

1974; R. SCHWINGENSCHLÖGL, 1984 a, b; R. SCHWINGENSCHLÖGL & E. H. WEISS, 1985; G. SPAUN, 1974, 1979; P. STEINHAUSER et al., 1980; P. STEINWENDER & J. DONNER, 1970; J. STINY, 1910, 1930, 1931 b; später: J. STINI, 1941, 1950, 1953, 1955, 1956; J. STINY & O. KÜHN, 1937; E. SUSS, 1862; E. TENTSCHERT, 1983; W. TROPPER, 1979; E. TSCHERNIG, 1932, 1958 a; CH. VEDER, 1979; A. VOELLMY, 1955; R. VOGELTANZ, 1975, 1977, 1983; F. WALLACK, 1960; E. H. WEISS, 1964, 1973, 1976 a, b, 1978; R. WIDERHOFER, 1983; R. WIDMANN, 1983; P. WIEDEN, 1976; P. WIEDEN & F. KAPPEL, 1973; P. WIEDEN & J. PONAHL, 1970; F. v. ZALLINGER, 1779; H. ZAUNER, 1980; G. ZEZULA et al., 1983; U. ZISCHINSKY, 1967, 1969, 1984; H. ZOJER & J. ZÖTL, 1975; J. ZÖTL, 1974.

## S UMWELTGEOLOGIE

### 1. Allgemeine Fragen

#### a) Aufgaben

Bisher wurde die Bedeutung der Geologie für den Schutz und die Erhaltung der menschlichen Umwelt und für eine sinnvolle, schonende Nutzung der Naturschätze im allgemeinen vollkommen unterschätzt. Meist fällt kaum ein Wort darüber in den einschlägigen Büchern oder Vorlesungen. Trotz der rasant fortschreitenden Zerstörung der Umwelt, auch in bezug auf den Sektor im Bereich der Erdwissenschaften, ist dies bis jüngst kaum ins Bewußtsein auch der Fachleute gedrungen. Aufrüttelnde Appelle kamen von anderer Seite: So etwa im Buch von H. GRUHL (1975): „Ein Planet wird geplündert“, der ausführt (S. 41): „Erst vor etwa 200 Jahren brach ein Teil der Menschheit einen ebenso gigantischen wie rücksichtslosen Eroberungskrieg gegen die wehrlos gewordene Natur vom Zaum. Sie wurde plötzlich nur noch als Objekt der Ausbeutung gesehen.“ Und weiter: „Die Menschheit lebt unbekümmert vom Kapital der Erde und bejubelt jede Steigerung des Tempos der Ausbeutung unwiederbringlicher Lagerstätten. Was die Menschen heute vernichten, ist zum größten Teil nicht ihre eigene Lebensgrundlage, sondern die ihrer Kinder und Enkel. Diese aber können ‚ihre Welt‘ nicht verteidigen. Was vermag ein Geisterheer von Ungeborenen in einer Welt, in der nicht Geist, sondern Materie herrscht “

Heute, wenige Jahre nach dieser eindringlichen Warnung GRUHLS, der voraussieht: „Sobald die ersten Zusammenbrüche gemeldet werden, wird uns nichts mehr möglich sein, als pausenlos Katastropheneinsätze jahraus und jahrein“, werden die ersten selbstverschuldeten heraufkommenden Großkatastrophen etwa an den Beispielen der Verseuchung der Luft, des Waldsterbens, der langfristigen Verseuchung bedeutender Grundwässertröge, aber auch andere Anzeichen, wie die durch eine unglaubliche Vergeudung verschuldete rasch absinkende Produktion aus den heimischen Kohlenwasser-

stofflagerstätten, die rasant um sich greifenden Zerstörungen der Naturlandschaft einschließlich von Naturreservaten und Naturdenkmälern (ohne daß bisher in Österreich auch nur ein einziger Nationalpark installiert worden wäre) für breite Schichten der Bevölkerung unseres Landes greifbar.

Hier erwächst dem weitblickenden Erdwissenschaftler, der diesen materialistischen technokratischen Feldzug gegen unsere Naturschätze einer außer Rand und Band geratenen Wohlstandsgesellschaft mit ansehen muß, eine besondere ethische Verantwortung, an die bereits vorausahnend E. SUESS in seiner Abschiedsvorlesung im Jahre 1901 eindringlich appelliert hat.

Es ist demnach eine vordringliche Aufgabe gerade auch der Wissenschaftler, neben den Hinweisen zur Verhinderung geogen bedingter Naturkatastrophen heute mehr noch zur Einbremsung der bereits in vollem Gang befindlichen anthropogen verursachten Katastrophen beizutragen, die vielfach irreversiblen negativen Auswirkungen zu verhindern und konkrete Maßnahmen zur Erhaltung bzw. Schonung von Boden, Grundwasser, Lagerstätten, Energieträgern, ja darüber hinaus der davon abhängigen Atmosphäre und Biosphäre einschließlich der Naturreservate und der vom sauren Regen angefressenen Kulturdenkmäler vorzulegen und mitzuarbeiten an deren Verwirklichung.

### **b) Der globale Rahmen**

#### **Die grenzüberschreitenden Dimensionen der anthropogenen Umweltzerstörung in der Welt**

Die Welt ist beim heutigen Stand der Technik, des Verkehrs, der Kommunikation klein geworden. Was im Nachbarland an Umweltzerstörung oder -erhaltung geschieht, was sich im Nachbarkontinent vollzieht, hat vielfach auf kurzem Weg, jedenfalls aber auf lange Sicht seine Auswirkung auch auf unser Land. Wir wollen daher vor Besprechung der Umweltsituation in Österreich und der möglichen geowissenschaftlichen Maßnahmen einige Bemerkungen zum Verständnis der bedrohlichen Entwicklungen in der Welt vorausschicken. Dabei zeigt sich schon bei dieser Betrachtung wie auch bei den speziellen Verhältnissen in unserem Land, daß viele Fragen aus dem Bereich der Erdwissenschaft, wie etwa Raubbau an den Lagerstätten, nur im Zusammenhang mit Entwicklung auf ganz anderen Gebieten, etwa im Bereich der Wirtschaft, Soziologie, Politik usw. beurteilt werden können, sodaß randlich auch hierüber gelegentlich Bemerkungen vonnöten sind.

Als Beurteilungsgrundlage für eine Entwicklung der Welt in bezug auf die Umweltsituation in der nächsten Zeit mag der im Auftrag Präsident CARTERS von US-Wissenschaftlern erstellte Bericht „Global 2000“ dienen (G. O. BARNEY, 1980; Hrsg. der deutschen Übersetzung R. KAISER, 1980), hier durch weitere Fakten ergänzt. Als Grundlage ist die Explosion der Weltbevölkerung vorangestellt, die von 4 Milliarden von 1975 (Vermehrung 75 Millionen/Jahr) auf 6,35 Milliarden im Jahre 2000 (Vermehrung 100 Millionen/Jahr) und auf 10 Milliarden im Jahr 2030 anwachsen wird. 11 Milliarden Menschen betrachtet man als absolute mögliche Obergrenze (B. WARD & R. DUBOS, 1972, S. 187). Allerdings erfolgt 90 Prozent des Zuwachses in

den ärmsten und unterentwickelten Ländern, sodaß dort Armut, Hunger, Krankheit und ein katastrophales Kindersterben um sich zu greifen beginnt (bereits gegen Ende der siebziger Jahre verhungerten 15 Millionen Menschen/Jahr, darunter 5 Millionen Kinder). In den letzten Jahren ist die Zahl der an Hunger sterbenden Kinder jährlich auf 13 bis 17 Millionen angestiegen (FAO/UNO, 1985).

Die Ausbeutung der nicht mineralischen Rohstoffe steigt jährlich weltweit um 3 bis 5 Prozent an. Bis zum Jahr 2000 wird bei den Ressourcen der meisten mineralischen Rohstoffe noch keine Erschöpfung eintreten. Durch absichtliche Fabrikation kurzlebiger Produkte und eine intensive Verbrauchswerbung in unserer Ära ist aber eine unglaubliche Verschwendungssucht einerseits anerzogen worden, andererseits vergeudet eine exzessive Weltrüstung die Vorräte unserer Weltlagerstätten derart, daß auf längere Sicht betrachtet (seit dem Einsatz des Motors in der Technik auch in der Machbarkeit entscheidend gefördert) sich hier ein Raubbau an den für die kommenden Generationen sehr begrenzten Lagerstätten vollzieht, der nur als rücksichtslose Plünderung bezeichnet werden kann. Seit Kriegsende hat die Menschheit mehr an Rohstoffen verbraucht als in ihrer gesamten vorhergehenden Geschichte.

Die Energieprognosen von „Global 2000“ deuten noch keine baldige Lösung des Energieproblems der Welt an. Die Erdölproduktion wird auf der Erde noch vor der Jahrtausendwende ihren Höhepunkt erreichen. Die Ölreserven der Erde reichen, ausgedrückt in Jahresproduktionen von 1984, insgesamt noch 34 Jahre, die Erdgasreserven 52 Jahre, die Reserven von Kohle 240 Jahre – alles kurze Zeitspannen in Anbetracht der kommenden Generationen, die über diese Grundstoffe nicht mehr verfügen werden. Während die Praxis zeigt, daß der Versuch der Nutzung der Atomenergie – von allen Gefahrenquellen einschließlich dem Endlagerungsproblem abgesehen – durch den gigantischen Kostenaufwand eine Sackgasse ist (keine Neubestellung von Atomkraftwerken in den USA, dem Land mit der meisten Erfahrung auf diesem Sektor, seit 1978, darüber hinaus Aufgabe von 102 im letzten Jahrzehnt in Auftrag gegebener, z. T. schon 50 Prozent fertiggestellter Objekte unter enormen Verlusten), wird die Solarenergie, deren Entwicklung besonders in Japan rasch vorangetrieben wird, nach Aussage zuständiger Experten der Hauptenergieträger der Zukunft sein.

Bis zum Jahr 2000 wird weltweit und auch für Österreich vorausgesagt, aus mehreren Gründen Wasserknappheit eintreten. Die Wasserverschmutzung wird durch die starke Anwendung langlebiger Pestizide (die sich in den unterentwickelten Ländern bis zu dieser Zeit vervierfachen wird) und durch zunehmende Industrialisierung entscheidend verstärken. Große Dammprojekte bringen nachteilige Veränderungen in den Ökosystemen mit weitverzweigten Auswirkungen.

Der Raubbau am Wald hält weltweit ungebrochen an. Seit 1945 ging die Gesamtfläche der Regenwälder von 16 Millionen km<sup>2</sup> auf 9,4 Millionen km<sup>2</sup> (1980) zurück. Nach „Global 2000“ betrug der Waldverlust in den siebziger Jahren weltweit 20 Millionen ha/Jahr (entspricht der halben Größe von Kalifornien). Im Jahr 2000 würden 40 Prozent des Waldes der unterentwickelten Länder zerstört sein. Die heutige Praxis in Südamerika übertrifft noch diese Voraussagen, sodaß man heute bereits mit einer Vernichtung des tropischen Regenwaldes in 20 bis 30 Jahren rechnet: Jährlich werden derzeit 100.000 bis 200.000 km<sup>2</sup> zerstört. Verödung von nutzbarem Land, Zerstörung der Böden und klimatische Änderung im Wasser- und Sauerstoffhaushalt sind

damit untrennbar verbunden. Daß jetzt noch das flächige Waldsterben in der gemäßigten Zone durch Vergiftung der Atmosphäre hinzutritt, verschlimmert die Situation in entscheidendem Maß.

Die Klimaänderungen werden in mehrfacher Hinsicht einschneidende negative Auswirkungen zeigen: Der  $\text{CO}_2$ -Gehalt in der Erdatmosphäre ist in den letzten hundert Jahren um etwa 15 Prozent gestiegen. Mit der Verbrennung der in Jahrhundertmillionen festgelegten Kohlen- und Kohlenwasserstofflagerstätten innerhalb von ganz wenigen Generationen wird dieser  $\text{CO}_2$ -Gehalt im Jahr 2000 ein Drittel über dem vorindustriellen Niveau liegen und bis 2050 maximale Werte erreichen. (Zur Verschärfung der Situation tritt aber noch die Vernichtung der tropischen Regenwälder in rasantem Maß und der Wälder der gemäßigten Breiten durch den sauren Regen hinzu, wodurch der Abbau des  $\text{CO}_2$  aus der Luft durch Assimilation zugleich weiter gesenkt wird.) Als Ergebnis stellt sich ein „Glashauseffekt“ in der Atmosphäre ein, der Temperaturanstieg zwischen den frühen siebziger Jahren und dem Jahr 2000 wird im Durchschnitt  $1^\circ\text{C}$  betragen. Damit werden sich unter anderem für bestimmte (keineswegs alle) Regionen der Erde Dürreperioden einstellen. 1 kg fossiler Brennstoff produziert eine Menge von  $\text{CO}_2$ , die normalerweise in  $6000\text{ m}^3$  Luft enthalten ist. Der Treibhauseffekt würde bei einer Verdoppelung der  $\text{CO}_2$ -Menge zu einer Temperaturzunahme von 2 bis  $3^\circ\text{C}$  in niederen und mittleren Breiten, von bis zu  $10^\circ\text{C}$  in den bodennahen Schichten der hohen Breiten und dem Abschmelzen der polaren Eiskappen (H. BINSWANGER et al., 1978, S. 74) führen – unterstützt wird diese Entwicklung zugleich durch die Abwärmeproduktion beim Verbrennungsvorgang der Energieträger.

Als mindestens ebenso gefährlich wird die Zerstörung der Ozonschicht in der Stratosphäre durch die Fluorkohlenwasserstoff-Emissionen betrachtet: Diese Ozonschicht hat ja die Erde vor schädlicher intensiver Ultraviolett-Strahlung, die z. B. Hautkrebs verursacht, geschützt. Laut NASA-Berichten sind vom ursprünglichen Ozongehalt im Jahre 1976 6 Prozent, 1977 10,8 Prozent, 1979 16,5 Prozent bereits zerstört worden. Die Folgen einer solchen Entwicklung sind gravierend.

Die Verseuchung der Atmosphäre durch den Menschen hat sich durch die Konsumgesellschaft der siebziger Jahre in einem exponentiellen Maß gesteigert, mit einer in „Global 2000“ noch nicht absehbaren Folgenkette. Bereits 1976 warnte K. RAHN (Univ. Rhode Island/USA), daß sogar über den Eiswüsten der Arktis dichte Wolken von Schwefelgasen und Schwermetallstäuben hinziehen, wie sie für die abgasverseuchten Industriezentren typisch sind und daß im Winter in diesen entlegenen Räumen, von Nordamerika und Europa importiert, die Verschmutzung der Luft bereits ein Drittel der Werte von Hochindustrieregionen erreicht.  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$  und andere giftige Industrie- und Autoabgase haben, nach Umwandlung durch Energiezufuhr in der Atmosphäre zu Säuren, bereits bisher unabsehbare Schäden in der Biosphäre bewirkt: Die Säureregen verursachten zuerst in den zehntausenden Seen der Nordstaaten (Kanada, N-USA, Skandinavien etc.) eine das Leben vernichtende Übersäuerung. Nach den toten Seen kam das Sterben der Wälder (G. MEISTER et al., 1984: Beispiel BRD), die Schädigung der Wiesen, der Felder- und Feldfrüchte, die Zerstörung des Bodens (Tötung der Kleinlebewesen im Boden durch Übersäuerung), die Vergiftung des Grundwassers durch Lösen der (aus dem Staub der belasteten Atmosphäre stammenden) Schwermetalle in den Böden, die Zersetzung der Skulpturen der Kunst-

bauten – vom „Roland“ am Rathaus zu Bremen oder den Figuren am Bamberger Dom über die romanischen Skulpturen der Kirche von Schöngraben in NÖ. bis zur Akropolis –, von der Gefährdung der Betonkonstruktionen (S. 312) bis zur langfristigen, aber auch akuten Schädigung des Menschen (schon im Dezember 1930: 63 Smogtote im Maastal/Belgien; im Dezember 1952: rund 4000 zusätzliche Todesfälle im Londoner Smog etc.).

Die Verseuchung von Grundwasser und Böden durch Umwelt-Chemikalien (Kunstdünger, Pestizide, Herbizide, Sprays, Waschmittel, Fabriksabfälle, Abgase, Abwässer, Verkehrs-Emissionen, Atomkraftwerks-Emissionen usw.) hat beängstigendes Ausmaß angenommen. Blei, Cadmium, Quecksilber, Thallium und andere Schwermetalle haben ebenso wie langlebige Insektizide (DDT, Aldrin, Dieldrin etc.), Fungizide und Herbizide nicht nur Böden, Gewässer und Merresräume in verschiedenem Ausmaß vergiftet, sondern vor allem durch Anreicherung in der Nahrungskette die Pflanzen, die Tierwelt und den Menschen in verschiedenen hohen Konzentrationen verseucht, geschwächt und geschädigt, wobei hier noch der Potenzierungseffekt bei der Kombination mehrerer Stoffe hinzukommt (H. AN DER LAN, 1978, S. 364 ff.). Beispiele aus allen Medien sind zahllos: Großflächige Überdüngung in Mitteleuropa hat in beträchtlichen Arealen zur flächenhaften Verseuchung der Grundwässer mit Nitraten geführt, die oft mehrfach über der Toleranzgrenze liegen und sich im menschlichen Körper über Zwischenstufen in die krebserregenden Nitrosamine umwandeln. Der Rhein führt jährlich 12.300 t Zink-Verbindungen, 1900 t Blei, 1500 t Kupfer, 110 t Quecksilber usw., insgesamt aber eine unübersehbare Zahl organischer chemischer Verbindungen – und trotzdem wird das Flußwasser des Rheins bis zu 20 Mal, immer wieder aufbereitet, in der Kette der Industrieorte als Trinkwasser verwendet. Eine Sanierung auf Grund von G. MÜLLERS Daten (1985) ist im Gang.

Daß die radioaktive Verseuchung der Welt durch die Atomwaffenversuche, Atomwaffenfabriken und Kernkraftwerke zur Energieproduktion bisher noch nicht so weit fortgeschritten ist als befürchtet, liegt nur daran, daß die Installierung der Nuklearenergie auf der Welt einen ganz anderen Weg genommen hat, als von den Betreibern geplant: Das Szenarium von A. WEINBERG (Salzburger IAEA-Symposium, Mai 1977) hat ja für das Jahr 2000: 2000 Anlagen, für 2015: 12.500 Anlagen, für 2050: 25.000 Atomkraftwerke vorgesehen (real: August 1985: 350 Werke installiert). In Wahrheit aber ist der anfängliche Aufwärtstrend durch überhöhte Kosten, Pannen, geringere Auslastbarkeit, Widerstand der Betroffenen etc. stark rückläufig geworden (A. TOLLMANN, 1983 c, S. 230). Hinzu kommt noch die mit Atomkraftwerken stets verbundene Gefahr eines Großunfalles, die weit höher ist als in dem von 160 Experten erstellten RASMUSSEN-Bericht berechnet, dessen Zahlen RASMUSSEN im Mai 1979 nach dem Unfall von Harrisburg selbst zurückgenommen hat (A. TOLLMANN, 1980 h, S. 9) – vgl. Tschernobyl, April 1986. Die Belastung der Erde durch zunehmende Radioaktivität auch im Zuge des Normalbetriebes der Nuklearanlagen samt der nach wie vor ungelösten Endlagerung des Atom Mülls stellt eine unabsehbare zusätzliche Gefahrenquelle mit einer für menschliche Begriffe „geologischen Dauer“ dar.

Die verheerenden Folgen der Umweltzerstörungen für Pflanzen und Tiere werden jetzt in ganzer Breite sichtbar. Nach den aufrüttelnden Schriften hierüber von V. ZISWILER (1965) bis H. WERNER (1978; cum lit.) liegen nun endlich auch

aus Teilen Österreichs „rote Listen“ der durch unsere Gesellschaft gefährdeten Tiere vor (Beispiele: J. GEPP, 1981: Steiermark). „Global 2000“ stellt (S. 86) fest, daß bis zum Jahre 2000 schätzungsweise 15 bis 20 Prozent aller lebenden Arten von Pflanzen und Tieren ausgerottet sein werden. Unmittelbar bedroht sind derzeit nach Angaben der UN 1000 Arten von Wirbeltieren, 25.000 Pflanzenarten und eine Legion der Kleinlebewelt – alles irreversible Vorgänge, deren Fortschreiten höchstens gestoppt, die aber nie mehr rückgängig gemacht werden können.

Einhalt geboten werden kann dieser weltweiten Entwicklung nur durch radikalen Stopp der Verschwendung im Konsum der Naturschätze wie Rohstoffe, Energieträger, Wasser etc., durch die bessere technologische Ausnutzung von Energie und Rohstoff, den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energie, die Verwendung von „Abwärme“, das Recycling des Materials, die Herstellung von Langzeitgütern, den Ersatz von hochgiftigen Produkten, deren Abfälle die Umwelt belasten, durch umweltverträgliche, vor allem aber durch eine wiederum ins Lot gebrachte ethische Einstellung gegenüber Natur, Lebewesen, Mitmenschen und Nachkommen. Das Vorbild – auch für die Gesellschaft – liefert in idealer Weise der Naturhaushalt selbst durch perfektes Recycling in einem totalen Kreislauf, der seit der Entfaltung des Lebens vor 570 Millionen Jahren keinen Abfall produziert hat, während in Österreich pro Jahr 10 Cheopspyramiden voll umweltbelastenden Mülls entstehen und die Müllhalden in den USA eine größere Fläche bedecken als jene der Bundesrepublik samt den Benelux-Staaten. Mit einer der Grundlagen für ein Umdenken in unserem Land wäre natürlich auch eine genaue Bestandsaufnahme der umweltrelevanten Fakten aus geologischer und aus allgemeiner Sicht in Österreich, die erst in den Anfängen steckt, und eine erste zusammenfassende Publikation in der Art des Umweltatlas der deutschen Bundesrepublik „Die Lage der Nation“ (E. KOCH & F. VAHRENHOLT, 1983). Mit dem Bändchen „Öko-Insel Österreich“ von T. KOFLER & O. STOCKER (1985) beginnen hier erste zögernde Schritte in dieser Richtung.

### c) Die historische Entwicklung des Umweltbewußtseins

Während im vorigen Jahrhundert der Eingriff des Menschen in die Natur nur von wenigen Erdwissenschaftlern seit L. v. BUCH (1806) bewußt erlebt worden ist, beginnt erst im 20. Jahrhundert mit der Arbeit von E. FISCHER (1916) „Der Mensch als geologischer Faktor“ diese Denkrichtung in konkreter Form Fuß zu fassen. Trotzdem bleiben in Österreich in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts umweltgeologische Betrachtungen stets nur an Einzelphänomenen haften: Etwa die Auswirkungen von Grundwasseränderungen bei Flußregulierungen auf die Vegetation, von Abholzung oder Abbrand auf die Verkarstung, die anthropogene Auslösung von Erdbeben etc. Daneben allerdings waren gerade die Pionierleistungen der angewandten Geologie und Ingenieurgeologie in Österreich, vom Straßen- und Bahnbau angefangen bis zum Lawinen- und Wildbachverbau, stets von einem großen Einfühlungsvermögen in die Natur getragen.

Den ersten zielstrebigsten Versuch, „das Wirken des Menschen im geologischen Geschehen“ umfassend darzustellen, hat H. HÄUSLER sen. (1959), von Beispielen aus dem

oberösterreichischen Raum ausgehend, unternommen. Mit großer Energie hat übrigens W. GOETHEL, ein Schüler von E. SUSS, bei seiner geologischen Arbeit in Polen den Naturschutzgedanken, abgewandelt für eine Schonwirtschaft im Bergbau, bis nach dem Zweiten Weltkrieg durchzusetzen versucht.

Früher als die Erdwissenschaftler haben auch in Österreich die Biologen auf das exponentielle Wachstum der Umweltzerstörung reagiert, in Wien z.B. Frau Prof. G. PLESKOT, als Leiterin der Abteilung für biologische Umweltforschung am 1. Zoologischen Institut der Universität Wien (vgl. G. PLESKOT, 1976).

Eine weitere Zuwendung von Erdwissenschaftlern zu Fragen des Umweltschutzes hat im deutschsprachigen Gebiet aber erst mit fortschreitender Verknappung und Bedrohung der Naturschätze in den siebziger Jahren, in Österreich erst in allerjüngster Zeit begonnen: Als Gradmesser für das Verständnis der Bedeutung der Aufgabe der Erdwissenschaft auf dem Sektor Natur- und Umweltschutz kann der Grad der Ausarbeitung von Naturraumpotentialkarten dienen, die ja Grundlage für jede weitere Diskussion bilden und an deren Erstellung die Erdwissenschaften vorrangig beteiligt sind: In der BRD hat man erst Anfang der siebziger Jahre mit einem solchen Projekt begonnen, im Jahre 1980 lag dann als erstes Ergebnis ein Kartenwerk mit 12 Blättern im Maßstab 1:200.000 über Niedersachsen vor (F. BENDER, 1984, S. 525). In Österreich sind ebenfalls erst Anfang der achtziger Jahre erste Ergebnisse derartiger Bemühungen vorgelegt worden: Mustergültige Pionierarbeit hat das Institut für Umweltgeologie und Angewandte Geographie in Graz unter der Leitung von W. GRAF mit der Herausgabe der Serie von 24 Naturraumpotentialkarten vom Bezirk Radkersburg, Steiermark, geleistet (I. ARBEITER-CZERNY et al., 1983), von welchem Institut aus in gleicher Weise bereits vier weitere steirische Regionen bearbeitet worden sind (vgl. S. 349). Daneben ist der Atlas zur räumlichen Entwicklung Österreichs von der „Österreichischen Raumordnungskonferenz“ seit 1983 im Erscheinen. Den Erdwissenschaftlern (wie vielen übrigen Sparten) steht heute ein Wettlauf mit der Zeit bevor, soll hier noch helfend eingegriffen werden und nicht nur Versäumtes und Zerstörtes nachträglich dokumentiert werden.

#### d) Dokumentation

Da das Thema Geologie und Umweltschutz auf weite Bereiche der Naturwissenschaft übergreift, ist die einschlägige Literatur weit verstreut publiziert oder dank der plötzlich von der Praxis her geforderten Unterlagen vielfach nur in Form von unveröffentlichten Gutachten vorhanden. Einige Hinweise auf sich gerade erst entwickelnde Zentren der Dokumentation dieser Sparte sind daher nötig.

An grundlegenden deutschsprachigen Werken zum Thema seien vorweg das vierbändige deutsche „Handbuch für Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt“ von K. BUCHWALD & W. ENGELHARDT (1978 bis 1980) und der Abschnitt über „Angewandte Geowissenschaften in Raumplanung und Umweltschutz“ in Band 3 von F. BENDER (1984, S. 521 bis 650 cum lit., S. 343 bis 357) erwähnt. In den USA hat man sich schon früher mit Fragen der Umweltplanung aus geologischer Sicht befaßt (z. B. A. HOWARD & I. REMSON, 1978), doch liegt die Problematik in diesem Kontinent vielfach andersartig als in unserem Lande.

Eine Zusammenstellung der Literatur zur Raumforschung und Raumplanung in Österreich gibt die ÖROK-Dokumentation 1981/2, in der die Literatur über Bergbau (ab S. 52, 126, 188), Energie und Ressourcen (ab S. 64, 93, 145) und Umweltschutz (ab S. 69, 94, 150, 197) angeführt ist (s. u. ÖSTERR. RAUMORDNUNGSKONF., 1982). Verzeichnisse über Berichte über Grundwasser- und Gewässerschutz sind im Rahmen der hydrogeologischen Literatur (S. 273 f.) erwähnt. Literatur zu Fragen der Planung über Rohstoff- und Energieressourcen findet man im Kapitel Lagerstätten (S. 269 ff.). Für die Steiermark ist in diesem Zusammenhang eine Dokumentation in der Schriftenreihe „Steirische Beiträge zur Rohstoff- und Energieforschung“ hervorzuheben (AMT DER STM. LANDESREG., 1982 bis 1984). Ferner bringt die Schriftenreihe „Beiträge Umweltschutz etc.“ des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz einschlägige Berichte. Sodann soll noch die mit Sach-, Orts- und Gewässerregister versehene sechsbändige Dokumentation des „Österreichischen Bundesinstitutes für Gesundheitswesen“ im Auftrag des letztgenannten Ministeriums spezielle Erwähnung finden, die die Themen Luft, Lärm, Abfall, Wasser, Boden und Vegetation abhandelt. Auf weitere, speziellere umweltgeologische Themenbände – etwa von der Art der wichtigen periodischen „Interpraevent“-Symposiumsbändereihe – einzugehen, ist im einzelnen hier nicht möglich. Arbeiten mit statistisch ausgewerteten Daten zum Thema findet man in den regelmäßig erscheinenden Veröffentlichungs-Verzeichnissen des Österreichischen Statistischen Zentralamtes.

Umfassend angelegt ist schließlich der Fachinformationsführer „Umweltschutz“ von ST. GERGELY & O. DWORAK (1984), in dem alle einschlägigen Informationsvermittlungsstellen, Datenbanken, Zeitschriften, Bibliotheken, aber auch damit befaßte Institute, Forschungseinrichtungen, Dienststellen des Bundes und weitere Organisationen angegeben sind.

### e) Naturraumpotential-Forschung

Die erst in jüngster Zeit begonnene Erfassung des Naturraumpotentials, seine textliche und kartenmäßige Darstellung, bildet die Grundlage für jegliche großräumige Planung und Abstimmung. Die Erdwissenschaft ist entscheidend an der Erstellung dieser Grundlagen für Raumordnung und Raumplanung beteiligt. In einem dicht besiedelten Land wie Österreich muß die Art der Nutzung der vorhandenen Flächen und Gegebenheiten genau abgewogen werden: Während auf der einen Seite Siedlung, Industrie, Verkehr, Tourismus und Land- und Forstwirtschaft Raum benötigen, erfordern auf der anderen Seite Bergbau, Tagbau, Anlagen zur Sand-, Ton-, Schotter-, Bruchstein- und Bausteingewinnung sowie zur Förderung von Energieträgern und zur Gewinnung von sauberem Grundwasser ihre Flächen. Das Abwägen dieser diametralen Forderungen unter Mitberücksichtigung des vorhandenen geogenen Gefahrenpotentials kann nur nach exakter Erfassung von Ausdehnung, Mächtigkeit, Ergiebigkeit, Ersetzbarkeit der Naturschätze sowie des materiellen und auch des ideellen Wertes (Naturschutz) einer Landschaft zu einem Resultat führen, das die bestmögliche Nutzung der natürlichen und zivilisatorischen Gegebenheiten aufzeigt (T. GATTINGER, 1980 b; J. HADITSCH, 1980 b; H. FLÜGEL, 1982; H. SCHWENK, 1982; H. HONIG, 1983;



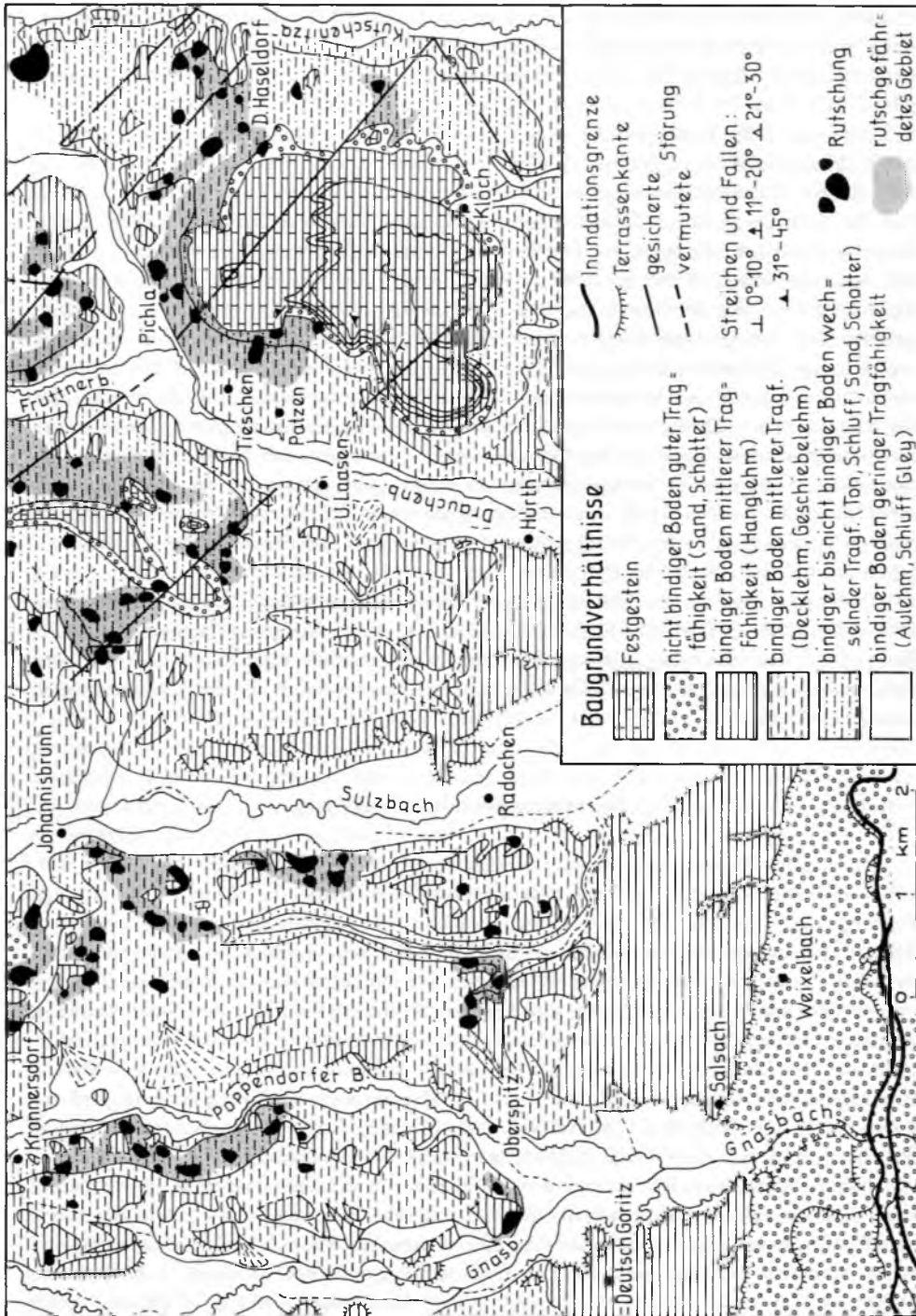


Abb. 128: Ausschnitt aus der Bauristikokarte des Naturraumpotential-Atlas des Bezirks Radkersburg, von G. SUETTE & Th. UNTERSIEG (1983, Blatt 5).

H. KÜRZL, 1984; ÖST. RAUMORDN. KONF., 1984; W. GRAF et al., 1984; F. BENDER, 1984, S. 521 ff.; G. STERK, 1985 b).

Mit der Erfassung des Naturraumpotentials geht natürlich auch eine Risikobewertung in bezug auf mögliche Naturkatastrophen geogener und anderer Art einher, so daß in einer Gesamtsystemanalyse zugleich eine Risikoanalyse enthalten ist (W. PETAK & A. ATKISSON, 1982).

Gleichsam als Pionierprojekt auf dem Naturraumpotentialsektor kann in Österreich der oben erwähnte Naturraumpotentialatlas samt Erläuterungen des Bezirkes Radkersburg in der Steiermark dienen, der unter der Leitung von W. GRAF erstellt worden ist (I. ARBEITER et al., 1983; G. SUETTE & TH. UNTERSWEG, 1983). Da an Hand dieses Beispiels mustergültige Grundlagen für jede weitere Raumplanung erarbeitet worden sind, soll zur Durchleuchtung des gesamten Fragenkomplexes der Inhalt dieser thematischen Karten in Kurzform mitgeteilt werden: Geologie, Bohrprofile, Quartärmächtigkeit, Sand- und Schottermächtigkeit, Baurisiko (Abb. 128), Steinbrüche und Baumaterialgruben, Böschungswinkel, Grundwasserschichtenpläne bei Hoch- und Niederwasserstand, Extremgrundwasserstand, Grundwasserüberdeckung, Bodentypen, Wasserverhältnisse, Bodenschwere, Erosion, Bodenwert, Natur- und Landschaftsschutzgebiete sowie berg- und wasserrechtliche Schongebiete, Kaltluftzonen, Temperaturmaxima, Temperaturgunstzonen, Besonnung, Nebelzonen, Vegetation. Analoge Naturraumpotentialkarten mit erläuterndem Text sind in der kurzen Zwischenzeit im Institut für Umweltgeologie bereits für die Region des mittleren Murtales (F. EBNER, 1981 b, 1983), die Bezirke Leibnitz (M. PÖSCHL et al., 1982 bis 1983; H. HONIG et al., 1984) und Deutschlandsberg (J. FLACK et al., 1983), Voitsberg (F. EBNER et al., 1984) sowie für das Mürztal (G. HÜBEL & G. RAUCH, 1984) erstellt worden.

Der Weg zu einem Naturraumpotentialatlas von ganz Österreich ist allerdings noch weit

Als Beitrag der Geologischen Bundesanstalt zu einer Naturraumpotentialkarte des Landes kann die begonnene regionale Feststellung des Rohstoffpotentials verstanden werden, wie sie beispielsweise von H. PIRKL (1984) für das Blatt Wörgl und Neukirchen am Großvenediger durchgeführt worden ist. Überblick über die Rohstoff-Forschungsprojekte 1978 bis 1983 gibt der Bericht von H. PIRKL (1983). Noch im Jahr 1986 wird seitens der Geol. Bundesanstalt ein Katalog über die meist unveröffentlichten Ergebnisberichte der zahllosen Rohstoffprojekte in Österreich ausgegeben werden (H. PIRKL, 1986). Von Interesse ist in diesem Zusammenhang auch die Erstellung des Geochemischen Atlas von Österreich im Maßstab 1:50.000, der 33 Elemente erfaßt (an der Geol. Bundesanstalt als Folien aufgelegt), der auch in Form von Übersichtsblättern für die einzelnen Elemente im Maßstab 1:1.000.000 im Druck erscheinen wird; Beispiel: Arsen – F. THALMANN (1984).

Von besonderer Bedeutung in der Naturraumpotentialforschung ist naturgemäß auch die Erfassung der Georischen als negatives Naturraumpotential. Durch die Initiative von G. SCHAFFER entsteht seit dem Beschluß der Geologischen Bundesanstalt von 1980 eine „Karte der geologisch-geotechnischen Risikofaktoren der Republik Österreichs 1:50.000“, die der Forderung nach geotechnischer Sicherheit Rechnung tragen soll. Für Raumplanung und Umweltschutz in bezug auf Sicherheit von Bau-, Verkehrs- und Transportwesen einschließlich Pipelines und Fernwasserlei-

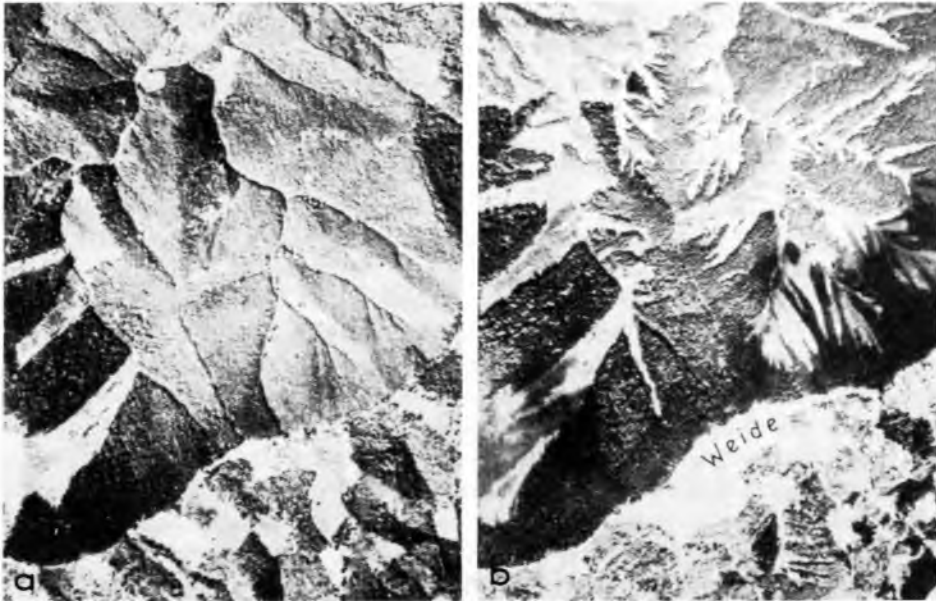


Abb. 129: Schlagartige Erosionswirkung und Anriß einer Unzahl von Anbrüchen im bewaldeten Gehänge des Jassnitzgrabens S Allerheiligen im Mürztal bei der steirischen Unwetterkatastrophe am 12. August 1958. Die Bilder aus der Studie von E. CLAR (1959, S. 136, Abb. 7–8) zeigen Luftaufnahmen vor und nach dem Unwetter (Norden ist unten!).

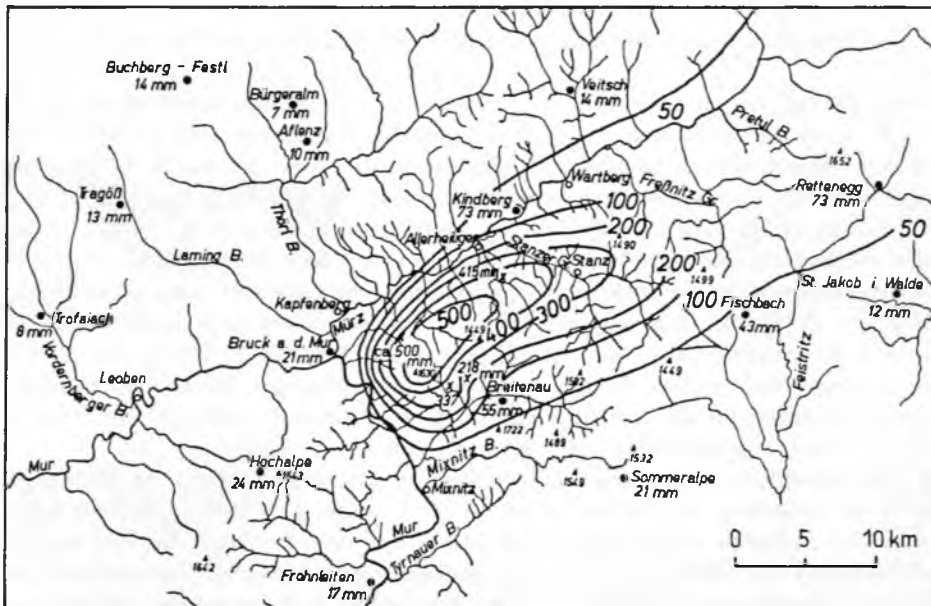


Abb. 130: Die Niederschlagsmengen am 12. August 1958 in mm bei der Unwetterkatastrophe im Raum Stanz-Breitenau südlich des Mürztals; nach J. ZÖTL (1971, Abb. 27).

tungen wird dieses Kartenwerk besondere Bedeutung besitzen. Bisher (1985) liegen sieben Blätter dieser negativen Naturraumpotentialkarte in Reinzeichnung vor, 16 Karten stehen in Bearbeitung. Von den geschätzten 70.000 bis 100.000 geogenen Risikofaktoren in Österreich sind hierdurch bisher 7000 im Detail erfaßt.

## 2. Spezielle Aufgabenbereiche

### a) Geologische Vorsorge gegen Naturkatastrophen und bei technischen Großbauten

Die Klärung der Ursachen geogen bedingter Naturkatastrophen, die Entwicklung vorbeugender Maßnahmen, die Vorhersage, im besten Fall sogar die Verhinderung solcher Ereignisse, sind klassische Aufgaben der Angewandten Geologie. Ihr Aufgabenbereich in dieser Richtung betrifft vor allem Ereignisse wie Erdbeben, Bergstürze, Hangrutsche, Wildbach- und Murschäden, Hochwässer, in Österreich glücklicherweise nicht Vulkanausbrüche oder Tsunamis. Da wir im Abschnitt Seismologie und Technische Geologie bereits an Hand einiger Beispiele auf die spezifische Situation Österreichs eingegangen sind, müssen wir uns hier mit diesen Hinweisen begnügen (S. 185 f., 318 ff.). Zahllose eindrucksvolle Beispiele aus Österreich betreffs Hochwasser- und Hangrutschkatastrophen sowie Murschäden (Abb. 129, 130) sowie deren Verhinderung durch Entwässerung der Rutschhänge, Wildbachverbau, Anlage von Retentionsräumen, Dammschutz etc. sind z. B. im Referateband „Hochwasser und Raumplanung“ (H. ÖLLINGER et al., 1971) und – auf internationaler Ebene – in der Publikationsreihe „Interpraevent“ der „Forschungsgesellschaft für vorbeugende Hochwasserbekämpfung“ enthalten, die bisher 13 Bände herausgegeben hat (1 Bd. Klagenfurt 1967, 4 Bde. Villach 1971, 3 Bde. Innsbruck 1975, 5 Bde. Linz 1980/81 – vgl. H. AULITZKY et al., 1980(1981), eindringlich vor Augen geführt. Wie umsichtig auch bei Verbauung von Wildbächen vorgegangen werden muß, zeigt etwa der Artikel von E. LEYS (1980) über die Grenzen der „Machbarkeit“ in Gebirgslandschaften, in dem gezeigt wird, daß bei übersteigerten Ausbauten durch Störung der Ökologie des Wildbaches die Gefahrenquellen wieder vergrößert werden. Näheres hierzu vgl. S. 315 ff.

Erst in unserem Jahrhundert erhält mit dem Anwachsen der technischen Großprojekte ins Gigantische die Erdwissenschaft noch den Auftrag, auch vor anthropogen bedingten Katastrophen zu schützen. Ein geborstener Staudamm (Vajont, Italien, 1963: 3000 Tote; Johnstown, USA, 1889: 2142 Opfer; Malpasset, Frankreich, 1959: 381 Tote; Vega de Tera, Spanien, 1959: 144 Tote), eine unterspülte, weggesackte Bahntrasse, ein unüberlegt auf eine Bebenlinie gesetztes und eventuell hierdurch betroffenes Großkrankenhaus, ein nicht genügend vor Erdbeben geschütztes und gegebenenfalls zerstörtes Atomkraftwerk, das beim Supergau durch Dampfexplosion das radioaktive Inventar in die Atomsphäre freisetzt und ganze Ländereien verwüstet – all das sind Katastrophen, die in ihrer Auswirkung für die Menschheit und Natur durchaus Naturkatastrophen übertreffen können – vgl. Supergau im April 1986 in Tschernobyl, UdSSR. Eine umweltbedachte Bauplanung, besonders etwa in Bebengebieten, ist heute Thema der internationalen Fachliteratur (vgl. Überblick bei B. BOLT, 1984, S. 167 ff.).

Wir haben auch in dieser Hinsicht, wie bereits im Abschnitt der Technischen Geologie, über die Meisterleistungen österreichischer Erdwissenschaftler bei der sorgfältigen Planung solcher Bauwerke berichtet. Wir haben aber wiederholt selbst erlebt, daß in manchen Techniker-Kreisen jene Beziehung zur Natur, zur lebendigen Erde fehlt, sodaß dann oft Großbauwerke ohne Heranziehung von Erdwissenschaftlern oder unter zu später Befragung in die Landschaft gesetzt werden und man dann über die Auswirkungen höchstlichst erstaunt ist. Beispiele dieser Art gibt es leider auch in erklecklicher Anzahl. Bekannte Fälle sind Großhotels am Semmering und in Vorarlberg, die auf sehr heterogenem Gesteinsmaterial fundiert worden sind, u. zw. teils auf festem Fels, teils auf lockerem oder mobilem Untergrund. Sie haben dann naturgemäß durch eine verschiedenartige Beanspruchung eine unterschiedliche Setzung erfahren, die sich in Rissen an den absetzenden Bauteilen äußert. Die Sicherheitswanne eines Atomkraftwerkes vor den Toren Wiens hat, wie S. 185 erwähnt, dasselbe Schicksal erlitten. Die Verwendung ungeeigneter, verlehmteter Schotter beim Bau des Autobahnabschnittes „Strengberge“ hat durch Auffrieren des wasseransaugenden Materials den Abriß des Belages und den Abtrag eines guten Teiles der Fahrbahn dieser Strecke erforderlich gemacht. Besondere Beachtung in der Öffentlichkeit hat die am 19. Dezember 1985 erfolgte großräumige, bis 15 m tiefe Absackung eines 150 m langen Trassenstückes der Südautobahn einen Monat nach Eröffnung dieses Abschnittes im Raum von Pinkafeld im Burgenland gefunden. Auf dem hier stark zu Rutschungen neigenden neogenen Untergrund hatte die viel zu hohe Belastung der bis fast 20 m hohen Schüttung ein Nachgeben des mobilen Untergrundes bewirkt.

Das unsachgemäße Einschlännen eines dreimal so hoch als zulässig errichteten Dammes des Kohlenbergbaues Köflach hat im Jahre 1965 zum Dammbruch des Schlammteiches geführt, sodaß sich etwa 500.000 m<sup>3</sup> Schlammassen in das Bahnhofgelände und in die Wohnsiedlungen sowie den Karlschacht von Köflach ergossen haben (G. KOPETZKY, 1966). Die Errichtung von Brücken in unterschätzten Störungszonen an mylonitischen Bruchstörungen haben wiederholt kostenaufwendige, übertiefe Fundierungen der Pfeiler bewirkt. Anschnitte von Rutschhängen im Wienerwald an der Westautobahn haben nach ersten Maßnahmen der Entwässerung eine jahrelange Sanierung der mobilen Zonen erfordert. Eine die lokalen Eigenheiten des Felsuntergrundes nicht zureichend berücksichtigende Konstruktion der Maltatalsperre in den Tauern hat anhaltende Schäden an der Basis der Sperre bewirkt (S. 326), die sich auch in finanzieller Hinsicht entsprechend ausgewirkt haben. Die bekannte Fehlentscheidung der E-Wirtschaft, ein Atomkraftwerk in ein nachgewiesen stark bebengefährdetes Gebiet mitten über den Hauptgrundwasserstrom Ostösterreichs entgegen dem offiziellen, absolut negativen geologisch-hydrogeologischen Gutachten der Geologischen Bundesanstalt (H. KÜPPER, N. ANDERLE, R. GRILL, 1962, unveröffentlicht: Standort mit „nicht geeignet“ und „ganz auszuschließen“ klassifiziert), hat ja bekanntlich neben anderen Gründen zur Ablehnung der Inbetriebnahme dieses Werkes bei Zwentendorf vor den Toren Wiens durch eine Volksabstimmung am 5. November 1978 geführt.

Diese Auswahl von Beispielen der Geringschätzung der geologischen Gegebenheiten durch Manager oder Techniker zeigt eindringlich, daß die Erdwissenschaften in Fragen des Katastrophenschutzes bei geogen oder bei anthropogen bedingten Gefährdungen rechtzeitig herangezogen werden sollen, um vorbeugende Maßnahmen zu treffen.

## b) Schonwirtschaft im Bergbau

Derzeit wird auch in Österreich in vielen Lagerstätten direkt oder indirekt Raubbau betrieben, trotz aller bestehenden Berggesetze. Direkter Raubbau liegt vor, wenn nur die reinsten Erze, der reinste Graphit, der reinste Magnesit usf. entnommen werden und etwas niedrigerprozentige, aber durchaus wertvolle Erze und Rohstoffe, die bei der augenblicklichen Preislage nicht gewinnbringend absetzbar sind, nicht auf Halde oder in Reserve kommen, sondern mit dem Nebengestein im Berg als Hinterfüllung gesprengt werden und damit unwiderruflich für unsere Nachkommen verloren sind. Das ist in etlichen Bergbauen unseres Landes leider direkt zu beobachten. Grundsätzliches zur Frage Raubbau und Umweltschutz im Bergbau bringt in übersichtlicher Form W. GOCHT (1983, S. 131 ff.).

Der indirekte Raubbau an unseren Lagerstätten aber ergibt sich aus der Verschwendungswirtschaft unserer Zeit, die mit der falschen Strategie des immerwährenden Wirtschaftswachstums immer noch mehr auf den Markt werfen und verschwenden will: Absichtlich kurzlebig konzipierte Produkte, Wegwerfeinwegpackungen, ein durch Werbung suggeriertes Übermaß an angehäuften, morgen veralteten, aus der Mode gekommenen Geräten, all das hat in ungesunder Weise den Konsum angeheizt und bewirkt die Plünderung unserer Lagerstätten von Erzen, Nichterzen und fossilen Energieträgern. Symbolhaft zeigen die bisher geförderten Mengen von Eisenerz am Steirischen Erzberg die zunehmende Ausbeutung der Lagerstätten: Förderung seit der Römerzeit bis 1600: 1 Million t, 1601 bis 1880: 15 Millionen t, 1881 bis 1980: 167 Millionen t. Während der Erzberg noch vor 300 Jahren maßgebend für eine führende Stellung Österreichs unter den größten Eisenproduzenten Europas war (W. GRAF & J. HADITSCH, 1984, S. 24 f.), wird sein Erz in 50 bis 60 Jahren zur Gänze abgetragen sein. Durch die Erzeugung von Wegwerfgütern statt Langzeitgütern in allen Sparten einschließlich der Autoproduktion hat die Vergeudung aller Rohstoffe zerstörende Dimensionen angenommen.

Bei der Vergeudung der Energieträger bietet sich das gleiche Bild: Das größte neuerrichtete Kohlenkraftwerk Dürnrohr bei Tulln wird in Fehlplanung so konzipiert, daß die „Abwärme“ nicht nutzbringend verwendet werden kann, sondern 29 m<sup>3</sup> um 8° aufgewärmte Wässer sollen sich jede Sekunde durch eine 3 m dicke Rohrleitung in die Donau ergießen. Statt 90 Prozent der zugeführten Energie der täglich in mehreren Zügen ankommenden polnischen Steinkohle zu nutzen, wie in Blockheizkraftwerken mit Wärme-Kraft-Koppelung (bei denen kombiniert Strom und Wärme erzeugt wird) möglich, werden bestenfalls 42 Prozent der zugeführten Energie genutzt, der Rest, der mehr als die 800 MW elektrischer Leistung beträgt, wird vernichtet und trägt zur Störung der Flußökologie bei. Es war eingeplant, daß dort rund die Hälfte der zugeführten Energie verschwendet werden wird. Dies entspricht einer Menge, für deren Produktion viele Dutzende der aus Naturschutzgründen so umkämpften Kampalkraftwerke nötig wären oder mit der man eine ganze Serie von Städten von der Größe von St. Pölten heizen könnte. Die Zahl derartiger Beispiele auf allen technischen Sektoren ist Legion: Weitere Möglichkeiten gegen Energieverschwendung neben der Abwärmenutzung liegen im höheren Wirkungsgrad industrieller Prozesse, in verbesserter Wärmedämmung der Häuser, in wirksameren Heizsystemen, in höherer Effi-

zienz der Haushaltsgeräte, besserer Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel – auch für Güterverkehr Schiene statt Straße –, in Qualität statt Quantität bei Gütern, in besserer Benzinnutzung im Auto (Wirkungsgrad etwa 34 Prozent) usf. bis zu einer sinnvolleren Planung der Stadtgestaltung, um den Dauerverkehr zwischen Arbeits-, Wohn- und Erholungsplatz einzuschränken. Unüberlegte bis absichtlich auf Verbrauch ausgelegte Technologien haben in unserem Jahrhundert entscheidend zur Vernichtung hochwertigster Energiereserven geführt. Die Feststellung des Statistischen Zentralamtes (Untersuchung 1982), daß in Österreich 50 Prozent der jährlich verfügbaren Energiemengen verlorengehen, davon 64 Prozent durch nicht zweckmäßig energieaufnehmende Geräte und Maschinen und 26 Prozent bei den Energieumwandlungsbetrieben, unterstreicht die Notwendigkeit des Umdenkens.

Ein weiterer Weg, Energie und Rohstoffe einzusparen, ist die Wiederverwertung der brauchbaren Anteile des „Abfalls“. Statt Einwegflaschen und Aluminiumdosen wird mit wiederverwertbaren Flaschen enorme Energie eingespart. Ferner würden bei Wiederverwertung des Aluminiums von Aludosen nur 15 Prozent jener Energiemenge verbraucht werden, die bei Herstellung aus dem Rohmaterial Bauxit erforderlich ist. Die Aluminium-Produktion verbraucht ja etwa 11 Prozent des der Industrie zugeführten Stromes. Radikales Umdenken der Wegwerfgesellschaft vom Raubbau zur Schonwirtschaft ohne Qualitätsverlust ist hoch an der Zeit. Ansätze zu diesem Umdenken werden vielfach sichtbar und auch durch Broschüren populär gemacht (vgl. W. ALTZIEBLER, 1984; T. KOFLER & O. STOCKER, 1985).

Durch sinnvollen Einsatz von Umweltschutzmaßnahmen aber kann nicht nur die Verschmutzung der Umwelt hintangehalten werden, sondern zugleich durch Nutzung der rückgewonnenen Stoffe wertvolles Rohmaterial erspart werden. So hat der Einbau von Filtern in einem Zementwerk im Unterinntal aus dem sonst in die Umgebung geblasenen Feinstaub die Möglichkeit geboten, einen wertvollen Spezialzement für spezifische Zwecke auf den Markt zu bringen. Bei Kohlenkraftwerken kann heute der Gesamtrückstand als technisches Rohmaterial wiederverwendet werden, sodaß in Deutschland bei modernen Kraftwerken die Anlage von Haldendeponie unterbleibt: die  $\text{SO}_2$ -Abgase werden mit Kalk zu technisch einwandfrei verwendbarem Gips gefällt, Flugasche dient für Bindemittelzwecke in der Baustoffindustrie, Magnesiumbisulfid wird zum Rohstoff für Zellstoff-Fabriken, Magnesiumoxyd wird derzeit noch als wertvolles Gut importiert, Ammoniumsulfat kann als Düngemittel verwertet werden. Der Forschungsbericht „Beiträge zum Umweltschutz etc.“ des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz 1/1977 beschreibt die Verwertbarkeit von Aschen und Schlacken von Kohlekraftwerken des näheren.

Zur Charakterisierung der heute in Österreich noch herrschenden Problematik der technischen Verwertung der aus den Abgasen herausgefilterten Stoffe soll das Beispiel des Rauchgasgipses in der Steiermark dienen. Das Kraftwerk Voitsberg NW Graz würde bei Filterung der Abgase jährlich ca. 68.000 t, das Kraftwerk Mellach SE Graz ca. 20.000 t Gips produzieren. Der Gipsbergbau sieht bei der Verwendung dieser Gipsmengen in der Gipsindustrie eine den Bergbau gefährdende Konkurrenz, die steirische Zementindustrie könnte bei allmählicher Umstellung jährlich 50.000 bis 65.000 t dieses Gipses verwerten, wenn er allen Anforderungen entspräche. Wenn es aber im Gegensatz zu anderen Industriestaaten zu keiner Verwertung solcher Produkte käme, brächte

die Deponie beträchtliche Probleme: Allein die Flugasche und der Rauchgasgips würden bei Deponie den gesamten Tagbau Karlschacht bereits in 12 bis 15 Jahren ausfüllen, wobei durch die darin enthaltenen Substanzen das Grundwasser gefährdet werden könnte. Falls daher keine Abnahme des gesamten Rauchgasgipses zu erreichen wäre, müßte man daneben Produkte wie Schwefelsäure (wie in den USA), elementaren Schwefel etc. herstellen, die derzeit von Österreich importiert werden müssen.

Die allein bei den Kraftwerken Voitsberg und Mellach anfallenden Gipsmengen, die bereits rund 15 Prozent der österreichischen Gipsproduktion (1983: 611.000 t) ausmachen, zeugen vom Ausmaß der bisher in die Luft geblasenen Schadstoffe einerseits, von den gewinnbaren Rohstoffen durch Filterung andererseits. Der Vergleich mit deutschen Verhältnissen macht diese Situation noch anschaulicher: Wenn ab 1988 in der BRD laut Verordnung die Mehrzahl der Kraftwerksabgase gefiltert sein wird, werden allein die Kohlenkraftwerke in Nordrhein-Westfalen über 2 Millionen t Gips/Jahr produzieren – also fast die Hälfte des jährlichen Gipsverbrauches in der Bundesrepublik!

Die Zahl der Beispiele über Energie- und Rohstoffeinsparung durch Wiederverwertung gebrauchter Güter ist Legion und kann nicht im einzelnen angeführt werden. Es mag etwa noch das Beispiel der Altglasverwertung in Österreich zitiert werden: Die Förderung der direkten Wiederverwertung der Glasflasche, wie dies vor der Verschwendungsära selbstverständlich war, ist im heutigen Bewußtsein noch nicht durchgedrungen. Aber allein die Nutzung von 47.000 t Altglas im Jahre 1982 in Österreich (25 Prozent der verwendeten Menge an Hohlglas) bedeutet 36.500 m<sup>3</sup> weniger Müll, 1,7 Millionen m<sup>3</sup> weniger Erdgasverbrauch (23 Millionen kWh weniger Energieverbrauch), 21 Millionen m<sup>3</sup> weniger Abgase und verminderte Abwasserbelastung. Daß dies nur den Beginn eines Umdenkens anzeigen soll, zeigt der Vergleich mit der Schweiz, wo im Jahre 1984 nicht 6,7 kg Altglas/Einwohner wie in Österreich, sondern 21,3 kg – also mehr als dreimal soviel – gesammelt worden ist.

Auch die jüngsten Daten zeigen noch immer ein Übermaß der Verschwendung: Zuletzt landeten in Österreich noch 200.000 t Altglas/Jahr im Müll und wurden nur 63.000 t wiederverwertet; 450.000 t Altpapier werden jährlich als Abfall weggeworfen, obwohl die österreichische Industrie 300.000 t Altpapier pro Jahr einführen muß (T. KOFLER & O. STOCKER, 1985, S. 88) – hier und bei vielen anderen Grundstoffen ein unnötiger Verschleiß an Rohmaterial, Energie, Wasserverbrauch und Wasserverschmutzung.

Grundlage einer sinnvollen Nutzung der Lagerstätten von Erzen, Nichterzen und Energieträgern aber ist natürlich neben deren umfassender Erfassung (Lit. S. 347) eine genaue Planung für die Art des Abbaues einerseits, die Lösung der damit verbundenen Umweltprobleme andererseits. Zum erstgenannten Thema, der exakten Abbau-planung, hat sich ein neuer Wissenschaftszweig zur Abschätzung der Reserven und der Geometrie der Lagerstätten mit Hilfe der Statistik, die sogenannte Geostatistik, entwickelt, die auch bei den Einzelheiten des Beprobungsplanes und der Bohrungs-Lozierung Hilfe für die Bergingenieure gewährt. Sie ist an Hand der Kohlenlagerstätte Trimmelkam, OÖ., beispielsweise erprobt worden (M. VINZENT, 1984).

Die Probleme der Gewinnung oberflächennaher Rohstoffe unter Berücksichtigung der Umwelterfordernisse bis hin zum Fremdenverkehr müssen heute – gerade in





Abb. 131: Plakate der frühen Bürgerinitiative „Verein zum Schutz der Landschaft und heimischen Wirtschaft“ riefen bereits im Jahre 1970 im Raum Kitzbühel gegen die Lagerstättenprospektion durch Geologen und gegen Bergbau in diesem Fremdenverkehrsgebiet auf. Die Notwendigkeit der Abstimmung konträrer Interessen kündigt sich an.

Österreich – in zunehmendem Maße berücksichtigt werden (G. LÜTTIG, 1979; S. EBERLE & R. RUDEK, 1983; J. HADITSCH, 1984).

Über die herkömmlichen Fragen der Umweltbeeinflussung durch den Bergbau durch Senkung oder Hangrutschung (Beispiel: Großrutschung im mobilen Gehänge aus Buntem Keuper über dem Gipsbergbauggebiet Myrtengraben unterhalb des Bärenwirtes im Semmeringgebiet, NÖ.; Grundsätzliches hierzu bei H. KRATZSCH, 1983), ferner durch Halden, durch Grundwasserabsenkung durch Tagbaue (G. KELLER 1969, S. 252 ff., 273 ff., 283 ff.), besonders aber durch Prozeßwässer (Filtration, gravitative Separation, Lösen, Waschen etc.) informieren bereits die einschlägigen Handbücher (F. BENDER, 1984, S. 595 ff.).

Eine schwerwiegende Gefährdung der Umwelt durch die in den USA bereits im Jahr 1964 im „Pflugshare-Projekt“ (Plowshare project) getestete Methode der totalen Aufbereitung ganzer Bergstöcke zu Trümmergestein durch unterirdische oder flachgründige oberirdische atomare Großsprengungen für die bessere Gewinnung des Erzes durch Laugung ist dann doch wegen der Möglichkeit atomarer Verseuchung zurückge-

stellt und in der Praxis nicht angewendet worden (H. AUST & J. BECKER-PLATEN, 1985, S. 86).

Heute kommt in Fremdenverkehrsländern als neue Komponente die Störung des Fremdenverkehrs durch Tagbau oder Bergbau mit Halden in landschaftlich wertvollen Gegenden hinzu: Wir erinnern uns noch der Plakate von Bürgerinitiativen im Raum von Kitzbühel im Jahre 1970, von denen uns in fetten Lettern „DAS BERGWERK DROHT“ und „TOD DEN GEOLOGEN“ entgegenleuchtete, als Reaktion auf die geologische Prospektion und die Bohrungen der Union Corporation in der Region einer mutmaßlichen östlichen Fortsetzung der Vererzung des Röhrebrichels (J. HADITSCH, 1984 b) – Abb. 131.

Jüngst hat nun G. STERK (1985 b) in seiner Studie „Rohstoffgewinnung und Umweltschutz in Österreich“ gerade den Zusammenhängen zwischen Bergbau und Umwelt, den einschlägigen Problemen, aber auch den erfreulichen gegenwärtigen Fortschritten auf diesem Sektor in verantwortungsbewußter Weise größte Aufmerksamkeit gewidmet.

Aus der Reihe der dort bei G. STERK angeführten Fortschritte auf diesem Sektor seien vier Beispiele herausgegriffen, die zugleich zeigen, daß Umweltschutz nicht immer nur Mehrkosten bedeutet, sondern vielfach auch zu zusätzlicher Rohstoffgewinnung oder verbesserter Rohstoffausbringung, also zu finanziellem Erfolg, verhelfen kann:

1. Der Scheelitbergbau Mittersill in den Hohen Tauern – einer der größten Wolframbergbaue der Welt – ist durch Begrünung der Halden, Verlegung von Werksgebäuden untertage, unterirdischen Roherztransport durch Stollen statt obertags mittels Lkw u. a. so gut wie immer möglich in die Hochgebirgslandschaft eingefügt worden.

2. Der Magnesitbergbau Hochfilzen in Tirol hat die alten Halden aufgeforstet und für die Rauchgase des Werkes eine Naßentschwefelungsanlage errichtet, wodurch Gips und Magnesiumsulfat zur Nutzung anfallen.

3. In der Saline Steinkogel (OÖ.) der Österr. Salinen-AG wird aus der Mutterlauge Kaliumchlorid rückgewonnen, wodurch einerseits der bisher damit belastete Vorfluter freigehalten wird, andererseits das gewonnene Kaliumchlorid in der Düngemittel-Industrie verwertet werden kann.

4. Durch die Rückeinpresseung von täglich 30.000 m<sup>3</sup> gereinigter salzhaltiger Ölfeldabwässer in den Untergrund entlastet der österreichische Erdölbergbau einerseits die Umwelt, erspart die Kosten der Entsalzung dieser Abwässer und erzielt gleichzeitig durch eine Steigerung des Lagerstättendruckes eine erhöhte Erdölausbeute.

### c) Schutz des Bodens

50 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Böden in Österreich sind nach ihrer Qualität und Zusammensetzung kartierungsmäßig erfaßt. 32 Prozent dieser durch die Landwirtschaft bewirtschafteten Böden wird intensiv genutzt. Hierdurch ist in der heutigen Zeit automatisch die ebenso intensive Behandlung des Bodens mit Kunstdünger (pro Jahr werden in Österreich weit über 1 Million t aufgebracht) sowie mit Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln (jährlich werden rund 4000 t einge-

setzt) verbunden. Damit aber tritt bei der vielfach gehandhabten unsachgemäßen Anwendung eine langfristige Schädigung von Boden, Grundwasser und Vegetation ein.

Grundsätzliches zu diesen Fragen aus geologischer Sicht wird bei H. AUST & J. BECKER-PLATEN (1985, S. 73 ff.) vermerkt. Über die Situation in Österreich auf diesem Sektor informiert am umfassendsten das Heft „Umweltsituation – Boden“ von E. KASPEROWSKI (1981, cum lit.). Die Schädigung der Böden vollzieht sich laufend in breitem Ausmaß: Zunächst durch die Zersiedlung (täglich werden in unserem Land 35 ha verbaut), sodann durch die Zerstörung durch den Fremdenverkehr, und zwar nicht nur im Bereich der Skipisten (S. KUX et al., 1981, Abb. 48), durch Bearbeitung des Bodens mit schweren Maschinen bis zu stets gleichbleibender, beträchtlicher Tiefe, was zur Verdichtung, besonders zur Pflugsohlenbildung führt; durch die massenhafte Einbringung von Kunstdünger in den bewirtschafteten Boden (1970: rund 1,6 Millionen t, 1979 rund 1,2 Millionen t), durch die Klärschlammdeponierung samt Schwermetallgehalt und organischen toxischen Verbindungen, durch die Biozide, durch unkontrollierte Mülldeponien, durch die  $\text{SO}_2$ -Emission von Kraftwerken, Industrie und Haushalt, die, umgewandelt, als saurer Regen mit verheerenden Wirkungen für die Bodenorganismen auf die Böden einwirkt, durch die Bleibelastung entlang der Fahrbahnen (die bis auf 100 m Entfernung noch 30 Prozent der unmittelbar am Verkehrsträger gemessenen Werte betragen), durch die Salzstreuung auf Verkehrswegen, die in den späten siebziger und Anfang der achtziger Jahre rund 100.000 t Steinsalz/Jahr und untergeordnet auch  $\text{CaCl}_2$  aufgebracht und damit die angrenzenden Böden alkalisiert hat, was zu Störungen der Pflanzenatmung und zum schnelleren Absterben der Allee-bäume in den Städten geführt hat.

Abhilfe kann hier geschaffen werden durch Eindämmung des Verbauens der fruchtbaren Böden, die der Landwirtschaft vorbehalten bleiben müssen, durch Verminderung des Kunstdünger- und Biozid-Einsatzes unter vermehrter Verwertung des Stalldüngers sowie Wiederherstellung einer natürlichen Harmonie durch eine vielgestaltige Kulturlandschaft, in der sich wiederum das ökologische Gleichgewicht einstellen kann, Beschränkung im Straßen- und Pistenbau u. a. mehr: Auch hier gilt die Forderung nach rascher Umstellung angesichts des Ausmaßes der rücksichtslosen und konzentrischen Art der heute herrschenden Bodenzerstörung.

#### d) Schutz des Grundwassers und der Gewässer

##### a) Allgemeines

Grundsätzliches über die Frage der Grundwassersituation in Österreich, der unterschiedlichen Gegebenheiten bei Karstgrundwasser und beim Grundwasser der Talbecken, der Strömungsgeschwindigkeit, ihrer Erneuerung, dem Konnex mit dem Flußwasser und andere einschlägige Fakten sind bereits im Abschnitt Hydrogeologie (S. 271 ff.) erörtert worden.

Hier soll zusätzlich der ausgedehnte Fragenkomplex der Grundwasserverunreinigung und des Grundwasserschutzes zur Sprache kommen, dem bei der rasch fortschreitenden Wasserverknappung in der Welt und in Österreich in Gegen-

wart und Zukunft erhöhte Bedeutung zukommt. Gerade das Wissen, wie langsam in manchen Regionen die Grundwassererneuerung vor sich geht (Extrembeispiel: Grundwasser im Seewinkel östlich vom Neusiedler See mit einem Alter von 28.000 Jahren, das also seit der letzten Eiszeit nicht mehr erneuert worden ist – S. 300), zwingt uns zu wesentlich verantwortungsbewußteren Wasserschutzmaßnahmen als bisher.

Übersichtsdarstellungen liegen z. B. in F. BENDER (1984, S. 343 ff., 614 ff.) und in H. KARRENBURG (1981, S. 228 ff.) vor, die österreichischen Gegebenheiten sind in „Umweltsituation Wasser“ von W. KATZMANN (1981) und Bd. 61 (1984) der Schriftenr. des ÖWWV („Grundwasserschutz“) dargelegt.

## b) Fließende Gewässer

Vor Betrachtung der Grundwassersituation in Österreich ist es nötig, zunächst einen Einblick in die Situation der fließenden Gewässer zu gewinnen, da ja Grundwasser mit dem Flußwasser in stetem Konnex steht und eingebrachte toxische Stoffe beide Systeme wechselseitig belasten. Die Situation der österreichischen Gewässer ist leider durch die nur sehr mangelhafte Reinigung der Abwässer von Industrie, Gewerbe und Gemeinden nicht zufriedenstellend. Die in Österreich in die Flüsse eingeleiteten Abwässer enthalten Verunreinigungen, die insgesamt 25 bis 28 Millionen Einwohner-Gleichwerten entsprechen. Erst 40 bis 50 Prozent davon werden mechanisch oder biologisch behandelt (W. KATZMANN, 1981, S. XI). Die Zellstoffindu-



Abb. 132: Natürliche Flußlandschaft mit noch hoher Wasserqualität im Oberlauf der Erlauf im Bereich der Tormäuer, Ötscherland, NÖ.

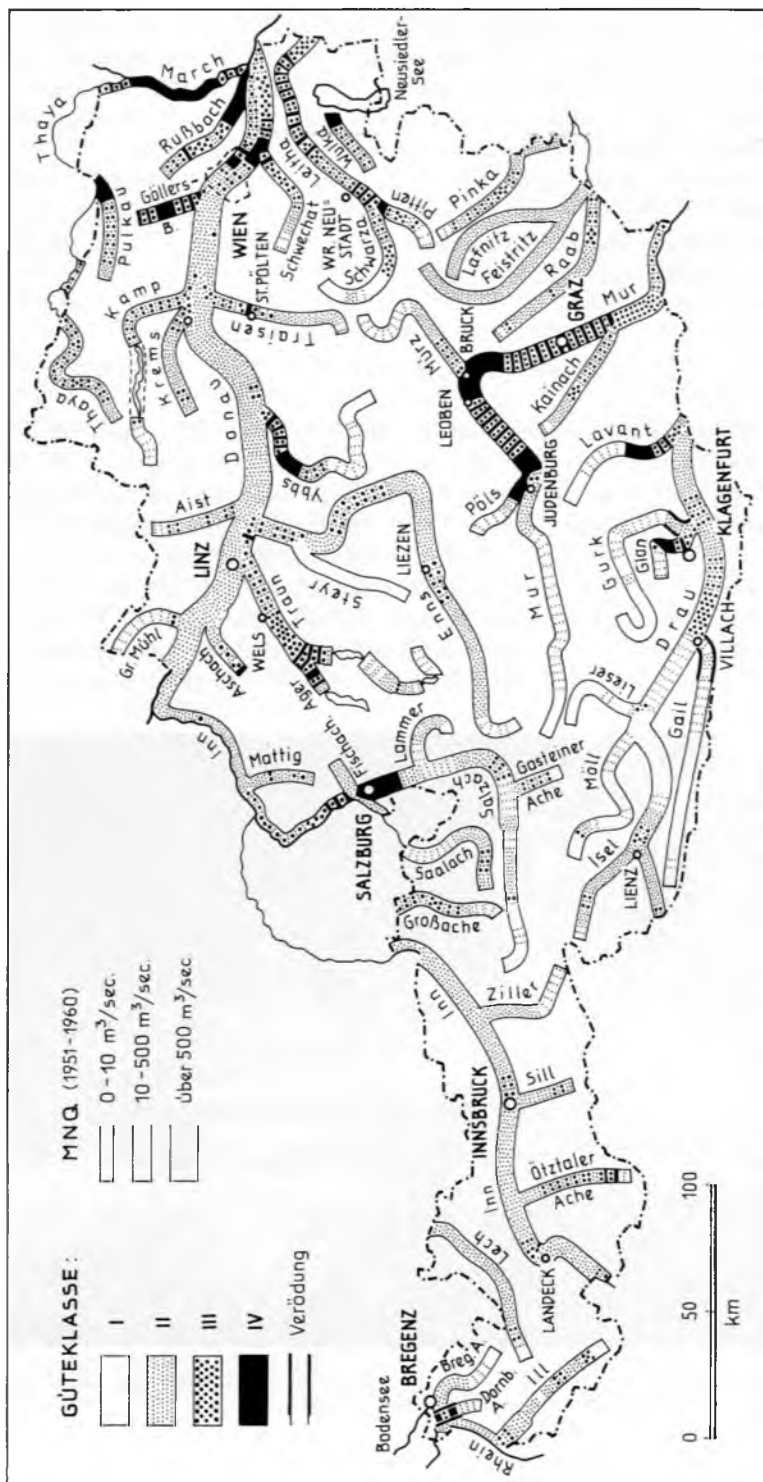


Abb. 133: Gütebild der Flüsse Österreichs im Jahre 1979, aus W. KATZMANN (1981, Abb. 12). Güteklasse I (natürlicher Zustand) ist nur mehr in wenigen, kaum berührten Gegenden erhalten geblieben, z. B. im obersten Abschnitt der kalkalpinen Flüsse Schwarza, Mürz, Ybbs, Steyr und in den oberen Abschnitten von Gurk, Drau, Gail und Möll. Güteklasse IV (schwerst beeinträchtigt, im Kartenbild schwarz) wird in erster Linie durch die frei in die Flüsse eingeleiteten, durch Chemikalien belasteten Abwässer bestimmter Industriezweige verursacht: Papier- und Zellulosefabriken bewirken auf diese Art die Zerstörung der Wasserqualität der betroffenen Abschnitte der Dornbirner Ache, der Salzach bei Hallein, der Ager, Traun, Ybbs, Lavant, Mur, Pitten; Zuckerfabriken sind für die Schäden an March, Rußbach und Wulka verantwortlich.

strie allein belastet unsere Flüsse im Ausmaß von neun Millionen Einwohnern. In der Abwasserbelastung der Flüsse folgen dann chemische Industrie, Stahlwerke und Lebensmittelproduktion, dann Gemeinden und landwirtschaftliche Betriebe. Hinzu kommt heute die Belastung durch saure Niederschläge. Die zu 90 Prozent für Kanalbau eingesetzten Mittel zur Flußreinhaltung bewirken eher eine Verschlechterung der Situation.

Ein Überblick über die Gewässergüte der österreichischen Flüsse (Abb. 133) läßt deutlich den Zusammenhang der Wassergüteklassen (I = natürlich, II = kaum beeinträchtigt, III = beeinträchtigt, IV = schwerst beeinträchtigt, V = zerstört) und der industriellen Hauptverschmutzung erkennen: Die ärgsten Belastungen finden wir in den Flußstrecken unterhalb der Zellulose- und Papierfabriken von Hallein/Salzach, Kematen/Ybbs, Steyrmühl, Laakirchen und Nettingsdorf/Traun, Lenzing/Ager, der Textilfabriken Dornbirner Ach, des Bleibergbaues Bleiberg/Nötschbach, der Chlorfabrik Gurk und der Zuckerindustrie an March und Leitha. Die Abwässer von Linz und Wien belasten die Donau schwer. Täglich werden von den großen Industrieanlagen Dutzende Tonnen Schwefelsäure, Sulfate und andere Chemikalien einfach in die Flüsse abgeleitet. Allein die Halleiner Zellulosefabrik bringt rund 1 Million Einwohner-Gleichwerte an Schmutzstoffen in die Salzach (W. KATZMANN, 1981, S. 38). Der stärksten verunreinigte Fluß Österreichs ist die Mur auf der Strecke unterhalb von Judenburg ab der Pölseinmündung bis unterhalb von Graz mit der Güteklasse IV. Große Anstrengungen in neuester Zeit haben bewirkt, daß die Mur bei ihrem Übertritt nach Jugoslawien wenigstens wiederum auf Güteklasse II bis III gebracht worden ist.

Zur Situation der Donau geben Arbeiten im Rahmen der Internationalen Arbeitsgemeinschaft für Donauforschung wichtige Auskünfte, zuletzt Publikationen der 23. Arbeitstagung dieser Konferenz im Jahr 1983 (U. HUMPEŠCH, 1983), bei der die Themen von Donauforschung (G. BRETSCHKO, 1983) über die Donaunutzung einschließlich der Trinkwassergewinnung (H. FRISCHHERZ, 1983) und des Gewässerschutzes (E. WÜRZER, 1983; N. MATSCHÉ, 1983) über biologisch-ökologische Fragen bis zur Radioökologie bezüglich der natürlichen Belastung durch K 40 und Ra 226 und der künstlichen Belastung durch langlebigen Fallout von Kernwaffenversuchen (Abb. 137) etc. von Sr 90, Cs 137 u. a. (K. HÜBEL, 1983) behandelt worden sind.

Nach jüngsten Untersuchungen von M. KRÁLIK & M. SÁGER (1986) sind in den rezenten Feinsedimenten von Donau und Donaukanal in und unterhalb von Wien bis zur Staatsgrenze die Schwermetalle Blei, Zink und Quecksilber auf das 3,1- bis 9,6fache gegenüber dem Background angereichert. Auch die beträchtliche Erhöhung der Cadmium-Werte sticht hervor. Das künstliche Radionuklid Cs 137 weist in den Sedimenten des Donaukanals bei Wien etwas höhere Werte als in den Donausedimenten auf. Gerade solche Belastungen durch Schwermetalle müssen bei Flüssen, für die weitere Staustufen – wie etwa für diesen Abschnitt der Donau – geplant sind, bedacht werden, da in Stauräumen eine erhöhte Ablagerung von Feinmaterial eintritt und sich dann die Schwermetallbelastung auf Uferfiltrat-Entnahme und auf die Deponieräume vom gebaggerten Stauraum-Sediment entsprechend negativ auswirkt.

Eine Bemerkung sei hier noch zu der eben erwähnten modernen Cadmium-Belastung der Umwelt gestattet. Das hochgiftige, beim Menschen Nierenfunktions-Störungen bewirkende Cadmium wird ja heute beständig in beträchtlicher Menge unkontrol-

liert in die Umwelt abgegeben: Etwa 55 Prozent des in Österreich verwendeten Cadmiums (1980 ca. 100 Tonnen der eingesetzten 191 Tonnen) werden nicht entsorgt, sondern über Mülldeponien (Altakkus, Altbatterien), über Boden und Wasser (Dünger, Klärschlamm, Verschleiß von bestimmten Industrieprodukten) und Luft (Erzaufbereitung, Brennstoffe, Müllverbrennung, Stahlerzeugung) in die Umwelt freigesetzt (T. KOFLER & O. STOCKER, 1985, S. 116).

Zur chemischen Belastung und mechanischen Verunreinigung der Gewässer kann durch Abwärmeabgabe von kalorischen Kraftwerken eine thermische Belastung hinzutreten, die bei höherem Ausmaß das ökologische Gleichgewicht empfindlich stören würde (S. 364, 366). Messungen der thermischen Belastung der Mur durch kalorische Kraftwerke haben beispielsweise zulässige bis sehr geringe Werte dieser thermischen Belastung ergeben (H. NIEDERL, 1973, S. 64 ff., J. FUCHS et al., 1973).

Die Kraftanstrengungen der öffentlichen Hand zur Sanierung der Gewässer müssen angesichts der von der Industrie eingeleiteten Massen an toxischen chemischen Stoffen und der übrigen Wasserverschmutzung ebenfalls gigantisch sein: Trotz gewaltiger Ausgaben des Wasserwirtschaftsfonds (jährlich oft Milliarden Schilling) ist es nicht gelungen, der Wasserverschmutzung Herr zu werden. Hierzu muß allerdings vermerkt werden, daß noch immer ein guter Teil der im Wasserbau angewendeten Gelder zur „Kanalisation“ unserer Flüsse verwendet wird, was bekanntlich für den Wasserhaushalt einschließlich Grundwasserspiegel und für die Ökologie der betroffenen Flußabschnitte durchaus negative Ergebnisse zeitigt. Bei den Anstrengungen zur Reinhaltung der Gewässer zeichnen sich aber in bestimmten Bereichen Erfolge ab: Durch die Aufwendung von über 7,2 Milliarden Schilling bis 1981 allein für die Sanierung der Seen ist es gelungen, die Abwässer von den großen Badeseen im Interesse des Fremdenverkehrs komplett fernzuhalten. Auf der anderen Seite hält Einbringung von Industrieschlamm in Seen als Abfallstoffe weiter an, wie etwa das Beispiel Traunsee zeigt, in den die Abfallstoffe aus der Soda-Produktion der Ebensee Solvay-Werke und aus der Solereinigung der österreichischen Salinen-AG eingeleitet werden, was im betroffenen Gebiet hochalkalische  $p_H$ -Bedingungen schafft (J. MÜLLER & J. SCHNEIDER, 1984; P. BAUMGARTNER, J. SCHNEIDER et al., 1984, mit Liste der früheren Traunsee-Arbeiten dieser Reihe).

Die seit 1979 in Wien, Linz und Graz, zunächst wenigstens teilweise, in Betrieb genommenen Kläranlagen verbessern die Situation der Flüsse, regionale Abwasseranlagen helfen mit (L. BERNHART, P. BILEK et al., 1980: Beispiel Steiermark). Von besonderer Bedeutung für die Reduktion der Verschmutzung ist neuerdings auch die Inbetriebnahme von Laugenverbrennungsanlagen bei großen Zellstoffabriken wie jenen in Gratkorn, Lenzing, Steyrermühl etc.

Obgleich die Gewinnung von Elektrizität durch Wasserkraft in günstigen Fällen eine umweltfreundliche Form der Energieproduktion darstellt, mehren sich in neuerer Zeit aus ökologischen Gründen und zufolge Naturlandschaftsverbrauch die Einwände gegen einen übertriebenen Ausbau der Flußsysteme (W. KATZMANN, 1981, S. 22 ff.). Beim Speicherbau treten gelegentlich auch Überlegungen über die Möglichkeit der Auslösung von Erdbeben durch die zusätzliche Belastung der Kruste durch das aufgestaute Wasser hervor (Bedenken der Bevölkerung im Bebengebiet von Molln, OÖ.) – ein Phänomen, für das es ja in anderen Ländern bereits genügend Beispiele

gibt: Bis 1976 haben 20 große Talsperren nach ihrem Vollstau Beben mit einer Magnitude von 5 oder darüber ausgelöst. Die volle Wirkung tritt meist erst bei einer Stauhöhe über 100 m ein. Die Ursache für die Auslösung von Beben liegt einerseits in der Deformation der Kruste durch die Wasserlast, andererseits dringt das Wasser unter Druck allmählich durch Klüfte und Mikrobrüche zu tektonisch vorhandenen Störungen, an denen dann durch Herabsetzung der Reibung die aufgebauten Spannungen zur Auslösung gebracht werden. Aus der Zahl der Beispiele seien zwei zur Veranschaulichung herausgegriffen. In Konya in Indien bewirkte der Aufstau eines rund 100 m hohen Stauräumes in einer zuvor fast aseismischen Zone zunächst Bebenschwärme, zuletzt am 11. Dezember 1967 ein Beben mit der Magnitude 6,5, durch das 177 Personen getötet und 1500 verletzt worden sind. Die Serie der Erdbeben durch den ebenso hohen Hsingfengkiang-Damm nördlich von Kanton in China erreichte im Jahre 1962 eine Magnitude von 6,1 und beschädigte dabei die Betonmauer so sehr, daß ein teilweises Ablassen des Wassers erforderlich war (B. BOLT, 1984, S. 117; R. SCHWINGENSCHLÖGL, 1984 b, S. 31).

Beim Flußkraftwerk sind es in geologischer Hinsicht die Änderungen in der Geschiebeführung, verbunden mit Erosionsproblemen, die man ab dem ersten Eingriff in einen natürlichen Flußlauf induziert, was dann unerwünschte eherne Konsequenzen auf den weiteren Ausbau haben kann. Das Ausmaß der Verlandung der Stauräume alpiner Flüsse hat R. PERTL (1975) am Beispiel der Drau analysiert: Bei solchen Flüssen soll sich nach zwölf bis zwanzig Jahren, wenn die Verlandung 50 bis 60 Prozent des ursprünglichen Stauvolumens erfaßt hat, ein neuer Gleichgewichtszustand ausbilden, bei dem weitere Anlandung unterbleibt (?). Bei großen Strömen, z. B. der Donau, geht die Verlandung der Stauräume wesentlich langsamer vor sich; nach zehn Betriebsjahren sind die Becken nur zu 2 bis 6 Prozent verlandet. Dabei ist allerdings die Rückhaltung der Transportfracht in den schon weitgehend verbauten alpinen Zuflüssen der Donau zu berücksichtigen.

Weitere Konsequenzen beim Eingriff durch Kraftwerksbau sind bei schmutzstoffbelasteten Flüssen eine Verschlechterung der Wasserqualität im stagnierenden Stausee und in den begleitenden Grundwässern. Grundsätzlich muß heute aber bei Kraftwerksbauten auch der Landschaftsschutz bedacht werden, also etwa die mögliche Zerstörung oder Bedrohung letzter naturbelassener Flußtäler (Kamptal ober der Rosenburg), des Biotops von Auen (Stopfenreuther Au bei Hainburg/Donau) und schweren Beeinträchtigungen der Kulturlandschaft (Wachau/Donau) durch die hohen Uferbegleitmauern oder Dämme (der Aufstau der Donau bei Hainburg war 15,17 m hoch mit entsprechend hohen Dämmen geplant gewesen) – vgl. S. RADLER (1980), H. LAUFER (1977), D. DANIELOPOL (1983) usf.

Grundsätzlich muß eine Stauhaltung nicht unbedingt zur Verminderung der Selbstreinigung der Flüsse führen (E. WEBER, 1975, S. 55; K. SCHIMUNEK, 1980, S. 98). Bei naturnahem Wasserbau ohne Betonfugen oder verputzte Steinmauern kann durch eine stärkere Besiedlung des Bodens und der Böschungen von Stauräumen durch Zoobenthos sogar ein schnellerer Abbau der Abwasserbelastungen verursacht werden. Die hierfür derzeit in Österreich allerdings nicht vorliegende Voraussetzung ist, daß durch eine geschlossene Kläranlagenkette die Schmutz- und Fäkalienbelastung von solchen Stauräumen ferngehalten wird, kein Phosphateintrag erfolgt, vor allem



auch keine namhafte thermische Belastung der Flüsse zugelassen wird (wie dies durch Abwärmeabgabe von Serien von benachbarten Kraftwerken vom Typus Dürnrohr, Zwentendorf etc. erfolgen würde).

Im unteren Drittel der Stauräume der Donau kommt es zum Anwachsen von Bänken aus schwarzem Schlamm, reich an organischer Substanz mit hoher Sauerstoffzehrung. Bei Einleitung von Industrieabwässern treten zusätzliche Verschmutzungsfaktoren auf, wie etwa im Stauraum Wallsee, in den durch die Traun große Massen von Papierfasern der Zellstoffindustrie eingebracht werden, die filzige, Methangas bildende Schichten im Stauraumschlamm bewirken (E. WEBER, 1975, S. 59). Auch die Abschnürung von Altarmen wirkt sich sehr ungünstig aus: Der Altarm Wallsee etwa, der aus dem einstigen Donaulauf nach dessen Umleitung beim Kraftwerksbau hervorging, hat demonstriert, daß in solchen toten Armen durch den hohen Sauerstoffverbrauch bei Auftreten der „Wasserblüte“ (Massenwachstum von Wasserpflanzen) ein Zusammenbruch des Sauerstoffregimes mit Fischsterben und anderen Folgen eintreten kann (z. B. Herbst 1971).

Das Hauptproblem für die Wasserqualität des Flusses und jene der begleitenden Grundwasserströme bildet stets die Reduktion der Sauerstoffversorgung des Wassers, besonders etwa am Beispiel der Donau: Eine empfindliche Gefährdung dieser Sauerstoffwerte ergibt sich bei Absinken der Gewässergüte unter II und III in bestimmten Abschnitten. Bei thermischer Belastung steigt der Sauerstoffverbrauch stark an unter gleichzeitigem Absinken der Sauerstofflöslichkeit im Wasser. Durch diese Faktoren sind Stauräume besonders gefährdet. Sauerstoffmangel im Grundwasserbegleitstrom bewirkt bei reduzierendem Milieu Lösung von Eisen und Mangan im Grundwasser und damit eine Verschlechterung der Wasserqualität. In gleicher Richtung wirkt der Sauerstoffmangel in solchen Grundwasserströmen unter Anreicherung der organischen Substanz (K. SCHIMUNEK, 1980, S. P 10).

### c) Grundwasser

Über die Verteilung der Grundwasservorkommen in Österreich haben wir bereits in Kapitel Hydrogeologie (S. 287 ff. und Abb. 105) berichtet. Hier soll uns die Frage nach Reinhaltung des Grundwassers (E. TRUEB, 1981) und andererseits jene nach dem Einfluß der organischen Verschmutzung (D. DANIELOPOL, 1983), der Verschmutzung durch Umweltchemikalien (K. QUENTIN et al., 1973; vgl. Artikelserie in Österr. Abwasser-Rdsch.) und nach weiteren Faktoren beschäftigen.

Die Gefährdung und Schädigung des Grundwassers erfolgt ja auf zahlreichen, sehr verschiedenen Ebenen: Nicht nur durch die direkte Verschmutzung durch Abwässer aus Verkehr, Haushalt (Waschmittel, Chemikalien, Fäkalien und andere flüssige Abfälle), Landwirtschaft (Überdüngung, Pflanzenschutzmittel) und besonders der Industrie, sondern auch noch indirekt durch den rapide steigenden Grundwasserverbrauch, durch eine erschreckend falsch gehandhabte moderne, kostenaufwendige Gewässerregulierung (begradigte, kanalisierte, z. T. betonierte Gerinne), durch die Beseitigung von Feuchtraumgebieten durch Entwässerung (seit dem Zweiten Weltkrieg 275.000 ha in Österreich) und durch eine zusätzliche „Versiegelung“ der Landschaft durch das immer wei-

ter um sich greifende Verbetonieren durch Straßen, Plätze, Wohn-, Großkaufhäuser und Industrieanlagen in raumgreifender Flachbauweise nach amerikanischem Vorbild (ohne Bedacht auf die gänzlich anderen räumlichen und klimatischen Gegebenheiten in Österreich). Die letztgenannten Sünden der Flußkanalisierung und Landschaftsveriegelung sind der zureichenden Grundwassererneuerung entsprechend abträglich.

Vergegenwärtigen wir uns nochmals kurz die Bedeutung des Lebenselements Wasser auch in unserem, an derartigen Vorräten noch reichen Land an Hand einiger weniger Zahlen: Der Gesamtwasserverbrauch in Österreich beträgt 2,5 Millionen m<sup>3</sup> Wasser im Tag. Die Stadt Wien hat (nach Behebung vieler Lecks in ihren Wasserleitungen) zuletzt ihren Wasserbedarf sogar kräftig gesenkt auf 450.000 m<sup>3</sup>/Tag. Er liegt daher z. B. kräftig unter dem Bedarf der VOEST, die täglich 600.000 m<sup>3</sup> Wasser zur Stahlerzeugung verbraucht. Es ist tatsächlich die Industrie, die derart hohe Forderungen stellt: Für die Herstellung einer Tonne Zellstoff werden bis zu einer Million Liter Wasser verwendet. Damit werden auch Österreichs reiche Wasserreserven zu knapp.

Auf der anderen Seite wird immer noch mit dem Grundstoff Wasser enorm Verschwendung betrieben. F. RONNER & J. SCHMIED (1968, S. 72) haben auf das Beispiel vom Raubbau an artesischem Wasser in der Steiermark verwiesen: Im Bezirk Fürstenfeld gibt es 287 frei ausfließende (und 51 verdeckte) artesischen Brunnen. Die Schüttung pro Brunnen und Tag beträgt über 11.400 l, das sind – für alle Brunnen zusammengekommen – ca. 3280 m<sup>3</sup> pro Tag. Diese Brunnen werden zur Versorgung von 1550 Menschen und deren landwirtschaftlichen Betrieben herangezogen, die im Durchschnitt etwa 110 l/Tag und Person (samt Betriebsbedarf) brauchen. Der Gesamtbedarf liegt demnach bei etwa 164.000 l, sodaß die restlichen 3.116.000 l/Tag ungenutzt abfließen. 5 Prozent des artesischen Wassers dieser Brunnen wird daher nur genutzt, 95 Prozent verschwendet. Das Wasser würde für 30.000 Menschen samt ihren Betrieben reichen! Hinzu kommt, daß die Wasserwege, Einzugsgebiete, der Vorrat der Tiefe und die Menge des Nachschubes unbekannt sind. F. RONNER hat befürchtet, daß die rückläufige Ergiebigkeit dieser Arteser und die hohen <sup>14</sup>C-Alterswerte dieser Wasser darauf hinweisen, daß die Entnahme zu hoch liegt. Ein Rückgang einzelner Brunnen wäre allerdings auch durch Versanden des tieferen Bohrlochabschnittes bei unvollkommen ausgebauten Bohrungen zu erklären. Mehrjährige Messungen des Druckspiegels an etlichen Bohrungen zeigten, daß die Aufspiegelungshöhen wieder erreicht werden können, was als Hinweis auf eine Regenerierung des Wassers solcher Horizonte anzusehen wäre (K. KOLLMANN, Briefl. Mitt., Februar 1985).

Die dringend nötige Alternative zu diesem Raubbau an den noch viel zu wenig genau studierten Artesern wäre eine Gemeinschaftsversorgung mit ökonomischer Nutzung des gespannten Wassers.

Technische Eingriffe vielfältiger Art können – abgesehen von der unten zu besprechenden Verschmutzung – die Grundwasserströme empfindlich schädigen. Hierzu zählt zunächst die besonders im Osten des Landes (Burgenland, Oststeiermark etc.) so stark im Wasserbau geübte Methode der Kanalisation unter Vergrößerung der Abflußquerschnitte und Tieferlegung der Sohle der natürlichen Gerinne. Als Ergebnis wurde in etlichen Regionen der auf die natürlichen Gerinne eingestellte Grundwasserspiegel abgesenkt, mit den für die Landwirtschaft empfindlichen Folgen der Austrock-

nung der oberflächennahen Schicht, sodaß man bereits an eine kostspielige Bewässerung aus der Obersteiermark denkt.

Über den Effekt des Ausbaues der Stauanlagen von Kraftwerksketten in den großen Flußträlern wurde zuvor, S. 363 f., berichtet. Bei schadstoffüberlasteten Flüssen ergibt sich in solchen Fällen auch eine negative Auswirkung auf die begleitenden Grundwasserströme: Wird in diesen der Sauerstoffgehalt herabgesetzt, so wirkt sich dies nachteilig auf die Existenz der Mikrofauna und -flora aus, die ja für den Abbau der organischen Verschmutzung sorgt (D. DANIELOPOL, 1983).

Andererseits muß bedacht werden, daß durch einen Sperrenbau zufolge der dann im Unterwasser des Flusses unterhalb der Sperre ausbleibenden Sedimentfracht künstlich eine verstärkte Erosion evoziert wird, wodurch bei Tieferlegung des Flußbettes die Grundwasserversorgung der Umgebung durch Absinken des Grundwasserspiegels gestört werden kann. Warnende Beispiele aus der Welt – die verheerenden derartigen Auswirkungen des Großstaudammes von Assuan – und aus Österreich – die starke Tiefenerosion im Donaubett unterhalb der Staudammkette, die angeblich zum Bau eines nächsten Staudammes mitten in der naturgeschützten Aulandschaft bei Hainburg zwingt – müssen uns klar machen, daß Eingriffe in den Naturzustand oft zunächst nicht absehbare Folgen nach sich ziehen. Ein bekanntes Beispiel hierfür liefert ja auch die Regulierung der Traun bei Wels, die ein fünf Meter tiefes Einschnitten des Flusses bewirkt und damit ein empfindliches Absinken des Grundwasserspiegels verursacht hat.

Unter den zahlreichen weiteren Eingriffen, die heute die Grundwasserqualität verändern, seien noch die Verunreinigungen durch Anlagen von Schottergruben im Grundwasserstrom bei Naßbaggerweise erwähnt (W. KATZMANN, 1985, S. 46), ferner die kräftige Verminderung der Auffüllung des Grundwasserspiegels durch die Niederschläge zufolge der zunehmend verbetonierten und zersiedelten Landschaft mit ihrem schnellen Abfluß genannt.

Ein moderner nächster, im einzelnen noch gar nicht überblickbarer Faktor der Grundwassergefährdung ist in der thermischen Belastung des Grundwassers durch Wärmepumpen (wie sie sich in den siebziger Jahren entfaltet haben) bzw. durch die Rückleitung von kälterem Wasser aus Klimaanlage gegeben. Wie L. BERNHART (1984, S. 17 f.) und K.-D. BALKE (1983) ausführen, üben solche Änderungen der Grundwassertemperatur einen nicht übersehbaren Einfluß auf die Lebenstätigkeit (Wachstum, Vermehrung, Stoffwechsel) der darin lebenden Mikroorganismen aus – mit den entsprechenden Folgeerscheinungen.

Besonders verhängnisvoll aber für die Grundwasserreserven wirkt sich die Kontamination durch mannigfaltige chemische Stoffe anorganischer und organischer Art aus, die in unserer technisierten Zeit in wachsendem Maße das Grundwasser erreichen. Als erste Quelle großräumiger Vergiftung des Grundwassers wirkt die Überdüngung in der Landwirtschaft durch übergroße Kunstdüngergaben, namentlich von Nitraten, die dann nur zum Teil von den Pflanzen aufgenommen werden, ansonsten aber das Grundwasser langlebig verseuchen. Umfangreiche Untersuchungen der Ruhruniversität Bochum haben ergeben, daß weite landwirtschaftlich genutzte Räume in der BRD Grundwasserströme mit wesentlich höheren Konzentrationen an Nitraten haben als die gesetzlich zulässigen Grenzwerte von 50 Milligramm/Liter und sich die-

se Grundwasserströme sehr langsam abwärts zu oft bedeutenden Entnahmestellen für Trinkwasserversorgungen bewegen. Nitrate werden bekanntlich im Körper durch bakterielle Reduktion zu Nitriten verwandelt, die bei Säuglingen bis zum sechsten Monat Methämoglobinämie bewirken, mit Lähmungen der Atmungsaktivität als Folgeerscheinungen (H. AUST & J. BECKER-PLATEN, 1985, S. 71). Die im menschlichen Verdauungstrakt in Nitrosamine umgewandelten Nitrite aber wirken kanzerogen.

In Österreich ist soeben eine erste umfassende Zusammenstellung der Nitratgehalte im Grundwasser des Landes durch E. BINNER (1983) vorgelegt worden (Abb. 134). Als

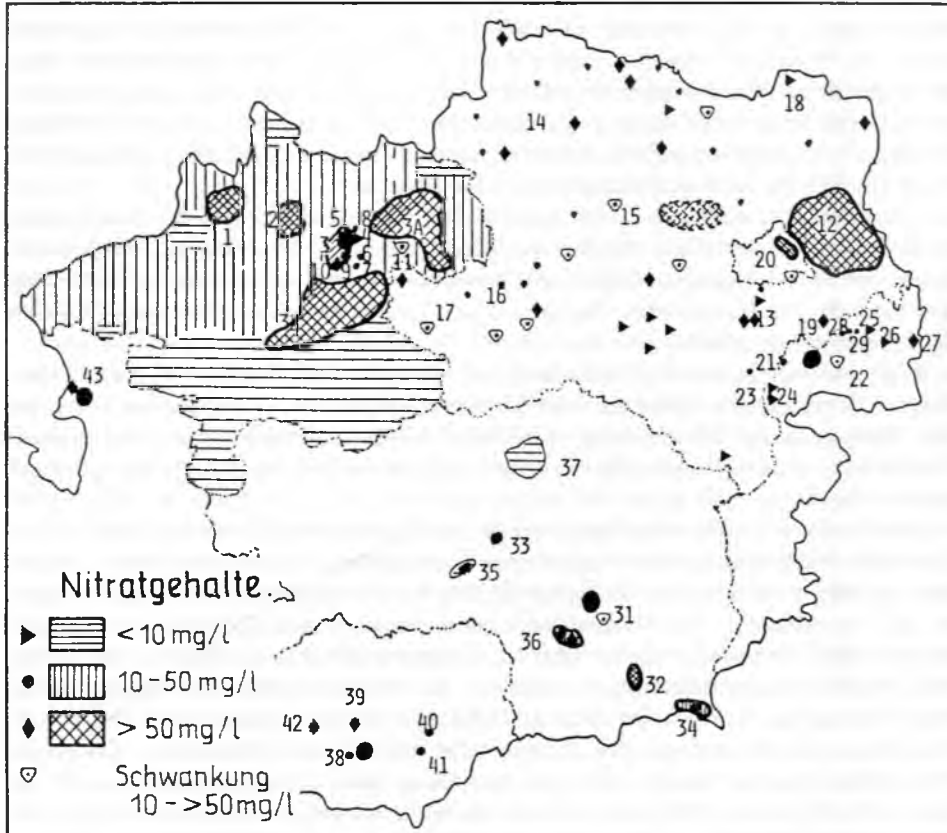


Abb. 134: Karte der Nitratgehalte im Grundwasser Österreichs. Untersuchungsstellen: Oberösterreich: 1. Sauwald, 2. Aschach, 3. Großraum Linz, 3 a. Feldaist-Naarn, 3 b. Wels-Steyr, 4. Goldwörth, 5. Plesching, 6. Fischdorf, 7. Haid, 8. Heilham, 9. Scharlinz, 10. Traun (Oedt), 11. Zirking. Niederösterreich: 12. Marchfeld, 13. Südl. Wiener Becken, 14. Waldviertel, 15. Tullnerfeld, 16. Petzenkirchen, 17. Seitenstetten, 18. Pottenhofen, 19. Seibersdorf. Wien: 20.: Wien, 21. u. 22. Bezirk. Burgenland: 21. Neufeld, 22. Oggau, 23. Neudörf I, 24. Neudörf II, 25. Neusiedl/See, 26. Gols, 27. Kleylehof, 28. Winden Brunnen, 29. Winden Quelle, 30. Purbach. Steiermark: 31. SE Grazer Feld, 32. NE Leibnitzer Feld, 33. Murtal bei St. Stefan, 34. Unteres Murtal, 35. Aichfeld-Murboden, 36. Kainachtal, 37. Hochschwabgebiet. Kärnten: 38. Klagenfurt, 39. Kraidorf (St. Veit a.d. Glan), 40. Völkermarkt, 41. St. Kanzian, 42. Feldkirchen. Salzburg: 43. Bischofswald.

Richtwerte des Nitratgehaltes im Wasser, die nicht überschritten werden sollen, gelten in Österreich nach der ÖNORM 50 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$  Wasser, als Grenzwert 100 mg/l. Während in den westlichen Bundesländern wie Vorarlberg, Tirol, Salzburg (Ausnahme Wasserwerk Bischofswald bei Siezenheim – bis 70 mg/l) und Kärnten (Ausnahme Kraindorf) noch keine bedenklichen Nitratgehalte im Grundwasser auftreten, sind in den östlichen Bundesländern seit langem in den landwirtschaftlich intensiv genutzten Regionen durch Überdüngung und in bestimmten Ballungsräumen durch Abwässer die Grenzwerte vielfach überschritten. So traf man etwa bei Messungen 1970 bis 1979 in Wien nördlich der Donau bei 37,5 Prozent der Brunnen Nitratkonzentrationen von 50 bis 100 mg/l, bei 17,5 Prozent noch über 100 mg/l. In Niederösterreich liegen die Werte im Marchfeld besonders hoch (bis an die 200 mg/l), ferner im südlichen Wiener Becken, im Waldviertel und sicherlich im Tullnerfeld (wo Messungen noch ausstehen). Im Burgenland werden die Richtwerte in Oggau und im Seewinkel überschritten. In der Steiermark sind das Grazer Feld und das nördliche Leibnitzer Feld Regionen mit überhöhtem Nitratgehalt im Grundwasser.

Verderblich ist auch die Wirkung des sauren Regens auf das Grundwasser, da es toxische Metalle, wie Quecksilber, Blei, Cadmium, Zink, Mangan u. a., aus den durch die Umweltverschmutzung via Atmosphäre damit angereicherten Böden löst und besonders in humusarmen Regionen direkt oder indirekt über fließende Gewässer dem Grundwasser zuführt.

Eine nächste Quelle der Verseuchung des Grundwassers liegt in der oben besprochenen Belastung der Flüsse mit unzähligen chemischen Verbindungen, von den Phosphaten der Waschmittel bis zu den Schwermetallverbindungen, wobei dieses Flußwasser bei Hochwasserstand in den Grundwasserstrom eingespeist wird.

Aber auch auf direktem Weg kommen nach chemischen Prozessen verschiedene chemische Verbindungen bei mangelhafter Entsorgung – sei es direkt durch Versickern im Boden, sei es durch Verdampfen über den Umweg durch den Niederschlag – in das Grundwasser. Am langlebigsten sind die Verseuchungen mit hochgiftigen chlorierten Kohlenwasserstoffen. Dabei ist die Chlorierung einer der häufigsten Prozesse in der chemischen Industrie, der Bleicherei, Metallentfettung, chemischen Reinigung, Desinfektion und ein Hilfsmittel in vielen weiteren Branchen. Solche chlorierte Kohlenwasserstoffe können nicht einfach durch Bakterien in absehbarer Zeit wieder abgebaut werden, sondern der Abbau geht außerordentlich langsam vor sich. Nach W. KÜHN (1983, Tab. 9) zeigen diese Substanzen im Grundwasser folgendes Abbauverhalten: Die Halbwertszeit liegt bei 25° und  $\text{pH}$  7 bei Tetrachlorkohlenstoff bei 7000 Jahren, bei Chloroform bei 3500 Jahren, bei Tetrachloräthylen (chemisch!) hingegen nur bei etwa 6 Jahren. W. KÜHN (1983, S. V 7) berichtet auch über die Aufbereitungsmöglichkeiten derart verseuchten Grundwassers durch Aktivkohlefilter, Ausgas- und Strip-Verfahren. Die Beseitigung solcher Giftstoffe aus den Senken der Grundwassertröge stößt aber auf ganz enorme Schwierigkeiten.

Gefährliche Verseuchungen wichtiger Grundwasserströme sind in jüngster Zeit in Österreich gerade durch diese Giftstoffe im Mitterndorfer Trog seit 28. April 1982 registriert worden, wo Brunnensperren in Ternitz, Haschendorf bei Ebenfurth und Bad Fischau verhängt werden mußten. Lokal wurden hier über 1000 Mikro-

gramm chlorierter Kohlenwasserstoffe pro Liter Grundwasser gemessen, wobei der zulässige Richtwert bei 25 Mikrogramm/l liegt und die EG in einen neuen Entwurf sogar nur mehr 1 Mikrogramm/l vorsieht. Welche Schäden derartige langlebige Verseuchungen gerade in der Mitterndorfer Senke angesichts der daran geknüpften III. Wiener Wasserleitung bewirken, liegt auf der Hand (S. 298 f.). Im Juli des gleichen Jahres wurden gleichartige Verunreinigungen des Donaubegleitgrundwasserstromes im 21. und 22. Wiener Gemeindebezirk (Floridsdorf, Donaustadt) festgestellt, sodaß in diesem Raum mehr als 1000 Brunnen gesperrt werden mußten. Analoge Vorfälle führten zur Brunnensperre von Grödig bei Salzburg, im gleichen Jahr mußten ferner an die hundert Brunnen um Gössendorf SSE von Graz wegen Chromsalzverseuchung gesperrt werden.

Eine permanente Gefahr aber für das Grundwasser stellen die meist ohne jegliche Rücksicht auf die Untergrundverhältnisse angelegten „wilden“ Mülldeponien dar, die, über weite Regionen des Landes verstreut, oft bereits überwachsen und in Vergessenheit geraten sind. Verantwortungsbewußt hat z. B. das Institut für Umweltgeologie in Graz unter W. GRAF alle erreichbaren Daten über diese Deponien in der Steiermark auch kartenmäßig erfaßt. Im Wiener Becken trifft man sogar über dem hoch mit wertvollem Grundwasser erfüllten Mitterndorfer Trog eine Unzahl solcher wilder Deponien an.

Eine kurze Übersicht über die für die Grundwasser-Reinhaltung so wichtige Frage nach Umfang und Art der Mülldeponien in Österreich ergibt folgendes Bild (T. KOFER & O. STOCKER, 1985, S. 91): 62 Prozent des österreichischen Mülls werden durch Deponie „beseitigt“ Nur 4 Prozent der 517 offiziell gemeldeten Deponien erfüllen die Anforderungen des Umweltschutzes. 40 Prozent der Deponien aber sind behördlich überhaupt nicht gemeldet. Viele Deponien sind nicht gegen das Grundwasser abgedichtet, haben keine Sickerwasser-Behandlungsanlage, keine Grundwasser-Kontrollbrunnen, keine regelmäßige Grundwasserkontrolle und weisen überdies Sondermüll-Beimischungen auf. Hinzu kommen etwa 2000 aufgelassene, vielfach vergessene oder verschüttete Deponien als Zeitbomben für das Grundwasser.

Aus all den bisherigen Ausführungen ergibt sich, daß ein Schutzgebiet für den präventiven Grundwasserschutz in seiner Dimension je nach Einzugsgebiet einer Quelle, eines Brunnens, eines Grundwasserstromes sehr verschiedene Dimensionen haben kann. Man unterscheidet in Österreich ein „engeres Schutzgebiet“ als Schutzzone um die Wasserfassung, und ein „weiteres Schutzgebiet“, das theoretisch so weit reichen soll, daß das Grundwasser von dort fünfzig Tage bis zum Eintreffen in die Fassungsanlage benötigt (vgl. F. BENDER, 1984, S. 343 ff.; H. KARREMBERG, 1981, S. 241 ff.).

Wichtig für die Frage der Gefährdung des Untergrundes ist natürlich auch das Ausmaß der Durchlässigkeit abdeckender oberflächennaher Schichten. Eine erste Zusammenstellung über die Frage der für Grundwasser und Wasserbau bedeutsamer Schichtglieder, ihre Durchlässigkeits-, Plastizitäts-, Scherfestigkeits-Kennzahlen und kartenmäßige Verbreitung in den tertiären Niederungen im Alpenvorland und am Alpenostrand hat F. HABART (1980) bereitgestellt.

Die allgemeingeologischen Gesichtspunkte bei der Behandlung von Abfallstoffen haben bereits seit längerem in der deutschsprachigen Literatur Beachtung gefunden (H. PIERAU, 1968, 1972; H. BERNDT, 1972; H. GLANDER & M. LANGE, 1974;

H. GLANDER & G. BACHMANN, 1981; R. JAGSCH, 1981). Auf die spezielle Situation im Sektor Abfall und Abwasser in Österreich, besonders im Hinblick auf den Grundwasserschutz, gehen z. B. die Studien des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft (1977), von L. BERNHART et al. (1980), H. JUVANCIC (1984), G. KOPETZKY (1977), W. TRONKO (1964), L. ZWITTNIG (1964), besonders aber die grundlegenden umfassenden Abhandlungen von J. BACHL et al. (1976) und F. FISCHER & E. SCHÄFER (1981, cum lit.) ein. Der bessere Weg als in noch so geordneter Deponie liegt natürlich in einer Abfall-Bewirtschaftung (H. BACH & A. MALINSKY, 1976).

Auf die Frage der Endlagerung hochradioaktiver Substanzen aus Atomkraftwerken oder militärischen nuklearen Anlagen, die bei unsachgemäßer Durchführung einen nicht wiedergutzumachenden schweren Dauerschaden für das Grundwasser bedeuten würden, können wir uns in Österreich auf Grund des Atomsperrgesetzes vom 15. Dezember 1978 ersparen einzugehen. Die Literatur zum Thema Endlagerung radioaktiver Abfälle wächst angesichts der zunehmenden Bedeutung und Schwierigkeiten rapide an: Unter den einschlägigen Werken allgemeiner Art seien beispielsweise zitiert: OECD-NEA-Studien (1979, 1981, 1982, 1984), D. A. DEESE (1978), G. MC CARTHY (1979), A. G. HERRMANN (1983). Aus dem deutschen Nachbarstaat mögen die Diskussionen zum Thema in der „Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft“ (131, Tl. 2, Hannover 1980) und in den „Fortschritten der Mineralogie“ (58, H. 2, Stuttgart 1980) von Interesse sein, ferner kritische Beiträge von J. KREUSCH & H. HIRSCH (1984) sowie von F. MAUTHE (1979), die vor den Risiken der Lagerung im Salzstock Gorleben gewarnt hatten, was jetzt durch die Tiefbohrungen in diesem Salzstock bestätigt worden ist (Unveröff. Gutachten K. DUPHORN/Kiel, 1984).

Einblick in das Ausmaß der Schwierigkeiten einer konkreten, standortbezogenen Endlagerung hochradioaktiver Abfälle gibt das für Österreich wichtige Beispiel des Alpenlandes Schweiz. Hier ist ja der konkrete „Machbarkeitsnachweis“ (Projekt „Gewähr“ eines Endlagers unter Androhung der Einstellung der Kernkraftwerke im Referendum zum Bundesbeschluß vom 6. Oktober 1978 bis zum Jahr 1985 als Deadline) gefordert worden. Die NAGRA (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle) hat in diesem Sinn (NAGRA et al., 1978) die Durchführung dieses Projektes zugesagt und unter Aufwand von umgerechnet über 2,5 Milliarden Schilling in Angriff genommen; die Schweizerische Vereinigung für Atomenergie hat bei der Tagung im Oktober 1980 (SVA, 1980) eine Standortbestimmung durch Fachleute angebahnt. Kritik gegenüber dem NAGRA-Programm (W. BUSER & W. WILD, 1980, 1981; A. TOLLMANN, 1981 d; etc.) wurde nicht zur Kenntnis genommen. Nun ist das Fiasko des Projektes „Gewähr“ eingetreten. Die geophysikalisch völlig unzureichend vorbereiteten Tiefbohrungen in der Nordschweiz haben statt des erhofften Kristallins im Liegenden der Trias karbonpermische Sandsteine und Konglomerate mit bis 8 m mächtigen Kohlenflözen im Karbon angetroffen. Hinzu kommt, daß das als günstigste erwählte Gebiet im Bereich eines aufsteigenden thermalen Grundwasserstromes liegt, sodaß aus der Tiefe eines geplanten Endlagers diese thermalen Wässer nach weniger als 1000 Jahren nach L. RYBACH (1985) bereits die Biosphäre an der Oberfläche erreichen würden – zum Vergleich: die Halbwertszeit von Plutonium-239 beträgt 24.390 Jahre, jene von Neptunium-237 2,1 Millionen Jahre. M. BUSER & W. WILD (1984) haben dieses „Gewähr“-Fiasko geschildert.

In der Schweiz ist man vom zu mobilen alpinen Raum in das Vorland ausgewichen. Auch in Österreich haben alle mit dem Thema befaßten Geologen etwa vor der Lagerung in den hochmobilen alpinen Salzlagerstätten gewarnt, da ja gerade deren kräftige rezente Bewegungen vielerorts (Hallstatt, Altaussee etc.) gemessen worden sind. Daher hat man auch in unserem Land das Hauptaugenmerk auf Endlagermöglichkeiten im außeralpinen Gebiet, dem Kristallin der Böhmisches Masse, besonders im Waldviertel, gerichtet. Aber auf Grund einer engen bruchtektonischen Zerstückelung dieser Regionen, die ein Eindringen des Grundwassers in die Tiefe ermöglicht (Bd. II, Abb. 284), erscheint auch diese Region als ungünstig bis ungeeignet. Die Meinungen über die Möglichkeit einer Endlagerung gehen auseinander (W. FRANK, W. DEMMER et al., 1980, S. 10 ff.; A. TOLLMANN, 1983 c, S. 7 ff.). Hinweise auf eine gesicherte Endlagermöglichkeit liegen nach den bisherigen Untersuchungen in Österreich nicht vor. Die im ursprünglichen Gutachten als bestgeeignet erachtete Lokalität Göpfritz/Waldviertel wurde bei etwas näherer Untersuchung in einer späteren Studie als möglicherweise geeignet bezeichnet, schließlich aber, nach Untersuchung des vorhandenen Bohrkernmaterials, als ungünstig erkannt. Auch in dem in Erwägung gezogenen Standort Perweis W. Allentsteig/Waldviertel sollte das Gestein auf Grund des dort herrschenden grobkristallinen Rastenberger Granodiorites nach der Untersuchung von H. F. HOLZER, E. STUMPF et al. (1980, S. 9) wegen differentieller Bewegung des Kristallgefüges bei Erwärmung keinesfalls einer Temperatur über 100° ausgesetzt werden – was aber im Zusammenhang mit der anfänglichen Wärmeabgabe bei Endlagerung hochradioaktiven Abfalls eintreten könnte.

### e) Schutz der Atmosphäre

Die rapide fortschreitende, weltweite, durch den Menschen selbst verursachte Vergiftung unserer Atmosphäre zeitigt, wie in der Einführung bereits dargelegt, immer neue Schadwirkungen auf verschiedenen Sektoren, am eindringlichsten in der Gegenwart durch das Waldsterben symbolisiert. Die Schadstoffbelastung der Atmosphäre ist einerseits zwar ein internationales Problem, andererseits trägt Österreich zu einem beträchtlichen Teil selber an der Vergiftung der Luft Schuld: Die Schwefeldioxyd-Emissionen, die gleichsam als Gradmesser für die Gesamtverschmutzung der Luft dienen können, sind in den siebziger Jahren in Österreich um etwa 4 bis 8 Prozent weiter angestiegen auf rund 440.000 Tonnen/Jahr (d.i. über 1 Tonne  $\text{SO}_2$ -Ausstoß pro Minute!), während sie in vielen anderen Ländern, so etwa auch in der Bundesrepublik Deutschland, um etwa 4 Prozent gesunken sind (W. STRUWE, 1981, S. XII). 70 Prozent der gesamtösterreichischen  $\text{SO}_2$ -Emissionen stammen von kalorischen Kraftwerken (Abb. 134, 135), Industrie und vom Großgewerbe. Der hohe Schwefelgehalt von Heizöl schwer – von 1,5 Prozent im Jahre 1969 auf 3,3 Prozent zu Beginn der achtziger Jahre erhöht (!) – trägt einen guten Teil der Schuld. Stickoxyde, Kohlenmonoxyd und Kohlenwasserstoffe in der Luft stammen zum überwiegenden Teil vom Verkehr. Die  $\text{NO}_x$ -Emissionen von PKW und Mopeds stieg zwischen 1965 und 1980 in Österreich um rund 225 Prozent. Auch der Bleigehalt der Luft, der in unserem Land jährlich rund 1200 t Nachschub erhält, stammt zu 75 Prozent aus Kraftfahrzeugen.



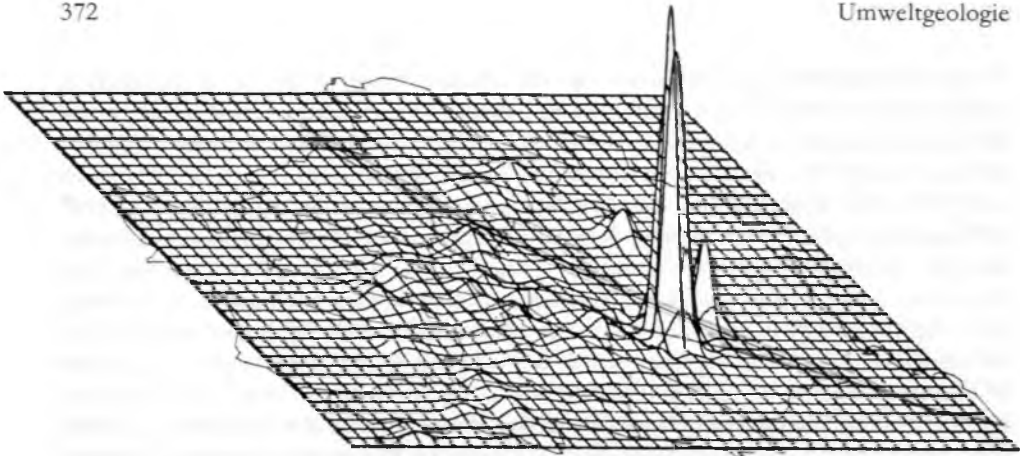


Abb. 135: Die dreidimensionale Graphik über die  $\text{SO}_2$ -Emissionen in Wien (H. LÖFFLER, 1980, Abb. 4) zeigt die extreme Belastung der Luft im Raum Simmering durch die ungefilterten Kraftwerksabgase bereits im Jahr 1974. Die  $\text{SO}_2$ -Emissionen der Wiener Kraftwerke wurden in der Folge bis zum Jahr 1980 bis auf 26.000 t pro Jahr weiter erhöht und erst dann mit zunehmendem Kampf von Bürgerinitiativen um eine erträgliche Umwelt bis auf 9.000 t im Jahr 1984 gesenkt.

Diese Oxyde wandeln sich bekanntlich in der Luft unter Energiezufuhr durch komplexe, im einzelnen noch nicht genau durchschaubare Prozesse in Säuren um, die mit dem Niederschlag als saurer Regen zur Erde niederkommen. Der  $\text{pH}$ -Wert des Regens liegt in unserem Raum heute bereits bei 4,3 – zum Vergleich einige Werte der Säureskala (0 = extrem sauer, 7 = neutral, 14 = extrem basisch): Natürlicher Regen bis  $\text{pH} = 6,5$ , Essig = 3, Zitronensaft = 2,3.

Daß dieser gewaltige, negative, vom Menschen verschuldete Eingriff in die Atmosphäre rapide gebremst werden muß, wenn nicht entscheidende irreversible Katastrophen die Menschheit treffen sollen, liegt auf der Hand. Viel zu zögernd laufen im Zusammenhang mit dem großflächigen Ausgreifen des Waldsterbens schwächliche, völlig unzureichende Gegenmaßnahmen an. Dabei muß man das zunehmende Tempo der nachhaltigen Zerstörung durch die Luftverschmutzung bedenken, auch in Österreich durch den rapiden Anstieg der erkennbaren Waldschäden dokumentiert. Ende 1984 waren bereits 15 bis 20 Prozent der Waldflächen Österreichs sichtbar geschädigt, eine gleiche Fläche latenter Schädigungen kommt hinzu, sodaß zu dieser Zeit waldökologisch bereits über 1 Million ha Waldfläche geschädigt waren (H. MAYER, 1985, S. 5). Welche Konsequenzen allein die Fortsetzung des Waldsterbens auf Erosion, Bodenzerstörung, Wasserhaushalt, Klima, Forst- und Holzwirtschaft, Lawinengefährdung, Unbesiedelbarkeit, Zerstörung des Fremdenverkehrs usw. in einem Gebirgsland wie Österreich haben wird, liegt auf der Hand. Politiker und Industriemanager haben versagt, Techniker und Wissenschaftler zu lange geschwiegen.

Da die Geologie mit dem hier angeschnittenen Fragenkomplex nur indirekt – durch rohstoffbezogene Emissionen – in Beziehung steht, müssen wir uns hier auf einige kurze Hinweise auf weiterführende Literatur beschränken. Eine umfassende Analyse der österreichischen Umweltsituation in bezug auf „Luft“ hat W. STRUWE (1981) vorgelegt, die allgemeinen Gesichtspunkte jüngst P. FABIAN (1983) herausge-

stellt. Die Emissionssituation in unserem Land in der Zementindustrie ist von M. USSAR & W. FELBERMEIER (1979) dargestellt worden, jene in der Glas-, Magnesit- und Metallveredelungsindustrie durch die gleichen Autoren (1980). Die Umweltbelastung durch Asbest wird von M. HAIDER & M. NEUBERGER (1981), jene durch Glaswolle von L. TRUNKO (1979) durchleuchtet. Eine Zusammenschau über die Bestandsaufnahme der Umweltbelastung in Österreich mit Hilfe der modernen Methode der Fernerkundung

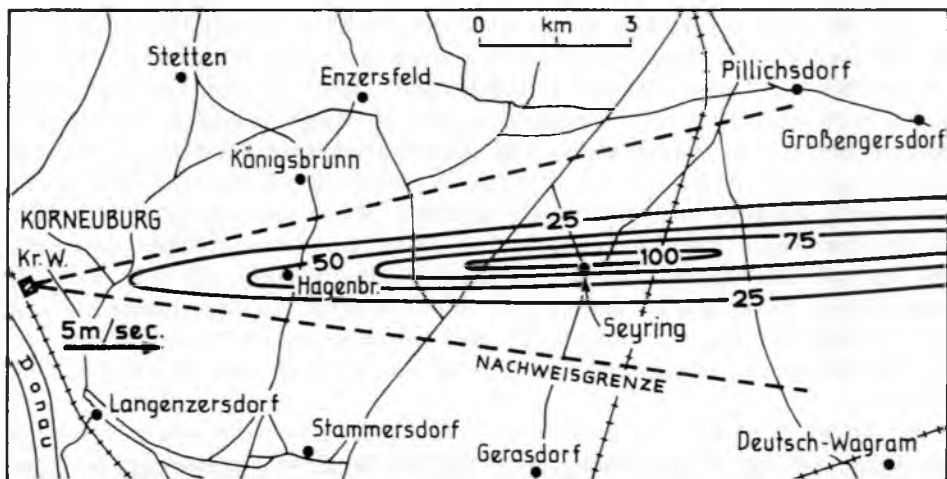


Abb. 136 a: Beispiel für die Ausbreitung der  $\text{SO}_2$ -Emissionen des kalorischen Kraftwerkes Korneuburg bei Wien. Bei mäßigem Westwind treten die höchsten Konzentrationen in 10 km Entfernung im Bereich von Seyring im Marchfeld auf; aus W. STRUWE (1981, Abb. 3.10).

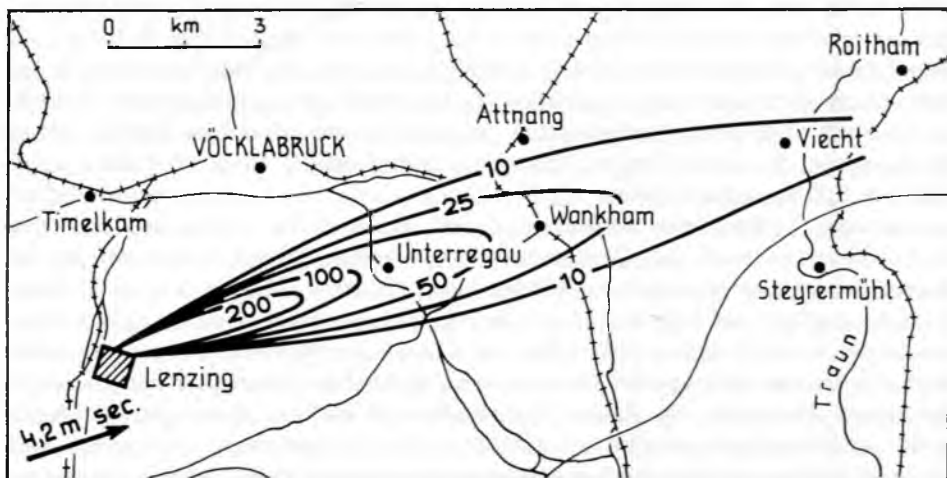


Abb. 136 b: Die Transmissionswerte des von der Lenzinger Industrieanlage SW Vöcklabruck abgegebenen Schwefelkohlenstoffes ( $\text{CS}_2$ ) in ppb auf Grund der Messungen vom Juli 1979; aus W. STRUWE (1981, Abb. 3.18).

geben M. DROBIL et al. (1984), wobei an Hand zahlreicher Graphiken einerseits die Emission von Luftschadstoffen um Industrieanlagen, andererseits die Waldschadensgebiete um solche Schadstoffquellen – besonders durch Beispiele aus Tirol, mit 18 Karten belegt – zur Darstellung gelangt sind. Zwar sind in manchen Fällen – wie erwähnt – die konkreten Auswirkungen von Schadstoffemissionen von Industrieanlagen im Detail aufgenommen, meist aber nicht publiziert. Immissionskarten von ganz Österreich stehen noch aus.

Daß die Belastung des Großraumes Linz durch die Chemie-Linz-AG und die Kokerei der VOEST-Alpine mit Nitrosaminen im Ausmaß gleich „einem oder zwei Schluck Bier pro Tag“ (S. KARASEK & U. SCHRÖDER, 1984, S. 179) ist, kann ohne Beleg durch stichhaltige Daten nicht akzeptiert werden. Als Gegenbeispiel sei die fundierte Analyse der Böden, Waldstandorte und landwirtschaftlichen Flächen im Rauchschadensgebiet Arnoldstein in Kärnten genannt (H. W. MÜLLER, 1982; W. KILIAN, 1982): Längsgestreckt-konzentrisch um das Werk der Bleiberger Bergwerksunion wurden dort zonierte Anreicherungen mit Blei, Cadmium, Zink und Kupfer festgestellt. Bei Blei und Zink ergaben sich in den obersten Bodenhorizonten sehr hohe Werte: In unmittelbarer Werksnähe bis über 10.000 bzw. 2000 ppm. Die Immissionsachse folgt mit West-Ost-Richtung der Talachse. Darüber hinaus waren noch westlich vom Faaker See Bleikonzentrationen von über 500 ppm erfaßbar (vgl. auch W. STRUWE, 1981, S. 108 ff.).

W. STRUWE (s. o.) und M. DROBIL et al. (1984) geben eine Reihe von eindrucksvollen Beispielen an Ausbreitung der Emissionen von Industrieanlagen, graphisch etwa an Hand des Kraftwerkes Korneuburg in NÖ. ( $\text{SO}_2$ ) oder der Lenzinger Fabrik in OÖ. ( $\text{CS}_2$ ), die zigarrenartige lange Windfahnen darstellen (Abb. 136 a, b). Erhebliche Immissionen von Fluor-Verbindungen sind im Umland vom Aluminiumwerk Ranshofen, OÖ., merkbare auch um jenes von Lend, Sbg., feststellbar. Besonders hohe Werte, auch im europäischen Maßstab, erreicht der Ausstoß an Fluorverbindungen, unter denen auch HF auftritt, was naturgemäß eine beträchtliche Belastung der angrenzenden Biosphäre darstellt. Die Schädigung der angrenzenden Vegetation ist seit Jahrzehnten untersucht und beschrieben (G. HALBWACHS & J. KISSER, 1967, S. 158 ff.; H. NIKLFELD, 1967), die physiologische Auswirkung des Fluorwasserstoffes auf die Pflanzen von W. BAUMEISTER & W. ERNST (1978, S. 303 f.) sowie M. DROBIL et al. (1984, S. 135) dargelegt worden.

Mit dem Problem der Auswirkungen der radioaktiven Emissionen von Atomkraftwerken muß sich Österreich nicht direkt beschäftigen. Meßergebnisse aus Experimenten über synergistische Effekte von radioaktiven Gasen, wie sie nukleare Anlagen abgeben, und  $\text{SO}_2$ , wie es in Industrieanlagen produziert wird, liegen ja schon seit Jahren vor (K. VOHRA, 1975). Über das Ausmaß der Mitwirkung von ionisierender Strahlung an der Bildung von kanzerogenen Hydroxyl-Radikalen und von Säuren in der Atmosphäre wird die Zukunft entscheiden. Weltweite Belastungen der Atmosphäre und Biosphäre zusätzlich zur natürlichen Radioaktivität sind ja in einem ersten Schub in eklatanter Weise durch die Atombombenversuche in der Atmosphäre mit ersten Maxima in den fünfziger Jahren (Versuchsreihe bis November 1958) und mit dem absoluten Höhepunkt in der Zeit vom September 1961 bis Dezember 1962 eingetreten (F. STEINHAUSER, 1966, S. 46). Das Maximum der Verbreitung radioaktiver Parti-

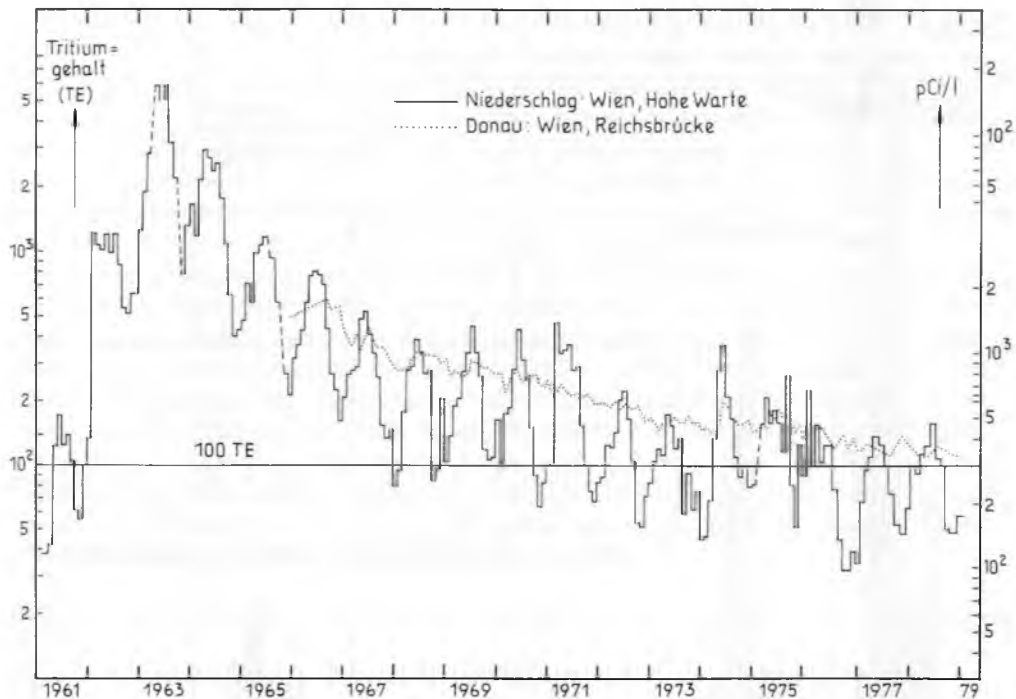


Abb. 137: Seit dem Maximum der Atombombenversuche in der freien Atmosphäre ist auch der Tritiumgehalt der Atmosphäre weltweit deutlich erhöht. Seit seinem Höchstwert im Jahre 1963 sinkt er zufolge der kurzen Halbwertszeit von  $T = 12,5$  Jahre allmählich wiederum ab. Diagramm nach Meßreihen im Niederschlags- und Donauwasser bei Wien.

kel (Fallout durch Niederschläge) von Strontium 90 ist in dieser Zeit zwischen 40° und 50° nördlicher Breite mit 25 Millicurie/km<sup>2</sup> eingetreten (vgl. H. AULITZKY, 1982, S. 35); der Tritium-Niederschlag in Wien hat im Jahre 1963 an die 3000 Einheiten erreicht (Abb. 137). Auch die Erhöhung der Radioaktivität der Atmosphäre bereits im Umland des Forschungsreaktors von Seibersdorf im Wiener Becken schlägt sich nach F. STEINHAUSER (1966, Abb. 4) in den Messungen nieder – Abb. 138. Hinzu kommen künftig die verheerenden Emissionen der AKW nach Supergauen.

In neuerer Zeit erhärtet sich übrigens der Verdacht, daß die von den Kernkraftwerken abgegebene Radioaktivität einen nicht unwesentlichen Beitrag für die Waldschädigung liefert. Wie G. REICHELT & R. KOLLERT (1985) an Hand der Waldschadenskartierung der Umgebung von sieben atomtechnischen Anlagen in der BRD und der Schweiz gezeigt haben, tritt im Kartenbild (dargestellt durch Isomalen-Linien gleicher Schädigung: l. c., 1985, Abb. 11, 13, 17, 21, 22, 30) eine signifikant erhöhte Waldschädigung jeweils in Richtung der vorherrschenden Winde, also in Richtung der Windfahne hinter diesen Werken, auf. Auch die Wirkungsweise der abgegebenen Nuklide ist, besonders durch die experimentellen Untersuchungen von K. VOHRA (1975, S. 209) und späteren Autoren (z. B. F. RAES et al., 1983, S. 304; 1985, S. 1072) heute in

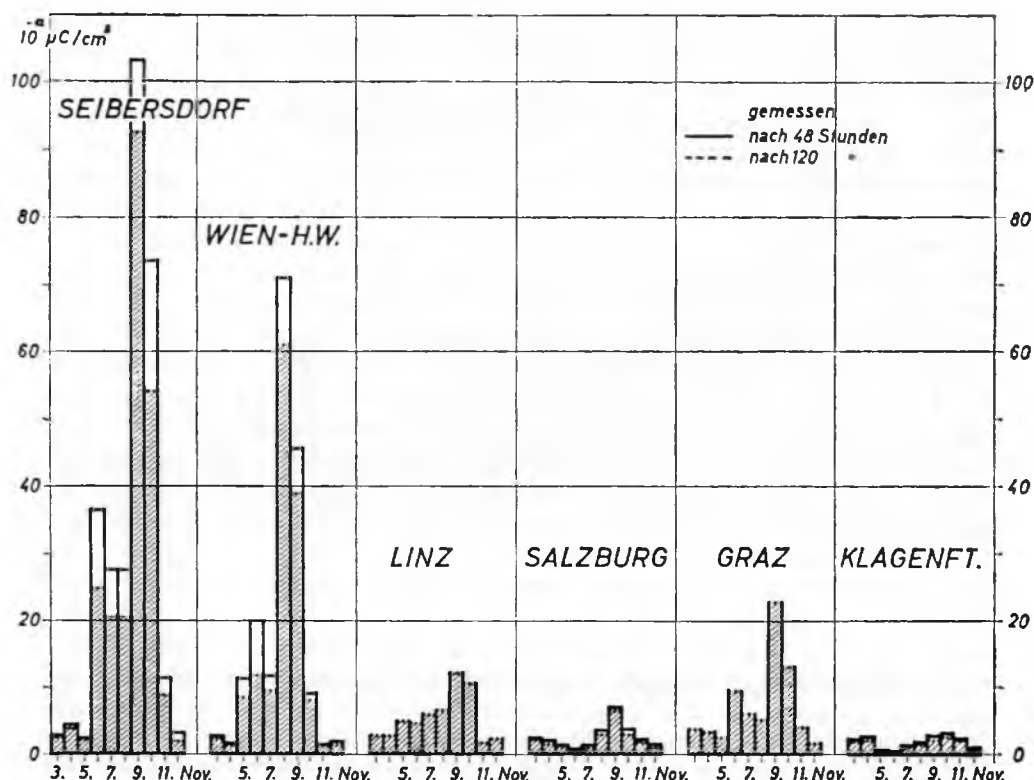


Abb. 138: Erhöhte radioaktive Strahlung im Bereich des Forschungsreaktors Seibersdorf, NÖ. Meßergebnisse nach F. STEINHAUSER (1966, Abb. 4). Angegeben sind die Tageswerte der Radioaktivität der Luft vom 5.–12. 11. 1962.

großen Zügen bekannt: Ionisierende Strahlung, hier besonders der Edelgase Krypton, Xenon und Argon, verursachen – insbesondere nach stärkeren Ausstößen bei Reaktorschnellabschaltungen – in der Luft die Bildung stark oxydierender Radikale. Diese aber bewirken die Umwandlung von Schwefeldioxyd der Atmosphäre in Sulfate, welche ihrerseits neben anderem für die Entstehung der sauren Regen verantwortlich sind. Während den ersten Darstellungen von G. REICHELTE vom Kernforschungszentrum Karlsruhe widersprochen worden ist (L. A. KÖNIG, 1984, S. 54, 59; L. A. KÖNIG et al., 1984, S. 24), ist heute die Menge des Beobachtungsmaterials im Umfeld von atomaren Anlagen – stets kontrolliert an Hand vergleichbarer Referenzgebiete ohne solche Belastung – so stark angewachsen (l. c.), daß ein Zusammenhang zwischen der jeweiligen Waldschädigung in den Windfahnen der Atomkraftwerke und diesen Emitenten nicht mehr von der Hand zu weisen ist.

Der Ausweg aus der derzeitigen Situation einer zunehmenden Vergiftung der Atmosphäre liegt in der primären tunlichen Vermeidung der Emission von Schadstoffen (z. B. bereits Entschärfung des Heizöls schwer, durch Senkung des

Schwefelgehalts), dem Einstellen der Verschwendung der Grundstoffe (z. B. Nutzung der Abwärme in kalorischen Kraftwerken, wodurch eine einschneidende Einsparung an schadstoffemittierenden Energieträgern eintritt und zugleich Mengen an Emissionen durch den Hausbrand zufolge der Fernwärmenutzung wegfallen) und der Filtrierung des Staubes und der Abgase (die in den USA und Japan in bereits zu 98 bis 99 Prozent entschwefelt werden können) sowie im Verzicht auf die viel zu gefährliche, völlig unausgereifte Atomtechnologie.

Daß eine Umkehr von dem bisher eingeschlagenen Weg mit der nötigen Kraftanstrengung möglich ist, zeigt in Österreich das Beispiel der schon vor geraumer Zeit erfolgreich durchgeführten Restaurierung der Kärntner Seen, in grandioser Weise aber das Beispiel Japans, das nach Erreichung eines extremen Grades der Umweltverschmutzung unter radikalem Umdenken heute mit 1400 Entschwefelungs- und 160 Entstickungsanlagen die Atmosphäre saniert hat und zugleich die herausgefilterten Abfälle in der erwähnten Art als Rohstoffe der chemischen Industrie verwertet. In gleicher Weise sorgt Japan für die Reinhaltung der Gewässer und Grundwässer unter gleichzeitiger Schonung der Reserven (Trennung von Nutz- und Trinkwasserleitungen auch für Haushalte im Ausbau, vollbiologische Reinigung des Brauchwassers, Ausfällung der chemischen Substanzen der Abwässer etc.).

### 3. Geologische Naturdenkmäler und Naturschutzgebiete

Das Vorbild der amerikanischen Nationalparks, die seit 1872 in den Vereinigten Staaten installiert worden sind, enthält eine ganze Reihe von erstklassigen geologischen Naturdenkmälern, die, durch Texte und Tafeln erläutert, als integrierende Bestandteile großräumiger Naturschutzgebiete für die Nachwelt unzerstört erhalten bleiben werden. M. SCHWARZBACH hat in seinen Werken „Berühmte Stätten geologischer Forschung“ (1970) und „Europäische Stätten geologischer Forschung“ (1983) auf großartige geologische Phänomene und Landschaften von weltweiter oder europaweiter Bedeutung hingewiesen, unter denen einige unter Naturschutz gestellt sind.

In Österreich sind trotz aller Bemühungen umweltschutzbewußter Kreise keine Nationalparks errichtet worden (solange es noch nicht zu spät war). Die Bestrebungen konzentrieren sich derzeit auf die Installierung des Niedere-Tauern-Naturparks mit dem Klafferkessel, den Hohe-Tauern-Nationalpark auf Grund des Übereinkommens von Heiligenblut im Jahre 1971, den Neusiedlersee-Steppen-Nationalpark und den Donau-March-Thaya-Auen-Nationalpark.

Unter den Naturschutz- (N) und Landschaftschutzgebieten (L) in Österreich (S. KUX et al., 1981, S. 97 ff.) befinden sich etliche, auch aus geologischer Sicht ausgewählte Regionen: Burgenland: Rechnitzer Sporn (Bgl. L 3); Kärnten: Großglockner mit Pasterze und Gamsgrube als höchster, durch Prasinitzüge steiler Gipfel Österreichs mit größtem Gletscher der Ostalpen (Ktn. N 1), Nordteil der Schobergruppe (Ktn. N 2), der Dobratsch-Südabsturz samt Bergsturzgebiet (Ktn. N 3), die Grünsee-Region im Bezirk Villach als Moränenlandschaft mit Toteislöchern (Ktn. N 4), die Trögener Klamm im Schlierndolomit (Ktn. N 15), die Vellacher Kotschna als

glazialer Talschuß in südalpiner Trias (Ktn. N 16); Niederösterreich: Die Blockheide Eibenstein im Bezirk Gmünd im Waldviertel (NÖ N 1), Braunsberg und Hundsheimer Berg bei Hainburg als Inselberge der Tatriden in Österreich (NÖ N 2), der Eichkogel bei Mödling mit pontischer Süßwasserkalkkappe (NÖ N 3), der Sandberg bei Oberweiden als Flugsanddünenstreifen (NÖ N 13), die Insel Wörth im Weinsberger Granit des epigenetischen Donautales im Strudengau (NÖ N 17), der Gurhofgraben im Dunkelsteiner Wald mit der geobotanisch interessanten vielbeschriebenen Serpentinflora (NÖ N 21), die Kalkklippe Oberpiesting bei Waldegg in den Kalkvoralpen (NÖ N 28), die Hohe Wand in den Niederösterreichischen Kalkhochalpen (NÖ L 1), Ötscher-Tormauer als Typus kalkvoralpiner Landschaft (NÖ L 8); Oberösterreich: Gosauseegebiet (OÖ N 6 bis 8) und etliche kalkalpine Seen dieses Bundeslandes, der Dachstein mit dem eindrucksvollen Karstplateau, den Gletschern und Höhlensystemen (OÖ N 19), der Traunstein als tirolische Stirn (OÖ N 21), die Katrin bei Bad Ischl als Stirn der Dachsteindecke (OÖ N 23), Sengsengebirge als verkarstete Antiklinale im Zuge der tirolischen Front (OÖ N 28); Salzburg: Obertrumer und Fuschlsee im Moränenland (Sbg. N 7 bis 8), Rosanital im Bezirk Tamsweg als typisches Hochtal des Nockgebietes (Sbg. N 11), Glockner-Hochalpenstraße mit dem klassischen Profil durch die Schieferhülle des Tauernfensters (Sbg. L 1), Krimmler Achantal im Zentralgneis der Tauern mit seinen Wasserfällen (Sbg. L 2) und zahlreiche weitere Klammern, Schluchten und glaziale Trogtäler im Pinzgau und Lungau; kalkhochalpine Karstregion vom Göll bis zum Steinernen Meer (Sbg. L 5); Roßfeldstraße durch die neokomen Roßfeldschichten S Salzburg (Sbg. L 9); Karstgebiet Tennengebirge (Sbg. L 12); Steiermark: Gesäuse-Durchbruchstal durch die Kalkhochalpen im Bereich der Mürzalphendecke (Stmk. N I), Salzatal mit dem Reichtum an Karstquellen (Stmk. N II), Grundlseefurche als eiszeitliche Talung im Toten Gebirgs-Karstland (Stmk. IV), Pfaffenkogel-Gsollerkogel NW Graz im Grazer Paläozoikum mit Freilichtmuseum (Stmk. VI), Raabklamm im Schöckelkalk des Grazer Paläozoikums (Stmk. VII); steirische Landschaftsschutzgebiete liegen in zahlreichen Regionen des steirischen Randgebirges, der Niederen Tauern, der Kalkhochalpen und des oststeirischen Vulkangebietes. Tirol: Kaisergebirge mit beiden Wettersteinkalkketten (Tir. N 4), Karwendel (Tir. N 5); Vorarlberg: Schloßhügel Koblach des Inselberges im Rheintal (Vbg. N 1), Hohe Kugel-Hoher Freschen in den helvetischen Gewölben (Vbg. N 10); Wien: Lainzer Tiergarten mit der Klippenzone (W N 1).

In jüngster Zeit sind in Österreich auch, meist durch private Initiative, geologische Lehrpfade installiert worden, die durch Hinweistafeln auf geologische Naturobjekte und durch Schaustellung von Gesteinsblöcken aus der Umgebung als Lapidarien die geologischen Verhältnisse des Umlandes nahebringen wollen. Als Beispiele hierfür wollen wir nennen: den 1979 eröffneten, 4,2 km langen Erdöllehrpfad von Prottes N Gänserndorf in NÖ. (M. GRÜNWARD, 1979), den Lehrpfad mit Lapidarium beim Schöffelstein S Purkersdorf im Wienerwald, den 500 m langen geologischen Lehrpfad samt Lapidarium vom Fuchsleitengraben bei Mautern/Donau, NÖ., das Naturdenkmal „Hippuritenriff“ bei Grünbach an der Hohen Wand, NÖ., das Lapidarium von Vorchdorf in der oö. Molassezone, den geologischen Lehrpfad in Windischgarsten, OÖ. (S. PREY, 1974 c), den in Vorbereitung befindlichen Lehrpfad an der Seepromenade in Strobl am Wolfgangsee (vgl. B. PLÖCHINGER, 1975, 1982 a, b, 1983), je-

nen der Bärenschützklamm bei Mixnitz (A. ZIMMERMANN, 1982), des Weiztales (F. EBNER, M. EISENHUT et al., 1984, S. 111 ff.), der Raabklamm (J. HADITSCH et al., 1971/72) und der Flitzenbachschlucht bei Gaishorn (G. SUETTE & TH. UNTERSWEIG, 1981) in der Steiermark, das Naturdenkmal „Nummulitenacker“ bei Guttaring in Kärnten, das Schaubergwerk Hüttenberg/Sausalpe in Kärnten, den Wasserschaupfad im Dorfertal in Osttirol, geologische Lehrpfade bei Götzis und am Bartholomäberg in Vorarlberg.

R. SIEBER (1980, S. 599 f.) hat eine Liste der geowissenschaftlichen Sammlungen und Museen in Österreich zusammengestellt.

Als geologische Naturdenkmäler stehen vielerorts Einzelphänomene unter Naturschutz: Im ganzen Land Höhlen mit ihren vielfältigen Bildungen, glaziale Phänomene wie Gletschertöpfe (S. 258, Abb. 94), aber auch sedimentäre Strukturen (Transgression des Badenien auf der Standterrasse in Wien-Nußdorf beim Eichelhof), Fossilfundpunkte oder auch tektonische Strukturen wie Falten, steil gestellte Schichten etc. Auf derartige geologische Sehenswürdigkeiten wird meist im Zuge von geologischen Heimatkunden (Beispiel für Wien: H. KÜPPER, 1968, S. 122 ff.; F. BRIX, 1972, S. 11 ff.), besonders aber in den geologischen Führern hingewiesen, wie sie etwa am repräsentativsten in der Borntreger-Reihe Geologischer Führer vorliegen.

Ein Führer zu einer geologischen Weinreise, wie ihn CH. POMEROL („Terroires et vins de France“, Orléans 1985, 344 S., 17 Kt.) für Frankreich geschaffen und W. SCHMITTLIEB (1974) für Franken kreiert hat, um die engen Zusammenhänge zwischen geologischem Untergrund (dort vom Buntsandstein über Muschelkalk zum Keuper) und Weinsorten sowie „Blume“, „Körper“ und „Schwanz“ des Weines aufzudecken, liegt von Österreich noch nicht vor, obgleich hier zweifellos analoge Zusammenhänge von den berühmten Sorten des oststeirischen Basaltes oder dem Schilcher des Stainzer Plattengneises im Süden bis zu den spritzigen Sorten des Böhmisches Kristallins der Wachau oder jenen des Falkensteiner Klippenzuges im Norden sowie zu den schweren Rotweinen des Burgenlandes am neogenen Mergel im Osten zu ergünden wären (vgl. S. 401 ff.).

Nicht erhaltenswerte Anrisse durch Steinbrüche, Sandgruben, Hanganschnitte etc. hingegen, die nur Wunden in der Landschaft darstellen, sollten im Sinne des Naturschutzes durch Rekultivierung saniert werden (E. KASPEROWSKI-SCHMID et al., 1982, S. 38 ff.; L. TRUNKO & E. FREY 1983).

## 4. Literatur

W. ALTZIEBLER, 1984; AMT DER STEIERM. LANDESREG., 1982 bis 1984; I. ARBEITER, M. EISENHUT et al., 1983; H. AULITZKY, 1982; H. AULITZKY, H. GRUBINGER et al., 1980 bis 1981; H. AUST & J. BECKER-PLATEN, 1985; H. BACH & A. MALINSKY, 1976; J. BACHL et al., 1976; K.-D. BALKE, 1983; W. BAUMEISTER & W. ERNST, 1978; P. BAUMGARTNER, J. SCHNEIDER et al., 1984; F. BENDER, 1984; H. BERNDT, 1972; L. BERNHART, 1983; L. BERNHART, O. BILEK et al., 1980; W. BIFFL & H. FRISCHHERZ, 1983; E. BINNER, 1983; H. BINSWANGER et al., 1978; B. BOLT, 1984; G. BRETSCCHKO, 1983; F. BRIX, 1972 b; K. BUCHWALD & W. ENGELHARDT, 1978 bis 1980; BUNDESMIN. FÜR LAND- U. FORSTW.,



1977; M. BUSER & W. WILDI, 1980, 1981, 1984; G. MC CARTHY, 1979; D. DANIELOPOL, 1983; A. DAURER & G. SCHÄFFER, 1983; D. DEESE, 1978; M. DROBIL et al., 1984; S. EBERLE & R. RUDEK, 1983; F. EBNER, 1981 b; F. EBNER, M. EISENHUT et al., 1984; F. EBNER, G. SUETTE et al., 1984; P. FABIAN, 1983; E. FISCHER, 1916; F. FISCHER & E. SCHÄFER, 1981; J. FLACK et al., 1983; H. FLÜGEL, 1982; W. FRANK, W. DEMMER et al., 1980; H. FRISCHHERZ, 1983; J. FUCHS et al., 1973; T. GATTINGER, 1980; J. GEPP, 1981; ST. GERGELY & O. DWORAK, 1984; H. GLANDER & G. BACHMANN, 1981; H. GLANDER & M. LANGE, 1974; W. GOCHT, 1983; W. GRÄF & J. HADITSCH, 1984; W. GRÄF et al., 1984; H. GRUHL, 1975; M. GRÜNWALD, 1979; F. HABART, 1980; J. HADITSCH, 1971/72, 1980 b, 1984 b; M. HAIDER & M. NEIDBERGER, 1981; G. HALBWACHS & J. KISSER, 1967; H. HÄUSLER sen., 1959; A. HERRMANN, 1979; H. F. HOLZER, E. STUMPFL et al., 1980; H. HÖNIG, 1983; H. HÖNIG et al., 1984; A. D. HOWARD & I. REMSON, 1978; G. HÜBEL & G. RAUCH, 1984; K. HÜBL, 1983; U. HUMPECH, 1983; R. JAGSCH, 1981; H. JUVANCIC, 1984; R. KAISER, 1980; S. KARASEK & U. SCHRÖDER, 1984; H. KARRENBURG, 1981; E. KASPEROWSKI, 1981; E. KASPEROWSKI-SCHMID et al., 1982; W. KATZMANN, 1981, 1985; G. KELLER, 1969; W. KILIAN, 1982; E. KOCH & F. VAHRENHOLT, 1983; T. KOFLER & O. STOCKER, 1985; L. KÖNIG, 1984; L. KÖNIG et al., 1984; G. KOPETZKY, 1966, 1977; M. KRALIK & M. SAGER, 1986; H. KRATZSCH, 1983; W. KRESSER, 1983; J. KREUSCH & H. HIRSCH, 1984; W. KÜHN, 1983; H. KÜPPER, 1968; H. KÜRZL, 1984; S. KUX et al., 1981; H. AN DER LAN, 1978; H. LAUFFER, 1977; E. LEYS, 1980; R. LIEPOLT & O. KOZIEL, 1952; H. LÖFFLER, 1980; G. LÜTTIG, 1979; N. MATSCHÉ, 1983; F. MAUTHE, 1979; H. MAYER, 1985; G. MEISTER et al., 1984; H. W. MÜLLER, 1982; J. MÜLLER & J. SCHNEIDER, 1984; NAGRA et al., 1978; H. NIEDERL, 1973; H. NIKLFELD, 1967; OECD, 1979, 1981, 1982, 1984; H. ÖLLINGER et al., 1971; ÖSTERR. RAUMORDNUNGSKONF., 1982, 1983 ff., 1984; R. PARTL, 1975; W. PETAK & A. ATKISSON, 1982; H. PIERAU, 1968, 1972; H. PIRKL, 1983, 1984, 1986; G. PLESKOT, 1976; B. PLÖCHINGER, 1975, 1982 a, b, 1983; M. PÖSCHL et al., 1982 bis 1983; S. PREY, 1974 c; K. QUENTIN et al., 1973; S. RADLER, 1980; F. RAES et al., 1983, 1985; G. REICHELT & R. KOLLERT, 1985; F. RONNER & J. SCHMIED, 1968; L. RYBACH, 1985; E. SCHÄFER, 1981; K. SCHIMUNEK, 1980; W. SCHMITTLIEB, 1974; M. SCHWARZBACH, 1970, 1983; H. SCHWENK, 1982; R. SCHWINGENSCHLÖGL, 1984 b; R. SIEBER, 1980; F. STEINHAUSER, 1966; G. STERK, 1985 b; SVA, 1980; E. SUESS, 1902; G. SUETTE & TH. UNTERSWEG, 1981, 1981 bis 1983, 1982, 1983: s. u. I. ARBEITER et al.; A. TOLLMANN, 1980 h, 1981 d, 1983 c; W. TRONKO, 1964; E. TRUEB, 1981; L. TRUNKÓ, 1979; L. TRUNKÓ & E. FREY, 1983; M. USSAR & W. FELBERMEIER, 1979, 1980; M. VINZENZ, 1984; K. VOHRA, 1975; B. WARD & R. DUBOS, 1973; E. WEBER, 1975; H. WERNER, 1978; E. WÜRZER, 1983; A. ZIMMERMANN, 1982; V. ZISWILER, 1965; J. ZÖTL, 1981; L. ZWITTNIG, 1964.