

- Loewinson-Lessing, Fjodor Juljewitsch (Franz) (1899): Studien über die Eruptivgesteine. (Seiten 196-464). Zweites Capitel: Die durch Kristallisation bedingte Differentiation. – In: Congrès Géologique International. Comte Rendu de la VII. Session, St. Petersburg 1897, 317–365.
- Pfeiffer, Ludwig, Kurze, Manfred, Mathé, Gerhard (1981): Einführung in die Petrologie. Kinetik der metamorphen Kristallisation, Stuttgart (Ferdinand Enke Verlag), 453.
- Spring, Walter (Walthère) (1880): Recherches sur la propriété que possèdent les corps solides de se souder sous l'action de la pression. – In: Bulletin de l'Académie royale des sciences de Belgique, 49. Jg., 2. Folge, 323–379.
- Stark, Michael (1913): Bericht über die mineralogisch-petrographische Exkursion des Naturwissenschaftlichen Vereines in das nordwestliche Böhmen. B. Wissenschaftliche Ergebnisse. – In: Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines an der Universität Wien. XI. Jg., 25–87, 102–137, bes. 129.
- Tertsch, Hermann (1956): Erinnerungen an Friedrich Becke. – In: Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft, Sonderheft 4, 3–22, bes. S. 16.
- Tomkeieff, Sergei Ivanovich (1983): Volume law. – In: Dictionary of Petrology. John Wiley & Sons, 600.



## **Die Menschheit als geologischer Faktor: Von der Anthropogeologie zur Umweltgeoforschung im Anthropozän**

Hermann Häusler

Department für Umweltgeowissenschaften, Universität Wien, Geozentrum, Althanstraße 14, 1090 Wien;  
hermann.haeusler@univie.ac.at

„Man darf die bisherige Vernachlässigung der „Anthropo-Geologie“ seitens der geologischen Fachwelt daraus erklären, dass die Länge des „anthropozoischen“ Zeitraumes weit unter erdgeschichtlichen Maßen liegt“.

[Geleitwort des Geologen der Universität Rostock, Dr. Kurd von Bülow, zur Arbeit: „Das Wirken des Menschen im geologischen Geschehen. Eine Vorstudie zur Anthropogeologie...“ von Heinrich Häusler (1959)]

Definitionen einer Anthropo-Geologie unterscheiden sich, je nachdem, ob die Menschheit als Konsument der geologischen Umwelt oder als Akteur im geologischen Kreislauf des Systems Erde betrachtet wird. Die Begründung der Anthropogeologie im Jahr 1959 basierte auf der Analyse und Prognose geologischer Prozesse, die durch den geotechnisch planenden Menschen bewirkt werden. Eine Definition der Anthropogeologie unter dem Gesichtspunkt der Beziehungen zwischen Mensch und geologischem Geschehen in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft bezog sich auf das Wirken des Menschen als geologischer Faktor in der Dimension endogener und exogener geologischer Prozesse. Gerade im Zuge des Kraftwerkbbaus war es daher notwendig, konkrete Umwelt-Prozessanalysen und geologisch-ökologische Prognosen über einen Zeitraum von mindestens 100 Jahren, jedoch bis zum Ende einer Funktionsperiode des Bauwerkes abzugeben. Diese anthropogeologische Betrachtungsweise betonte vor allem das Risiko geotechnischer Großprojekte, das vom Projektanten ökonomisch kalkuliert werden musste. Vertreter dieser aus der Baupraxis resultierenden Sichtweise waren die Ingenieurgeologen Heinrich F. Häusler (Österreich), Heinrich Jäckli (Schweiz) und Rudolf Hohl (Deutschland).

In einer anderen Sichtweise der späten 1970er-Jahre wurde Anthropogeologie als eine Wissenschaft betrachtet, welche den Menschen als Konsumenten der geologischen Umwelt durch Nutzung von Rohstoffen beschrieb. Einziger Vertreter dieser Richtung war der deutsche Geologe Werner Kasig. Mitte der 1980er-Jahre erfolgte ein weiterer Paradigmenwechsel, der besonders die im Konflikt zwischen

Rohstoffinteressen und Umweltschutz entstandenen, anthropogen verursachten Umweltschäden betonte. Werner Kasig und sein deutscher Kollege Diethard E. Meyer stellten bei konkreten Projekten, in Erweiterung des Aufgabenbereiches einer Anthropogeologie (als Abhängigkeit des Menschen vom geologischen Geschehen), die Umweltgeologie als integrierende Forschungsdisziplin in den Mittelpunkt von Geowissenschaften, Geographie, Geistes-, Ingenieur-, sowie Rechts- und Politikwissenschaften. In den frühen 1990er-Jahren ersetzte der deutsche Geologe Ulrich Rosenfeld die Anthropogeologie als Forschungsdisziplin durch eine „Aktuogeologie-Neu“, die er als umweltrelevante Disziplin für die Prognose anthropogener Einflüsse auf die Lithosphäre definierte. Zu dieser Zeit wurden die Methoden der Anthropogeologie von Heinrich F. Häusler weiterentwickelt.

Interessanterweise wurden die in der Anthropogeologie entwickelten Systemansätze Mensch-Umwelt im neuen Millennium weniger von Geologen als vom US-amerikanischen Biologen Eugene F. Stoermer und vom niederländischen Nobelpreisträger für Chemie, Paul J. Crutzen, vertreten. Sie betonten in der geologischen Jetztzeit den anthropogenen - eigentlich anthropogeologischen - Impakt (Crutzen und Stoermer, 2000): *„Considering these and many other major and still growing impacts of human activities on earth and atmosphere, and at all, including global, scales, it seems to us more than appropriate to emphasize the central role of mankind in geology and ecology by proposing to use the term „anthropocene“ for the current geological epoch.“*

Definiert man Anthropogeographie als Geographie des Menschen, so kann Anthropogeologie als Geologie des Menschen bezeichnet werden. Eine Wechselbeziehung zwischen Mensch und geologischen Prozessen bedeutet auch, dass wir einerseits natürliche Ressourcen wie etwa mineralische Rohstoffe, Grundwasser und Boden nutzen, und andererseits, - oft unbewusst - unsere Umwelt, also die Geosphäre, Hydrosphäre, Pedosphäre und Biosphäre, intensiv schädigen. Sowohl bei konkreten Projekten auf Landesebene als auch in seinen globalen Auswirkungen agiert der Mensch im heutigen geologischen Kreislauf selbst als ökologischer Faktor in einer geologischen Dimension, was bekanntlich zu Umweltkatastrophen geführt hat, die größenordnungsmäßig wiederum mit geogenen Katastrophen vergleichbar sind.

Während der methodische Ansatz der Anthropogeologie grundsätzlich eher auf eine Vermeidung langfristiger Umweltschäden abzielte, widmet sich die Umweltgeologie methodisch eher der Analyse und Reduzierung organischer und anorganischer Schadstoffe im geologischen Kreislauf. Im Mensch-Umweltsystem könnten jedenfalls künftig die Umweltgeowissenschaften unter Berücksichtigung anthropogeologischer Erfahrungen eine wichtige integrierende Forschungsdisziplin einnehmen.

### **Vorwort**

Viele Wissenschaften erforschen die „Welt“, die „Raum-Zeit-Welt“, den „Globus“, die „Erde“, den „Planeten Erde“, das „Raumschiff Erde“, den „blauen Planeten“, das „System Erde“, die „Erde als System“, „Earth system“, „Earth system sciences“, den „Raum“, den „geographischen Raum“, die „Geosphäre“, die „Anthroposphäre“, die „reale Welt“, das „Geoenvironment“, die „Geoenvironment ecosphere“, unsere „Umwelt“ sowie ihre „virtuelle Dimension“. Im Folgenden wird auf geologisch-dynamische Prozesse in unserer realen Umwelt, in seiner raum-zeitlichen, also vier-dimensionalen Entwicklung, Bezug genommen.

Die Geologie ist mit ihrem Teilgebiet der Angewandten Geologie eine dieser Wissenschaften und die Anthropogeologie kann wiederum als jenes Teilgebiet der Angewandten Geologie bezeichnet werden, das die Beziehungen zwischen Mensch und geologischem Geschehen bzw. die Wechselbeziehungen zwischen Mensch und geologischer Umwelt zum Inhalt hat. Der einzelne im Büro planende oder in der Industrie produzierende Mensch, die exponentiell wachsende und natürliche Ressourcen verbrauchende

Bevölkerung, alle Menschen, sind direkt oder indirekt Akteure, die unsere Umwelt in einem Ausmaß prägen, das jährlich größenordnungsmäßig endogenen und exogenen geologischen Prozessen entspricht.

Seit 100 Jahren wird aus diesem Grund der Mensch als geologischer Faktor bezeichnet. Ziel dieser Arbeit ist die Dokumentation eines Fachgebietes, das in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts in Europa mehrfach vertreten wurde, seither aber in Vergessenheit geraten ist. Zweck dieser Arbeit ist eine Darlegung jener Grundgedanken der Anthropogeologie, die interdisziplinär, also z.B. zwischen Naturwissenschaften, Geisteswissenschaften, Wirtschaftswissenschaften und Ingenieurwissenschaften, aber auch transdisziplinär, z.B. in ihrer Umsetzung durch „stakeholder“, wie Politiker, Versicherungen oder unmittelbar Betroffene, möglicherweise künftig wieder von Bedeutung sein werden. Handlungsbedarf besteht in der Zivilgesellschaft heute vor allem aus vier Beweggründen, erstens bei einer ökonomisch dominierten Rohstoffgewinnung, zweitens bei der Beurteilung des Umweltrisikos von Nuklearanlagen (bisherige Beispiele Tschernobyl, 1986 und Fukushima, 2011), drittens bei der weltweit ungelösten Problematik einer mittel- bis langfristigen Lagerung von radioaktivem Sondermüll sowie viertens bei der Umsetzung künftiger Projekte des Geoengineering.

Die folgenden Ausführungen über eine rund 30 Jahre dauernde Entwicklung der Anthropogeologie in Europa belegen, dass in dieser Zeit wichtige Fakten des anthropogenen Impacts auf unsere Umwelt aufgezeigt wurden, die erst heute wieder in der Diskussion über die Einführung einer anthropozänen Epoche berücksichtigt werden.

### **Einleitung**

Soweit bekannt, wurde der Begriff der Anthropogeologie in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts für eine in geologischer Dimension agierende Menschheit geprägt. In Internet-Enzyklopädien findet man bei der Suche nach dem deutschen bzw. angloamerikanischen Begriff im Wesentlichen nur drei Einträge (URL 1–3).

URL1 definiert „Anthropogeology“ in Bezug auf anthropologische Publikationen über die Hominidenentwicklung, speziell im Paläolithikum, als: „...*the study of anthropology and geology combined. This study attempts to do the obvious, which is to answer some basic and fundamentals questions where these two disciplines overlap. Some common questions are: What specific types of rocks were used for stone tools? What types of stone provided what types of stone tools? What specific locations provided types of rocks required? What is the list of stones used for construction? In what other ways did humans live in relation to their geologic environments? How do some geological and geographical environments influence human actions, tool making, and skills? What are the natural needs of humans and how have they adapted to specific rock formations of geological features on Earth?*“ Die Geschichte dieser Nutzung geologischer Umweltbedingungen durch den Menschen wird dabei auf Plato, als einen der ersten Naturphilosophen, zurückgeführt, der seine Gedanken über die essentielle Verwendung von Trinkwasser, Boden für die Landwirtschaft und bestimmte Mineralien und Metalle zur Herstellung von Waffen für die Jagd und Verteidigung niederschrieb. Dieser in der anthropologischen Literatur verwendete Begriff einer Anthropogeologie (URL1), der die Nutzung von Gesteinsvorkommen und Grundwasservorkommen beschreibt, entspricht im Grunde jenem von Kasig (1979), der darunter die Lehre von der Abhängigkeit des Menschen von den geologischen Gegebenheiten verstand.

Das Geo-Lexikon „Lieserpfad“ definiert ohne jegliche Quellenangabe „Anthropogeologie“ als: „*Wissenschaft, die sich mit der Wechselbeziehung zwischen der menschlich-technischen Tätigkeit und der geologischen Umwelt (Nutzung der geologischen Gegebenheiten) beschäftigt.*“ (URL2). Wie die nachfolgenden Ausführungen über die Vertreter der Anthropogeologie erkennen lassen, handelt es sich dabei um eine Misch-Definition. Der erste Teil der Definition dieses Geo-Lexikons ähnelt mit der Angabe

der Wechselbeziehung der technisch-geologischen Aussage von Häusler (1959), Jäckli (1972) und Hohl (1974), während der Hinweis auf die Nutzung der geologischen Gegebenheiten der Auffassung von Kasig (1979) entspricht.

Seit Jahrzehnten wird schon die im Naturkundlichen Jahrbuch der Stadt Linz publizierte Originalarbeit, mit der die Anthropogeologie 1959 begründet worden ist (Häusler, 1959), zum Download angeboten (URL3). Sowohl in Ostdeutschland (Hohl, 1974) als auch in Westdeutschland (Kasig, 1979) wurde die „Anthropogeologie“ jeweils ein zweites und ein drittes Mal neu begründet. Dass innerhalb von zwei Jahrzehnten von angewandt tätigen Geologen in Österreich, der Schweiz und in Deutschland wiederholt auf die Bedeutung des Menschen als geologischer Faktor hingewiesen wurde (Häusler, 1959; Jäckli 1972; Hohl 1974; Kasig 1979), kann auf die bereits von Ernst Fischer im Jahr 1914 vorgestellte (und erst posthum erschienene) Arbeit über den Menschen als geologischer Faktor zurückgeführt werden (Fischer, 1916).

Seit der vom 16.–24. Mai 1957 in Moskau abgehaltenen Allunions-Konferenz zum Studium der Quartärperiode wurde synonym zum Zeitbegriff der Quartär-Periode der Terminus „Anthropogen“ für jenen jüngsten Abschnitt der Erdgeschichte vorgeschlagen, der entscheidend durch den Einfluss des Menschen geprägt wurde (Häusler, 1959, S. 170). In Legenden von russischen geologischen Karten wird das „Quartär“ ebenfalls noch als die „Vierte Periode“ und wegen der in diese Epoche fallenden Entwicklung des Menschen auch als „Anthropogen“ bezeichnet. Ausgehend vom südlichen Afrika hat der *Homo sapiens* (lateinisch „sapiens“ = einsichtsfähig/weise) in nur 150.000 Jahren alle Kontinente erobert (Ehlers, 2008). Wie der *Homo sapiens* qualitativ und quantitativ innerhalb des vorigen Jahrhunderts in geologischer Dimension wirksam wurde, wird im nachfolgenden Kapitel begründet.

### **1. Der „Homo sapiens“ als geologischer Faktor**

Seit der Etablierung der „environmental geology“ bzw. „environmental geosciences“ stellt sich die Frage nach der Notwendigkeit einer neuerlichen Reflexion über den Begriff des „geologischen Faktors“, genau 100 Jahre nach der Veröffentlichung des deutschen Geologen Ernst Fischer in der Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft mit dem Titel „Der Mensch als geologischer Faktor“ (Fischer, 1916). Er wies darin auf die zentrale Stellung des Menschen in den Natur- und Geisteswissenschaften hin: *„Nehmen wir die Einteilung der Wissenschaften in Geistes- und Naturwissenschaften an, so gilt diese Teilung doch keineswegs in dem Sinn, dass die Geisteswissenschaften es mit dem Menschen, die Naturwissenschaften mit der nichtmenschlichen Natur zu tun hätten, vielmehr ist der Mensch auch Objekt der Naturwissenschaften und besonders insofern, als er ... sodann als Leidender oder als Wirkender mit der Umwelt aufs engste verknüpft ist.“*

Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts beantwortete Ernst Fischer jedenfalls die Frage: *„Welche Rolle spielt der Mensch im Ablauf der geologischen Vorgänge?“* mit Mengenangaben der weltweiten Erz- und Kohlegewinnung, die sich mit Erosions- bzw. Sedimentationsraten von Flüssen vergleichen ließ. Als weiteres Argument für den größenordnungsmäßigen Vergleich menschlichen Wirkens in geologischer Dimension führte er die Weltproduktion der technisch wichtigsten Metalle Eisen, Blei, Zink, Kupfer und Zinn an, die sich im 19. Jahrhundert in Perioden von jeweils 20 Jahren verdoppelt hatte, sowie eine Jahresförderung von Erzen und Nichtmetallen um 1900 in der Größenordnung von 1 Kubikkilometer. Dazu kam der mit wachsender Weltbevölkerung zunehmende Verbrauch von Baumaterialien, wie Bausteinen, Kies, Sand, Ton, Kalk und Gips, Erdbewegungen für Verkehrszwecke, Schleusen- und Tunnelbau, Terrassierungen, Flussumleitungen, Ufer- und Wildbachverbauungen und Dammbauten zur Verringerung der Hochwassergefahr. Zu diesen Eingriffen in die oberflächennahe Erdkruste zählte Fischer (1916) die Beeinflussung des Grundwasserspiegels durch Wasserbau und Trockenlegung von Sümpfen und Mooren;

allein in Deutschland wurden in wenigen Jahrzehnten 16.500 Quadratkilometer Moore in Ackerland umgewandelt.

Am Beispiel der Absenkung des Grundwasserspiegels wies Ernst Fischer bereits auf eine durch den Menschen verursachte Modifizierung des Klimas in Richtung zunehmender Kontinentalität und Zunahme von Extremereignissen hin. Darüber hinaus überlegte er bereits einen möglichen Einfluss der durch Verbrennung von festen Brennstoffen und Petroleum verursachten Kohlensäureanreicherung der Atmosphäre. Neben der weltweiten Urbarmachung von Wäldern durch Abholzung und Brandrodung führte Fischer (1916) außerdem Statistiken über die Entwaldung und zunehmende Verkarstung der Mittelmeerländer an. Die zahlreichen Beispiele monokausaler und multikausaler menschlicher Eingriffe in Lithosphäre, Hydrosphäre und Biosphäre, speziell Phyto- und Zoosphäre durch Besiedelung, Landwirtschaft, Handel und Industrie wurden von ihm nicht in einem statischen Gleichgewicht, sondern in einem sich dynamisch entwickelnden Ungleichgewicht beschrieben und er beendete seine Ausführungen über den Menschen als geologischer Faktor mit den Worten (Fischer, 1916): *„In letzter Linie wird es für die Erkenntnis des Menschen selbst nicht unwichtig sein, wie er sein Verhältnis zur Umwelt betrachtet“*.

Erst Mitte des 20. Jahrhunderts sind neuere Arbeiten über die regionale und globale Dimension des anthropogenen Einflusses veröffentlicht worden, wie etwa von dem Geologen Ernst Dittmer (1955) über den Menschen als geologischer Faktor an der Nordseeküste. In seiner Arbeit über das Wirken des Menschen im geologischen Geschehen (Häusler, 1959) begründete Heinrich Häusler ebenfalls den Leistungsumfang des Menschen im Vergleich mit natürlichen geologischen Vorgängen. Detaillierte Berechnungen betrafen Erosion und Akkumulation, das Absinken des Grundwasserspiegels sowie den Umfang der künstlichen biologischen Veränderungen. Als bestimmenden Faktor für das weitere geologische Geschehen wurde die exponentielle Zunahme der Weltbevölkerung angeführt. Diese würde künftig auch eine außerordentliche Belastung der lebensnotwendigen Rohstoff-, Energie- und Nahrungsquellen zur Folge haben. Nach Überlegungen über die zu erwartenden Änderungen des menschlichen Leistungsumfanges gelangte Heinrich Häusler zu dem Schluss (Häusler, 1959, S. 267): *„Das geologische Geschehen der Gegenwart wird durch die Wechselwirkungen von Mensch und Umwelt bestimmt“*.

Überlegungen und Erkenntnisse aus dem Wasserbau und Kraftwerksbau veröffentlichte auch der Schweizer Geologe Heinrich Jäckli 1962 unter Hinweis auf die „Beziehungen zwischen Mensch und Geologie“ (Jäckli, 1962) und in „Der Mensch als geologischer Faktor“ (Jäckli, 1964). In dieser Arbeit weist Jäckli auch auf die Verantwortung des Menschen hin, wenn er schreibt (Jäckli, 1964, S. 92): *„Unsere Generation hat die Verantwortung gegenüber der uns anvertrauten und uns gewissermaßen ausgelieferten Erde zu tragen, was verlangen würde, dass der Mensch als geologischer Faktor mit Überlegung und mit Maß wirkt und nur solche geologischen Veränderungen einleitet, deren Wirkungen und Folgen er tatsächlich zu überblicken vermag.“*

Um wen handelt es sich jedoch konkret bei diesem „*Homo sapiens*“, dessen globale Aktivitäten mit geologischen Prozessen endogener und exogener Dynamik verglichen wurden? Es handelt sich jedenfalls weder um den kartierenden Geologen („*mente et malleo*“) noch um den Bergarbeiter oder den Arbeiter mit Krampen und Schaufel. Es handelt sich vielmehr um den wirtschaftenden Menschen als Gestalter der Erde (Fels, 1954), also Akteure in Wirtschaft, Handel und Industrie sowie um Entscheidungsträger in kommunalen Gemeinschaften, um Städteplaner, Ökonomen und Regionalpolitiker unter dem Aspekt des weltweit exponentiell steigenden Bevölkerungsdruckes. Bekanntlich stehen dabei Konzepte einer nachhaltigen Entwicklung auf lokaler und regionaler Ebene oft im Wettbewerb mit Wachstum und Marktwirtschaft auf regionaler bis globaler Ebene. In ihrer Arbeit über „*Dissemination of information on the earth sciences to planners and other decision-makers*“ betonten jedenfalls die britischen Autoren

McKirdy et al. (1998): „*Professional planners, the elected councillors who serve on local authority planning and coastal protection committees, developers, the minerals industry, strategists and policy makers in general would all benefit from a deeper and more complete understanding of what lies beneath their feet*“.

Betrachtet man z.B. die Planung und den Bau von Lauf- und Speicherkraftwerken, von Deponien für Hausmüll und Sondermüll und deren Wechselwirkung mit der Umwelt bis Funktionsende des geotechnischen Projektes, dann muss zumindest ein Zeitraum von 100 Jahren Reaktionszeit kalkuliert werden. Die Prognose der Wechselwirkungen zwischen Bauwerk und Untergrund über einen derartigen Zeitraum bedarf einer qualitativ fundierten Beurteilung der bisher wirksamen endogenen und exogenen geologischen Prozesse unter besonderer Berücksichtigung der anthropogenen Eingriffe. Eine derartige komplexe Prozessanalyse als Grundlage ingenieurgeologischer Prognosen sollte nur von fachlich fundiert ausgebildeten und erfahrenen, angewandt-tätigen Geologen durchgeführt und daher auch verantwortet werden. Diese Argumente finden sich vor allem bei jenen Vertretern der Anthropogeologie, die sowohl in der Baupraxis gewirkt als auch auf akademischem Boden gelehrt haben.

Ein sehr einleuchtendes Beispiel für dieses Wirken des Menschen führte der Schweizer Ingenieurgeologe Heinrich Jäckli aus dem Berner Oberland im Jahr 1713 an: „*Und dann beschloß der Große Rat von Bern, als geologischer Faktor zu wirken, den Strättligen-Hügel zu durchstechen und die Hochwasser der Kander auf direktestem Wege in den Thunersee einzuleiten*“ (Jäckli, 1964). Die katastrophalen Auswirkungen dieses Projektes sind dieser Publikation zu entnehmen (l.c.): „*Als sich aber dann im Sommer 1714 das erste Hochwasser der Kander einstellte, begann der Fluß in dieser kurzen, zu steilen Strecke in Schottern und Moränenlehm intensiv zu erodieren; die rückschreitende Erosion führte zur Absenkung des Flussbettes flussaufwärts, schließlich zur vollständigen Trockenlegung des früheren Kanderbettes im Glütschtal, zum Einsturz des Tunnels und zu einer grundlegenden Veränderung jenes Landschaftsbildes: alles Ereignisse, die man im Programm keineswegs vorgesehen hatte. Bis 1890 hatte die Bettvertiefung bis zur Vereinigung von Simme und Kandar, also rund 3 km oberhalb der Mündung in den See, volle 21 m erreicht!*“

Auch der deutsche Ingenieurgeologe Rudolf Hohl erkannte im Wandel der geologischen Aufgaben des 20. Jahrhunderts die Bedeutung von „Mensch und geologischer Umwelt“ bzw. „Mensch und geowissenschaftlicher Umwelt“ und bezeichnete den Menschen ebenfalls als „geologischen Faktor“ (Hohl, 1974). Anlässlich des 20. Jahrestages der Gesellschaft für Geologische Wissenschaften der ehemaligen Deutschen Demokratischen Republik, der 1973 in Leipzig mit dem Thema: „*Evolution von Erde und Mensch in ihren Wechselbeziehungen - Mensch und geologische Umwelt*“ abgehalten wurde, betonte auch der deutsche Geograph Ernst Neef (Neef, 1974): „*Die Eingriffe des Menschen in den Naturhaushalt erreichen im Zuge der gegenwärtigen und zu erwartenden technischen Entwicklung einen Umfang, der sie zu einem geologisch relevanten Faktor macht*“.

Wie diese Beispiele zeigen, wurde der Mensch in diesem Zusammenhang nicht als Geofaktor, sondern explizit als geologischer Faktor bezeichnet. Als Geofaktoren bezeichnete nämlich Meynen (1985): „*Die Erscheinungen der einzelnen geosphärischen Seinsbereiche, die Elemente der physikalischen (abiotischen), biotischen und geistbestimmenden (menschlichen) Bereiche, die in kausaler und funktionaler Verflochtenheit und stufenweise integriert die geosphärischen Wirkungssysteme bilden*“. Als geologische Faktoren werden demgegenüber die üblicherweise in Lehrbüchern der „Allgemeinen Geologie“ behandelten Prozesse der exogenen und der endogenen Dynamik bezeichnet (Brinkmann, 1964; Zeil, 1975). Bei den exogenen geologischen Prozessen handelt es sich im Wesentlichen um Verwitterung, Erosion, Transport und Ablagerung in unterschiedlichen aquatischen, terrestrischen und klimatischen Bereichen. Unter endogenen geologischen Prozessen versteht man tektonische Prozesse wie z.B. Erdbeben, Epirogenese und Orogenese aber auch Magmatismus (Vulkanismus und Plutonismus), Metamorphose und Anatexis. Die Quantifizierung anthropogener Umweltveränderungen wurde somit seit der ersten Hälfte des

20. Jahrhunderts in der Größenordnung exogener und endogener Prozesse beschrieben (Fischer, 1916; Häusler, 1959).

Die historischen Raten anthropogener Erosion liegen nach neueren Berechnungen sogar um eine Zehnerpotenz höher als die mittlere erdgeschichtliche Denudationsrate oder die Volumina großer vulkanischer Eruptionen (Wilkinson, 2005; siehe Abb. 1). Bereits vor etwa 1000 Jahren erreichte der durch den Menschen verursachte Bodenabtrag die Größenordnung natürlicher Erosion von weltweit etwa 5 Milliarden Tonnen pro Jahr. Die Mengen der durch große vulkanische Eruptionen verursachten Ablagerungen liegen deutlich unter der mittleren Langzeit-Denudationsrate von 24 m pro 1 Million Jahre. Für heutige weltweit landwirtschaftlich genutzte Flächen wurden Erosionsraten von umgerechnet 643 m pro 1 Million Jahre berechnet, was einer 28-fachen Steigerung gegenüber der natürlichen Langzeit-Denudationsrate von 24 m pro 1 Million Jahre entspricht (Wilkinson, 2005, S. 163). Heute entspricht die jährliche, durch den Menschen verursachte „Erbewegung“ durch Bautätigkeit sowie Bodenverlust durch Landwirtschaft der globalen Verfrachtung von Flusssedimenten in ozeanische Küstengebiete, nämlich  $15 \pm 0.5$  Gt (1 GT =  $1 \times 10^9$  t; Syvitski et al., 2005; Syvitski und Kettner, 2011, S. 960), also rund 15 Milliarden Tonnen Sediment pro Jahr.

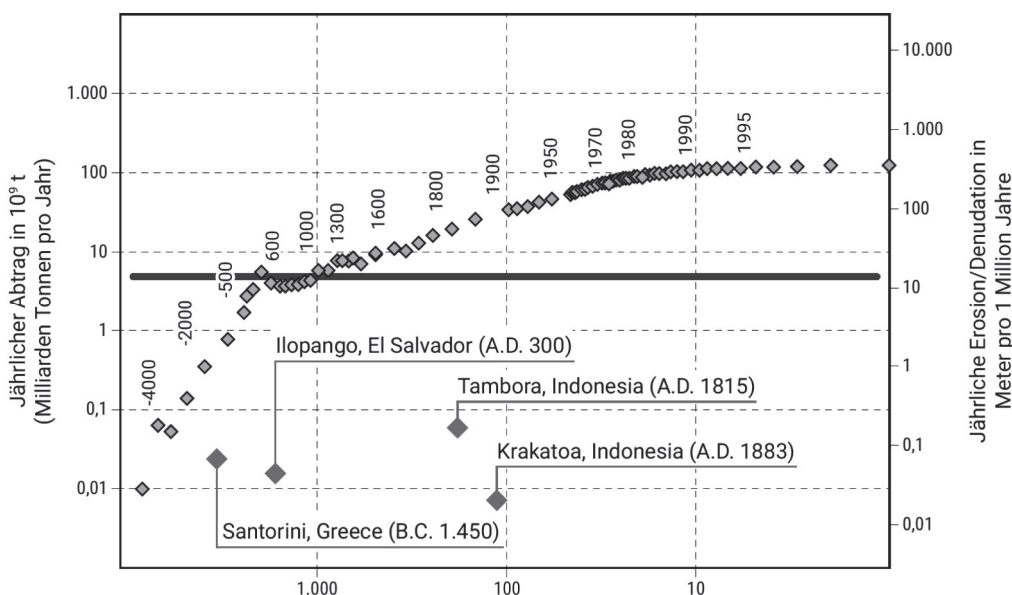


Abb. 1: Anthropogene Abtragungsraten erreichten um 1000 n. Chr. die mittlere natürliche Denudationsrate von ca.  $5 \cdot 10^9$  t/Jahr und sind seither auf das 28-fache gestiegen (verändert nach Wilkinson, 2005; vgl. Leinfelder und Schwägerl, 2012).

Die Menschheit wirkt ferner auch beim Rohstoffverbrauch als geologischer Faktor, denn der weltweite Verbrauch an mineralischen Rohstoffen beläuft sich auf 17 Milliarden metrische Tonnen im Jahr (ohne Baurohstoffe; Reichl et al., 2014) und die weltweite Plastikproduktion auf ca. 240 Millionen Tonnen pro Jahr. Dazu kommen Rohstoffe für die Betonherstellung, die weltweit ca. 13 Milliarden Tonnen betragen, eine weltweite Plastikproduktion von jährlich ca. 240 Millionen Tonnen sowie ein jährlicher Ausstoß an Kohlendioxid von 35 Milliarden Tonnen (URL4).

Lokale Absenkungen durch Entnahme von Grundwasser, Erdöl und Erdgas oder die unterirdische Auslaugung zur Salzgewinnung lagen nach Berechnungen in den 1970er-Jahren in der Größenordnung natürlicher vertikaler Krustenbewegungen, die im Mittel 1-3 mm/Jahr betragen (Olszak, 1974). Als Beispiel für anthropogen ausgelöste Erdbeben („man-made earthquakes“) seien die erhöhte Seismizität beim Aufstau von Speicherbecken (Beispiel Vajont 1960–1963) oder die zeitliche Korrelation zwischen der

Einleitung kontaminierter Abwässer in eine 3.7 km tiefe Bohrung bei Denver/Colorado und die Zahl der Erdbeben im Zeitraum 1962–1968 angeführt (Müller, 1970). Das Auftreten von Schadbeben in Denver, in denen vorher keine seismische Aktivität beobachtet worden war, konnte eindeutig auf das Einpressen von Flüssigkeiten in das Grundgebirge (ab einem Druck von 10 bar) zurückgeführt werden.

Während noch immer zahlreiche Geologen dem Vergleich menschlichen Wirkens in der Größenordnung geologischer Prozesse skeptisch gegenüberstehen, benannte der Chemiker und Nobelpreisträger Paul J. Crutzen seinen Kurzbeitrag in der Zeitschrift *Nature*: „Geology of mankind“ (Crutzen, 2002). Diese Publikation betonte die globale Dimension menschlicher Eingriffe in unsere Umwelt. Exemplarisch wird dies in Abb. 2 durch die Gegenüberstellung von Bevölkerungswachstum, Rohstoffverbrauch und ausgewählten Beispielen des Finanzwesens und Konsums veranschaulicht.

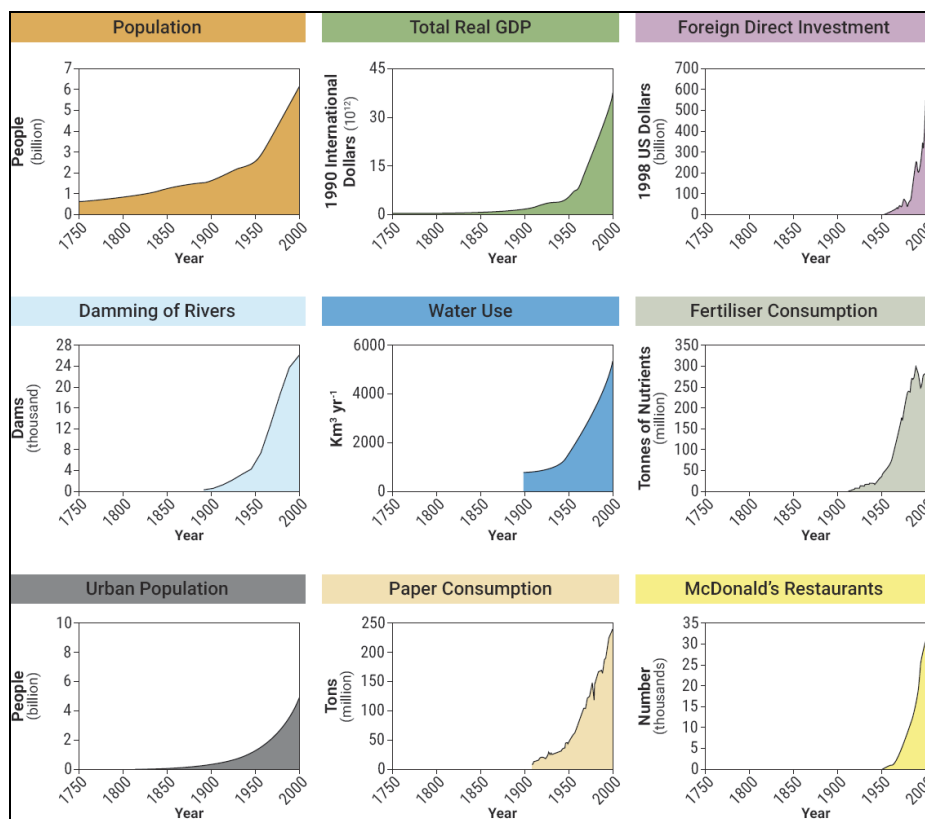


Abb. 2: Zunahme menschlicher Aktivitäten seit der industriellen Revolution mit signifikantem Anstieg seit den 1950er-Jahren (Steffen et al., 2004, Fig. 8).

Wenn auch die Datengrundlage der in Abb. 2 bis ins Jahr 2000 extrapolierten Zunahme von Konsumgütern unterschiedlich ist, kommt sehr klar der sprunghafte Anstieg seit 1950 in Abhängigkeit von der exponentiell zunehmenden Weltbevölkerung zum Ausdruck. Allein der Aufstau von Flüssen durch die Errichtung von über 20.000 größeren Dämmen pro Jahr oder der weltweite Bedarf von über 5.000 Kubikkilometern Wasser pro Jahr lassen den ungeheuren Eingriff in die Hydrosphäre erkennen.

Zusammenfassend bedeutet, in Beantwortung der eingangs gestellten Frage, das Wirken des Menschen als geologischer Faktor seinen Eingriff in den globalen geologischen Kreislauf, einerseits in der Größenordnung kontinuierlich stattfindender endogener und exogener geologischer Prozesse sowie katastrophaler Einzelereignisse, wie sich etwa beim Abwurf von Atombomben gezeigt hat. Der *Homo sapiens*, der Mensch, die Menschen, die Menschheit, die Erdbevölkerung ist im Sinne von Fischer (1916) zum geologischen Faktor geworden, was durchaus auch bereits zu Katastrophen geologischen Ausmaßes geführt hat. Dass in der lateinischen Bezeichnung für den Menschen Einsichtsfähigkeit und Weisheit betont werden, sollte Ansporn



genug sein, das Ausmaß solcher Katastrophen künftig zu reduzieren. Soviel zur Historie des Begriffes „Der Mensch als geologischer Faktor“ im 20. und beginnenden 21. Jahrhundert, wie er zuletzt wieder vom deutschen Geologen Diethard E. Meyer in seiner Arbeit: „Geofaktor Mensch. Eingriffe und Folgen durch Geopotentialnutzung“ (Meyer, 2002), aber auch von Leinfelder (2011) verwendet wurde.

In den Folgekapiteln werden nun die Auffassungen der drei in der Baupraxis tätigen Geologen erläutert, von denen jeder eine Arbeit über die Anthropogeologie veröffentlicht hat. In einem einleitenden Satz wird zuerst das anthropogeologische Leitbild des jeweiligen Autors vorgestellt. Kurze Angaben über akademische Ausbildung und Berufsbild leiten zu den wichtigsten Publikationen und den anthropogeologischen Kernaussagen des jeweiligen Autors über.

## 2. Heinrich F. Häusler, Begründer der Anthropogeologie (Linz, 1959)

Basierend auf der Analyse natürlicher und anthropogen verursachter Prozesse ergibt sich die Notwendigkeit einer verantwortungsvollen Prognose des planenden Menschen im geologischen System.



Heinrich F. Häusler (12. April 1919 – 11. Juni 2007) studierte an der Universität Wien und schloss 1940 sein Studium bei Leopold Kober mit der Arbeit: „Zur Tektonik des Grimmings“ (Häusler, 1940) im Hauptfach Geologie, mit den Nebenfächern Petrographie, Paläontologie und Anthropologie, mit dem Grad eines Dr. phil. ab. Im selben Jahr bereits zum Wehrdienst einberufen, verbrachte er die Kriegsjahre als Wehrgeologe (Häusler jun., 1995). 1947 aus amerikanischer Kriegsgefangenschaft entlassen, gründete er 1948 in Linz ein „Technisches Büro für Angewandte Geologie - Theoretische Geologie und Anthropogeologie“. Er war ab 1952 Mitarbeiter bei dem

berühmten Ingenieurgeologen Professor Dr. Josef Stini (Stiny), Leiter der Lehrkanzel für Technische Geologie an der Technischen Hochschule in Wien. Nach geologischen Untersuchungen für Kraftwerksplanungen der Tauernkraftwerke wurde er Sachverständiger der Obersten Wasserrechtsbehörde für zahlreiche Wasserkraftwerke und Talsperren in Österreich. Von 1957 bis 1964 war Heinrich Häusler neben seiner Bürotätigkeit als Assistent am Geologischen Institut der Technischen Hochschule in Wien angestellt. Die obige Aufnahme stammt von einer Studentenexkursion für Bauingenieure nach Grinzing (um 1960). In diese Zeit fiel auch die Veröffentlichung seiner „Vorstudie der Anthropogeologie“ (Häusler, 1959; URL3; Abb. 3; Bülow, 1960), die aus Prognosen ökologischer Veränderungen durch den Kraftwerksbau im Großraum von Linz resultierte.

In seinem Geleitwort zur Vorstudie über die Anthropogeologie führte Kurd von Bülow (1959) an: „*Man darf die bisherige Vernachlässigung der „Anthropo-Geologie“ seitens der geologischen Fachwelt daraus erklären, daß die Länge des „anthropozänen“ Zeitraumes weit unter erdgeschichtlichen Maßen liegt.*“ Diese Aussage aus dem Jahr 1959 hat bis heute ihre Gültigkeit nicht verloren.

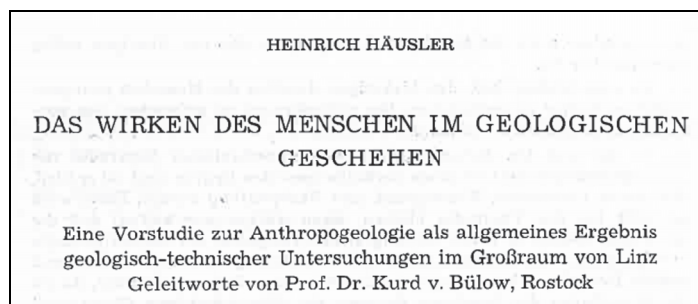


Abb. 3: Mit der im Jahr 1959 erschienen Arbeit über „Das Wirken des Menschen im geologischen Geschehen“ begründete Heinrich Häusler die Anthropogeologie im deutschsprachigen Raum.

Ein besonderes Anliegen waren Heinrich Häusler die Verantwortung in der Baugeologie (Häusler, 1962a, b) bzw. die Erarbeitung von Vorschlägen zur Verbesserung der geologischen Beurteilung bautechnischer Projekte (Häusler, 1963a, b). In den im Jahrbuch des Oberösterreichischen Musealvereines regelmäßig erschienenen Tätigkeitsberichten finden sich ab dem Jahr 1965 jährlich zwei Berichte, einer über die Tätigkeiten im Rahmen des Technischen Büros für Angewandte Geologie und einer über die Tätigkeiten im Rahmen des Privatinstitutes für Theoretische Geologie. Ab 1968 Mitglied des Landesbeirates für Natur- und Umweltschutz in Oberösterreich und ab 1976 gerichtlich beeideter Sachverständiger für Geologie und Mineralogie schlug Heinrich Häusler 1983 vor, eine Arbeitsgemeinschaft für Anthropogeologie der Ludwig Boltzmann-Gesellschaft zu gründen.

Anstelle einer präzisen Definition findet sich in Häuslers Studie (1959, S. 281) noch eine Auflistung folgender Aufgaben der Anthropogeologie:

- Studium des gegenwärtigen geologischen Geschehens, um die Wirkungsweise der natürlichen und anthropogen bedingten Prozesse kennenzulernen. Hierzu waren spezielle Kartierungen und Messungen der geologischen Dynamik nötig sowie die Einrichtung geologischer Dauerbeobachtungen und der Ausbau eines geologischen Beobachtungsnetzes.
- Nachweis der Veränderungstendenzen der gegenwärtigen geologischen Dynamik sowie deren natürlichen und anthropogen bedingten Komponenten und Wechselwirkungen.
- Studium der Funktionsgefüge und der Reaktionsabläufe natürlicher und anthropogen verursachter Vorgänge im Gegenwartsgeschehen, wie zum Beispiel Wechselwirkungen, Kettenreaktionen und Initialvorgänge.
- Regionale Zustandsbeschreibung und Kartierung des gegenwärtigen geologischen Geschehens bestimmter geographischer Räume.
- Regionale Kartierung der Veränderungstendenzen der geologischen Dynamik.
- Bearbeitung der Archivalien, der historischen Dokumente (Aufzeichnungen, Bilder, Karten) in Ergänzung zu den Beobachtungen der Umweltmerkmale und zum Nachweis der Beziehungen des gegenwärtigen geologischen Geschehens zu den Ereignissen vergangener Zeitabschnitte.
- Beobachtung des Menschen, vor allem seiner Energiequellen und Feststellungen über deren Lenkungsmöglichkeiten.
- Ermittlungen und örtliche Nachweise der Gefahren und ihrer Ursachen, welche sich auf das Umweltgeschehen beziehen und aus dem Einflussbereich des Menschen selbst ergeben.
- Studium von theoretischen Varianten natürlicher und künstlicher Vorgänge aufgrund der nachweisbaren Funktionszusammenhänge geologisch wirksamer Faktoren. Durch dieses Variantenstudium ließe sich der Einblick in das geologische Geschehen vertiefen und ein Vorrat von Erkenntnissen schaffen, die wiederum der geologischen Prognose dienen.
- In der Bearbeitung dieser Gesichtspunkte waren alle jene Beobachtungen festzustellen, die für die Bilanzen des geologischen Geschehens notwendig waren. Aus diesen Bilanzen erhält man einerseits die Grundlagen für die aktualgeologischen Probleme, andererseits die Grundlagen für die geologischen Prognosen.
- Ausbau der Methoden der Anthropogeologie. Diese ließen sich auf den bisherigen Arbeitsmethoden der Geologie unter besonders sorgfältiger Heranziehung von Hilfsmitteln der in Betracht kommenden Grenzgebiete bei der Behandlung der jeweiligen Probleme aufbauen. Sie wurden besonders durch die systematische Beobachtung und Beschreibung des vom Menschen erlebten geologischen Geschehens und durch die Experimentalgeologie ergänzt.

In seinen Überlegungen über die Beziehung der Anthropogeologie zu angrenzenden Fachgebieten begründete Häusler (1959), dass die Geologie zur Untersuchung der Erdgeschichte auf den Ergebnissen der

reinen und angewandten Naturwissenschaften aufbaue, die Anthropogeologie darüber hinaus noch auf dem Beitrag geisteswissenschaftlicher Fächer. Die Abgrenzung der Anthropogeologie gegenüber anderen Arbeitsgebieten bestünde darin, dass sie die Wirkung des Menschen ausschließlich in geologischer Hinsicht und vor allem solche Auswirkungen seines Handelns betrachte, die sich in Form von geologischen Dokumenten äußerten.

Der Begriff des „geologischen Objektes“ nahm bei der Einbeziehung des Menschen als geologischer Faktor eine zentrale Stellung ein. Heinrich Häusler hat bei der Charakterisierung geologischer und geographischer Arbeitsbereiche betont, daß Geographie und Geologie das gleiche „Objekt“ untersuchten, jedoch in verschiedener Art und Weise, worin auch der Unterschied ihrer Arbeitsrichtungen begründet sei. Eine Abgrenzung der beiden Fachgebiete sei nicht an den Zeitabschnitt der jüngsten Erdgeschichte gebunden, obwohl sich die Geographie vornehmlich mit dem Gegenwartsgeschehen und dem Gegenwartszustand der Erde beschäftige. Paläogeographische Untersuchungen für erdgeschichtliche Epochen werden jedoch hauptsächlich in der Geologie durchgeführt. Heinrich Häusler führte (1959, S. 294) an: *„Der methodische Unterschied der beiden Arbeitsgebiete besteht darin, dass die Geographie vornehmlich den jüngsten Zeitabschnitt der Erdgeschichte erforscht und die Geologie diesen Abschnitt erforscht, um ihn mit der gesamten Erdgeschichte in Beziehung zu bringen. Das Objekt der Geographie kann somit auch Objekt der Geologie sein und umgekehrt, lediglich die Grundfunktionen in Bezug auf die Beschreibung der vierdimensionalen Weltstruktur, die Raum-Zeit-Welt, sind verschieden...“*. Bei den Auwalduntersuchungen im Linzer Raum haben sich beispielsweise die pflanzensoziologischen und bodenkundlichen Merkmale als Indikatoren bestimmter Umweltveränderungen erwiesen, womit die wirksamen geologischen Tendenzen der betreffenden Landschaft erfasst werden konnten (Häusler, 1959).

Die Beurteilung der gegenwärtigen und der zu erwartenden geologischen Situation setzte somit eine sorgfältige geologische Prognose voraus, die selbst wiederum auf einer Bilanz des natürlichen und anthropogen bedingten Geschehens beruhte. Durch die Verknüpfung der natürlichen und anthropogen bedingten Ereignisse in einem geologischen Reaktionsgefüge wurde dessen Untersuchung zur wesentlichen Aufgabe der Anthropogeologie. Die Anthropogeologie bewirkte dabei eine Zusammenschau der Ergebnisse und Erkenntnisse vieler Fachbereiche, um konkret die geologischen Probleme eines geotechnischen Projektes - etwa bei der Planung einer Kette von Flusskraftwerken - zu lösen. Durch die Anthropogeologie sollte es auch möglich werden, Ergebnisse der Ökologie in einen geologischen Entwicklungszusammenhang zu stellen, um sie in der Gegenwart zu verstehen und die zukünftige Entwicklung zu deuten, das hieß, die geologische Prognose zu begründen. Bereits Bülow (1955) wies ja darauf hin, dass für derartige geologische Prognosen die Kenntnis des anthropogenen Einflusses auf die Umwelt von entscheidender Bedeutung war und im Vergleich mit natürlichen Prozessen das geologische Aktualitätsprinzip außer Kraft setzte und somit an-aktualistisch war (Jäckli, 1980).

Während die Grundgedanken der Anthropogeologie in den 1960er- und 1970er-Jahren noch sehr allgemein formuliert waren, kam das von Heinrich Häusler weiter entwickelte Konzept in den 1980er-Jahren klarer zum Ausdruck, wie nach Vorstellung der weiteren Vertreter der Anthropogeologie näher erläutert wird.

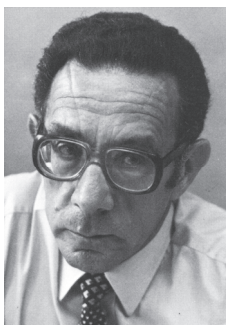
### **3. Weitere Vertreter der Anthropogeologie**

Nach Begründung der Anthropogeologie im Jahr 1959 publizierte der Schweizer Ingenieurgeologe und Universitätsprofessor Heinrich Jäckli 1972 eine Arbeit über „Elemente einer Anthropogeologie“ (Jäckli, 1972). Kurz danach stellte der ostdeutsche Universitätsgeologe Rudolf Hohl Grundsätze einer räumlich bezogenen Anthropogeologie als Grenzgebiet zwischen Geologie, Geographie, Technik und Ökonomie vor

(Hohl, 1974). In ganz anderem Sinn verwendete letztlich der westdeutsche Universitätsgeologe Werner Kasig diesen Begriff (Kasig, 1979).

### 3.1 Heinrich Jäckli (Zürich, 1972)

Heinrich Jäckli verstand unter Anthropogeologie die Beziehungen zwischen Mensch und geologischem Geschehen in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.



Heinrich Jäckli (22. Dezember 1915 – 03. März 1994) studierte an der ETH Zürich, absolvierte 1938 sein Diplom in Naturwissenschaften (Geologie) und promovierte 1940 mit der Arbeit: „Geologische Untersuchungen im nördlichen Westschams (Graubünden)“ (Jäckli, 1941; URL5; Portrait links aus Jäckli, 1985). Die anschließenden Jahre verbrachte der „Kanonier Heinrich Jäckli“ im damals neu geschaffenen Geologischen Dienst der Armee (Hauber, 1995), der von Jäckli's Doktorvater Rudolf Staub geleitet wurde. Nach Trümpy (1994) hätte Jäckli ohne die Erfahrungen und Kontakte im militärgeologischen Dienst es „kaum wagen dürfen, gleich nach dem Krieg seine Beraterfirma zu gründen“. Am 1. Juli 1945 begründete Jäckli im Alter von 30 Jahren ein „Bureau für geologische Expertisen“ (URL6), das sehr erfolgreich und weit über die Schweizer Grenzen hinaus bekannt wurde (Michel, 1992, 1994). Es führt heute die Bezeichnung „Dr. Heinrich Jäckli AG“ für Geologie und Geotechnik und ist auf 70 Mitarbeiter angewachsen. Neben der Leitung des Ingenieurbüros in den 1960er-Jahren wirkte Heinrich Jäckli bereits von 1955 bis 1980 als Privatdozent an der ETH Zürich und wurde 1969 zum Titularprofessor ernannt.

Im Jahr 1957 publizierte Heinrich Jäckli seine Habilitationsschrift mit dem Titel: „Gegenwartsgeologie des bündnerischen Rheingebietes - ein Beitrag zur exogenen Dynamik alpiner Gebirgslandschaften“ (Jäckli, 1957). Viele Beiträge erschienen zu angewandten geologischen Problemen, so z.B. 1961 über Beziehungen der Quartärgeologie zum Bauwesen, 1967 über Beziehungen zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser bei Flusskraftwerken (Jäckli, 1967) oder 1977 über die Einlagerung radioaktiver Abfälle in geologischen Formationen. Eine Publikationsliste findet sich im Internet (URL7). Hinweise auf seine anthropogeologischen Überlegungen vermisst man jedoch in Ehrungen und Nachrufen (Michel, 1992; Girsberger und Trümpy, 1994; Haldimann, 1994; Hauber, 1995).

1972 verfasste Jäckli in der renommierten Zeitschrift *Eclogae Geologicae Helvetiae*, bezugnehmend auf die von Häusler (1959) veröffentlichte Vorstudie zur Anthropogeologie, eine Arbeit, die er als „Elemente einer Anthropogeologie“ bezeichnete (Abb. 4). Heinrich Jäckli verstand in dieser Arbeit unter Anthropogeologie (Jäckli, 1972, S. 2), ganz im Sinne von Häusler (1959): .... „die Beziehungen zwischen Mensch und geologischem Geschehen, und zwar sowohl solchem der Vergangenheit als auch der Gegenwart und der Zukunft“.

Heinrich Jäckli präziserte und quantifizierte die Beziehungen zwischen „Mensch“ und „geologischem Geschehen“ (Jäckli, 1972) anhand nachfolgender Beispiele:

- Nachhaltige Nutzung des Grundwassers und mineralischer Rohstoffe.
- Beurteilung günstiger und ungünstiger Baugrundverhältnisse (hinsichtlich Rutschungen sowie fluvialer Erosion und Sedimentation).
- Beurteilung von Risiken in Vulkangebieten und Erdbebengebieten.
- Auswirkungen von Flussumleitungen und Wildbachverbauung bei Berücksichtigung von Dammerhöhungen, Tiefenerosion, Aufschotterung und Kolmatierung der Talsohle.

- Küstenbauten an Flachküsten (Deichbau) und Trockenlegung von Abschnitten des Wattenmeeres. Berücksichtigung der jahrtausendealten Transgressionstendenz der Nordsee.
- Anthropogen verursachte „Naturkatastrophen“ aufgrund einer unzureichenden Beurteilung geologisch-dynamischer Prozesse, etwa bei der Beurteilung der Auswirkung eines Dammbrechens von Hochwasserdämmen.
- Aushub von Baugruben (Strassen, Bahn-, Bergbau, Steinbrucharanlagen) und Deponierung von inertem Material bzw. Schadstoffen.
- Auswirkung künstlicher Stauseen (Sedimentation statt Erosion in ehemaligen Talbereichen).
- Künstliche, aber nicht geplante Bergstürze und Rutschungen (Beispiel durch Aufstau des Vajont-Stausees ausgelöster Bergsturz mit nachfolgender Flutwelle und 2000 Toten).
- Schäden durch verstärkte Erosion nach Kahlschlägen oder durch nicht geplante Erosion oder Akkumulation bei Kies-Baggerungen in Flussbereichen.
- Faziesveränderung der Sedimentation durch Einleitungen von Abwässern in Seen oder Überdüngung küstennaher Meeresbereiche. Ebenso durch Einleitung industrieller Abwässer, Abfälle aller Art, Kohlenwasserstoffe und Pestizide durch Pipelines oder Transportschiffe ins Meer.
- Veränderung des Chemismus des Grundwassers, z.B. durch Erhöhung des Sulfatgehaltes durch Pyrit-hältigen Abraum aus dem Steinkohlenbergbau; Schadstoffaustrag von Deponien; Verpressung von Industrieabwässern in Karstgebieten.
- Erhöhung der Seismizität durch Aufstau (z.B. 200 Flutopfer des 110 m hoch gestauten Konya-Stausees südlich Bombay/Mumbai nach Erdbeben mit Magnitude  $M = 6,4$ ) bzw. durch Abwasserpressungen in den Untergrund.
- Terrainsetzungen und Trockenlegung von Brunnen nach künstlicher Absenkung des Grundwasserspiegels, speziell in Bergbaugebieten. Unerwünschte Setzungserscheinungen in unkonsolidierten Reservoirgesteinen (Grundwasser- und Kohlenwasserstoff-Nutzung).

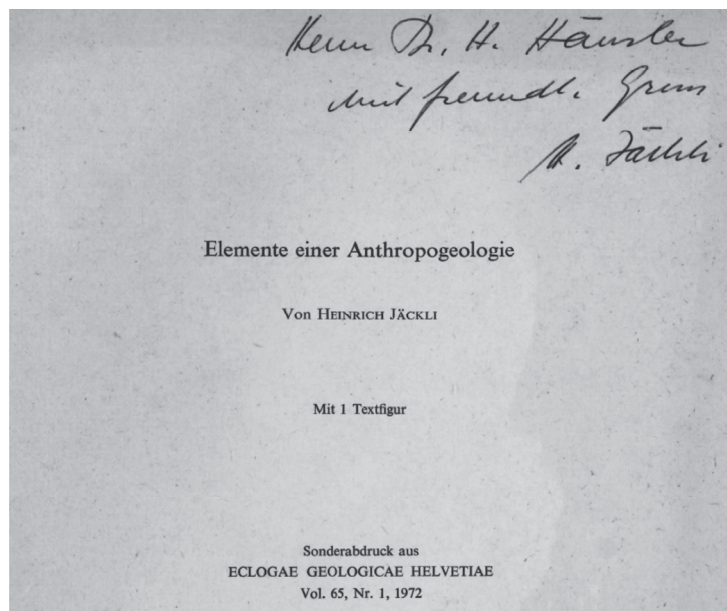


Abb. 4: Heinrich Jäckli übersandte 1972 seine Arbeit „Elemente einer Anthropogeologie“ an Heinrich Häusler, den Begründer der Anthropogeologie.

Zur Frage, wieweit Eingriffe des Menschen tolerierbar seien und wann sie unkontrollierbar würden, führte Jäckli (1972, S. 16) an: „Je größer die Erfahrung der Ingenieure und der beratenden Geologen, um so weniger Platz bleibt eigentlich für die unerwarteten, unkontrollierten Wirkungen. Um so eher stellt sich

*dann die Frage nach dem Kunstfehler, wenn trotzdem eine solche unerwartete Wirkung eintritt, die Frage, ob vom Ingenieur oder vom Geologen gewisse Regeln der Baukunst oder der Geologie verletzt worden sind.“* Und weiter brachte Jäckli (1972, S. 17) die Problematik des kalkulierten Risikos bzw. der „höheren Gewalt“ auf den Punkt, wenn er fortfährt (l.c.): *„Jeder Ingenieur-Geologe, der ja mit diesen Fragen ständig konfrontiert wird, steht unter dem Druck der Verantwortung, die ihm sein Beruf auflädt, aber ebenso auch unter dem Druck seines Auftraggebers, der die Kosten für die Untersuchung oder für die Sicherung auf ein Minimum beschränkt sehen möchte, aber vom Geologen doch ausdrücklich oder stillschweigend verlangt, die Verantwortung zu übernehmen.“*

Vom Titel her eher unscheinbar, geht Jäckli (1980) in seinem Buch über „Das Tal des Hinterrheins“ nicht nur auf die geologische Vergangenheit und geologische Gegenwart des Rheintals ein, sondern riskiert auch unter Berücksichtigung des anthropogenen (an-aktualistischen) Störfaktors einen Blick in die nahe und fernere Zukunft der Region.

In seinem didaktisch hervorragend gestalteten Büchlein über „Zeitmaßstäbe der Erdgeschichte“ wies Heinrich Jäckli wiederholt auf die Bedeutung der Aktuogeologie hin (Jäckli, 1985) und schloss damit an seine frühen Überlegungen über zeitabhängige „geogene“ geologische Prozesse (Jäckli, 1956) an. Im Schlusskapitel über die Anthropogeologie im geologischen Geschehen in unserer Zeit betonte auch Heinrich Jäckli, dass für die Wirkung des Menschen im geologischen Geschehen das geologische Gesetz des Aktualismus nicht mehr angewendet werden dürfe (Jäckli, 1985, S. 108). Und dies vor allem bei der zukünftigen Wirkung des Menschen als geologischer Faktor auf exogene Vorgänge, die Formung der Geomorphologie und der oberflächennahen Partien der Erdkruste, ferner die Beeinflussung der Atmosphäre und der Hydrosphäre. Diese Grundgedanken verfolgte Jäckli auch in seinem Buch: „Geologie von Zürich - von der Entwicklung der Landschaft bis zum Eingriff des Menschen“ (Jäckli, 1989).

Zusammenfassend sei angemerkt, dass der in der Baupraxis tätige Universitätsprofessor Heinrich Jäckli den Begriff der Anthropogeologie auch in der zukunftsorientierten Wirkung des Menschen im geologischen System und der daraus resultierenden Verantwortung, ganz im Sinne von Heinrich Häusler, anwendete.

### **3.2 Rudolf Hohl (Halle/Saale, 1974)**

Rudolf Hohl verstand unter Anthropogeologie die Erforschung der Wechselbeziehungen zwischen Mensch und geologischer Umwelt innerhalb eines konkret abgegrenzten Planungsraumes; ferner die Analyse, methodische Untersuchung, Prognose und Steuerung der Eingriffe des Menschen als eines aktiven geologischen Faktors.



Rudolf Hohl (\* 17. August 1906 in Leipzig; † 26. Juni 1992 in Halle/Saale) studierte an der Universität Leipzig Naturwissenschaften, speziell Geologie, Mineralogie/Petrographie, Geographie und Chemie. Er wurde 1932 von der Philosophischen Fakultät der Universität Leipzig mit seiner Arbeit über das Thema: „Das Klippengebiet von Reuth-Gefell im nordwestlichen Vogtland“ zum Dr. phil. promoviert (URL8; Portrait links aus Dette, 1971). Im Krieg als Wehrgeologe verpflichtet (Häusler jun., 1995), trat er 1949 als Bezirksgeologe in die damalige Geologische Landesanstalt ein (Dette, 1971). Von 1951 bis 1959 erhielt Hohl einen Lehrauftrag für Angewandte Geologie an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und von 1959 bis 1962

für Hydrogeologie an der Bergakademie Freiberg. Von 1958 bis 1960 leitete Hohl als Chefgeologe den Geologischen Dienst in Freiberg. Ab 1960 folgte er einem Ruf an den Lehrstuhl für Geologie der Universität Halle und ab 1967 unterrichtete Hohl zusätzlich angewandte ökonomische Geologie in der Sektion Wirtschaftswissenschaften, wobei in seinen Lehrplan-Vorschlägen die enge Verbindung zwischen

Wissenschaft und Praxis zum Ausdruck kommt (Tab. 1). 1969 wurde Hohl zum ordentlichen Professor für Geologie berufen und leitete den Fachbereich Geologie in der Sektion Geographie (Dette, 1971).

Nach URL8 ist die Herausgabe des handlichen und umfassenden, zweibändigen Werkes über die Entwicklungsgeschichte der Erde Rudolf Hohl zuzuschreiben (Hohl, 1971a, b). Obwohl Rudolf Hohl die Einleitung zu dieser Entwicklungsgeschichte gemeinsam mit Kurd von Bülow (dem Autor des Geleitwortes zur Vorstudie der Anthropogeologie von Heinrich Häusler, 1959) verfasst hatte, betonten sie beide das Wesen der Geologie als „erdgeschichtliche Urkundenforschung“ und somit das historische Weltbild der Geologie (Hohl, 1971a). Es kann in diesem Zusammenhang nur vermutet werden, dass die Perspektiven von Häusler (1959) Rudolf Hohl nicht bewusst waren, als er wenige Jahre später die Idee einer Anthropogeologie vertrat.

1974 erschien in der (damals ostdeutschen) Zeitschrift für Geologische Wissenschaften die Arbeit: „Anthropogene Endo- und Exodynamik im Territorium, ein neues Grenzgebiet zwischen Geologie, Geographie, Technik und Ökonomie“ (Hohl, 1974), die sich auf die „Territorialplanung“ des Staatsgebietes der ehemaligen „Deutschen Demokratischen Republik“ (DDR) bezog (URL9). Rudolf Hohl betonte in dieser Arbeit (Hohl, 1974) die frühe Erkenntnis des ebenfalls aus Halle stammenden Geologen Ernst Fischers, der bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts den Menschen als „geologischen Faktor“ bezeichnete (Fischer, 1916), und erkannte im Wandel der geologischen Aufgaben des 20. Jahrhunderts die Bedeutung von „Mensch und geologischer Umwelt“ bzw. von „Mensch und geowissenschaftlicher Umwelt“. In der damals in der DDR üblichen Diktion sprach Rudolf Hohl von der Bedeutung einer „Anthropogenen Territorialgeologie“ oder kurz „Territorialgeologie“, wobei „Territorialplanung“ im Sinne einer umfassenden sozialistisch-kommunistischen gesamtstaatlichen Planung verstanden wurde (Volkswirtschaftsplanung nach Meynen, 1985). Territorialgeologie sollte dabei inhaltlich über den vom damaligen sowjetischen Minister für Geologie, A. W. Sidorenko, verwendeten Begriff einer „Technischen Geologie“ für ein Studium der Zusammenhänge „Mensch - Technik - Erde“ (Sidorenko, 1968) hinausgehen. Rudolf Hohl verstand die Anthropogene Geologie als fachübergreifende Disziplin zwischen Geologie, Geographie, Technik und Ökonomie, wobei der Geomorphologie als Wissenschaft im Grenzgebiet von Physischer Geographie und Geologie z.B. beim Aufsuchen mineralischer Rohstoffe oder als Ingenieurgeomorphologie eine große Bedeutung beigemessen wurde.

Breiten Raum nahm bei Hohl (1974) die Diskussion über den landschaftsökologisch ausgebildeten Geographen ein, der aufgrund seiner umfassenden Ausbildung in der Lage sein sollte, die dem gesamten Ökosystem zugrundeliegenden Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zu beurteilen. Nach jahrzehntelangen Auseinandersetzungen, ob in der Landschaftsökologie auch anthropogene Faktoren mit zu berücksichtigen seien, gelangte nämlich Lothar Finke (1971, S. 179) zu dem Schluss: *„Wenn dieser Geograph nicht in der Lage ist, außer dem abiotisch-biotischen Bereich, in dem der Mensch als biologisches Wesen bereits einen wichtigen Platz einnimmt, die überragende Stellung des handelnden Menschen in diesem Ökosystem zu erkennen und zu bewerten, dann sind geographische Landschaftsökologen zur Bewältigung der Aufgaben im Rahmen des Umweltschutzes überflüssig“*. Demgegenüber analysiere der Geologe bzw. Geowissenschaftler im Gelände Erscheinungen und Prozesse der Vergangenheit und studiere noch heute ablaufende, natürliche und anthropogen bedingte, dynamische Prozesse (Hohl, 1974). Die erdgeschichtliche Analyse diene aber, wie jede historische Betrachtung, nicht nur der Erkenntnis dessen, was einmal war, sondern zugleich dem Erfassen bestimmter Gesetzmäßigkeiten, die es ermöglichen, aus der Vergangenheit in die Zukunft zu blicken und dynamische Entwicklungsabläufe rechtzeitig zu erkennen. Für diese Aufgabe gab es keine bessere Grundlage als geologische Spezialkarten und die Notwendigkeit der geologisch-geomorphologischen Spezialkartierung unter Zuhilfenahme von Bohrungen, geophysikalischen, geochemischen, labortechnischen und anderen exakten Methoden. Interessanterweise verwies Hohl (1974)

auf die damaligen Bestrebungen in der DDR, die Ausbildungsrichtung für Diplom-Geographen einer Sachgruppe „Geowissenschaften“ zuzuordnen.

Stu- dien- jahr	Allgemeine Naturwissen- schaften	Spezielle Naturwissen- schaften	Geologie	Geographie	Angewandte Geowissenschaften	Ingenieur- Wissenschaften	Anthropogeologie
4			Ökonomische Geologie 1/1	Territorialplanung 2 Siedlungs- geographie 2 Historische Geographie 1/2 Landschafts- ökologie 2	Volkswirtschaft 2 Topographie 2/2		Anthropo- geologie 2 Gutachten 0/2 Praktikum 0/4 Diplomarbeit
3	EDV 2/2	Angewandte Geochemie 1/1	Quartärgeologie 2 Geologie der Steine und Erden 2/2	Landeskultur 2 Kartographie /3 Exkursion (1 Woche)	Hydrographie 2/1 Hydrogeologie 3/1 Lagerstätten- kunde 2/2 Technische Gesteinskunde 1	Ingenieur- bauwesen 3 Ingenieur- geologie 2/1 Felsmechanik 1/2 Bodenmechanik 1/2	Oberseminar 0/2 Praktikum 0/4 Praktikum (2 Wochen) Exkursion (2 Wochen)
2	Physikalische Chemie 2/1 Statistik 2/2	Geobotanik 2/2 Angewandte Geophysik 2/2	Erdgeschichte 4/2 Regionale Geologie 2 Geologisches Kartieren (2 Wochen)	Geomorphologie 4/2 Landschafts- analyse 2	Bodengeologie 2/2	Bergbaukunde 1 Bohrkunde 1	Proseminar 0/1 Exkursion (2 Wochen)
1	Grundzüge Physik 3/1 Grundzüge Chemie 3/2 Einführung Mathematik 4/2		Physikalische Geologie 4/2 Geologische Karten 1/3 Geologisches Kartieren (2 Wochen) Geologische Exkursion (1 Woche)	Physische Geographie 3/1 Ökonom. Geographie 3/1 Geographische Exkursion (1 Woche)	Petrographie 4/2		

Tab. 1: Vorschlag eines 4-jährigen Lehrplanes für ein Studienfach „Territorialgeologie“ als räumlich bezogene Anthropogeologie aus dem Jahr 1973 mit Angabe des Stundenrahmens (z.B. 2/2 = 2 Stunden Vorlesung/ 2 Stunden Übungen; nach einer Abbildung von Hohl, 1974).

Die von Hohl (1974) vorgeschlagene Ausbildung eines „Anthropogeologen“ war deswegen von Interesse, da er - als praxisbezogener Universitätslehrer - ein interdisziplinäres geowissenschaftliches Studium im Sinn hatte. Die Ausbildung in vier Studienjahren umfasste nach Tabelle 1 chemisch-physikalische und mathematisch-statistische Fächer (der Allgemeinen Naturwissenschaften), geophysikalische, geobotanische und geochemische Fächer (der Speziellen Naturwissenschaften) sowie eine fundierte Ausbildung in Geologie und Geographie. Ein breites Angebot aus den Angewandten Geowissenschaften und den Ingenieur-Wissenschaften und spezielle Lehrveranstaltungen, Praktika und Exkursionen boten beste Voraussetzungen für eine Diplomarbeit in Anthropogeologie. Einen hohen Stellenwert nahmen geologische, anthropogeologische und geographische Exkursionen sowie die geologische Geländearbeit ein. Für die Ausfertigung geologischer Gutachten standen zweistündige Übungen zur Verfügung. Der Gesamtstundenrahmen des vorgeschlagenen vierjährigen Diplomstudiums betrug 87 Vorlesungs- und 62 Übungsstunden.

Der Vorschlag des neuen Lehrplanes erfolgte unter dem Aspekt der Verantwortung der Geowissenschaften im Sinne eines vorausschauenden Umweltschutzes. Für diese Aufgabe sollten Einzelwissenschaften mitwirken, insbesondere Geologie, einschließlich angewandter Geophysik und Geochemie, Geographie, sowohl angewandte Geomorphologie, Landschaftsökologie als auch ökonomische Geographie, Technik und Ökonomie, vor allem regionale Ökonomie (Territorialökonomie). Die damaligen Spezialisierungen von Geologie und Geographie hielt Rudolf Hohl nicht als ausreichend für die Bewältigung künftiger Aufgaben des Umweltschutzes. Auch spezielle angewandt-geologische Fachrichtungen wie Ingenieurgeologie, Hydrogeologie und Bodengeologie waren nicht auf den komplexen geologisch-geographisch-technisch-ökonomischen Bereich der Anthropogeologie ausgerichtet. Ihm schwebte für die DDR eine damals im angloamerikanischen Bereich bereits vertretene „Environmental Geology“ vor.



Zusammenfassend sei angemerkt, dass Rudolf Hohl 15 Jahre nach der Begründung der Anthropogeologie als eigenes Forschungsgebiet in Österreich für die Wechselwirkungen zwischen Mensch, Technik, Erdoberfläche und Erdkruste neuerlich den Begriff „Anthropogeologie“ bzw. „Anthropogene Geologie“ eingeführt hat (Hohl, 1974). Als deren zentrale Aufgabe betonte er, die Eingriffe des Menschen in der Dimension eines aktiven geologischen Faktors zu analysieren, zu prognostizieren und damit eine erhebliche Störung des natürlichen Gleichgewichtes durch geotechnische Eingriffe, wie Bergbau, Hoch- und Tiefbau, Grundwasser- und Erdgasentnahme etc. zu vermeiden. Rudolf Hohl verstand den Begriff „Territorialgeologie“ als räumlich bezogene Anthropogeologie im Sinne von Jäckli (1972). Die große Bedeutung von Rudolf Hohl liegt darin, einen sehr ausgewogenen interdisziplinären Lehrplan für das Studienfach einer räumlich bezogenen Anthropogeologie erstellt zu haben. Der Lehrplan umfasste Lehrveranstaltungen in Geographie, Geologie, Angewandten Geowissenschaften und Ingenieurwissenschaften und sah eine Diplomarbeit in Anthropogeologie vor. Die komplexen chemisch-physikalischen, geologischen, geomorphologischen, pedologischen, hydrologischen und vegetationskundlichen Untersuchungen der Umweltprobleme sollten durch entsprechend methodisch geschulte Geowissenschaftler erfolgen.

### 3.3 Werner Kasig (Aachen, 1979)

Werner Kasig verstand unter Anthropogeologie die Lehre über die Abhängigkeit des Menschen von den geologischen Gegebenheiten.



Werner Kasig (Jahrgang 1936) studierte Geologie und Paläontologie in Freiberg/Sachsen, Aachen und Bonn, promovierte 1967 und habilitierte sich 1980 mit einer Arbeit über die Bedeutung des Aachener Unterkarbons für die Entwicklung der Kulturlandschaft im Aachener Raum (Kasig, 1980). Er wirkte 1980/81 an der Universität Essen und seit 1982 als Universitätsprofessor am Geologischen Institut der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen. Seine Forschungsinteressen galten der Geologie der Eifel, Karbonatgesteinen, der Kalkgewerbeindustrie sowie der Umweltgeologie und er engagierte sich für geologische Öffentlichkeitsarbeit (Geopfade, Besucherbergwerke und Museen; Portrait links aus URL10).

Werner Kasig beschrieb Anthropogeologie als Geowissenschaft, die sich der Ergebnisse aller Geo- und Naturwissenschaften, der Geistes- und Historischen Wissenschaften sowie eines Teils der Ingenieurwissenschaften bedient und damit die wechselseitigen Beziehungen zwischen Lithosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre und damit auch Biosphäre und den physischen, psychischen und kulturellen Abhängigkeiten des Menschen erforscht. Als Beispiel einer jahrtausendelangen und vielfältigen Nutzung der Gesteine des Aachener Unterkarbons führte Kasig (1984) die Umwandlung der Aachener Naturlandschaft in eine Kulturlandschaft an.

In Fragen der Umweltbelastung erhielt die Geologie nach Kasig (1979) über die fachliche Dimension hinaus einen politischen Stellenwert und zwar als Mittler im Konflikt zwischen Rohstoffinteressen und Umweltschutz, wie dies schon Lüttig (1973, 1976) betont hatte. Der Anthropogeologie kam nach Kasig (1979) eine vorausschauende, also prognostizierende Rolle zu, Ausmaß und Art der Abhängigkeit des Menschen von den geologisch bedingten Naturraumgegebenheiten systematisch und umfassend zu erforschen. Die Geologie müsse dabei - im Sinne von Engelhardt (1974) - die künftig zu erwartenden Entwicklungstrends durch Erfahrungen aus der Vergangenheit aufzeigen und offensiv propagieren. Werner Kasig schloss seine Arbeit mit den Ausführungen (Kasig, 1979): „*Die Geologie muß aus Vergangenheit und Gegenwart Schlüsse und Konsequenzen für die Zukunft ziehen, da sich Erd- und Humangeschichte nicht*

*künstlich voneinander trennen lassen. Sie gehen vielmehr nahtlos ineinander über, ergänzen und beeinflussen sich in vielfältiger Weise“.*

Diese von Werner Kasig im Jahr 1979 publizierte Grundaussage über die Anthropogeologie deckte sich im Wesentlichen mit jener von Heinrich Häusler aus dem Jahr 1959 (Abb. 5).

Herrn Koll. Dr. Häusler  
mit Hochachtung für die  
anthropogeologischen Studien  
und besten Grüßen  
überreicht von  
Prof. Dr. W. Kasig  
Aachen, 7.12.82

Abb. 5: Erst seit dem Jahr 1982 tauschten Werner Kasig und Heinrich Häusler Sonderdrucke ihrer Arbeiten über Anthropogeologie aus.

Zusammenfassend sei angemerkt, dass, im Gegensatz zum zentralen Begriffsinhalt der „Anthropogeologie“ als Arbeitsgebiet zur Prognose und Bewältigung zukünftig zu erwartender, anthropogen verursachter geologischer Probleme, in welcher der Mensch (die Menschheit) selbst als Faktor geologischer Dimension betrachtet wurde, Werner Kasig die Anthropogeologie neu definiert hat (Kasig, 1979, 1984), und zwar als Abhängigkeit des Menschen von den geologischen Gegebenheiten, wie dies auch Löhnert (1985) formuliert hat.

#### **4. Von der Anthropogeologie zur Umweltgeologie**

Seit Beginn der 1970er-Jahre wurden der Gesellschaft die Auswirkungen eines uneingeschränkten Wirtschaftswachstums auf die Umwelt bewusst, was auch in kritischen populärwissenschaftlichen Veröffentlichungen, wie „Der stumme Frühling“ (Carson, 1968), „Die Einheit der Natur“ (Weizsäcker, 1971), „Der teuflische Regelkreis - Kann die Menschheit überleben?“ (Forrester, 1971), „Die Grenzen des Wachstums“ (Meadows et al., 1972; vgl. Meadows et al., 2006), „Kurskorrektur“ (Steinbuch, 1974), „Ein Planet wird geplündert“ (Gruhl, 1975) oder „Wir haben nur eine Zukunft“ (Tinbergen, 1977) zum Ausdruck kam.

1970 wurde im „Europäischen Naturschutzjahr“ der Begriff „Umweltschutz“ geprägt und im Jahr 1971 im Umweltprogramm der deutschen Bundesregierung definiert. Nach Buchwald (1980) sollten unter Umweltschutz alle Maßnahmen verstanden werden, die erforderlich waren, um:

- dem Menschen den für seine Gesundheit und ein menschenwürdiges Dasein notwendigen Zustand seiner Umgebung zu sichern,
- die Natur (Boden, Luft, Wasser, Pflanzen und Tierwelt) vor den durch menschliche Eingriffe verursachten unerwünschten Wirkungen zu schützen,
- aus solchen Eingriffen entstandene Gefahren, Schäden, Nachteile oder Belästigungen zu beheben und um
- durch weit vorausschauende Planung die Umweltqualität zu verbessern.

1972 wurde auf der Konferenz der Vereinten Nationen über die Umwelt des Menschen (Weltumweltkonferenz) Grundlagen für eine globale Umweltpolitik gelegt (Arnould, 1984) und im selben Jahr wurde das Umweltprogramm der Vereinten Nationen gegründet (URL11). Gleichzeitig unterstützte die deutsche Bundesregierung bereits in ihrem Umweltprogramm die Wissensvermittlung über den Umweltschutz im Schul- und Hochschulunterricht (Engelhardt, 1973). Ab 1978 erschien beispielsweise ein Handbuch für Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt (Buchwald und Engelhardt, 1978) in vier Bänden: Band 1 betraf die Umwelt des Menschen, Band 2 die Belastung der Umwelt, Band 3 die Bewertung und Planung der Umwelt und Band 4 die Umweltpolitik. Umweltforschung im naturwissenschaftlichen Sinn, bezogen auf die Naturausstattung der Erde, wurde als Geoökologie bezeichnet, bezogen auf die Landschaftsräume, als Teilräume der Erdhülle oder Geosphäre, als Landschaftsökologie. Da geoökologische Forschung als naturwissenschaftliche Umweltforschung sich auf die Umwelt des Menschen und der menschlichen Gesellschaft bezieht, bedürfe sie als Partnerwissenschaft einer umfassenden Anthropologie als Wissenschaft vom Menschen (Buchwald, 1978).

In diese Zeit fällt auch der in der Geologischen Rundschau veröffentlichte Aufsatz des US-amerikanischen Geologen und Geophysikers Marion King Hubbert mit dem Titel: „Role of geology in transition to a mature industrial society“, in welcher er (Hubbert, 1977) aufgrund einer Bilanz weltweiter Mineralressourcen und fossiler Brennstoffe eine Abkehr von den Dogmen damals geltender sozialer und ökonomischer Theorien empfahl und auf die intellektuell führende Rolle von Geologen zur Erhaltung eines ökologischen Gleichgewichtes hinwies.

Nachdem Kasig (1979) die Anthropogeologie - nicht im Sinne eines die Umwelt gestaltenden geologischen Faktors, - sondern als Abhängigkeit des Menschen von den geologischen Gegebenheiten neu definiert hat, wurde sie von Kasig und Meyer (1984) durch den Begriff der „Umweltgeologie“ ersetzt. Vergleichsweise wird in diesem Zusammenhang auch etwas ausführlicher auf die Umweltproblematik in den 1970er-Jahren und die geologischen Aspekte des Umweltschutzes in Österreich eingegangen. Rosenfeld (1992) hielt schließlich die Anthropogeologie für obsolet, weil sie nicht an Universitäten gelehrt wurde und er definierte die Aktuogeologie neu als umweltrelevante Disziplin zur Prognose anthropogener Einflüsse auf die Lithosphäre.

#### **4.1 Werner Kasig und Diethard E. Meyer (Aachen - Essen, 1984)**



Diethard E. Meyer (Jahrgang 1938) studierte Geologie in Göttingen (1946–58) und Bonn (1960–64), schloss 1964 sein Diplomstudium ab, arbeitete als wissenschaftlicher Assistent am Geologischen Institut der Universität Bonn, wo er 1969 promovierte. Ab 1975 war er an der Universität Essen im Fach Geologie in Forschung und Lehre tätig, wobei er sich neben regionalgeologischen und angewandten geologischen Projekten vor allem mit umweltgeologischen Problemen, wie Bergbaufolgelandschaften (Meyer, 1986) und Naturschutzfragen beschäftigte (Portrait links aus Meyer, 2002). Im selben Band der Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, in dem Kasig (1984)

einen Auszug seiner Habilitationsschrift als Beitrag zur Anthropogeologie vorstellte, veröffentlichte Werner Kasig gemeinsam mit Diethard Meyer eine Diskussion über Ziele der Umweltgeologie (Kasig und Meyer, 1984). Demnach kam der Umweltgeologie eine immer größere Bedeutung zu und beide Autoren stellten in Erweiterung des Aufgabenbereiches der „Anthropogeologie“ (als Abhängigkeit des Menschen vom geologischen Geschehen im Sinne von Kasig, 1979) die „Umweltgeologie“ als integrierende Forschungsdisziplin in den Mittelpunkt von Geowissenschaften, Geographie, Geistes- und Ingenieurwissenschaften sowie Rechts- und Politikwissenschaften (Abb. 6).

Diethard Meyer betonte in einer Arbeit über Massenverlagerungen durch Rohstoffgewinnung, dass technisch-ökonomische Gesichtspunkte ohne Berücksichtigung umweltgeologischer Folgen zu gesamtwirtschaftlichen Schäden geführt haben und daher nicht zielführend seien (Meyer, 1986). In der Darstellung von Kasig und Meyer (1984) stand die Umweltgeologie bereits für eine integrierende Forschungsdisziplin im Kreis der Geowissenschaften, Geographie, Rechts-, Politik- und Wirtschaftswissenschaften sowie eines Teils der Ingenieurwissenschaften.

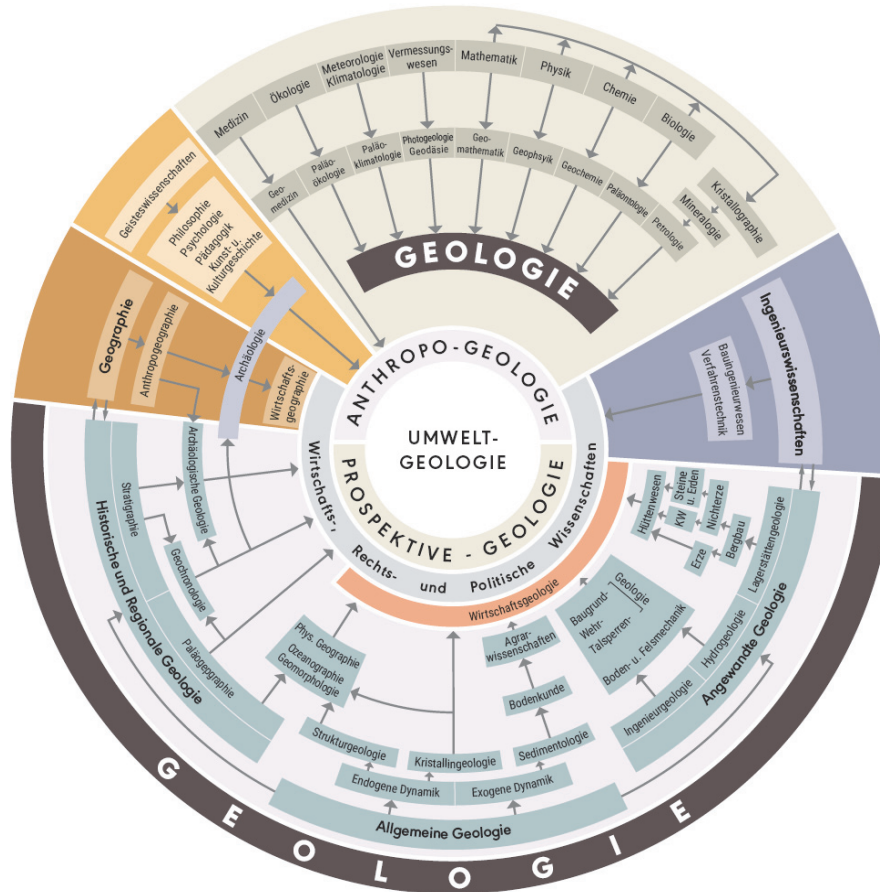


Abb. 6: Umweltgeologie als integrierende Forschungsdisziplin nach Kasig und Meyer (1984, Abb. 1; Reproduktion mit freundlicher Genehmigung der Deutschen Geologischen Gesellschaft).

Kasig und Meyer (1984) verstanden somit unter „Umweltgeologie“ die: „Lehre über die Abhängigkeit des Menschen von der geologischen Umwelt und über die Auswirkungen seines Eingriffs in den geologischen Kreislauf mit allen Wechselwirkungen im abiotischen und biotischen Bereich in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.“ Gerade diese Wechselwirkungen zwischen Mensch und geologischer Umwelt betonten bereits die früheren Vertreter der Anthropogeologie, wie Häusler (1959), Jäckli (1972) und Hohl (1974).

Grundlagenforschung zur Umweltgeologie wurde in Wien am Geotechnischen Institut des ehemaligen Bundesforschungs- und Prüfzentrums Arsenal schon seit 1964 durchgeführt (Schroll, 1990). Etwa gleichzeitig wie in Deutschland wurde auch in Österreich auf die Bedeutung geoökologischer Forschung unter besonderer Berücksichtigung der geologischen Aspekte des Umweltschutzes hingewiesen (Geologische Bundesanstalt, 1986). Im selben Jahr erschien in den Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft bereits der erste Band über Umweltgeologie (Tollmann, 1986), dem in dieser Zeitschrift 1991 (Tollmann, 1991) ein zweiter und 1997 ein dritter Themenband folgte. Neben der Belastung des Wasserkreislaufes, der Boden- und Sedimentbelastung, dem Konfliktpotential bei Rohstoffgewinnung und Rohstoffsicherung wurde vor allem über die Beurteilung natürlicher Barrieregesteine und die Auswahl

von Standorten für die Müll- und Klärschlammdeponie referiert. Dazu kam nach der Explosion im Atomkraftwerk Tschernobyl im Jahr 1986 die Problematik der Umweltgefährdung durch radioaktive Strahlung, die in Windrichtung durch den Fallout auch Boden und Grundwasser belastete.

#### **4.2 Ulrich Rosenfeld (Münster, 1992)**

Ulrich Rosenfeld bedauerte, dass der Begriff „Anthropogeologie“ in der deutschen Fachliteratur nach 1984 (seines Wissens) nicht mehr aufschien und vertrat in einer neuen Aktuogeologie als umweltrelevante Disziplin die Prognose anthropogener Einflüsse auf die Lithosphäre.

Ulrich Rosenfeld (Jahrgang 1930) studierte ab 1953 Geowissenschaften an der Universität Münster, wurde 1957 promoviert, war ab 1958 wissenschaftlicher Assistent, ab 1963 Kustos und habilitierte sich 1966. Ab 1970 war er wissenschaftlicher Rat und Universitätsprofessor des Geologisch-Paläontologischen Institutes der Universität Münster. Rosenfeld befasste sich mit Sedimentologie, Saxonischer Tektonik und der Geologie Westfalens und Argentiniens (URL12). Rosenfeld (1992) wies auf die bis dahin unterschiedliche Verwendung des Arbeitsgebietes „Anthropogeologie“ hin, nämlich einerseits prognostizierend, zur Bewältigung künftig zu erwartender, anthropogen verursachter geologischer Probleme im Sinne von Häusler (1959), Jäckli (1972), Hohl (1974) sowie andererseits als Abhängigkeit des Menschen von den geologischen Gegebenheiten im Sinne von Kasig (1979, 1984). Als Lösung dieser gegensätzlichen Begriffsinhalte übernahm Rosenfeld wortwörtlich die schon von Kasig und Meyer (1984) vorgeschlagene Definition der Umweltgeologie (Rosenfeld, 1992, S. 14), wies aber noch auf Unschärfen in der Festlegung dieses neuen Fachgebietes hin.

Zu den geowissenschaftlichen Aspekten der Umweltforschung zählte Rosenfeld (1992) nach einer Literaturobachtung des Zeitraumes 1988 bis 1991 (exklusive Gutachten) die:

- Gefährdung des Grundwassers
- Schadstoffbelastung des Bodens
- Sanierung bedrohter Bauwerke
- Vermeidung von Naturkatastrophen
- Schadstoffbelastung küstennaher Sedimente
- Altlastensanierung, Deponie- und Abfallprobleme (Sondermüll, radioaktive Abfälle, Endlager)
- Rohstoffe und Umwelt (Technikfolgenabschätzung)
- Waldschäden und Bodenerosion sowie die
- Geo- und Landschaftsökologie

Bis 1991 war somit das hauptsächliche Arbeitsfeld der Umweltgeologie die Untersuchung und Sanierung anthropogener Kontaminationen der Lithosphäre, Prävention (Schadensvorsorge) und Desasterforschung im weitesten Sinne. Offen blieb aber nach Ulrich Rosenfeld die Frage, ob Umweltgeologie bei dem riesigen Markt überwiegend als kommerzielle Dienstleistung oder auch als wissenschaftliche Forschung zu sehen sei.

Da Rosenfeld die Anthropogeologie durch eine neu definierte Aktuogeologie ersetzen wollte, sei kurz auf die Entwicklung dieses Begriffes eingegangen. Nach URL13 wird die Begründung der Aktuogeologie dem deutschen Paläontologen Rudolf Richter (1881–1957) zugeschrieben. Sie geht davon aus, dass vorzeitliche geologische Prozesse durch Beobachtung der in der Gegenwart ablaufenden Prozesse zu erklären sind. Basis für die Aktuogeologie ist die Aktualismus-Theorie. Der Aktualismus setzt voraus, dass alle geologischen Kräfte und Vorgänge in der Vergangenheit mit den heutigen Kräften und Vorgängen identisch

sind, wodurch Rückschlüsse vom Beobachteten auf die früheren Entstehungsabläufe gezogen werden können. Nach Hüssner (1993) sind als international bekannte Vertreter des Aktualismus vor Rudolf Richter schon James Hutton (1726–1797), Charles Lyell (1797–1875) und Johannes Walther (1860–1937) anzuführen, wobei Kaiser (1932) besonders auf die frühe Bedeutung des deutschen Geologen Karl Ernst Adolf von Hoff (1771–1837) bei der Erforschung des aktualistischen Grundsatzes hinwies.

Ulrich Rosenfeld definierte nun die Aktuogeologie (1992, S. 10) neu als: „*Untersuchung der rezenten exogenen und endogenen, säkularen und katastrophalen geologischen Vorgänge in der Geosphäre*“ und weiter (l.c., S. 19 f.): „*Aktuogeologie ist der Teil der geologischen Wissenschaften, der, fußend auf der breiten Kenntnis von Erscheinungen und Vorgängen der geologischen Vergangenheit, die jüngste Erdgeschichte und die heutigen Naturvorgänge und -erscheinungen der Lithosphäre untersucht, um daraus Prognosen für künftige Entwicklungen der Geosphäre zu entwickeln oder daran mitzuwirken.*“

Zusammenfassend sei angemerkt, dass mit dieser Neudefinition aktuogeologischer Forschung unter spezieller Berücksichtigung an-aktualistischer - also anthropogen verstärkter Prozesse im Sinne von Bülow (1955) und Jäckli (1964, S. 92) - Rosenfeld (1992) in seiner Argumentation genau zu jenem ursprünglichen Begriffsinhalt der Anthropogeologie zurückkehrte, wie er von Häusler (1959), Jäckli (1972) und Hohl (1974) explizit für die zu erwartenden anthropogen verursachten geologischen Probleme verwendet worden ist.

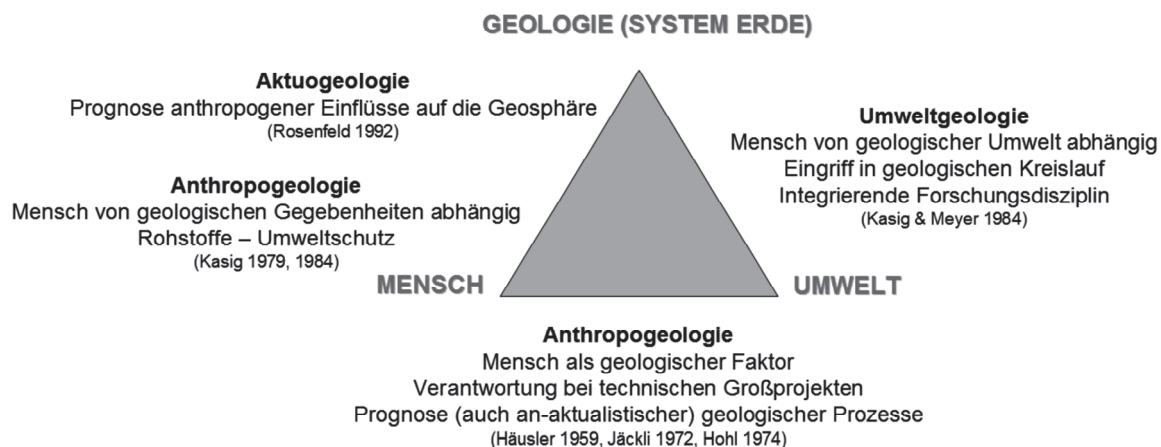


Abb. 7: Übersicht der in der Literatur unterschiedlich verwendeten Begriffe einer „Anthropogeologie“, die 1984 durch den Begriff „Umweltgeologie“ und 1992 durch den Begriff einer neu definierten „Aktuogeologie“ ersetzt wurde.

In Abb. 7 sind die Kernaussagen der vier Proponenten der Anthropogeologie (Häusler, Jäckli, Hohl) sowie der Begründer der Umweltgeologie (Kasig und Meyer) in dem Beziehungsdreieck Mensch - Geologie - Umwelt zusammengefasst.

Die folgenden Ausführungen über eine Weiterentwicklung der Anthropogeologie durch Heinrich Häusler in den 1980er-Jahren informieren über spezielle Aspekte und Grundgedanken dieser Fachdisziplin, deren Bedeutung zur Lösung von Umweltproblemen im Anthropozän zur Diskussion gestellt wird.

### **5. Weiterentwicklung der Anthropogeologie durch Heinrich F. Häusler (Linz, 1983-1988)**

Seit der Gründung des Technischen Büros für Angewandte Geologie im Jahr 1948 unterstützten theoretische Überlegungen die baugeologischen Analysen und Prognosen. Wie bereits erwähnt, gründete Heinrich Häusler auch ein „Privatinstitut für Theoretische Geologie“, als dessen Leiter er sich mit Themen der Grundlagenforschung beschäftigte und das er als eine Art Rückversicherung bei unvorhersehbaren Unfällen in der Baupraxis bezeichnete.

Gegen Ende seiner Berufspraxis befasste sich Heinrich Häusler wiederum intensiv mit der Etablierung einer Anthropogeologie, was er zwar in zahlreichen Gutachten (Häusler, 1985 a–c), aber nur mehr in wenigen Vorträgen und Vortragskurzfassungen publik gemacht hatte. Kurzbeiträge stammen von vier Tagungen:

- 137. Jahreshauptversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft mit dem Thema: „Anthropogeologie - Der Mensch als geologischer Faktor“ in Königstein im Taunus, 1984 (Häusler, 1985d)
- Symposium „Evolution und Technik 1995 - Perspektiven für das nächste Jahrzehnt“ in Bad Ischl, 1985 (Häusler, 1986)
- Internationaler Sachverständigenkongress des Hauptverbandes der Allgemein Beieideten Gerichtlichen Sachverständigen Österreichs zum Thema „Der Sachverständige zwischen Ökologie und Ökonomie“ in Wien, 1987
- Internationales Fachseminar für Sachverständige und Juristen in Bad Ischl, 1988 (Häusler, 1988).

Nach den zahlreichen Anerkennungsschreiben auf die Begründung der Anthropogeologie im Jahre 1959, etwa aus Österreich, Deutschland-West, Deutschland-Ost, Schweiz, Ungarn, Niederlande, England, Irland und Vereinigte Staaten von Amerika wurde Heinrich Häusler vor allem durch Kontakte mit deutschen Kollegen auf der Tagung in Königstein im Taunus (1984) in seiner Fortführung anthropogeologischer Forschungen bestärkt. Diethard E. Meyer führte dazu in seinem Schreiben vom 7. März 1986 aus (Abb. 8): „Beeindruckt war ich von der großen Zahl der Anerkennungsschreiben, die Sie zur Begründung der Forschungsrichtung Anthropogeologie erhalten haben, darunter viele Kollegen, deren Werk ich persönlich hoch schätze. Auch der Beweis ist Ermutigung konsequent auf dem eingeschlagenen Weg fortzuschreiten. In geologiegeschichtlicher Hinsicht finde ich diese Liste sehr wichtig, da sie manche geistigen Querbeziehungen sichtbar macht! Auch der interdisziplinäre Ansatz wird durch diese Aufstellung sichtbar dokumentiert“.

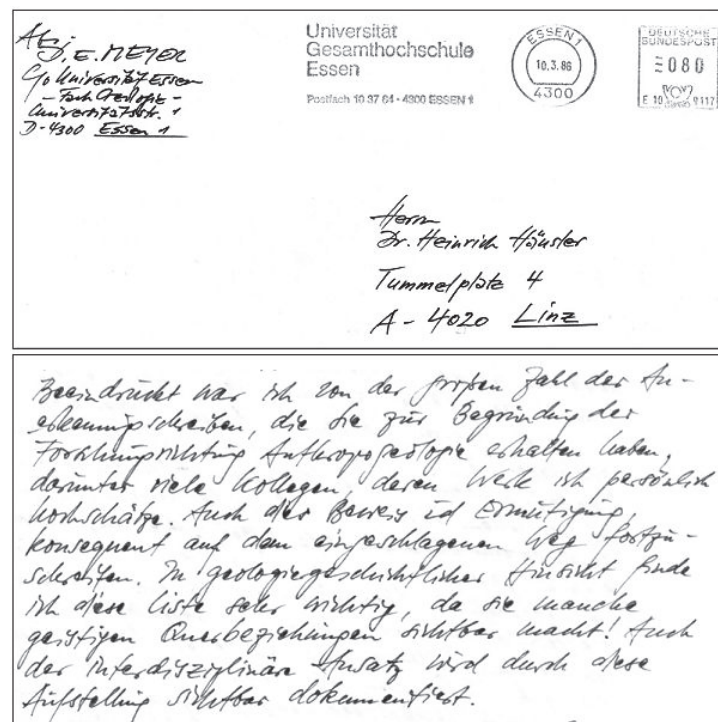


Abb. 8: Auszug eines Schreibens des Geologen Diethard E. Meyer an Heinrich Häusler vom 7. März 1986.

In seinen Notizen bezog sich Heinrich Häusler kaum auf die im vierbändigen Lehrbuch der Anthropologie vermittelten Methoden (Saller, 1957–1966), sondern vielmehr auf die in den 1970er-Jahren veröffentlichten Arbeiten über „Hauptprobleme der Anthropologie“ (Schwidetzky, 1971),

„Sozialanthropologie“ (Gadamer und Vogler, 1972), „Kulturanthropologie“ (König und Schmalfuß, 1972; Gadamer und Vogler, 1973), „Politische Anthropologie“ (Balandier, 1972), „Philosophische Anthropologie“ (Gadamer und Vogler, 1975a, b) bzw. die „Anthropologische Perspektive“ (Blok, 1985). Die Beschäftigung mit den Grundlagen einer „Theoretischen Geologie“ geht auf seine im Jahr 1948 erfolgte Gründung eines Technischen Büros für Angewandte Geologie - Theoretische Geologie und Anthropogeologie zurück. Dies führte auch zu Auseinandersetzungen mit der „Theoretischen Geographie“, die von Wirth (1979) als Grundzüge einer Theoretischen Kulturgeographie bezeichnet wurde.

Als Methoden der Anthropogeologie können unter Bezug auf die Vorstudie zur Anthropogeologie (Häusler, 1959) und nach Auswertung der Publikationen und Gutachten von Heinrich Häusler unterschieden werden (a–c): (a) Erweiterung der Grundlagen einer interuniversitären und interfakultären Ausbildung, (b) Fortschritte in der Ingenieurgeologie und (c) regionalpolitische Aspekte.

### (a) Erweiterung der Grundlagen einer interuniversitären und interfakultären Ausbildung

Zentrales Anliegen während seiner Berufspraxis war die Vermittlung der grundsätzlich unterschiedlichen Ausbildung von Geologen, Bauingenieuren und Juristen. Häusler (1988) charakterisierte dies folgendermaßen (Abb. 9):

- Der *Bauingenieur* wird in naturwissenschaftlicher und technischer Hinsicht dahingehend ausgebildet, dass gültige Regeln der Bautechnik bei Projektarbeiten jederzeit anwendbar sind.
- Der Absolvent der „klassischen“ *Universitätsgeologie* wird naturwissenschaftlich und erdwissenschaftlich ausgebildet und erfährt bei Kartierungen im Gelände eine geologische Vielfalt, die in kein einfaches Schema passt und bei einer Projektplanung keinen allgemein gültigen Regeln entspricht. Wohl werden aber alle analytischen Untersuchungen nach anerkannten Normen und Richtlinien durchgeführt.
- Der humanwissenschaftlich ausgebildete *Jurist* urteilt und handelt, basierend auf Gesetzesparagrafen, nach äußerst strengen Regeln.

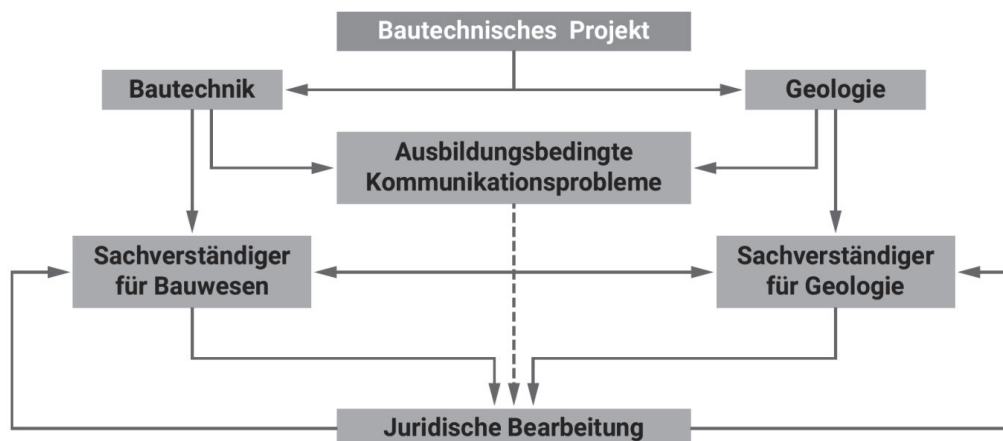


Abb. 9: Unterschiedliche Beurteilung der Grundlagen eines bautechnischen Projektes durch den Geologen, den Bautechniker und den Juristen (verändert nach Häusler, 1988).

Aus der Kurzcharakterisierung dieser unterschiedlichen Ausbildungsgänge, die gemäß Curricula an unterschiedlichen Fakultäten kaum interdisziplinär aufeinander abgestimmte Studienpläne aufweisen, ist erkennbar, dass eine gemeinsame Bearbeitung projektspezifischer baugeologischer Probleme mit Schwierigkeiten verbunden ist, noch dazu, wenn es sich um gerichtsgelogische Fälle handelt, die in Universitätsstudien kaum behandelt werden.



Aufgrund seiner Erfahrungen als Assistent an der Technischen Hochschule in Wien (Häusler, 1962a, b; 1963a, b), seiner 40-jährigen Berufspraxis als Baugeologe und seiner gerichtsgelogischen Erfahrung fasste Heinrich Häusler (1988) anlässlich eines Internationalen Fachseminars für Sachverständige und Juristen zusammen:

- Für den *Sachverständigen für Bauwesen* empfehle sich eine Prüfung der geologischen Grundlagen, welche einem bautechnischen Projekt zugrunde liegen und zwar hinsichtlich der Qualität der Auswertung der geologischen Grundlagen und hinsichtlich der Qualität der Prognosen, welche durch die nachweisliche Verarbeitung geologischer Daten begründet waren. Damit könnten Projektierung, Bauausführung und Bauwerkskontrollen auf ihre sachlichen Bedingungen geprüft und etwaige Schwachstellen des Projektes erkannt werden.
- Für den *Sachverständigen für Geologie* werde es, trotz aller Bemühungen um eine bestmögliche Qualität der geologischen Aussage zu erreichen, aus projektökonomischen Gründen nur selten möglich sein, die nötige geologische Prognose mit 100%iger Gewissheit zu erreichen. Es müsse daher im geologischen Gutachten die Qualität der Aussage beurteilt werden und vom geologischen Gutachter selbst die Wahrscheinlichkeit der Aussagesicherheit (anhand einer so genannten Güteziffer) abgeschätzt werden. Somit ergäben sich im Schadensfall durch Überprüfung der geologischen Grundlagen des Projektes bzw. der ergänzenden Untersuchung des konkreten Schadensfalles Beobachtungsdaten, welche zur Klärung des Ablaufes der Ereignisse eines Schadensfalles dienen.
- Für den *Juristen* wurde aus diesen Ausführungen für den Sachverständigen für Bauwesen und den Sachverständigen für Geologie ein Schwachpunkt erkennbar, der bei der Beurteilung von Schäden und Baukatastrophen von Interesse war. Es handelte sich dabei um die Frage der Verantwortung der Sachbearbeiter im Zuge der Planung, der Bautätigkeit und der Projektausführung. Zur weiteren Prüfung des Sachverhaltes diente die Vorlage der geologischen Daten des Projektes, also der geologischen Pläne und der geologische Profile, welche den geologischen Aufbau und Gesteinszustand erkennen ließen, einschließlich der geophysikalischen, bodenmechanischen und felsmechanischen Ergänzungen, und deren Auswertungen als Nachweis der Bearbeitung. Darüber hinaus war festzustellen, ob die Qualität der geologischen Grundlagen bei einem im Zuge der Projektierung aufgetretenen Schadensfall vom bearbeiteten Geologen selbst beurteilt und dem Projektanten vorgelegt und von diesem somit zur Kenntnis genommen worden ist.

Gerade bei geologischen Gerichtsgutachten hat sich die ausführliche Dokumentation eines Schadensfalles im Gelände, die phasenanalytische Bearbeitung und Prozessanalyse sowie die für den Juristen klar verständlichen Aussagen und Schlussfolgerungen sehr bewährt (Beispiele Häusler, Gutachten 1973-04, 1983-03). Nach Häusler (1988) werde es in den meisten Fällen aus geologischen Gründen, vor allem aber aus wirtschaftlichen Gründen nicht möglich sein, den geologischen Befund mit einer erwünschten Wahrscheinlichkeit von 100% und somit als sichere Prognose vorzulegen. Liege daher die Wahrscheinlichkeit einer richtigen Prognose unter 100%, so verbleibe ein Restrisiko, welches vom geologischen Sachbearbeiter nicht gedeckt werde bzw. gar nicht gedeckt werden könne („höhere Gewalt“). Über dieses Restrisiko war dann aufgrund einer entsprechenden Risikoanalyse zu befinden und gegenüber dem Projektanten festzustellen, auf welche Weise dieses doch vermindert werden könne, etwa durch Vorschläge von Kontrollmessungen oder von Warnvorrichtungen im Zuge der Baudurchführung.

### **(b) Fortschritte in der Ingenieurgeologie**

Neuere Überlegungen aus der Baupraxis bis in die 1980er-Jahre von Heinrich Häusler betrafen die:

- Definition des geologischen Objektes
- Analyse und Prognose geologischer Prozesse und die

- Ausbildung von gerichtsgelologischen Grundlagen für Geologen, Bautechniker und Juristen

Aufgrund der eingehenden Kenntnisse der Ausbildung von Ingenieurgeologen und Geologen entwickelte Heinrich Häusler Methoden zur:

- Kalkulation und Beurteilung baugelogischer Leistungen (kalkuliertes Risiko)
- Beurteilung der Aussagequalität geologischer Gutachten (Güteziffer)
- Verantwortung in der Baupraxis
- Beurteilung des potentiellen Reaktionsraumes geotechnischer Projekte und zur
- ingenieurgeologischen Beurteilung des Katastrophenkalküls und des Wirtschaftlichkeitskalküls von geotechnischen Projekten

Grundlage der weiteren Ausführungen war die Analyse und Prognose der Wirkung und Auswirkung geotechnischer Projekte im geologischen System im Laufe der Zeit, bis zum Ende der Funktionsperiode eines Großbauwerkes (Häusler, 1959). Die zeitliche Prognose der Veränderung eines beliebigen geologischen Geschehens im Raum wurde z.B. basierend auf der Rekonstruktion der 350-jährigen Entwicklungsgeschichte der Traun für Projektvarianten erläutert.

Die Beurteilung der gegenwärtigen und der zu erwartenden geologischen Situation (wie z.B. Grundwasserabsenkung bzw. Aufstau oder verstärkte Erosion bzw. Sedimentakkumulation, etwa beim Bau von Flusskraftwerken) setzt somit eine sorgfältige geologische Prognose voraus, die selbst wiederum auf einer Bilanz des natürlichen und anthropogen bedingten Geschehens beruht. Durch die Verkettung der natürlichen und anthropogen bedingten Ereignisse in einem Reaktionsgefüge werden die Untersuchungen dieser Ereignisse zu wesentlichen Aufgaben der Anthropogeologie. Die Anthropogeologie bewirkt dabei eine Zusammenschau der Ergebnisse und Erkenntnisse vieler Fachbereiche, um konkret die geologischen Probleme eines Projektes - etwa bei der Planung einer Kette von Flusskraftwerken - zu lösen. Durch die Anthropogeologie sollte es auch möglich werden, Ergebnisse der Ökologie in einen erdgeschichtlich-geologischen Entwicklungs-Zusammenhang zu stellen, um sie in der Gegenwart zu verstehen und die zukünftige Entwicklung zu deuten, das heißt, die Prognose zu begründen.

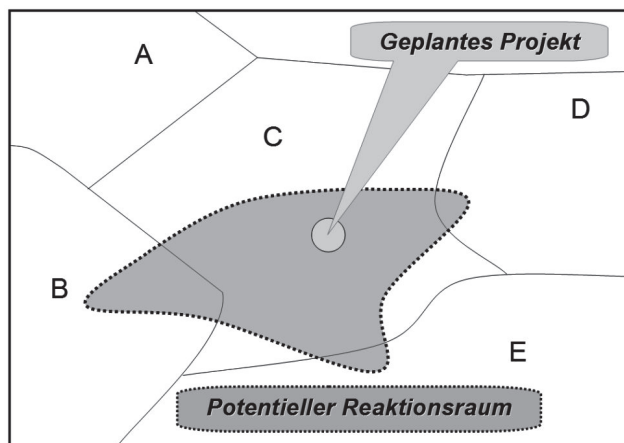


Abb. 10: Festlegung des potentiellen Reaktionsraumes eines geplanten geotechnischen Großprojektes. Während das Bauwerk nur im Polygon „C“ geplant ist, können in diesem Beispiel Projektauswirkungen die Polygone A bis E betreffen. Die Polygone repräsentieren unterschiedliche geomorphologisch-geologische und ökologische Geländebereiche (verändert nach Häusler, Gutachten 1984-03, Anlage 2).

Nachfolgend wird, in Anlehnung an das Gutachten über die Planung und Errichtung geotechnischer Großprojekte (Häusler, Gutachten 1984-03) kurz der Begriff des „Reaktionsraumes“ eines geplanten technischen Projektes - etwa im Polygon „C“ - erläutert, der in Ausnahmefällen weit über die Bafläche

eines geplanten Projektes hinausreichen könne. Nach der schematischen Abb. 10 seien die maßstabslosen Polygone A bis E reale Flächenverschnitte unterschiedlicher Vegetation, Hangneigung, Oberflächenentwässerung, Böden, Grundwasserverhältnisse und unterschiedlichen geologischen Aufbaus. Deshalb könne sich im Zuge des Baufortschrittes eine unterschiedliche kurz- oder langfristig wirksame geologische Dynamik entwickeln, sei es durch natürliche oder z.B. durch einen Kraftwerksbau verstärkte Flusseintiefung, durch Aufschotterung oder infolge Erosion eine verstärkte Neigung zu Rutschungen.

Ein erfahrener angewandt geologischer Analytiker könnte aufgrund der Kenntnis der komplexen ökologisch-geologischen Verhältnisse zu dem Schluss gelangen, dass zwar - geographisch und verkehrsbedingt gesehen, der gewählte Standort geeignet erschiene - jedoch bereits während der Bauphase und erst recht nach Fertigstellung z.B. eines Laufkraftwerkes mit dynamisch-geologischen Veränderungen zu rechnen wäre, die sich nachteilig auf das Bauwerk und seine ursprünglich kalkulierte Wirtschaftlichkeit auswirken könnten. Aus einer solchen Beurteilung müsse daher ein so genannter „Reaktionsraum“ festgelegt werden, der direkt und indirekt durch den gewählten Projektstandort in einem planungsrelevanten geologisch-ökologischen und damit für das geplante Bauwerk auch ökonomischen Ausmaß beeinflusst würde. Eine derartige Beurteilung hätte dann aber eine völlig andere wirtschaftlich-geotechnische Variantenplanung als ohne Berücksichtigung der Auswirkung dynamischer Prozesse während und nach Beendigung des (hier etwa angenommenen) Kraftwerksbaues zur Folge.

Ein wichtiges Anliegen zur Beurteilung aktuell wirksamer geologischer Prozesse waren z.B. geodätische Messmethoden zur Beurteilung tektonischer Veränderungen im Gelände, die durch Labormessungen, etwa über Spannungsänderungen in Gesteinsproben (z.B. Häusler, 1965), ergänzt wurden. Für diese Themen sind in den letzten Jahrzehnten international große Fortschritte erzielt worden, seien es Geodatenbanken über Raumplanung, Flächenwidmung und Erdbebengefährdung, Satelliten-gestützte Präzisionsmessungen zur genauen Positionsänderung von Fixpunkten, in situ-Großversuche in der Felsmechanik, die Möglichkeiten geochemischer Laboranalytik sowie Analyse und Simulation bodenmechanischer, ingenieurgeologischer und hydrogeologischer Vorgänge.

### ***(c) Regionalpolitische Aspekte***

Erst in den letzten Jahren seiner beruflichen Tätigkeit betonte Heinrich Häusler auch bei der Beratung von Landespolitikern die ökologisch-ökonomische Beurteilung geotechnischer Projekte im geologischen System. Weitere Betrachtungen darüber finden sich nur in wenigen Gutachten aus den Jahren 1969 und 1973. Es handelt sich dabei um ein Gutachten über die anthropogeologische Situation des geplanten Pumpspeicherwerkes Molln der Ennskraftwerke A.G. in Steyr für die Belange des oberösterreichischen Natur- und Landschaftsschutzes (Häusler, Gutachten 1969-03), ein gerichtsgelogisches Gutachten in der Rechtssache einer klagenden Partei gegen die Republik Österreich für das Landesgericht Linz (Häusler, Gutachten 1973-04) und ein weiteres gerichtsgelogisches Gutachten in Oberösterreich (Häusler, Gutachten 1973-17).

Heinrich Häusler war in den Jahren 1968 bis 1984 Mitglied des Landesbeirates für Naturschutz und wurde, nach einer kurzen Unterbrechung, nochmals von 1986 bis 1991 als Sachverständiger für ökologische Belange im Landesbeirat für Natur- und Landschaftsschutz weiterbestellt. Bei den regelmäßig stattfindenden Sitzungen wurde über sehr konkrete Bau- und Planungsvorhaben diskutiert. In den 16 Jahren seiner Mitwirkung im Fachbeirat wurden von Heinrich Häusler mindestens 24 Gutachten als Entscheidungshilfen für den Landesbeirat verfasst. Regionale Gutachten betrafen z.B. die Auswirkung geplanter Kalksteinbrüche bzw. Kiesentnahmegruben auf den Zustand der Landschaft, ein Gestaltungsmodell einer Entwicklungsachse im Linzer Raum, die generelle Situation des Forst- und

Güterwegebau als wirtschaftliche Belastung des Erschließungsraumes sowie die Aktivierung bzw. Sanierung eines Bergsees für den Badebetrieb. Neben Gutachten über Planung und Errichtung von Kleinkraftwerken bzw. Speicherkraftwerken wurden Argumente als politische Entscheidungshilfe für Kleinkraftwerksgruppen, aber auch die Anlage von Kernkraftwerken sowie allgemein über die Untersuchung von politischen Folgen geotechnischer Projekte ausgearbeitet.

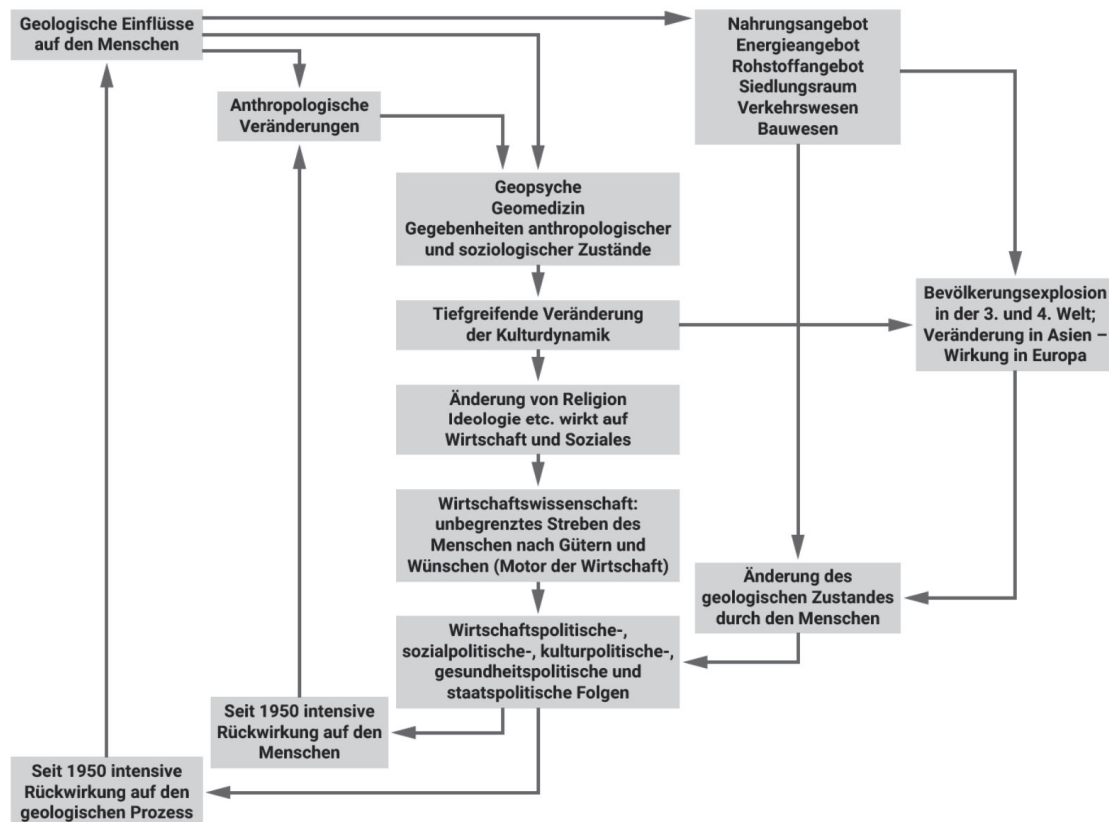


Abb. 11: Flussdiagramm anthropogeologischer Grundlagen regionalpolitischer Entscheidungen (verändert nach Häusler, Gutachten 1983-04).

Abb. 11 zeigt ein Flussdiagramm anthropogeologischer Grundlagen für die Beurteilung politischer Entscheidungen gegen und anthropogen verursachter geologischer Prozesse im Bundesland Oberösterreich. Eine der Kernaussagen einer anthropogeologischen Beratung von Landespolitikern lag in geologischen Langfristprognosen für Wirtschaftsprojekte, geotechnische Projekte sowie zur Beurteilung ökologischer Veränderungen der Umwelt bei raumpolitischen Maßnahmen.

Wesentliches Anliegen der Diskussion von Heinrich Häusler als Sachverständiger für Natur- und Landschaftsschutz war es, die künftigen langfristigen Veränderungen als Folgen geotechnischer Eingriffe zu erkennen und bereits in der Planung zu beachten. Dadurch konnten langfristige Schadfolgen eines Eingriffes gegenüber kurzfristigen Gewinnen abgeschätzt und kontraproduktive Entwicklungen bzw. Folgen vermieden werden, wodurch wiederum wirtschaftspolitische Entscheidungshilfen zu erwarten waren. Technische Projekte sollten so geplant werden, dass ihre Reaktionen mit dem Umland im Laufe der Funktionsperiode bzw. Bestandesdauer nicht durch Schäden für Projekt und Umland belastet wurden. Darüber hinaus wurde darauf hingewiesen, dass das Spätschadenkalkül für Projekt und Umwelt nach dessen Funktionsende bzw. Bestandesende ebenfalls zu beachten wäre, um nachteilig-schädliche Veränderungen des Projekt-Reaktionsraumes bzw. der Umwelt rechtzeitig zu erkennen und dadurch auch vermeiden zu können.

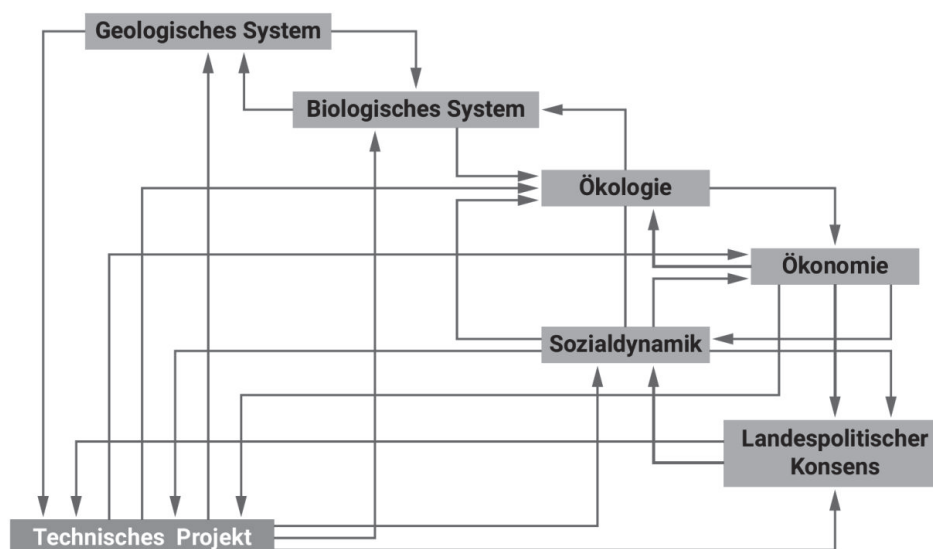


Abb. 12: Wirkungssystem wesentlicher Planungselemente beim Bau von Wasserkraftanlagen. Nur das technische Projekt bildete darin ein unveränderliches Teilsystem (verändert nach Häusler, Anlage 1 zu Gutachten 1983-04, 1984-03 und 1985-01).

Einen Meilenstein in der Entwicklung der Anthropogeologie bildete, 25 Jahre nach Verfassung der Vorstudie zur Anthropogeologie, der Vorschlag vom 12. April 1983, eine Arbeitsgemeinschaft für Anthropogeologie in der Ludwig Boltzmann-Gesellschaft zu begründen (Häusler, Gutachten 1983-04). Der im Folgenden auszugsweise wiedergegebene Vorschlag wurde mit den Ergebnissen und Erfahrungen aus dem Zusammenwirken von geologischer Grundlagenforschung und 35-jähriger Gutachtertätigkeit für öffentliche und private Aufträge, in den letzten 25 Jahren auch Beratertätigkeit als Mitglied des Landesbeirates für Natur- und Landschaftsschutz begründet (Häusler, Gutachten 1983-04): „Aus der beruflichen Anwendung geologischer Erkenntnisse für die Belange öffentlicher und privater Stellen hat sich eine politische Dimension ergeben, so dass die entsprechenden technischen, juristischen und raumpolitisch relevanten Zusammenhänge mit der geologischen Problemstellung zu berücksichtigen waren. Aus dieser Tätigkeit und den Forschungsarbeiten zur „Anthropogeologie“ folgten als wesentliche weitere Ziele der Grundlagenforschung die Analyse der geologischen Dimension politischer Prozesse. Die Bearbeitung von Grenzgebieten der Geowissenschaften und der Humanwissenschaften mit besonderer Berücksichtigung des Menschen als maßgeblichem geologischen Faktor des geologischen Systems hat zwangsläufig dazu geführt, dass der Denkprozess, dessen psychologischen und neuro-ethologischen Bedingungen zum zentralen Thema werden musste. Gleichzeitig war aber damit auch die Beziehung dieses Forschungsfeldes zu politischen Strukturen gegeben - die geologische Dimension des menschlichen Wirkens im politischen Prozeß.“

Als Tätigkeitsbereiche dieser Arbeitsgemeinschaft für Anthropogeologie wurden vorgeschlagen (Häusler, Gutachten 1983-04; siehe Abb. 12):

- Forschungen zur Analyse der geologischen Dimension des Menschen in seinem Wirkungsfeld
- Dokumentation und Zeitanalysen aus Literatur und Presse
- Facheinschlägige Publikationen zum Thema Anthropogeologie
- Analyse und Beurteilung politischer Strukturen und Prozesse
- Untersuchung relevanter Probleme der politischen Entscheidung
- Auswertung des vorhandenen Forschungspotentials
- Regelmäßig stattfindende Konferenz zur Schaffung von Diskussionsgrundlagen

Als Hauptthemen wurden vorgeschlagen (Häusler, Gutachten 1983-04):

- Feststellungen über die geologische Dimension des menschlichen Wirkens im politischen Prozess
- Nachweis über die Zusammenhänge von speziellen Strukturen des Denkens konservativer Forschungsgebiete im Wirkungsfeld politischer Prozesse
- Analyse der Vernetzung von Zustandsänderungen natürlicher Systeme im Zusammenhang mit der Dynamik politischer Prozesse

Die Bedeutung der Anthropogeologie wurde von Heinrich Häusler somit für zwei Problembereiche aufgezeigt, erstens für eine interdisziplinäre Ausbildung von Ingenieurgeologen und mit der Planung von Großbauprojekten befassten Bauingenieuren und Juristen und zweitens für die ökologisch-ökonomisch-politische Beurteilung von Planungen auf Landesebene. Er hat dabei erstmals mit den anthropogeologischen Gutachten für die Oberösterreichische Landesregierung eine ökologisch-ökonomische Systemanalyse regionalpolitischer Entscheidungsvarianten aufgezeigt, wie sie beispielsweise auch Hohl (1974) in Ostdeutschland erkannt hat.

Die Begründung der „Arbeitsgemeinschaft für Anthropogeologie“ sollte im Jahr 1985 zur Errichtung eines „Ludwig Boltzmann-Institutes für Anthropogeologie“ führen, zu der es dann aber nicht mehr gekommen ist. Auf grundlegende Vorschläge für die Einführung eines neuen Curriculums, für Sachverständige für das Bauwesen (Bauingenieure) und Sachverständige für Geologie (Häusler, 1988) wird hier nicht näher eingegangen.

Nach wie vor dürften die in vorliegender Arbeit von der Anthropogeologie bis zur Umweltgeoforschung im Anthropozän mitgeteilten methodischen Aspekte bei der Bearbeitung konkreter, komplexer Mensch-Umweltsysteme auch in Zukunft von Nutzen sein, solange sie nicht durch ausreichende Daten abgestützt und durch Modellrechnungen ersetzt werden können. Von entscheidender Bedeutung bleibt bei Umweltveränderungen durch geotechnische Großprojekte die Budgetoptimierung unter Berücksichtigung ökonomischer Aspekte, das so genannte kalkulierte Risiko, also die Übernahme der Verantwortung von Folgeschäden seitens des Auftraggebers.

## **6. Schlussbetrachtungen**

Der Forschungsgegenstand von Geographie und Geologie ist im Wesentlichen ident, nämlich unsere Erde und somit unsere Umwelt, unter Einbeziehung des Menschen. Der Hauptunterschied zwischen den beiden Wissenschaften liegt in der Betrachtungsweise, in der universitären Ausbildung und in den angewendeten Forschungsmethoden. Offensichtlich kommt dieser Unterschied bereits in unterschiedlichen Begriffen des betrachteten Objektes zum Ausdruck, nämlich z.B. in der Erforschung des „Systems Erde“ in geowissenschaftlicher Sicht, im Gegensatz zur geographisch-orientierten Analyse der „Erde als System“ (Ehlers und Krafft, 2001; vgl. Häusler jun., 2009). Im Folgenden wird daher zur Begriffsklärung der Unterschied zwischen Angewandter Geologie und Angewandter Geographie, zwischen Umweltgeologie und Umweltgeographie, zwischen Anthropogeologie und Anthropogeographie und die Stellung einer Anthropogeologie innerhalb der Umweltgeowissenschaften bzw. Umweltsystemwissenschaften erläutert. Zuletzt wird auf die Bedeutung von Interdisziplinarität und Transdisziplinarität hingewiesen und die mögliche Bedeutung der Kernaussagen der Anthropogeologie im Anthropozän aufgezeigt.

### **6.1 Angewandte Geologie und Angewandte Geographie**

Interessanterweise enthält die deutsche Ausgabe des Internationalen Geographischen Glossariums (Meynen, 1985) zwar einen Eintrag über „Geologie“ (als Nachbar- und Hilfswissenschaft) mit einer

ausführlichen Aufzählung der Methoden und Arbeitsgebiete im Sinne einer „*historisch ausgerichtete[n], jedoch mit naturwissenschaftlichen Methoden arbeitende[n] Wissenschaft*“, jedoch ohne Hinweis auf das Arbeitsgebiet der Angewandten Geologie. Dabei sind darüber im deutschen Sprachraum drei umfassende Bände erschienen (Bentz, 1961, 1968), die in den 1980er-Jahren durch vier Bänden der Angewandten Geowissenschaften (Bender, 1981, 1984, 1985, 1986) erweitert und ergänzt wurden. Wohl wurden aber in das Glossarium Begriffe aufgenommen wie „Praktische Geophysik“ (synonym: Angewandte Geophysik) und „Angewandte Geographie“.

Unter Angewandter Geographie definierte Meynen (1985) eine Teildisziplin der geographischen Wissenschaft, die geographische Erkenntnisse (Fakten und Methoden) für die Anwendung zu praktischen Zwecken erarbeitet und verfügbar macht. Sie diene vielen Lebensbereichen, insbesondere:

- als amtliche Landeskunde zur Unterrichtung im Dienst der Verwaltung
- in Erfüllung von Aufgaben der Landesplanung in der Form sozioökonomischer Raumforschung
- in Mitarbeit und Ausführung von Teilaufgaben der Umweltforschung und
- als Militärgeographie zur Unterrichtung über physisch-geographische Verhältnisse eines Raumes hinsichtlich militärischer Aktionen.

Nach Rohr (1993) entsteht Angewandte Geographie „*aus der Berührung der Geographie mit Aufgaben, die in der bzw. von der Gesellschaft im weitesten Sinne dieses Wortes zu bewältigen, zu lösen ist.*“ Und: jede Geographie könne zu Angewandter Geographie werden, Angewandte Geographie sei keine Wissenschaft an sich. Rohr (1993) spricht somit dann von Angewandter Geographie: „*...wenn der Anwendungszweck mit dem Ausfüllen der zahlreichen und sehr anspruchsvollen raumbedeutsamen Aufgaben unserer Gesellschaft zu tun hat, die sich nicht die Geographen selbst stellen, sondern die der Geographie gestellt werden*“. Angewandte Geographie wird als permanenter Vorgang des Anwendens und somit die Angewandte Geographie als Prozess gesehen, wobei die Abgrenzung geographischer bzw. angewandt geographischer Aufgaben zur „Bewältigung raumbedeutsamer Aufgaben“ mit dem Selbstverständnis der Geographie unter der Devise „*geography is what geographers do*“ begründet wird (Rohr, 1993, S. 71).

Im Gegensatz zu dieser Darlegung der Angewandten Geographie als permanenter Prozess zur Bewältigung raumbedeutsamer Aufgaben steht das Sachgebiet der Angewandten Geologie, deren praxisrelevante Methoden seit Jahrzehnten in Lehrbüchern der Angewandten Geologie bzw. Angewandten Geowissenschaften vermittelt werden (siehe oben).

## **6.2 Umweltgeologie und Umweltgeographie**

Als neues Teilgebiet der angewandten Geologie bzw. der angewandten Geowissenschaften beschäftigt sich speziell die Umweltgeologie mit den qualitativen Auswirkungen menschlicher Aktivitäten auf die (im weitesten Sinne) geologische Umwelt. Wie bereits erläutert, resultierte aus der Zunahme der Umweltprobleme seit den 1970er-Jahren die Begründung der Umweltgeologie durch Kasig und Meyer (1984) und die Analyse von Simmons (1993) verdeutlicht beispielsweise, dass viele der von uns identifizierten „Umweltprobleme“ im Wesentlichen auf die Suche von Geo-Ressourcen und deren Nutzung zurückgehen.

Interessanterweise hat es 30 Jahre gedauert, bis im deutschen Sprachraum ein handliches Lehrbuch über „Umweltgeologie“ (Hilberg, 2015) erschienen ist. In diesem Band sind die Grundlagen der Stoffkreisläufe und Schadstoffe in Atmo-, Hydro- und Pedosphäre sowie in Sedimenten ebenso kompetent zusammengefasst wie die Bedeutung der Umweltgeologie in der Praxis. Diese umfasst beispielsweise Probengewinnung für umweltgeologische Fragestellungen, Abfallmanagement und Altlastenpraxis,

Rohstoffe und Energieversorgung. Eine wichtige Rolle spielt die Geologie auch in der Umweltverträglichkeitsprüfung (vgl. Wycisk, 1993). Ergänzend zu Arbeiten in angewandt orientierten internationalen Zeitschriften (z.B. Brose und Brühl, 1993) wurden besonders im angloamerikanischen Raum auch methodische Lehrbücher über geowissenschaftliche Umweltuntersuchungen, etwa über Umwelt-Hydrogeologie (Soliman et al., 1998) und Angewandte Umweltgeophysik (Reynolds, 2000) veröffentlicht.

In Deutschland haben sich zwei Universitäts-Studiengänge in Umweltgeographie entwickelt. Seit 2008 wird an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel ein viersemestriger Master-Studiengang „Umweltgeographie und Umweltmanagement“ angeboten. Nach URL14 vermittelt der Studiengang Fachkenntnisse und methodische Kompetenzen im Bereich Umweltforschung und ökologischem Umweltmanagement. Durch den projektorientierten Aufbau des Studienganges wird integratives Arbeiten in Wissenschaft und Praxis erlebbar. Die fachlichen Kernthemen vermitteln fundierte Kenntnisse über die Funktionsweise terrestrischer und mariner Systeme und bieten Handlungsoptionen zum integrativen Management komplexer Mensch-Umweltsysteme unter dem Einfluss des globalen Wandels. Der Studiengang beinhaltet eine Vertiefungsrichtung und setzt weitere methodische Schwerpunkte mit vertiefenden Kenntnissen in den Bereichen Feld- und Labormethoden, Fernerkundung und GIS. Diese Kenntnis befähigt zum professionellen Umgang mit modernen Werkzeugen und Medien der Daten- und Raumanalyse und legt die Grundlagen für die eigenverantwortliche Analyse von Problemstellungen sowie der Konzeption und Implementierung fachspezifischer Lösungsstrategien.

Seit dem Wintersemester 2010/11 bietet die Physische Geographie an der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt einen praxisorientierten Masterstudiengang zum Thema „Umweltprozesse und Naturgefahren“ an (URL15). Die Frage, wie menschliches Handeln hydrologische Prozesse beeinflusst, steht im Mittelpunkt des Moduls „Hydrologische Umweltprozesse und Naturgefahren“. Dieses Modul bildet einen Teil der Grundlagenphase, die darüber hinaus auch geomorphologisches und klimatologisches Wissen sowie Methoden der Geoinformatik vermittelt. Die Vertiefungsphase umfasst Lehrveranstaltungen, die sich mit der Auseinandersetzung von Mensch und Umwelt bzw. Naturgefahr im Sinne einer Analyse, eines Monitoring und Managements sowie der umweltpsychologischen Reflexion beschäftigen. Ein zentrales Element ist die „Projektarbeit Umweltmonitoring“, bei der in Gelände und Labor Umweltprozesse und Naturgefahren erkannt, dokumentiert und bewertet werden sollen. Hierbei werden in Anlehnung an laufende Forschungsprojekte von Mitarbeitern der Physischen Geographie angewandte geomorphologische, Auen-dynamische, karsthydrologische oder landschaftsökologische Fragestellungen bearbeitet. In den Modulen der Spezialisierungsphase werden wichtige Weichen für die weitere Arbeit in Wissenschaft und Praxis gestellt - die bislang erworbenen Kenntnisse werden im Rahmen von Exkursionen vertieft. Die Anwendung digitaler Methoden bei der Aufnahme und Analyse von Geländedaten steht im Mittelpunkt des gleichnamigen Moduls. Fragestellungen werden mit modernen Methoden bearbeitet, wie etwa die Aufnahme von Geländedaten durch Vermessung und GPS-gestützte Kartierung mit nachfolgender Datenverarbeitung und digitaler Reliefanalyse in einem GIS (URL15).

In Vergessenheit geraten ist der in den frühen 1990er-Jahren an der Technischen Universität Wien gemeinsam mit der Universität für Bodenkultur eingerichtete Studienplan für ein Aufbaustudium „Technischer Umweltschutz“ (Bundesgesetz über technische Studienrichtungen BGBl. 184/1983). Der zeitaufwändige und inhaltlich sehr anspruchsvolle Studienplan enthielt als Prüfungsfächer für die Abschlussprüfungen:

- Technisch-naturwissenschaftliche Grundlagen
- Ökologie
- Allgemeine Rechts- und Sozialkunde mit besonderer Berücksichtigung der für den Umweltschutz wichtigen Rechtsgebiete und wahlweise



- eine der folgenden Fächergruppen: Luftreinhaltung und Lärmschutz sowie Gewässerschutz und Abfallwirtschaft

Die technisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen dieses Aufbaustudiums beinhalteten beispielsweise Lehrveranstaltungen über ingenieurwissenschaftliche Grundlagen, Geologie und Bodenkunde, Biologie und Botanik, Umweltplanung, Umweltanalyse, Anlagentechnik und Strahlenschutz.

Gerade die Ausbildung und Forschung im Umweltbereich zeigt deutlich die Interdisziplinarität dieses komplexen Themas im System Mensch-Umwelt, dem sich unterschiedliche Disziplinen sowohl mit geologischen Methoden (Umweltgeologie) als auch mit geographischen Methoden (Umweltgeographie etc.) widmen. Eine Erweiterung zur Bewältigung von Umweltproblemen erfährt die Umweltgeologie in den Umweltgeowissenschaften, die über den anthropogenen Einfluss auf den geologischen Kreislauf hinaus beispielsweise auch praxisrelevante Kenntnisse in Umweltrecht und Umweltökonomie vermitteln.

### **6.3 Anthropogeologie und Anthropogeographie**

Nach Wirth (1979, S. 28) hatte es sich in der jüngeren methodologischen und wissenschaftstheoretischen Literatur eingebürgert: „...anstelle der herkömmlichen Bezeichnungen „Kulturgeographie“, „Anthropogeographie“ oder „Geographie des Menschen“ den Terminus „Wirtschafts- und Sozialgeographie“ zu verwenden.“ Seiner Auffassung nach (Wirth, 1979, S. 75) umfasste der Begriff Anthropogeographie neben der Kulturgeographie noch die Physische Anthropogeographie, welche den Menschen in seiner biologisch-anthropologischen Eigenart zum Thema hat. Eine Zusammenfassung über statistisch orientierte und kartographisch vermittelte Arbeitsweisen der Anthropogeographie stammt von Hantschel und Tharum (1980).

Nach Meynen (1985) wurde der Begriff der „Anthropogeographie“ unterschiedlich angewendet und war dem Begriff „Geographie des Menschen“ gleichzusetzen (vgl. Ehlers, 2008). Die Anthropogeographie umfasst somit alle Bereiche der geographischen Forschung und Lehre, die sich mit dem Menschen als Bestandteil der geosphärischen Räume beschäftigt, wobei unter Geosphäre der Raum an der Außenfläche des Erdkörpers definiert wurde. Die regionale Anthropogeographie bezog sich sowohl auf die Länderkunde als auch auf die Landeskunde. Die Physische Anthropogeographie ist größtenteils der Biogeographie zuzuordnen und befasst sich nach Meynen (1985): „...mit den biotischen Eigenschaften, Fähigkeiten und Leistungen des Menschen und deren räumlicher Differenzierung in ihren Abhängigkeits- und Anpassungsbeziehungen zu den physischen Lebensbedingungen der geographischen Räume“. Die physische Anthropogeographie betrachtet demnach den Menschen in seinen Lebensräumen sowohl regional als auch allgemein vergleichend.

Aus der Sicht Schweizer Geographen zählen nach Hünermann et al. (1997) zu den Teildisziplinen der Anthropogeographie die Wirtschaftsgeographie, die Historische Geographie und Siedlungsgeographie sowie die Politische Geographie und die Sozialgeographie. Nach Meusberger (1997) untersucht die Anthropogeographie in erster Linie die räumlichen Strukturen und Prozesse der Wirtschaft und Gesellschaft sowie die Mensch-Umwelt-Beziehungen nach eigenen Methoden und theoretischen Konzepten. Dass somit die Forschungsansätze der Anthropogeographie wie z.B. der Bevölkerungsgeographie, der Agrargeographie, der Wirtschaftsgeographie, der Stadtgeographie aber auch der Kultur- und Sozialgeographie (Hambloch, 1982; Rohr, 1993) weitestgehend von jenen der Anthropogeologie, wie sie in der vorliegenden Arbeit beschrieben werden, differieren, zeigen alleine die Themen, die von Meusberger (1997) in einem Sammelband der populärwissenschaftlichen Zeitschrift Spektrum der Wissenschaft herausgegeben worden sind. Es sind dies etwa Themen zu Bevölkerungswachstum, zur Mechanisierung, Produktivität und Nachhaltigkeit der Landwirtschaft sowie zur Wirtschaft und Umwelt, wie etwa:

- Probleme des Bevölkerungswachstums und Ursachen der Überbevölkerung
- Familienplanung in Entwicklungsländern
- Bevölkerungswachstum, Armut und Umwelt
- Eigendynamik des Weltbevölkerungswachstums
- Die demographische Zeitenwende
- Strategien für die Landwirtschaft
- Nachhaltige Landwirtschaft - das Beispiel USA
- Modelle für die Landwirtschaft: Misch- kontra Monokultur
- Die Entwaldung der Tropen - ein ökonomischer Fehlschlag
- Tropische Regenwälder: Grenzen nachhaltiger Forstwirtschaft
- Strategien für die Wirtschaftsentwicklung
- Verantwortliches Gestalten des Lebensraums Erde
- Verschuldung und Raubbau in der Dritten Welt
- Ein Plädoyer für freien Handel
- Die Gefahren des freien Handels
- Strategien für die Industrieproduktion
- Politik für eine lebensfähige Welt

Eine Internetabfrage nach dem Begriff Anthropogeographie verweist auf Humangeographie (URL16) und erläutert sie als: „*The science of the human species as to geographical distribution and environment. Broadly, it includes industrial, commercial, and political geography, and that part of ethnology which deals with distribution and physical environment.*“ Auf ein Symposium aus dem Jahr 1987 geht der umfangreiche Band „*The Earth as transformed by human action*“ von Thurner et al. (1993) zurück, der Arbeiten über die regionale Veränderung der Biosphäre in den vergangenen 300 Jahren enthält.

Wie die Ausführungen und Beispiele der vorliegenden Arbeit über die Anthropogeologie zeigen, ist es zwischen den Forschungsdisziplinen Anthropogeographie und Anthropogeologie mit Ausnahme der „Anthropogenetischen Geomorphologie“ (Rathjens, 1978; Hooke, 2000) kaum zu thematischen Überschneidungen gekommen, es handelt sich somit um zwei inhaltlich und methodisch von einander nahezu gänzlich unterschiedliche Forschungsrichtungen: Anthropogeographie als Geographie des Menschen und Anthropogeologie als Eingriff des Menschen in das System Erde im Ausmaß endogener und exogener geologischer Prozesse.

#### **6.4 Anthropogeologie und Umweltwissenschaften**

Seit den 1980er-Jahren werden Umweltwissenschaften an deutschen Universitäten gelehrt (Bobst et al., 1997). Folgende Studiengänge in Umweltgeowissenschaften werden heute im deutschsprachigen Raum an den Universitäten Basel, Göttingen, Trier und Wien angeboten.

- **Universität Basel:** Bachelor- und Masterstudium Umweltgeowissenschaften/Biochemie
- Fakultät für Geowissenschaften und Geographie der **Universität Göttingen:** Masterstudium in Hydrogeologie und Umweltgeowissenschaften
- Fachbereich IV der **Universität Trier:** Ökologisch orientiertes Bachelor-Studium in Umweltgeowissenschaften unter Beteiligung der Fächer Analytische und Ökologische Chemie, Bodenkunde, Geobotanik, Geologie, Hydrologie, Umweltfernerkundung und Geoinformatik sowie Umweltmeteorologie. Lernziele dieses Studiums sind: Verstehen des Systems Umwelt, Systemdenken auf wissenschaftlicher Grundlage und Ressourcenmanagement.

- Fakultät für Geowissenschaften, Geographie und Astronomie, Department für Umweltgeowissenschaften an der **Universität Wien**. Ziel der Forschung ist das Verständnis wesentlicher Prozesse, die das Erdsystem im Laufe der Erdgeschichte bis heute steuern, und die Anwendung dieses Verständnisses auf die Lösung wichtiger Umweltprobleme der Gegenwart und Zukunft. 2012 wurde ein interdisziplinäres Masterstudium „Environmental Sciences“ mit einem sehr ausgewogenen Studienplan eingerichtet. Das Studium beschäftigt sich mit den naturwissenschaftlichen Grundlagen der Beziehung von Mensch und Umwelt, wobei der Schwerpunkt hierin auf einem systemanalytischen Verständnis liegt. Ziel dieses Aufbaustudiums Umweltwissenschaften an der Universität Wien ist es, zukünftige Entscheidungsträger und Entscheidungsträgerinnen in Wissenschaft, Wirtschaft, öffentlicher Verwaltung und in internationalen Organisationen auszubilden, die befähigt sind, Herausforderungen und Probleme im Umweltbereich aus naturwissenschaftlicher Sicht zu identifizieren, zu analysieren und interdisziplinär zu bearbeiten.

Das Studium Environmental Sciences belegt in der Geschichte der Universität Wien erstmals, dass an einer Fakultät, an der die Geowissenschaften gelehrt werden - in Lehre und Forschung leider ganz unabhängig von der Geographie, die sich in ihrem Selbstverständnis ja eigentlich als Integrationswissenschaft bezeichnet - erfolgreich ein interdisziplinär ausgerichteter Studiengang Umweltwissenschaften eingerichtet wurde.

Allgemein versteht man heute unter „Umweltwissenschaften“ eine interdisziplinäre Studien- und Forschungsrichtung, die sich speziell mit der Umwelt und den Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten auf die Umwelt befasst (URL17). In Ergänzung zu den traditionellen naturwissenschaftlichen und geowissenschaftlichen Fächern werden dazu auch beispielsweise Umweltschutz, Umweltmedizin, Umweltkommunikation und Umweltsoziologie etc. gezählt. Im Schnittpunkt von Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaften beschäftigt sich auch die Geographie mit der Mensch-Umwelt-Beziehung, ein Verständnis, das in seinen Anfängen auf die Simulation von Wirkungsgefügen des deutschen Biochemikers Frederic Vester (Vester, 1983) bzw. die systemrelevante Datenreduktion zur Erfassung und Bewertung komplexer Systeme (Vester, 1999) zurückgeht.

Konsequenterweise versteht man unter Umweltsystemwissenschaften einen interdisziplinär aufgebauten Studiengang zwischen Systemwissenschaft, Mathematik und Umweltinformatik, wie er etwa an den Universitäten in Graz, Klagenfurt und Osnabrück angeboten wird (URL18). Das Studienprogramm der Universität in Osnabrück ist eng mit dem interdisziplinären Institut für Umweltsystemforschung verbunden und setzt sich mit Mensch-Umwelt-Systemen auseinander, beispielsweise mit Belastungen von Wasser, Boden und Luft und die dadurch hervorgerufenen lokalen und globalen Risiken sowie mit neuartigen Ansätzen im Umwelt- und Ressourcenschutz. An der Karl-Franzens-Universität Graz werden dazu neben einem Fachstudium etwa in Betriebswirtschaftslehre, Chemie, Geographie, Physik oder Volkswirtschaftslehre Systemwissenschaftslehreveranstaltungen angeboten, die eine Vernetzung der Disziplinen in fächerübergreifenden und problemorientierten Lehrveranstaltungen anbieten (URL19). Als Betätigungsfelder für Absolventen der Umweltsystemwissenschaften werden etwa Beratung von Umweltschutzeinrichtungen in Gemeinden, Bezirken, Ländern und Bund, bei Umweltbeobachtungssystemen und Umweltverträglichkeitsprüfungen angegeben.

Kurse in Umweltsystemanalyse werden in der Schweiz von der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (eawag) angeboten (URL20). Das Programm der „Summer School in Environmental Systems Analysis“ beinhaltet die numerische Modellierung in den Umweltwissenschaften unter Berücksichtigung von Sensitivitätsanalysen, Daten-input-Unsicherheiten und Prognose-Unsicherheiten unter Verwendung statistischer Auswertemethoden. Die Kurse vermitteln ein Verständnis systemanalytischer Methoden, die für die datenbasierte Analyse von Umweltmodellen relevant sind sowie die Anwendung statistischer und graphischer Softwarepakete.

Spezielle Masterstudiengänge zum Themenkomplex „Globaler Wandel“ werden nach URL21 beispielsweise an der Universität Bayreuth („Global Change Ecology“), an der Universität Freiburg („Geographie des Globalen Wandels“), der Universität Innsbruck („Globaler Wandel - regionale Nachhaltigkeit“) und der Karl-Franzens-Universität Graz („Global Studies“) angeboten.

Seit 1994 betreibt das Internationale Institut für Angewandte Systemanalyse (IIASA) im Schloss Laxenburg bei Wien mit 200 Forschern aus 35 Ländern Forschungen zur Lösung globaler Probleme zum Wohl der Menschen, der Gesellschaft und der Umwelt, speziell zu den Themenkreisen Energie und Klimawandel, Ernährung und Wasserversorgung sowie Armut und Verteilungsgerechtigkeit (URL22). Durch das internationale Geosphere-Biosphere-Programm (IGBP seit 1986) wurde die Einbeziehung menschlichen Wirkens als integraler Bestandteil des „Earth system“ erforscht, wodurch „Earth system science“ zum Verständnis des Anthropozän-Konzeptes wurde (Seitzinger et al., 2015). Den Umweltsystemwissenschaften (AIMES: Analysis, Integration and Modeling of the Earth System) gelang die Quantifizierung der gekoppelten Mensch-Umwelt-Dynamik, wie sie dann auch im 5. Assessment-Report des Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) veröffentlicht wurde (Schimel et al., 2015). Angesichts der Komplexität der Ursachen und Wirkungen von Klima- und Umweltwandel sind schon längst disziplinäre Forschungen und Lösungsansätze nicht mehr ausreichend. Vielmehr sind nach Ehlers (2008) Interdisziplinarität und Internationalität gefordert, wie der Zusammenschluss der vier Programme World Climate Research Programme (WCRP), International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP) und DIVERSITAS zur „Earth System Science Partnership“ (ESSP) zeigt.

Die in der Anthropogeologie vorgeschlagene Methodik der Analyse und Prognose von Wechselbeziehungen des Menschen mit geologischen Prozessen, in denen der Mensch sowohl als Konsument als auch als Akteur, in der Dimension eines geologischen Faktors, auftritt, wird in modernen Lehrbüchern heute auch unter der Bezeichnung „Earth systems“ vermittelt. Darunter versteht z.B. Ernst (2000) die problemorientierte Integration der Grundlagen der Natur-, Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften, insofern sie sich auf die komplexen Kopplungs- und Rückkopplungsprozesse im Umweltsystem Geosphäre - Biosphäre - Hydrosphäre und Atmosphäre beziehen. Es überrascht nicht, dass die 28 Beiträge dieses Lehrbuches von WissenschaftlerInnen stammen, die überwiegend an geowissenschaftlich und ökologisch orientierten Departments arbeiteten, nämlich zwölf an Departments für Erdwissenschaften, Geologie oder Umweltgeowissenschaften, drei an Departments für Petroleum Engineering, neun an Departments für Biologische Wissenschaften und je ein Autor bzw. eine Autorin an einem Institut für Internationale Studien, einem Department für Wirtschaft, einem College für Geschichte der Naturwissenschaften und der Stanford Law School. Logischerweise mündet die Problematik der Nutzung globaler Energieressourcen (Woodward et al., 2000) in der Thematik sozioökonomischer und technologischer Auswirkungen auf den Klimawandel. Ernst (2000) betonte: *„Earth system science is actually twenty-first century geography: It encompasses the study of the environmental physical and life sciences and engineering, coupled with an analysis of human constructs and political and economic policies.“* Genau diese modernen Aussagen entsprechen bereits dem Selbstverständnis des Ingenieurgeologen Heinrich Häusler bei der Begründung der Anthropogeologie im Jahr 1959.

Eine neue Grundlage für die Diskussion über die Stellung der Anthropogeologie innerhalb der Umweltgeowissenschaften ist die Feststellung, dass Geologie heute nicht mehr als eine historisch ausgerichtete Wissenschaft (im Sinne von Brinkmann, 1964 und Zeil, 1975) bezeichnet werden kann, da sich mit der Anthropogeologie seit den späten 1950er-Jahren, durch die Einbeziehung des Menschen als (aktiv wirksamer) geologischer Faktor, eine Wandlung des Inhaltes und Forschungsobjektes der geologischen Wissenschaft vollzogen hat.

Dieser Paradigmenwechsel in den angewandten Geowissenschaften ist (Ausnahme: Lüttig, 1976) in der Fachwelt jedoch weitgehend unbemerkt geblieben. Die anthropogeologische Arbeitsweise des Ingenieurgeologen Heinrich Häusler war geprägt von einer sehr dynamisch und prozessorientierten geologischen Sicht, wodurch sich die Geologie von einer zuvor historisch-ausgerichteten Wissenschaft zu einer im Planungsraum geotechnischer Projekte angewandt-prognostizierenden Wissenschaft entwickelte. Grundidee von Heinrich Häusler war es, in Kenntnis der erdgeschichtlich wirksamen geologischen Prozesse, ihre heutige aktuogeologische Bedeutung im Wirkungsbereich bautechnischer Projekte zu analysieren und als bestmögliche Planungsgrundlage für die Gesamtdauer von Bauvorhaben zu berücksichtigen. Dies bedeute nicht mehr und weniger, als geologische Prozesse auf die gesamte Planungsphase, einschließlich Nachnutzung, also für eine Mindestzeitdauer von 100 Jahren zu beurteilen und deren Auswirkungen auf das System „Bauvorhaben - Umwelt“ im System endogener und exogener Prozesse zu prognostizieren. Eine aktuogeologische Beurteilung vor einer Projektplanung bedurfte somit auch einer an-aktualistischen Beurteilung der Folgewirkungen, nach Funktionsende eines Projektes bzw. Bestandsende eines Großbauwerkes. Derartige Beurteilungen sind heute etwa aus dem Kraftwerksbau von Flusskraftwerken, nicht jedoch z.B. von Atomkraftwerken (einschließlich einer bisher ungelösten Endlagerung) bekannt.

Grundlagen und Methoden der Anthropogeologie sind in den Umweltgeowissenschaften auch heute noch in jenen Bereichen von Interesse, in denen natürliche und anthropogen gesteuerte geologische Prozesse aufgrund mangelnder Daten noch nicht durch Modellierung und Simulation, sondern nach persönlichen, angewandt geologischen Systemerfahrungen beurteilt und prognostiziert werden müssen.

### **6.5 Anthropogeologie im Anthropozän**

Wesentliche Neuerungen in der Anthropogeologie waren einerseits erkenntnistheoretischer Natur - was etwa als Objekt der Geologie zu sehen sei - und andererseits humanökologische Aspekte - vor allem bei der Einbeziehung der Raum- und Regionalplanung in die geologische Analyse und Prognose (Häusler, 1959).

Der bereits im Jahr 2000 von Paul J. Crutzen (in Crutzen und Stoermer, 2000) für die geologische Jetztzeit vorgeschlagene Begriff des Anthropozäns beinhaltet, wie schon eingangs angeführt, die geologische Dimension humanökologischer Prozesse (URL23): „...to denote the present time interval, in which many geologically significant conditions and processes are profoundly altered by human activities. These include changes in: erosion and sediment transport associated with a variety of anthropogenic processes, including colonisation, agriculture, urbanisation and global warming...“. Diese Bezeichnung der entscheidend durch den Menschen geprägten Epoche hat eine breite wissenschaftliche Aufmerksamkeit erregt (Ehlers and Krafft, 2006; Crutzen, 2006; Ehlers, 2008) und derzeit wird von einer Arbeitsgruppe der Subkommission über Quartärstratigraphie eine zeitliche Abgrenzung des Anthropozäns diskutiert. Für den Beginn eines globalen Nachweises menschlicher Aktivitäten auf der Erde als „anthropogener marker“ werden drei unterschiedliche Zeiträume angeführt (Smith und Zeder, 2013), und zwar:

- Seit Jahrtausenden (Landnahme, Ackerbau, Metallverarbeitung; Ruddiman, 2003, 2005; Wagerich 2014)
- Seit der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts (industrielle Revolution)
- Seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts (Plutonium und Chlorid von Atomwaffentests der 1960er-Jahre; Quecksilber von Kohlekraftwerken der 1980er-Jahre; rein anthropogene Ablagerungen: Beton und Aluminium sowie Plastik-Polymere; Zalasiewicz et al., 2014)

Unabhängig davon, wie eine zeitliche Abgrenzung des Anthropozäns festgelegt werden wird, die globale Dimension des geotechnischen Akteurs Mensch im geologischen System ist vielfältig und eindeutig bewiesen. Aktuelle Beiträge darüber finden sich im Internet sowie in vier internationalen Zeitschriften,

nämlich: „Anthropocene“, „The Anthropocene Review“, „The Anthropocene Journal“ und „Elementa: Science of the Anthropocene“.

Da die Arbeiten über den Menschen/die Menschheit als geologischer Faktor seit 1916 und über die Anthropogeologie der 1950er- bis 1980er-Jahre in den Geowissenschaften kaum Verbreitung gefunden haben, ist ihr Beitrag zum aktuellen Verständnis anthropogen verursachter geologischer Katastrophen gering. Vor genau 100 Jahren formulierte schon der Geologe Ernst Fischer (Fischer, 1916, S. 143): *„Der Mensch mit seinen Produkten und Begleitern ist zum Leitfossil der gegenwärtigen Periode geworden“* und vor rund 50 Jahren stellte, wie eingangs erwähnt, der Geologe Viktor von Bülow in seinem Geleitwort zur Vorstudie über die Anthropogeologie von Häusler (1959) fest: *„Man darf die bisherige Vernachlässigung der „Anthropo-Geologie“ seitens der geologischen Fachwelt daraus erklären, daß die Länge des „anthropozoischen“ Zeitraumes weit unter erdgeschichtlichen Maßen liegt.“*

Die vorliegenden Ausführungen über drei Jahrzehnte Anthropogeologie in Europa belegen eine Entwicklung, die bisher in historischen Beiträgen zur Entwicklung des Anthropozäns (Hamilton und Grinevald, 2015) völlig unberücksichtigt geblieben ist. Kernaussage anthropogeologischer Konzepte waren ja die Veränderungen geologischer Prozesse durch den Menschen, wobei Leinfelder und Schwägerl (2012) zu Recht feststellten, dass die Geowissenschaften im Anthropozän angekommen sind.

Es sollte somit im Anthropozän leichter fallen, die Menschheit als geologischen Faktor zu beschreiben, in ihren Auswirkungen jährlich größenordnungsmäßig vergleichbar mit Kubaturen globaler Massenverlagerungen (etwa bei der Rohstoffgewinnung), die natürlichen Erosions-, Transport- und Ablagerungsprozessen entsprechen. Dass der weltweit steigende Energie- und Ressourcenverbrauch sowie die Auswirkung von Massenvernichtungswaffen ebenfalls das Ausmaß von Naturkatastrophen (z.B. durch tektonische Bewegungen, Vulkanismus und Erdbeben) erreicht, ist ebenso bekannt, wie die Begrenztheit der globalen Ressourcen. Obwohl bereits aus der Zeit der beginnenden Umweltproblematik in den späten 1970er-Jahren stammend, hat der Hinweis auf eine „ökologische Kosten/Nutzen-Rechnung“ des ehemaligen Leiters des Geologisch-Paläontologischen Institutes der Universität Göttingen, Prof. Dr. Jürgen Schneider, immer noch seine Gültigkeit (Schneider, 1977): *„Die Systemzusammenhänge zwischen Rohstoffausbeutung, Energie-Verschwendung und daraus resultierender Umweltbelastung einerseits und der Zukunft menschlicher Gesellschaften andererseits müssen gerade von den Geowissenschaftlern viel stärker als bisher beachtet werden“*.

### **6.6 Die künftige globale Herausforderung des Geoengineering**

Last but not least muss noch der globale Einfluss des Menschen auf die heutige Klimaentwicklung angesprochen werden, die, nach Ende der letzten (Kleinen) Eiszeit um 1860, die natürliche Erwärmung, speziell durch den Ausstoß von Treibhausgasen, unübersehbar überlagert. In zunehmendem Maße werden die geogen-bedingten Naturkatastrophen um anthropogen-verursachte Umweltkatastrophen erweitert. War bisher der Impakt des geologischen Faktors Mensch nur von lokaler bis regionaler Dimension, so hat „Geoengineering“ die Perspektive einer global wirksamen Umweltmanipulation eröffnet (Steffen et al., 2007).

Nach URL24 bezeichnet der Begriff „Geoengineering“ (auch „Geo-Engineering“ oder „Climate Engineering“) vorsätzliche und großräumige Eingriffe mit technischen Mitteln in geochemische oder biogeochemische Kreisläufe der Erde. Als Ziele derartiger Eingriffe werden hauptsächlich das Stoppen der Klimaerwärmung, der Abbau der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre oder die Verhinderung einer Versauerung der Meere genannt. Dazu zählen z.B. Überlegungen zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre (Carbon Dioxide Removal) durch die natürliche Bindung als Biomasse und die unterirdische Speicherung

von gasförmigem CO<sub>2</sub> (biologische und geologische Sequestrierung). Um das marine Planktonwachstum und die damit verbundene CO<sub>2</sub>-Aufnahme zu fördern, wurde vorgeschlagen, die Ozeane mit Eisensulfat zu düngen, was umwelpolitisch umstritten ist. Auf mögliche Gefahren beim Einsatz von Geoengineering wurde von Klimawissenschaftlern hingewiesen (URL24; vgl. Rickels et al., 2011; Edenhofer et al., 2012).

Yong et al. (2015) definierten in ihrem Band über als nachhaltig bezeichnete Praktiken des „geoenvironmental engineering“, was darunter zu verstehen sei: *„In short, sustainable practices in geoenvironmental engineering is the application of geoenvironmental engineering practice to manage (control, alleviate, mitigate, etc.) stressor impacts on the geoenvironment from natural and anthropogenic sources in a manner that protects the quality and health of the natural resources and capital of the geoenvironment and ensures that these geoenvironmental natural resources and capital remain available for future generations ...“*. Im Zusammenhang mit „geoenvironmental engineering“ werden mit Ausnahme der Hydrogeologie keine anderen geowissenschaftlichen Disziplinen explizit angesprochen, denn, so Yong et al. (2015): *„Geoenvironmental engineers and scientists have the knowledge and the various sets of tools to provide regulators, stakeholders and other interested parties with the capability to protect the geoenvironment from stressor impacts. What is needed now is a deeper integration of the various disciplines such as soil physics and chemistry, microbiology, hydrogeology, and geochemistry, into the encompassing field of geoenvironmental engineering.“*

Für die von Yong et al. (2015) vorgeschlagene Integration verschiedener Disziplinen zum nachhaltigen Schutz unserer Umwelt würde sich die Berücksichtigung anthropogeologischer Methoden bestens eignen, speziell die qualitative und quantitative Analyse und Prognose von anthropogenen Eingriffen in den geologischen Kreislauf des „Systems Erde“. Seit ihrer Entwicklung in den 1970er-Jahren nehmen die Umweltgeowissenschaften als interdisziplinäre Wissenschaft auch in der akademischen Ausbildung des komplexen Systems Mensch - Umwelt eine prominente Stellung ein (Fortuin et al., 2011). Die mit dem exponentiell anwachsenden Bevölkerungsdruck einhergehenden globalen Probleme, wie z.B. Degradation von Ökosystemen, Übernutzung natürlicher Ressourcen, Klimaänderungen und humanitäre Konflikte fordern neue Forschungsansätze quer durch alle Disziplinen sowie erweiterte sozio-ökonomische Forschungsansätze, die als transdisziplinär bezeichnet werden können (Hirsch-Hadorn, 2008; Brandt et al., 2013). Als neue transdisziplinäre Zeitschrift hat sich in diesem Zusammenhang „The Anthropocene Review“ etabliert (Oldfield et al., 2013).

### **Ausblick**

Abschließend sei betont, dass es trotz eines in den frühen 1980er-Jahren vorgeschlagenen Curriculums in Deutschland (Hohl, 1974) nirgendwo eine Ausbildung zum „Anthropogeologen“ gegeben hat (und eine solche auch künftig nicht sinnvoll scheint). Wohl aber wurde gerade bei der Planung von geotechnischen Großprojekten die Berücksichtigung anthropogeologischer Aspekte, im Grenzbereich zwischen Ingenieurwissenschaften und Geologischen Wissenschaften, betont (Häusler, 1959; Jäckli, 1972; Hohl, 1979). Wegen unterschiedlicher Universitäts-, Fakultäts-, Instituts- und Departments-Zugehörigkeiten wäre es aus wissenschaftstheoretischen und propädeutischen Gründen zweckmäßig, in modernen Studienplänen angewandter Geowissenschaften auch anthropogeologische Grundsätze zu vermitteln. Konkret beträfe dies etwa am Standort Wien Studienpläne in Angewandter Geologie (z.B. Technische Geologie) an der Technischen Universität Wien bzw. an der Universität für Bodenkultur sowie Studienpläne der Umweltgeowissenschaften oder Angewandten Geographie an der Universität Wien.

Eine moderne Auseinandersetzung mit Forschungs- und Lehrinhalten einer Anthropogeologie kann nur auf akademischem Boden erfolgen. Es ist nämlich nicht zu erwarten, dass Studierende etwa der

Umweltgeowissenschaften sich dieses Wissen künftig aus der Literatur aneignen werden. Eine Einsicht in philosophisch orientiertes und im Speziellen wissenschafts- und erkenntnistheoretischen Denkens (Reutterer, 1981; Ströker, 1987; Lenk, 1998; siehe auch Sachsee, 1978), wie es im „Philosophikum“ früherer Studien, etwa an der Philosophischen Fakultät der Universität Wien, zu einem Studienabschluss als „Dr. phil.“ geführt hat, ist nach Umbenennung dieser Fakultät abgeschafft worden. Ein Doktorats-Studienabschluss als Ph.D. (auch PhD = philosophiae doctor; englisch: Doctor of Philosophy) ist in englischsprachigen Ländern in fast allen Fächern der höchste Abschluss eines Postgraduiertenstudiums (URL25). Trotz des Wortlauts handelt es sich beim Ph.D. in der Regel nicht mehr um einen Doktor der Philosophie. In Fächern, in denen somit keine propädeutischen Grundlagen mehr vermittelt werden (Ausnahme: z.B. Geographie an der Universität Wien) ist eine Berücksichtigung erkenntnistheoretischer, z.B. für die Umweltgeowissenschaften relevanter, interdisziplinärer und transdisziplinärer Überlegungen für das weitere Berufsleben ausgeblendet.

Zum Abschluss sei noch Heinrich Häusler (1985d) zitiert: *„Für die nun in verstärktem Maße sich abzeichnenden politischen Schwierigkeiten aus ökologisch-ökonomischen Prozessen soll die Anthropogeologie dazu dienen, auf wesentliche Elemente der Steuerung bzw. Beurteilung dieser Prozesse aufmerksam zu machen.“* Wie in vorliegender Arbeit ausführlich begründet wurde, wird heute der Mensch, der „Homo sapiens“, die Menschheit im Mensch-Umweltsystem als geologischer Faktor bezeichnet. Ob Erfahrungen der Anthropogeologie im Anthropozän doch eine Berücksichtigung finden sollten, wird somit zur Diskussion gestellt.

### Literatur

- Arnould, M. (1984): Bases théorétiques de l'interaction de l'homme et de l'environnement géologique (Theoretical fundamentals of interaction of man and geological environment). – Proceedings of the 27th International Congress, vol. 17, 1–19, Engineering Geology, VNU Science Press.
- Balandier, G. (1972): Politische Anthropologie. – sammlung dialog 45, 226 S., zahlr. Abb., München, Nymphenburger Verlagsbuchhandlung.
- Bender, F. (Hrsg.)(1981): Angewandte Geowissenschaften, Band 1, Geologische Geländeaufnahme, Strukturgeologie, Gefügekunde, Bodenkunde, Mineralogie, Petrographie, Geochemie, Paläontologie, Meeresgeologie, Fernerkundung, Wirtschaftsgeologie. – XVI + 628 S., 241 Abb., 97 Tab., 9 Taf., Stuttgart, Enke.
- Bender, F. (Hrsg.)(1984): Angewandte Geowissenschaften, Band 3, Geologie der Kohlenwasserstoffe, Hydrogeologie, Ingenieurgeologie, angewandte Geowissenschaften in Raumplanung und Umweltschutz. – XV + 674 S., 470 Abb., 92 Taf., Stuttgart, Enke.
- Bender, F. (Hrsg.)(1985): Angewandte Geowissenschaften, Band 2, Methoden der angewandten Geophysik und mathematische Verfahren in den Geowissenschaften. – XIX + 766 S., 585 Abb., 55 Tab., Stuttgart, Enke.
- Bender, F. (Hrsg.)(1986): Angewandte Geowissenschaften, Band 4, Untersuchungsmethoden für Metall- und Nichtmetallrohstoffe, Kernenergieerohstoffe, feste Brennstoffe und bituminöse Gesteine. – XV + 422 S., 156 Abb., 101 Tab., Stuttgart, Enke.
- Bentz, A. (Hrsg.)(1961): Angewandte Geologie, Band 1. Allgemeine Methoden (Kartierung, Petrographie, Paläontologie). – 1071 S., 468 Abb., 75 Tab., 3 Taf., Stuttgart, Enke.
- Bentz, A. (Hrsg.)(1968): Angewandte Geologie, Band 2/Teil 1. Methoden zur Erforschung der Lagerstätten von Erzen, Erdöl, Salzen, Industrie-Mineralien und Steinen und Erden. – XIX + 1355 S., 457 Abb., 112 Tab., Stuttgart, Enke.
- Blok, A. (1985): Anthropologische Perspektiven: Einführung, Kritik und Plädoyer, 199 S., zahlr. Abb., Stuttgart, Klett-Cotta.
- Bobst, R., Dischl, M. und Gharaei, M. (1997): Geographie und Umwelt(natur)wissenschaften. – In: Brassel, K. und Werlen, B. (Hrsg.): Disziplingeschichte und Forschungsansätze in der Geographie. Textsammlung 96/97, 81–83, Zürich, (Geographisches Institut der Universität Zürich), (<https://www.swissbib.ch/Record>).
- Brandt, P., Ernst, A., Gralla, F., Luederitz, C., Lang, D. J., Newig, J., Reinert, F., Abson, D. J. and van Wehrden, H. (2013): A review of transdisciplinary research in sustainable science. – Ecological Economics, 92, 1–15, 7 fig., 3 tab., Appendix 1–5.
- Brinkmann, R. (1964)(Hrsg.): Lehrbuch der Allgemeinen Geologie. – Band 1, 520 S., 297 Abb., 38 Tab., 1 Farbtaf., Stuttgart.
- Brose, F. und Brühl, H. (1993): Untersuchungen zur geogenen und anthropogenen Grundlast umweltrelevanter Schadstoffe in oberflächennahen Lockergesteinen und Grundwässern im westlichen Stadtgebiet von Berlin. – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 144, 279–294, 12 Abb., 6 Tab., Hannover.
- Buchwald, K. (1978): Umwelt - Mensch - Gesellschaft. Die Entstehung der Umweltproblematik. – In: Buchwald, K. und Engelhardt, W. (Hrsg.): Handbuch der Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt. – Band 1: Die Umwelt des Menschen, 1–46, Abb. 1–28, Tab. 1–3, München, BLV.



- Buchwald, K. (1980): Aufgabenstellung ökologisch-gestalterischer Planungen im Rahmen umfassender Umweltplanung. – In: Buchwald, K. und Engelhardt, W. (Hrsg.): Handbuch der Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt. – Band 3: Die Bewertung und Planung der Umwelt, 1–26, Abb. 1–5, München, BLV.
- Buchwald, K. und Engelhardt, W. (Hrsg.)(1978): Handbuch der Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt. – Band 1: Die Umwelt des Menschen, 288 S., 74 Abb., 31 Tab., München, BLV.
- Bülow, K. v. (1955): An-aktualistische Wesenszüge der Gegenwart. – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 105 (1953), 183–196, Hannover.
- Bülow, K. v. (1959): Geleitworte zu der Arbeit von Heinrich Häusler: Das Wirken des Menschen im geologischen Geschehen. – Naturkundliches Jahrbuch der Stadt Linz, 1959, 163–164, Linz.
- Bülow, K. v. (1960): Was ist Anthropogeologie? [Rezension der Arbeit von Heinrich Häusler (1959): Das Wirken des Menschen im geologischen Geschehen. Eine Vorstudie zur Anthropogeologie als allgemeines Ergebnis geologisch-technischer Untersuchungen im Großraum von Linz]. – Kosmos, 56 (6), S. 232, Stuttgart.
- Carson, R. (1968): Der stumme Frühling. – 346 S., München, dtv.
- Crutzen, P. J. (2002): Geology of mankind. – Nature, 415, p. 23 (doi:10.1038/415023a).
- Crutzen, P. J. (2006): The „Anthropocene“. – In: E. Ehlers and T. Krafft (eds.): Earth system science in the Anthropocene. Emerging issues and problems. – 13–18, 2 tab., Berlin, Springer.
- Crutzen, P. J. and Stoermer, E. F. (2000): The Anthropocene. – IGBP Global Change Newsletter, 41, 17–18, Stockholm, Royal Swedish Academy of Sciences.
- Dette, K. (1971): Prof. Dr. Rudolf Hohl zum 65. Geburtstag. – Hercynia, Neue Folge, 8 (3), 235–238, Bildnis, Leipzig.
- Dittmer, E. (1955): Der Mensch als geologischer Faktor an der Nordseeküste. – Eiszeitalter und Gegenwart, 4/5, 210–213, Öhringen/Württemberg.
- Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Field, C., Barros, V., Stocker, T. F., Dahe, Q., Minx, J., Mach, K., Plattner, G.-K., Schlömer, S., Hansen, G. and Mastrandea, M. (eds.)(2012): IPCC Expert meeting on Geoengineering, Lima, Peru, 20-22. June 2011, Meeting Report, 99 p., Potsdam (IPCC Working Group III Technical Support Unit, Potsdam Institute for Climate Impact Research).
- Ehlers, E. (2008): Das Anthropozän. Die Erde im Zeitalter des Menschen. – 284 S., 45 Abb., 19 Farbabb., 16 Tab., Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgemeinschaft.
- Ehlers, E. and Krafft, T. (eds.)(2001): Understanding the Earth system. – 290 p., 80 fig., 13 tab. Berlin, Springer.
- Ehlers, E. and Krafft, T. (eds.)(2006): Earth system science in the Anthropocene. Emerging issues and problems. – XV + 267 p., 37 fig., 10 tab., Berlin, Springer.
- Engelhardt, W. (1973): Umweltschutz. Gefährdung und Schutz der natürlichen Umwelt des Menschen. – 192 S., München, Bayerischer Schulbuch-Verlag.
- Engelhardt, W. v. (1974): Was ist Geowissenschaft? – Nachrichten der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 6, 25–35, Hannover.
- Ernst, W. G. (2000): Synthesis of Earth Systems and Global Change. – In: Ernst, W. G. (ed.): Earth systems. Processes and issues, 519–532, Cambridge, University Press.
- Fels, E. (1954): Der wirtschaftende Mensch als Gestalter der Erde. – Erde und Weltwirtschaft, ein Handbuch der Allgemeinen Wirtschaftsgeographie, Band 5, 258 S., 51 Abb., 16 Taf., Stuttgart, Franck'sche Verlagsbuchhandlung.
- Finke, L. (1971): Landschaftsökologie als Angewandte Geographie. – Berichte zur deutschen Landeskunde, 45 (2), 167–182, Bonn-Bad Godesberg.
- Fischer, E. (1916): Der Mensch als geologischer Faktor. – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft (Abhandlungen und Monatsberichte), 67 (1915), 106–148, Stuttgart.
- Forrester, J. W. (1971): Der teuflische Regelkreis. Das Globalmodell der Menschheitskrise. – 116 S., 78 Abb., Anhang, Stuttgart, dva.
- Fortuin, K. P. J., van Koppen, C. S. A. K. and Leemans, R. (2011): The value of conceptual models in coping with complexity and interdisciplinarity in environmental sciences education. – BioScience, 61 (10), 802–814, 4 fig., 1 tab.
- Gadamer, H.-G. und Vogler, P. (Hrsg.)(1972): Neue Anthropologie, Band 3, Sozialanthropologie. – 401 S., 47 Abb., Stuttgart, Thieme.
- Gadamer, H.-G. und Vogler, P. (Hrsg.)(1973): Neue Anthropologie, Band 4, Kulturanthropologie. – 508 S., 75 Abb., Stuttgart, Thieme.
- Gadamer, H.-G. und Vogler, P. (Hrsg.)(1975a): Neue Anthropologie, Band 6, Philosophische Anthropologie, Erster Teil. – 453 S., 10 Abb., Stuttgart, Thieme.
- Gadamer, H.-G. und Vogler, P. (Hrsg.)(1975b): Neue Anthropologie, Band 7, Philosophische Anthropologie, Zweiter Teil. – 412 S., Stuttgart, Thieme.
- Geologische Bundesanstalt (Hrsg.)(1986): Geologische Aspekte des Umweltschutzes – Bodenschutz. 26 S., Wien.
- Girsberger, S. und Trümpy, R. (1994): Prof. Dr. Heinrich Jäckli: 1915-1994. – Cratschla (Informationen aus dem Schweizerischen Nationalpark), 2 (1), 52–53.
- Gruhl, H. (1975): Ein Planet wird geplündert. Die Schreckensbilanz unserer Politik. – 376 S., Frankfurt am Main, Fischer.
- Haldimann, P. (1994): Heinrich Jäckli zum Gedenken. – Schweizer Ingenieur und Architekt, 112, H. 17, S. 298, Bildnis, Zürich.
- Hambloch, H. (1982): Allgemeine Anthropogeographie. – 5. Auflage, Wiesbaden, Steiner.
- Hamilton, C. and Grinevald, J. (2015): Was the Anthropocene anticipated? The Anthropocene Review, 1–14.
- Hantschel, R. und Tharum, E. (1980): Das Geographische Seminar: Anthropogeographische Arbeitsweisen. – 202 S., 52 Abb., Braunschweig, Westermann.
- Hauber, L. (1995): Nachruf auf Heinrich Jäckli. – Jahresberichte und Mitteilungen des oberrheinischen geologischen Vereins, Neue Folge 77, 21–28, Bildnis, Stuttgart.

- Häusler, H. (1940): Zur Tektonik des Grimmings. – Unveröffentlichte Dissertation, 80 S., zahlr. Abb., Institut für Geologie, Philosophische Fakultät der Universität Wien.
- Häusler, H. (1959): Das Wirken des Menschen im geologischen Geschehen. Eine Vorstudie zur Anthropogeologie als allgemeines Ergebnis geologisch-technischer Untersuchungen im Großraum von Linz. – Naturkundliches Jahrbuch der Stadt Linz, 1959, 163–319, 10 Abb., 2 Tab., 3 Beilagen, Linz.
- Häusler, H. (1962a): Die geologischen Voraussetzungen für die Verantwortung im Bauwesen. – Österreichische Bau-Zeitung, Nr. 36 vom 8. September 1962, 1127–1128, Wien.
- Häusler, H. (1962b): Zur Frage der Verantwortung in der Baugeologie. – Österreichische Wasserwirtschaft, 14 (1), 13–19, Wien.
- Häusler, H. (1963a): Kalkulation und Beurteilung baugeologischer Leistungen. – Österreichische Bau-Zeitung, Nr. 14 vom 6. April 1963, 423–424, Wien.
- Häusler, H. (1963b): Zur Anschätzung der mechanischen Eigenschaften des Gesteinsverbandes bei Fundierungen. – Mitteilungen des Institutes für Grundbau- und Bodenmechanik, Technische Hochschule Wien, Heft 5, 35–44, 7 Abb., Wien.
- Häusler, H. (1965): Vorbericht über Untersuchungen von Gesteinsdeformation durch Spannungsänderungen an Probekörpern aus den aquitanen Schiefertönen im Raum von Linz. – Naturkundliches Jahrbuch der Stadt Linz 1965, 21–36, 3 Tab., Linz.
- Häusler, H. (1969): Gutachten 1969-03: Gutachten über die anthropogeologische Situation des geplanten Pumpspeicherwerkes Molln der Ennskraftwerke A.G. in Steyr für die Belange des Natur- und Landschaftsschutzes. – 14 S., Anlage 1–6, Linz.
- Häusler, H. (1973): Gutachten 1973-04: Gutachten über den Verlauf der Uferlinien auf Parzelle 1782/80 der K.G. Kammer in der Rechtssache der klagenden Partei Maria Sackel gegen die Republik Österreich gemäß Akt 1 Cg 155/71 des Landesgerichtes Linz auf Grund der geologisch-anthropogeologischen Situation. – 16 S., Anlage 1–4, Linz.
- Häusler, H. (1973): Gutachten 1973-17: Stellungnahme der wasserrechtlichen Bauaufsicht für Geologie zur Stauerrichtung des Kraftwerkes Ottensheim. – 3 S., Linz.
- Häusler, H. (1983): Gutachten 1983-03: Gutachten als gerichtsgeloggische Untersuchung und Befundung über den Sachverhalt der klagenden Partei Holzinger und der beklagten Partei J. Silber gemäß 6a Cg 492/80-24 des Kreis- und Bezirksgerichtes Wels. – 34 S., Anlage 1–37, Linz.
- Häusler, H. (1983): Gutachten 1983-04: Gutachten als Vorschlag zur Begründung einer Arbeitsgemeinschaft für Anthropogeologie der Ludwig Boltzmann-Gesellschaft. – 5 S., Linz.
- Häusler, H. (1984): Gutachten 1984-03: Gutachten als Information über die heutige Situation der Planung und Errichtung technischer Großprojekte. – 5 S., Anlage 1–2, Linz.
- Häusler, H. (1985a): Gutachten 1985-01: Diskussionsbeitrag zum Thema „Evolution und Technik 1995 - Perspektiven für das nächste Jahrzehnt.“ – 5 S., Anlage 1, Linz.
- Häusler, H. (1985b): Gutachten 1985-07: Gutachten zur Information des Herrn LHStv. Dr. Karl Grüner über die Begründung eines Ludwig Boltzmann-Institutes für wissenschaftliche Grundlagen der Umweltpolitik und Humanökologie. – 8 S., Linz.
- Häusler, H. (1985c): Gutachten 1985-08: Gutachten als Informationsgrundlage zur Begründung eines Ludwig Boltzmann-Institutes für wissenschaftliche Grundlagen der Umweltpolitik und Humanökologie (Anthropogeologie). – 8 S., Linz.
- Häusler, H. (1985d): Von der „Geologie der Gegenwart“ des B. von Cotta zur Anthropogeologie. – Nachrichten der deutschen geologischen Gesellschaft, 33, 27–29, Hannover.
- Häusler, H. (1986): Diskussionsbeitrag anlässlich des Symposiums „Evolution und Technik 1995 - Perspektiven für das nächste Jahrzehnt“. – In: Bartel, K. (Hrsg.): Evolution - Mensch - Technik, Perspektiven für das nächste Jahrzehnt, 199–203, Wien, Orac.
- Häusler, H. (1988): Fragen und Problemstellungen des Bauwesens aus der Sicht des Geologen. – Tagungsunterlagen, Internationales Fachseminar für Sachverständige und Juristen, Sonntag 17. Jänner – Samstag 23. Jänner 1988, Unveröffentlichtes Manuskript, 25 S., Anhang mit 13 Abb., Kongreßzentrum Badgastein.
- Häusler, H. jun. (1995): Die Wehrgeologie im Rahmen der Deutschen Wehrmacht und Kriegswirtschaft. Teil 2: Verzeichnis der Wehrgeologen. – Informationen des Militärischen Geo-Dienstes, 48 (1995), 119 S., Wien.
- Häusler, H. jun. (2009): Towards a pragmatic definition of military geosciences. – MILGEO, Nr. 29 E, 60 p., 9 fig. (Institute for Military Geography), Vienna, Ministry of Defence and Sports.
- Hilberg, S. (2015): Umweltgeologie: Eine Einführung in Grundlagen und Praxis. – XV + 245 S., 56 Abb., Berlin, Springer.
- Hirsch-Hadorn, G., Hoffman-Riem, H., Biber-Klemm, S., Grossenbacher-Mansuy, W., Joye, D., Pohl, C., Wiesmann, U. and Zemp, E. (eds)(2008): Handbook of transdisciplinary research. – 472 p., Berlin, Springer.
- Hohl, R. (Red.)(1971a): Die Entwicklungsgeschichte der Erde, Band 1, erweiterte Auflage, S. 1–535, Abb. 1–194, Tab. 1–38, Hanau/Main, Werner Dausien.
- Hohl, R. (Red.)(1971b): Die Entwicklungsgeschichte der Erde, Band 2, erweiterte Auflage, 541–888, Abb. 195–245, Tab. 39–54 Tab., 48 Taf., Kt., Hanau/Main, Werner Dausien.
- Hohl, R. (1974): Anthropogene Endo- und Exodynamik im Territorium, ein neues Grenzgebiet zwischen Geologie, Geographie, Technik und Ökonomie. – Zeitschrift für Geologische Wissenschaften, 2 (8: Umweltgeologie), 947–961, 1 Abb., Berlin.
- Hooke, R. LeB. (2000): On the history of humans as geomorphic agents. – Geology, 28 (9), 843–846 fig., 1 tab.
- Hubbert, M. K. (1977): Role of geology in transition to a mature industrial society. – Geologische Rundschau, 66, 654–678, 18 fig., Stuttgart.
- Hünemann, A., Krebs, F. und Nievergelt, F. (1997): Anthropogeographie und Nachbarwissenschaften. – In: Brassel, K. und Werlen B. (Hrsg.): Disziplingeschichte und Forschungsansätze in der Geographie. Textsammlung 96/97, 71–76, Zürich, (Geographisches Institut der Universität Zürich), (<https://www.swissbib.ch/Record>).

- Hüssner, H. (1993): Der Aktualismus zur Zeit Johannes Walters und aus heutiger Sicht. – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 144, 255–263, 4 Abb., Hannover.
- Jäckli, H. (1941): Geologische Untersuchungen im nördlichen Westschams (Graubünden). – *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 34/1, 105 S., 23 Abb., 3 Tab., Basel.
- Jäckli, H. (1956): Geologische Prozesse in Funktion der Zeit. – Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 101, Abh. Nr. 4 (Mitteilungen aus dem Geologischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule und der Universität Zürich, Serie B, Nr. 11), 155–168, 5 Abb., Zürich.
- Jäckli, H. (1957): Gegenwartsgeologie des bündnerischen Rheingebietes - ein Beitrag zur exogenen Dynamik alpiner Gebirgslandschaften. – Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Lieferung 36, 136 S., 64 Abb., 6 Taf., Bern.
- Jäckli, H. (1962): Die Beziehungen zwischen Mensch und Geologie. – Wasser- und Energiewirtschaft, Sonderheft Linth-Limmat, Nr. 8–10, (Mitteilungen aus dem Geologischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule und der Universität Zürich, Serie C, Nr. 90, 4 S., 2 Abb., Zürich.
- Jäckli, H. (1964): Der Mensch als geologischer Faktor. 250 Jahre Kanderdurchstich. – *Geographica Helvetica*, 19 (2), 87–93, 4 Abb., Zürich.
- Jäckli, H. (1967): Beziehungen zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser bei Flußkraftwerken. – I.A.H.-Kongreß 1965, Band VII, 187–190, 4 Abb., Hannover.
- Jäckli, H. (1972): Elemente einer Anthropogeologie. – *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 65/1, 1–19, 1 Fig., Basel.
- Jäckli, H. (1980): Das Tal des Hinterrheins. Geologische Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. – 160 S., 188 Abb., Zürich, Orell Füssli.
- Jäckli, H. (1985): Zeitmaßstäbe der Erdgeschichte. Geologisches Geschehen in unserer Zeit. – 149 S., 9 Zeitbänder, 68 Abb., Basel, Birkhäuser.
- Jäckli, H. (1989)(Red.): Geologie von Zürich, Von der Entwicklung der Landschaft bis zum Eingriff des Menschen. – 215 S., 133 Abb., Zürich, Orell Füssli.
- Kaiser, E. (1932): Der Grundsatz des Aktualismus in der Geologie. – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 83 (1931), 389–407, Berlin.
- Kasig, A. (1979): Anthropogeologie – eine neue wichtige Forschungsrichtung innerhalb der Geowissenschaften. – Nachrichten der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 21, 61–67, Hannover.
- Kasig, W. (1980): Zur Geologie des Aachener Unterkarbons (Linksrheinisches Schiefergebirge, Deutschland) - Stratigraphie, Sedimentologie und Paläogeographie des Aachener Kohlenkalks und seine Bedeutung für die Entwicklung der Kulturlandschaft im Aachener Raum. – Habilitationsschrift der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Allgemeine, Regionale und Historische Geologie, 253 S., 55 Abb., 30 Phototaf., 4 Anl., (Fotodruck J. Mainz), Aachen.
- Kasig, W. (1984): Die Nutzung der Gesteine des Aachener Unterkarbons durch den Menschen - ein Beitrag zur Anthropogeologie. – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 135, 403–423, 1 Abb., 2 Taf., Hannover.
- Kasig, W. (1985): Die Beteiligung der Geowissenschaften in Deutschland an der Entwicklung einer Konzeption für die Endlagerung radioaktiver Abfälle. – Nachrichten der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 33, 27–29, Hannover.
- Kasig, W. und Meyer, D. E. (1984): Grundlagen, Aufgaben und Ziele der Umweltgeologie. – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 135, 383–402, 2 Abb., Hannover.
- König, R. und Schmalfuß, A. (1972): Kulturanthropologie. – 293 S., zahlr. Abb., Düsseldorf, Econ Verlag.
- Leinfelder, R. (2011): Das „Anthropozän“ - ein neues Forschungsfeld für die Geowissenschaften. – Geowissenschaftliche Mitteilungen, 46, 20–22, 1 Abb., Bonn.
- Leinfelder, R. und Schwägerl, C. (2012): Sind die Geowissenschaften im Anthropozän angekommen? Geowissenschaftliche Mitteilungen, 50, 6–15, 5 Abb., Bonn.
- Lenk, H. (1998): Einführung in die Erkenntnistheorie. Interpretation - Interaktion - Intervention. – 319 S., München, Wilhelm Fink – UTB für Wissenschaft.
- Löhnert, E. (1985): Zur Anthropogeologie der Baumberge (Münsterland). – Nachrichten der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 33, 29–30, Hannover.
- Lüttig, G. (1973): Geowissenschaftliche Gedanken und Vorschläge zu Fragen des Umweltschutzes. – *Erzmetall*, 26 (5), 213–221, Stuttgart.
- Lüttig, G. (1976): Prospektive Geologie - eine Antwort auf die Umweltprobleme der Gegenwart und der Zukunft. – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 127, 1–10, Hannover.
- McKirdy, A. P., Thompson, A. and Poole, J. (1998): Dissemination of information on the earth sciences to planners and other decision-makers. – In: Bennett, M. R. and Doyle, P. (eds.): *Issues in environmental geology: a British perspective*, 22–37, London, The Geological Society.
- Meadows, D., Meadows, D., Zahn, E. und Milling, P. (1972): Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. – 180 S., 48 Abb., Stuttgart, dva informativ.
- Meadows, D., Randers, J. und Meadows, D. (2006): Grenzen des Wachstums. Das 30-Jahre-update. Signal zum Kurswechsel. – 323 S., zahlr. Abb. und Tab., Anhang 1–2, Stuttgart, Hirzel Verlag.
- Meusberger, P. (Hrsg.)(1997): *Anthropogeographie*. – Spektrum der Wissenschaft, 190 S., Heidelberg, Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH.
- Meyer, D. E. (1986): Massenverlagerung durch Rohstoffgewinnung und ihre umweltgeologischen Folgen. – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 137, 177–193, 3 Tab., Hannover.

- Meyer, D. E. (2002): Geofaktor Mensch. Eingriffe und Folgen durch Geopotenzialnutzung. – *Essener Unikate*, 19 (2002), 8–25, Essen.
- Meynen, E. (1985): Internationales Geographisches Glossarium. – CLXX + 1479 p., Stuttgart, Franz Steiner Verlag.
- Michel, G. (1992): Professor Dr. sc. nat. Heinrich Jäckli mit der Leopold-von-Buch-Plakette geehrt. – *Nachrichten der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 47, 14–16, Bildnis, Hannover.
- Michel, G. (1994): Nachruf Heinrich Jäckli: 22.12.1915 – 3.3.1994. – *Nachrichten der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 52, S. 20, Hannover.
- Müller, S. (1970): Man-made earthquakes. Ein Weg zum Verständnis natürlicher seismischer Aktivität. – *Geologische Rundschau*, 59 (2), 792–805, Stuttgart.
- Neef, E. (1974): Geographie und geologische Entwicklungsprobleme. Die Tätigkeit des Menschen und ihre Bedeutung für die geologische Evolution. – *Zeitschrift für Geologische Wissenschaften*, 2 (8), 919–926, Berlin.
- Oldfield, F., Barnosky, T., Dearing, J., Fischer-Kowalski, M., McNeill, J., Steffen, W. and Zalasiewicz, J. (2013): *The Anthropocene Review: its significance, implications and the rationale for a new transdisciplinary journal*. – *The Anthropocene Review*, 0 (0) 1–5.
- Olszak, G. (1974): Natürliche Umwelt - Kraftfeld natürlicher und durch menschliches Wirken geleiteter Prozesse. – *Zeitschrift für Geologische Wissenschaften*, 2 (8), 873–879, 5 Tab., Berlin.
- Reichl, C., Schatz, N. and Zsak, G. (2014): *Welt-Bergbau-Daten*, 29, Rohstoffproduktion, 251 S., Vienna, Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft.
- Rathjens, C. (1978): Die historische Dimension in der anthropogenen Forschung der Erdoberfläche. – In: Nagl, H. (Hrsg.): *Beiträge zur Quartär- und Landschaftsforschung (Festschrift zum 60. Geburtstag von Julius Fink)*, 459–465, Wien, Hirt.
- Reutterer, A. (1981): *Philosophie*. – 369 S., Wien, Deuticke.
- Reynolds, J. (2000): *An introduction to applied and environmental geophysics*. – Reprint, 796 p., Wiley.
- Rickels, W., Klepper, G., Dovern, J. (eds)(2011): *Large-Scale Intentional Interventions into the Climate System? Assessing the Climate Engineering Debate. Scoping report conducted on behalf of the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF)*, 161 p., Kiel, Kiel Earth Institute.
- Rohr, H.-G. v. (1993): *Angewandte Geographie*. – 208 S., 42 Abb., 15 Tab., Braunschweig, Westermann.
- Rosenfeld, U. (1992): *Aktuogeologie - Anthropogeologie - Umweltgeologie: Begriffe, Versuch einer Standortbestimmung*. – *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 143, 9–21, 4 Tab., Hannover.
- Ruddiman, W. F. (2003): The anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago. – *Climatic Change*, 61, 262–293.
- Ruddiman, W. F. (2005): How did humans first alter global climate? – *Scientific American*, March 2005, 46–53.
- Sachsse, H. (1978): *Anthropologie der Technik. Ein Beitrag zur Stellung der Menschen in der Welt*. – 291 S., 15 Abb., 12 Tab., Braunschweig, Vieweg.
- Saller, K. (1957): *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden*. – 3. völlig umgearbeitete und erweiterte Auflage, Band I, VIII + 661 S., 312 Abb., 8 Musterformulare, Stuttgart, Gustav Fischer Verlag.
- Saller, K. (1959): *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden*. – 3. völlig umgearbeitete und erweiterte Auflage, Band II, VII + S. 663–1574, 354 Abb., Stuttgart, Gustav Fischer Verlag.
- Saller, K. (1962): *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden*. – 3. völlig umgearbeitete und erweiterte Auflage, Band III, VII + S. 1575–2416, 403 Abb., Stuttgart, Gustav Fischer Verlag.
- Saller, K. (1966): *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden*. – 3. völlig umgearbeitete und erweiterte Auflage, Band IV, VIII + S. 2417–2999, 184 Abb., Stuttgart, Gustav Fischer Verlag.
- Schimmel, D., Hibbard, K., Costa, D., Cox, P. and van der Leeuw, S. (2015): Analysis, integration and modeling of the Earth system (AIMES): advancing the post-disciplinary understanding of coupled human-environment dynamics in the Anthropocene. – *Anthropocene*, 12, 99–105, 6 fig.
- Schneider, J. (1977): *Geowissenschaftler und ihr Verantwortung für die menschliche Gesellschaft*. – *Geologische Rundschau*, 66, 740–755, 1 Abb., Stuttgart.
- Schroll, E. (Hrsg.)(1990): *Arsenal 2000. Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal anlässlich des 40-Jahr-Jubiläums*. – 228 S., zahlr. Abb., Wien, Metrica Verlag Bartak.
- Schwidetzky, I. (1971): *Hauptprobleme der Anthropologie. Bevölkerungsbiologie und Evolution des Menschen*. – rombach hochschul paperback, Band 30, 130 S., 18 Abb., 16 Tab., Freiburg, Verlag Rombach.
- Seitzinger, S. P., Gaffney, O., Brasseur, G., Broadgate, W., Ciais, P., Claussen, M., Erisman, J. W., Kiefer, T., Lancelot, C., Monks, P. S., Smyth, K., Syvitski, J. and Uematsu, M. (2015): International Geosphere-Biosphere Programme and Earth system science. Three decades of co-evolution. – *Anthropocene*, 12, 3–16, 4 fig.
- Sidorenko, A. W. (1968): *Mensch - Technik - Erde. Das Studium der Erdkruste als Heim- und Wirkungsstätte des Menschen*. – *Zeitschrift für Angewandte Geologie*, 14, Teil I: 169–176; Teil II: 226–233, 2 Abb., Teil III: 284–290, 2 Abb., Berlin.
- Simmons, I. G. (1993): *Ressourcen und Umweltmanagement. Eine Einführung für Geo-, Umwelt- und Wirtschaftswissenschaftler*. – 383 S., zahlr. Abb. und Tab., Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag.
- Smith, B. D. and Zeder, M. A. (2013): The onset of the Anthropocene. – *Anthropocene*, 4, 8–13.

- Soliman, M. M., LaMoreaux, P. E., Memon, B. A., Assaad, F. A. and LaMoreaux, J. W. (1998): Environmental Hydrogeology. – 386 p., Boca Raton etc., Lewis Publishers.
- Steffen, W., Sanderson, A., Tyson, P. D., Jäger, J., Matson, P. A., Moore, B. III, Oldfield, F., Richardson, K., Schellnhuber, H. J., Turner, B. L. II, Wasson, R. J. (2004): Global change and the Earth System. A planet under pressure: Executive summary. – 41 p., (International Geosphere-Biosphere Programme), Stockholm ([www.igbp.kva.se](http://www.igbp.kva.se)).
- Steffen, W., Crutzen, P. J. and McNeill, J. R. (2007): The Anthropocene: are Humans now overwhelming the great forces of Nature? *Ambio*, 36 (8), 614–621, 4 fig.
- Steinbuch, K. (1974): Kurskorrektur. – 169 S., 15 Abb., München, dtv.
- Ströker, E. (1987): Einführung in die Wissenschaftstheorie. – 3. Aufl., 145 S., Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Syvitski, J. P. M. and Kettner, A. (2011): Sediment flux and the Anthropocene. – *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 369, 957–975, 7 fig., 1 tab.
- Syvitski, J. P. M., Vörösmarty, C. J., Kettner, A., and Green, P. (2005): Impact of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean. – *Science*, 308 (5720), 376–380, 5 fig.
- Thurner, B. L. II, Clark, W. C., Kates, R. W., Richards, J. F., Mathews, J. T. and Meyer, W. B. (eds.) (1993): The Earth as transformed by human action. Global and regional changes in the biosphere over the past 300 years. – 713 p., Cambridge, University Press.
- Tinbergen, J. (1977): Wir haben nur eine Zukunft. Der RIO-Bericht an den Club of Rome. Reform der internationalen Ordnung. – 356 S., Opladen, Westdeutscher Verlag.
- Tollmann, A. (1986): Umweltgeologie in Österreich. – *Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft*, 79 (Umweltgeologie-Band), 5–13, Wien.
- Tollmann, A. (1991): Die Belastung des Grundwassers in Österreich. Ursachen, Ausmaß, Folgen, Abhilfe. – *Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft*, 83 (Umweltgeologie-Band), 125–150, 7 Abb., Wien.
- Trümpy, R. (1994): Heinrich Jäckli, 22. Dezember 1915 – 3. März 1994. – *Bulletin der Vereinigung Schweizerischer Petroleum-Geologen und -Ingenieure*, 61, H. 138, 73–74, Bildnis, Zürich.
- Vester, F. (1983): Unsere Welt - ein vernetztes System. – 177 S., zahlr. Abb., München, dtv.
- Vester, F. (1999): Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit der Komplexität. – 315 S., 80 Abb., Stuttgart, dva.
- Wageich, M. (2014): Do old mining waste deposits from Austria define an „Old“ Anthropocene? – In: R. Rocha, J. Pais, J. C. Kullberg and S. Finney (eds): STRATI 2013 (First International Congress on Stratigraphy at the cutting edge of stratigraphy), 981–982, (doi: 10.1007/978-3-319-04364-7\_185).
- Weizsäcker, C. F. von (1971): Die Einheit der Natur. – 491 S., München, Carl Hanser.
- Weyl, R. (1967): Der Mensch im Spiel der geologischen Kräfte. – *Schriften der Justus Liebig-Universität*, 6, 22 S., Gießen, SVG - Kommissionsverlag Wilhelm Schmitz.
- Wilkinson, B. H. (2005): Humans as geologic agents: A deep-time perspective. – *Geology*, 33 (3), 161–164, 3 fig.
- Wirth, E. (1979): Theoretische Geographie. Grundzüge einer Theoretischen Kulturgeographie. – 336 S., 38 Abb., Stuttgart, Teubner-Studienbücher: Geographie.
- Woodward, J., Place, C. and Arbeit, K. (2000): Energy resources and the environment. – In: Ernst, W. G. (ed.): *Earth systems. Processes and issues*, 373–401, Cambridge, University Press.
- Wycisk, P. (1993): Die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) - konzeptioneller Rahmen einer Vorsorgenden Umweltgeologie: Beispiel Deponiestandortsuche. – *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 144, 308–325, 6 Abb., 2 Tab., Hannover.
- Yong, R. N., Mulligan, C. N. and Fukue, M. (2015): Sustainable practices in geoenvironmental engineering. – 2nd edition, 525 p., Boca Raton, CRC Press (Taylor and Francis Group).
- Zalasiewicz, J., Williams, M., Waters, C. N., Barnosky, A. D. and Haff, P. (2014): The technofossil record. – *The Anthropocene Review*, 1 (1), 34–43.
- Zeil, W. (1975): Brinkmanns Abriß der Geologie. Erster Band: Allgemeine Geologie, 11. Aufl., 246 S., 228 Abb., 28 Tab., Stuttgart, Enke.

### *Uniform Resource Locators (URLs)*

- URL1: Anthropogeologie: [www.thefullwiki.org/Anthropogeologie](http://www.thefullwiki.org/Anthropogeologie) (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL2: Anthropogeologie: [http://www.lieserpfad.de/geo-lexikon\\_a.html](http://www.lieserpfad.de/geo-lexikon_a.html) (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL3: Das Wirken des Menschen im geologischen Geschehen. Eine Vorstudie zur Anthropogeologie als allgemeines Ergebnis geologisch-technischer Untersuchungen im Großraum von Linz: [www.zobodat.at/pdf/NKJB\\_5\\_0163-0319.pdf](http://www.zobodat.at/pdf/NKJB_5_0163-0319.pdf) (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL4: Anthropozän: Der Mensch als geologischer Faktor: <http://www.ksta.de/kultur/-tagung-der-mensch-als-geologischer-faktor-238354> (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL5: Heinrich Jäckli (Geologe; 22.12.1915 – 03.03.1994): [https://de.wikipedia.org/wiki/Heinrich\\_Jäckli](https://de.wikipedia.org/wiki/Heinrich_Jäckli) (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL6: Dr. Heinrich Jäckli AG: <http://www.jaekli.ch/> (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL7: Publikationen von Prof. Dr. Heinrich Jäckli: <http://www.jaekli.ch/aktuell/publikationen-prof-heinrich-jaeckli/> (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL8: Rudolf Hohl (Geologe; 17.08.1906 – 26.06.1992): [https://de.wikipedia.org/wiki/Rudolf\\_Hohl\\_\(Geologe\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Rudolf_Hohl_(Geologe)) (Letzter Zugriff 2.5.2016)

- URL9: Territorialplanung: [http://universal\\_lexikon.deacademic.com/114387/Raumordnung](http://universal_lexikon.deacademic.com/114387/Raumordnung) (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL10: Prof. Dr. Werner Kasig (\*1936): <http://www.laborundmore.com/research/8747/Prof.-Dr.-Werner-Kasig.html> (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL11: Weltumweltkonferenz:  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Konferenz\\_der\\_Vereinten\\_Nationen\\_über\\_die\\_Umwelt\\_des\\_Menschen](https://de.wikipedia.org/wiki/Konferenz_der_Vereinten_Nationen_über_die_Umwelt_des_Menschen) (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL12: Ulrich Rosenfeld (\*1930): [https://de.wikipedia.org/wiki/Ulrich\\_Rosenfeld](https://de.wikipedia.org/wiki/Ulrich_Rosenfeld) (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL13: Aktuogeologie: <https://de.wikipedia.org/wiki/Aktuogeologie> (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL14: Masterstudiengang Umweltgeographie und Umweltmanagement an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel:  
<https://www.studium.uni-kiel.de/de/studienangebot/studienfaecher/umweltgeographie-und-management-ma> (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL15: Umweltgeographie an der katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt: [http://eo-vmw-compute.ku-eichstaett.de/geo/umweltgeo/studium/master/msc\\_umweltprozesse\\_und\\_naturgefahren/](http://eo-vmw-compute.ku-eichstaett.de/geo/umweltgeo/studium/master/msc_umweltprozesse_und_naturgefahren/) (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL16: Anthropogeography: <https://en.wiktionary.org/wiki/anthropogeography> (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL17: Umweltwissenschaften: <https://de.wikipedia.org/wiki/Umweltwissenschaften> (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL18: Umweltwissenschaften: <https://de.wikipedia.org/wiki/Umweltsystemwissenschaften> (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL19: Umweltsystemwissenschaften an der Universität Graz: <https://isis.uni-graz.at/de/studieren/studium-usw/> (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL20: Flyer summer school in Environmental Systems Analysis (Department Systems Analysis, Integrated Assessment and Modelling): <http://www.eawag.ch/de/abteilung/siam/lehre/summer-school-in-environmental-systems-analysis/> (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL21: Globaler Wandel: [https://de.wikipedia.org/wiki/Globaler\\_Wandel](https://de.wikipedia.org/wiki/Globaler_Wandel) (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL22: Internationales Institut für angewandte Systemanalyse (IIASA):  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Internationales\\_Institut\\_für\\_angewandte\\_Systemanalyse](https://de.wikipedia.org/wiki/Internationales_Institut_für_angewandte_Systemanalyse) (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL23: Working Group on the Anthropocene, Subcommission on Quaternary Stratigraphy:  
<http://quaternary.stratigraphy.org/workinggroups/anthropocene/> (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL24: Geo-Engineering: <https://en.wikipedia.org/wiki/Geoengineering> (Letzter Zugriff 2.5.2016)
- URL25: Ph.D. (Doktor der Philosophie): <https://de.wikipedia.org/wiki/Ph.D.> (Letzter Zugriff 2.5.2016)



## Bibliophile geowissenschaftliche Literatur in österreichischen Stiftsbibliotheken

Simone Huber & Peter Huber

2700 Wiener Neustadt, Hohe-Wand-Gasse 18; [huber@mineral.at](mailto:huber@mineral.at)

Die großen Stifte Österreichs gelten als vielbesuchte Zentren barocker Kunst und europäischer Geisteskultur. Derzeit bestehen ungefähr 30 größere Stifte (jene mit Grundbesitz und gewissen Privilegien) und mehrere kleinere Klöster, die alle meist erlesene Kunstwerke und prachtvolle Bibliotheken mit wertvollen Handschriften und seltenen Büchern besitzen.

Die Verfasser versuchen seit Jahren, den Bestand an alter mineralogisch - bergbaukundlicher Literatur in den ihnen zugänglichen Klosterbibliotheken zu erfassen. Beispielsweise erfolgte dies in Admont, Altenburg, Heiligenkreuz, Klosterneuburg, Kremsmünster, Melk, im Neukloster in Wiener Neustadt, in St. Florian, im Schottenstift (Wien), in Seitenstetten und Vorau. Besonders reich an geowissenschaftlichen Büchern ist die Sammlung des Chorherrenstiftes St. Florian.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Geologischen Bundesanstalt](#)

Jahr/Year: 2016

Band/Volume: [118](#)

Autor(en)/Author(s): Häusler Hermann

Artikel/Article: [Die Menschheit als geologischer Faktor: Von der Anthropogeologie zur Umweltgeoforschung im Anthropozän 20-65](#)