, B. (1784): Mineralogisch-botanische Lustreise von dem Berg Terglou in Krain zu dem Berg Glockner in Tyrol im Jahre 1779 und 1781. -II. Auflage, Wien.
- HEIM, A. (1878): Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung im Anschluss an die geologische Monographie der Tödi-Windgällen-Gruppe. -2 Bände, Benno Schwabe, Basel.
- HEISSEL, G. (1991): Die Abhängigkeit der hydrogeologischen von den geologisch-tektonischen

- Verhältnissen des Karwendelgebirges, aufgezeigt am Beispiel der Mühlauer Quellen (Tirol, Österreich). -Veröff. Tiroler Landesmuseum Ferd., Bd. 71, Jg. 1991, S. 17-82.
- HESS, H. H. (1962): History of ocean basin. -[In:] *Petrological Studies: A Volume in Honor of A. F. Buddington*. Eds. A.E.J. Engel et al., Geological Society of America, pp. 599-620.
- HOFMANN, Th. & CERNAJSEK, T. (1993): Die historische Entwicklung der geologischen Kartierung in Tirol. -Veröff. Tiroler Landesmuseum Ferd., Bd. 73, Jg. 1993, S. 13-22.
- HÖLDER, H. (1989): *Kurze Geschichte der Geologie und Paläontologie*. -244 S., Springer Verlag.
- KLEBELSBERG, R. v. (1935): *Geologie von Tirol*. -Gebrüder Borntraeger, Berlin, 872 S.
- LEPSIUS, R. (1878): *Das westliche Südtirol, geologisch dargestellt*. -Berlin (W. Hertz).
- LIEBER, W. (1978): *Menschen, Minen, Mineralien. Mineralogie seit 10 Jahrtausenden*. -220 S., Christian Weise Verlag.
- MIYASHIRO, A., AKI, K. & SENGÖR, A. M. C. (1985): *Orogenese - Grundzüge der Gebirgsbildung*. -236 S., Deuticke, Wien.
- MOJSISOVICS, E. v. (1879): *Die Dolomit-Riffe von Südtirol und Venetien*. -Wien.
- PARK, R. G. (1989): *Foundations of Structural Geology*. -148 S., Blackie & Son Ltd., Glasgow.
- PENCK, A. (1882): *Die Vergletscherung der deutschen Alpen, ihre Ursachen, periodische Wiederkehr und ihr Einfluß auf die Bodengestaltung*. Leipzig.
- PENCK, A. (1921): *Die Höttinger Brekzie und die Inntalterrasse nördlich Innsbruck*. -Abh. preuß. Akad. Wiss., 1920, phys.-math. Kl., 2, 1-136.
- PENCK, A. & BRÜCKNER, E. (1909): *Die Alpen im Eiszeitalter*. -3 Bde., 1199 S., Leipzig (Tauchnitz)
- PICHLER, A. (1856): *Zur Geognosie der nordöstlichen Kalkalpen Tirols. Nördliche Kalkalpen Seefeld-Kufstein, Stubai Kalkalpen, Brenner, Tuxer Voralpen*. -Jb. Geol. R.-A., Wien.
- RICHTHOFEN, Frh. v. (1860): *Geognostische Beschreibung der Umgebung von Predazzo, Sanct Cassian und der Seiser Alpe in Süd-Tyrol*. -Gotha (Perthes).
- SANDER, B. (1930): *Gefügekunde der Gesteine*. -352 S., Wien (Springer).
- SENGÖR, A. M. C. (1985): *Klassische Gebirgsbildungstheorien*. -[In:] Miyashiro, A., Aki, K. & Sengör, A. M. C.: *Orogenese-Grundzüge der Gebirgsbildung*, S. 11-50. Deuticke, Wien.
- SPEKTRUM DER WISSENSCHAFTEN (1984): *Ozeane und Kontinente*. - Reihe Verständliche Forschung, 284 S., Spektrum Akademischer Verlag.
- SPEKTRUM DER WISSENSCHAFTEN (1995): *Geodynamik und Plattentektonik*. -Reihe Verständliche Forschung, 200 S., Spektrum Akademischer Verlag.
- SPERGES, J. Frh. v. (1765): *Tyrolische Bergwerksgeschichte*. -Wien, Trattner.
- SUCESS, E. (1875): *Die Entstehung der Alpen*. -W. Braunmüller, Wien.
- USDOWSKI, E. (1997): *Déodat de Dolomieu und seine Entdeckung oder die Entstehung von Dolomit*. -Der Aufschluß, Jg. 48, Juli/August 1997, S. 211-219.
- WEGENER, A. (1915): *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*. -Braunschweig (Viehweg).
- ZEMMER-PLANK, L. (1990): *Urzeitlicher Bergbau in Tirol*. -[In:] Silber, Erz und weißes Gold-Bergbau in Tirol. -Katalog zur Landesausstellung 1990, Schwaz, S. 74-96. Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck.

Zusätzliche, weiterführende Literatur

- BRANDNER, R. & RESCH, W. (1981): Reef development in the Middle Triassic (Ladinian and Cordevolian) of the Northern Limestone Alps near Innsbruck, Austria. -[In:] Toomey, D. F. [Hrsg.]: *European Fossil Reef Models*, 203-231. -Spec. Publ. Soc. econ. Paleont. Mineral., 30, Tulsa / Oklahoma.

- BRANDNER, R. (1984): Meeresspiegelschwankungen und Tektonik in der Trias der NW-Tethys. - Jb. geol. B.-A., 126, 435-475.
- BRANDNER, R. (1980): Geologische und tektonische Übersichtskarte von Tirol, 1:300000(?). -Tirol Atlas, Innsbruck (Univ.-Verlag Wagner).
- DEWEY, J. F., PITMAN, W. C., RYAN, W. B. & BONNIN, J. (1973): Plate Tectonics and the Evolution of the Alpine System. -Bull. geol. Soc. Amer., 84, 3137-3180.
- FISCHER, A.G. (1964): The Lofer Cyclothems of the Alpine Triassic. -Bull. geol. Surv. Kansas, 169, 107-149, Lawrence.
- FRANK, W. (1983): Argumente für ein neues Entwicklungsmodell des Ostalpins. -Jber. 1982 Hochschulschwerpunkt S 15, 4, 249-262.
- FRISCH, W. (1979): Tectonic progradation and plate tectonic evolution of the Alps. -Tectonophysics, 60, 121-139.
- FRISCH, W. (1980): Post-Hercynian formation of the western Tauern Window: sedimentological features, depositional environment and age. -Mitt. österr. geol. Ges., 71/72 (1978/79), 49-63.
- FRISCH, W. (1980): Tectonics of the western Tauern Window. -Mitt. österr. geol. Ges., 71/72 (1978/79), 65-71.
- FRISCH, W. (1981): Plate motions in the Alpine region and their relation to the opening of the Atlantic ocean. -Geol. Rdsch., 70, 402-411.
- GASSER, G. (1913): Die Mineralien Tirols einschließlich Vorarlbergs und der Hohen Tauern. -XII, 548 S., Innsbruck (Wagner).
- HSÜ, K. J. (1971): Origin of the Alps and Western Mediterranean. -Natur, 233, 44-47.
- ROTHPLETZ, A. (1894): Ein geologischer Querschnitt durch die Ostalpen. -Stuttgart.
- SMITH, A. G. (1971): Alpine Deformation and the Oceanic Areas of the Tethys, Mediterranean and Atlantic. -Geol. Soc. Amer. Bull., 82, 2039-2070.
- TOLLMANN, A. (1977): Geologie von Österreich. -Bd. 1, 710 S., Deuticke, Wien.
- TOLLMANN, A. (1985): Geologie von Österreich. -Bd. 2, 710 S., Deuticke, Wien.
- TOLLMANN, A. (1986): Geologie von Österreich. -Bd. 3, 718 S., Deuticke, Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Veröffentlichungen des Tiroler Landesmuseums Ferdinandeum](#)

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: [78](#)

Autor(en)/Author(s): Bidner Thomas

Artikel/Article: [Zur Geschichte der erdwissenschaftlichen Erforschung Tirols. 15-36](#)