

Schlüsselwörter

Tirol
Hydrogeologie
Wasserversorgung
Grundwasser
Quellen

Die Rolle der Geologie im neuen „Wasserversorgungskonzept für Tirol“

ERNST FLEISCHHACKER, GUNTHER HEISSEL, WOLFGANG KUTZSCHBACH & EWALD TENTSCHERT*)

6 Abbildungen

Inhalt

Zusammenfassung	109
Abstract	109
1. Motivation, Zielsetzung, Abwicklung	109
2. WVT-Projekt „Landeskonzept“ (Rahmenkonzept)	111
3. WVT-Projekt „Quellkataster“	111
4. WVT-Projekt „Grundwasserkataster“	111
5. WVT-Projekte „Regionaler Wasserhaushalt“	113
5.1. Testgebiet „Mühlauer Quellen“ (Karwendel)	113
6. Schlußfolgerungen	116
Literatur	118

Zusammenfassung

Im „Wasserversorgungskonzept Tirol“ arbeitet seit 1990 ein multidisziplinäres Team von Geologen, Hydrologen, Bauingenieuren u.a. auch an der Erhebung der Wasserreserven Tirols. Der Geologie und Hydrogeologie kommt dabei ein hoher Stellenwert zu. Das Gesamtkonzept sowie die Teilprojekte „Grundwasserkartierung“, „Großraumgeologie“ und „Großquellenhydrogeologie“ werden kurz beschrieben. Bei diesen Projekten wird auf geologischen Untergrundmodellen aufgebaut, die dann mit Hilfe von Hydrologie, Hydrochemie, Meteorologie zu einer Wasserbilanz führen.

**The Part of Geology
in the Water Supply of the Tyrol**

Abstract

The Project "Water supply for the Tyrol" is a multi-disciplinary concept for the evaluation of the water resources of the Tyrol. Since 1990 a team consisting of geologists, hydrologists and civil engineers have been preparing a general concept. The special projects "groundwater mapping" and "hydrogeology of great springs" are briefly described. These projects have a wide geological basis; by the means of hydrological, hydrochemical and meteorological data a underground water balance is obtained.

1. Motivation, Zielsetzung, Abwicklung

Das Wasserversorgungskonzept für Tirol (WVT) basiert auf einem Projektauftrag der Tiroler Landesregierung, in dem u.a. auch die Ziele – die künftige Wasserversorgung sicherzustellen, festgelegt sind (Abb. 1):

- Natives (naturgegebenes) Wasser, wo immer es geht anzubieten,
- die Trinkwasserressourcen des Landes zu schützen,
- die Interessen (hoheitliche, private) abzugrenzen sowie
- Planungsgrundlagen für andere Planungen zu schaffen.

Diese Ziele werden entsprechend einem eigens entwickelten Problemlösungsansatz (FLEISCHHACKER, 1994) in

einem Rahmenkonzept dauerhaft verfolgt. Innerhalb dieses Konzeptes gibt es eine Reihe von Umsetzungsprojekten, deren Ergebnisse in Abständen von zwei bis drei Jahren wieder in das Rahmenkonzept eingearbeitet werden. Die zyklische Analyse des Systems (Abb. 1) führt zu einer Erweiterung des Maßnahmenkataloges und zu neuen Projekten bzw. Projektprioritäten. Die Bearbeitung des Rahmenkonzeptes (Projekt „Landeskonzept“) und der Umsetzungsprojekte (z.B. die Projekte „Quellkataster“, „Grundwasserkataster“, „Regionaler Wasserhaushalt“) erfolgte bisher größtenteils in Kooperation zwischen dem Amt der Tiroler Landesregierung (ATLR) und der Tiroler Wasserkraftwerke AG (TIWAG). Derzeit werden zunehmend Inge-

*) Anschriften der Verfasser: Dipl. Ing. Dr. ERNST FLEISCHHACKER, WVT-Projektleiter, Tiroler Wasserkraftwerke AG, Eduard-Wallnöfer-Platz 2, A-6010 Innsbruck; GUNTHER HEISSEL, Landesgeologe, Dipl.-Ing. WOLFGANG KUTZSCHBACH, WVT-Beauftragter, beide: Amt der Tiroler Landesregierung, Abt. VI h – Wasserwirtschaft, Herrngasse 1, A-6010 Innsbruck; Dr. EWALD TENTSCHERT, Geologe, Tiroler Wasserkraftwerke AG.

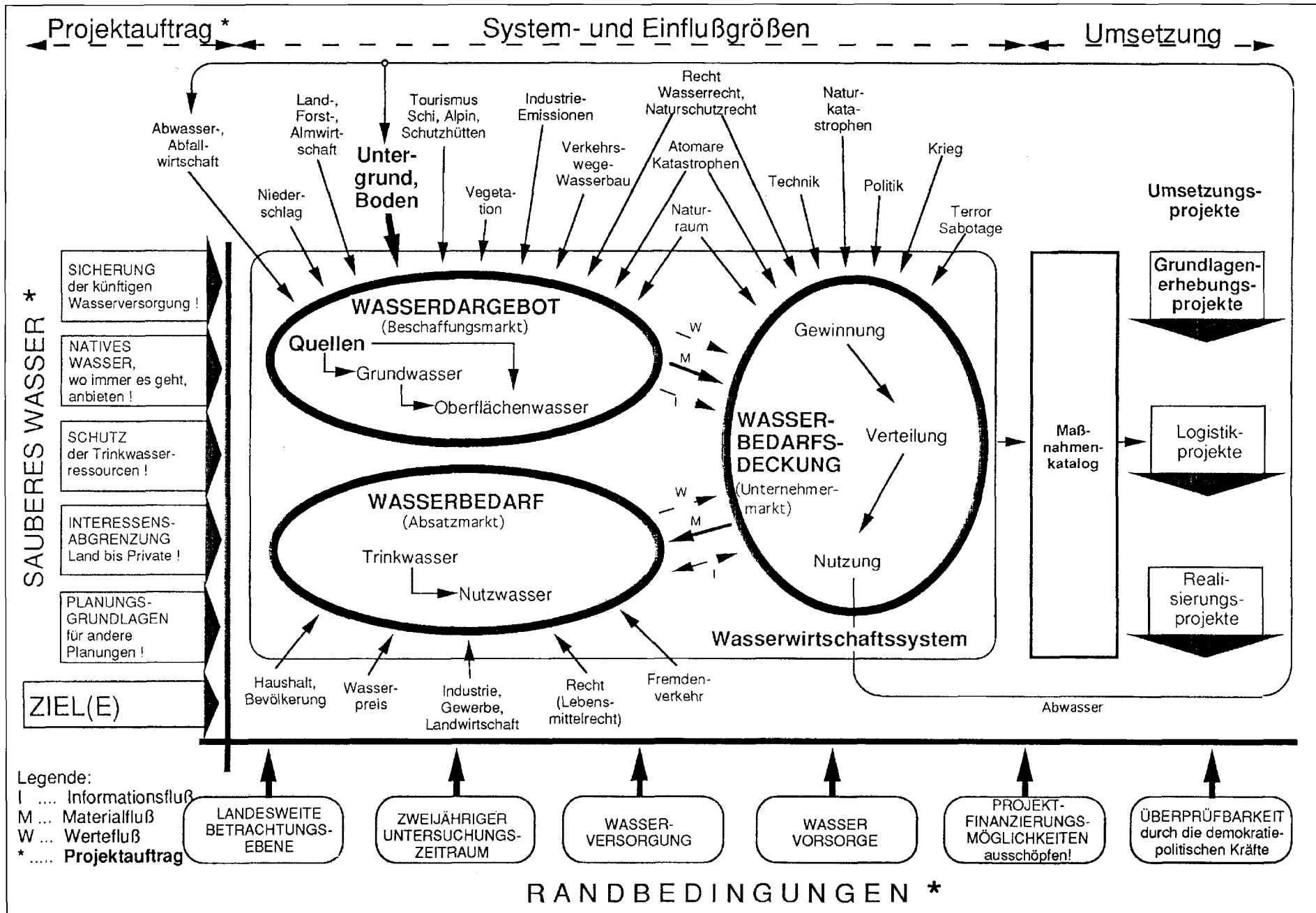


Abb. 1. Systemmodell Wasserversorgung Tirol.

nierbüros, Untersuchungsanstalten, Universitätsinstitute, Wasserversorgungsunternehmen, Gemeinden u.s.w. in die Konzeptumsetzung miteingebunden.

Das Dauerprojekt „Landeskonzept“ sowie die derzeit laufenden Grundlagenerhebungsprojekte aus dem Systembereich „Wasserdargebot“ werden nachfolgend erläutert. Die Rolle der Geologie in diesen Projekten leitet sich aus dem Systemzusammenhang „Einfluß des Untergrundes“ auf das Wasserdargebot (Abb. 1) her.

2. WVT-Projekt „Landeskonzept“ (Rahmenkonzept)

Innerhalb dieses Projektes soll in einem langfristigen Prozeß ein positiv wirksamer Regelkreis aufgebaut werden, aus dem erwartet wird, daß sich das Wasserversorgungs- und Vorsorgesystem allmählich den eingangs formulierten Zielvorstellungen (FLEISCHHACKER, 1994) nähern wird.

Zu den Berichten über dieses Projekt wurde auch zu zahlreichen geologischen und hydrogeologischen Fragestellungen Stellung genommen (WENZL, KUTZSCHBACH & FLEISCHHACKER, 1993a). Für die landesweite Erhebung vorhandener (meist unpublizierter) hydrogeologischer Gutachten, Bescheide, Stellungnahmen, Publikationen in der WVT-Literaturdatenbank wurden die Mitarbeiter der Landesgeologie und der Geologe der TIWAG herangezogen. Diese Erhebung ist die Grundlage für alle weiteren Arbeiten im WVT.

Für die Erstellung der ersten zusammenhängenden Wasserbilanz für Tirol wurde unter Mithilfe der Geologen auch eine vereinfachte digitale Karte der Geologie Tirols (Abb. 2) angefertigt. Zusammen mit einer digitalisierten Niederschlagskarte und einer Karte mit den Oberflächenwasserabflüssen sowie vorhandener, jahrelanger Meßreihen und hydrologischer Erfahrungen wurden nachfolgende Bilanzfiguren ermittelt.

Einem Jahresniederschlag von ca. 17 Mrd. m³ und einem Oberflächen-Jahresabfluß von ca. 13 Mrd. m³ stehen jährliche Erneuerungsraten von 1,5 Mrd. m³ in den Kluft-Grundwasserleitern (davon etwa die Hälfte aus den Karbonatbereichen) und ca. 150 Mio m³ in den Poren-Grundwasserleitern gegenüber. Zum Vergleich: der jährliche Tiroler Wasserbedarf beträgt ca. 58 Mio m³ (FIGALA, 1986).

Ebenfalls auf Basis vorhandener, jahrelanger Meßreihen und geologischer Untersuchungen in der TIWAG wurden im Rahmen des Landeskonzeptes auch zwei hydrogeologische Mustergebiete beschrieben. Das Quell-Mustergebiet „Stamserbach“ mit ober- und unterirdischer Wasserbilanz (wobei die unterirdische Wasserbilanz aufgrund eines Sondierstollens erfolgte; TENTSCHERT, 1980, 1991) sowie das Grundwasser-Mustergebiet „Langkampfen“ im Unterinntal (SCHÖNLAUB & TENTSCHERT, 1994). Die Erkenntnisse daraus wurden für die Ausarbeitung der Leistungsbilder der unter dem Kapitel „Regionaler Wasserhaushalt“ beschriebenen „Großraumgeologie-“ sowie „Großquellenhydrogeologie-Projekte“ verwendet (WENZL, KUTZSCHBACH & FLEISCHHACKER, 1993b).

3. WVT-Projekt „Quellkataster“

Im Quellkataster, mit dem die Grundlagen für den Systemteil „Quellen“ erhoben werden, sind alle feststellbaren genutzten oder für die Nutzung in Frage kommenden Quellen in Tirol (ca. 10.000) erfaßt und in Gemeindeflächen, Übersichtsplan, Katasterblatt, Lageblatt, Vermessungsblatt, Quantitätsblättern, Qualitätsblättern dargestellt.

Bei diesem Projekt wurden die Geologen für die Bearbeitung des Datenmodells (FLEISCHHACKER, 1994), sowie für die Beschreibung der Geologie bei den einzelnen Quellgebieten herangezogen.

Der Quellkataster wird derzeit in ein landesweit vernetztes EDV-System (Wasserwirtschaftsdatenbank) eingearbeitet. An diese Datenbank wird auch die Landesgeologie als „Client“ zur hydrogeologischen Beurteilung der Quellen eingebunden. Damit wird es möglich sein, den Systemteil „Quell-dargebot“ nachhaltig zu betreuen.

4. WVT-Projekt „Grundwasserkataster“

Mit diesem Projekt bestehend aus den Subprojekten „Grundwasserkartierung“ und „Grundwasserbohrlochkataster“ werden die Grundlagen für den Systemteil „Grundwasser“ (Abb. 1) erarbeitet.

Die „Grundwasserkartierung“ basiert auf einer Kartengrundlage von ANDERLE (1977). Inhalt dieser Karte sind in erster Linie die morphologisch-geologischen Grundlagen, dargestellt anhand der Flurabstände (relativer Abstand des mittleren Grundwasser-Spiegels zur Geländeoberfläche). Es wurden in den Grundwasserfeldern der Talalluvionen sieben Zonen gegliedert. Weitere drei Zonen betreffen die weniger ergiebigen, aber örtlich unter Umständen bedeutsamen Grundwasservorkommen aus den weit verbreiteten Terrassensedimenten (Terrassenschotter und -sande, teilweise mit eingelagerten Mehlsand- bzw. Tonlagern), glazialen Ablagerungen (Moränen, glaziale Tone und Kiese) und Hangschuttablagerungen (häufig Hangwasser führend). Für diese sind lediglich die Flächen auskartiert, ohne eine Unterscheidung der Flurabstände (die in diesen Fällen äußerst unterschiedlich, aber häufig sehr tief sind). Die Karte liegt in gedruckter Form (M 1 : 200.000) vor, die handkolorierten Originalkarten im Maßstab 1 : 50.000, tw. 1 : 25.000 (Blattschnitt ÖK).

Die auskartierten Lockergesteinsbereiche sind in den meisten Bereichen auch heute noch nirgends in verfeinerter Form kartenmäßig dargestellt (ausgenommen einzelne Detail-Untersuchungen); allerdings standen ANDERLE noch relativ wenige Detailuntersuchungen bzw. Bohrungen zur Verfügung. Die Originalkarten von ANDERLE (1977) wurden in Autocad auf der Basis der ÖK 50 digitalisiert und bilden somit die Grundkarte (44 Kartenblätter) für die Einarbeitung der Erkenntnisse aus neueren hydrogeologischen Untersuchungen (TIWAG, 1993).

In diesem Projekt wurden über 300 Untersuchungen ausgewertet und die Ergebnisse nach verschiedenen Kriterien in einer Datenbank zusammengestellt. Das Ergebnis sind leicht abrufbare Daten aus der Datenbank sowie digitale Karten mit Grundwasser-Flurabständen und den Umrissen der Untersuchungsgebiete. In diese Karten wurden auch Umrisse von 110 Quell-Untersuchungsgebieten aufgenommen.

Im „Grundwasserbohrlochkataster“ werden aufbauend auf den Ergebnissen der Grundwasserkartierung alle vorhandenen Bohrlöcher, also über 2.000 Grundwassernutzungen, Sonden und Aufschlußbohrungen, erfaßt und ausgewertet.

Fernziele sind die Einbindung der Projekte in die landesweite Wasserwirtschaftsdatenbank sowie die Erstellung digitaler hydrogeologischer Grundwasserkarten für Tirol, in denen alle diesbezüglichen Untersuchungen und Auswertungen eingearbeitet sind.

GEOLOGIE VON TIROL

(digitalisiert nach Brandner, 1980)

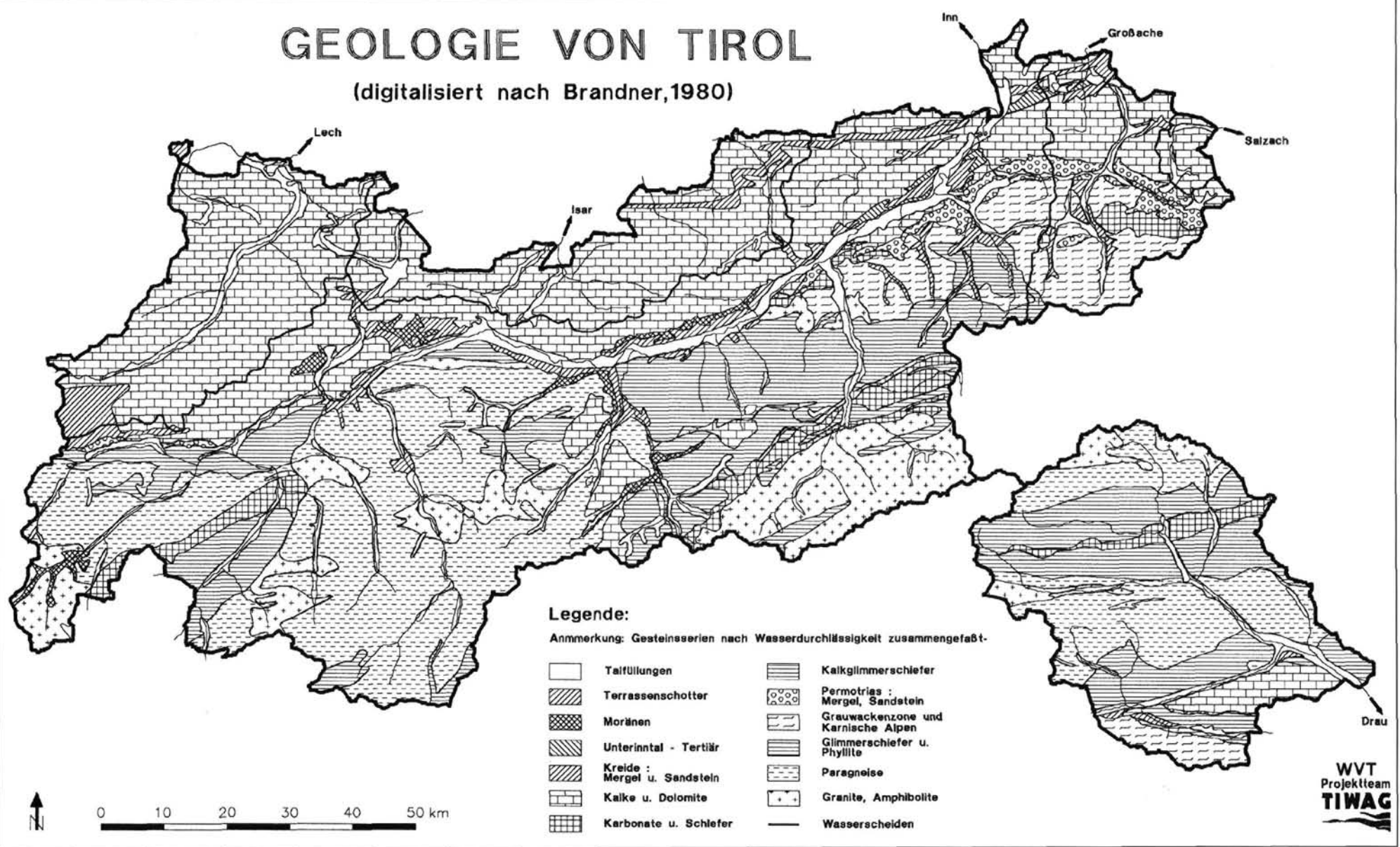


Abb. 2. Geologie Tirols (digitalisiert nach BRANDNER).



5. WVT-Projekte „Regionaler Wasserhaushalt“

Die logische nächste Ebene zur landesweiten Betrachtung des Wasserhaushaltes (s. Kap. 2. Landeskonzept) ist die regionale Aufarbeitung dieses Themas. Dies erfolgt in den Subprojekten „Großraumgeologie“ und „Großquellenhydrogeologie“.

Bei der „Großraumgeologie“ geht es um die großräumige Feststellung der geologischen, hydrogeologischen, morphologischen und strukturgeologischen Systemzusammenhänge ganzer Tal- und Gebirgsabschnitte. Ein derartiges Projekt im Fernpaßgebiet ist bereits seit längerem fertiggestellt, ein weiteres im Bereich des Lechtales wurde im März 1995 fertig. Das fachlich besonders anspruchsvolle Projekt „Großraumgeologie Ötztal“ ist unter Beauftragung von Wissenschaftlern des Instituts für Geologie und Paläontologie der Universität Innsbruck und der BVFA Arsenal/Wien derzeit im vollen Gang. Weitere derartige Projekte in den Bereichen Seefeld und Lienz Dolomiten sind in Vorbereitung.

In der „Großquellenhydrogeologie“ wird auf Basis der großräumigen Systemzusammenhänge jeweils eine ganz spezielle Großquelle oder Quellgruppe im Hinblick auf das „räumliche Einzugsgebiet“ untersucht. Bisher wurden die Blaue Quelle in Erl, die Kasbach-, Weißenbach- und Moosquellen bei Jenbach, die Bollenbach-, Stubbach- und Zwerchlochquellen im Vomper Loch (Karwendel), die Ochsenbrunn- und Fischweiherquelle im Pitztal sowie die Brunnenquellen in Haiming untersucht (Abb. 3). Die Schüttungen fast aller dieser Quellen liegen zwischen 100 und 500 l/s bei relativ geringen Schüttungsschwankungen. Neben der geologischen, strukturgeologischen und hydrogeologischen Kartierung umfassen die Projekte unter anderem:

- Meßstellen mit Dauerregistrierung von Schüttung, Temperatur, Leitfähigkeit (mittels Datensammlern in Viertelstundenwerten, Abb. 4),
- hydrochemische, radiochemische und bakteriologische Reihenanalysen,
- regionale Vergleiche mit Klimastationen und anderen Abflußmeßstellen.

Die Erkenntnisse, die im Zuge der geologischen, strukturgeologischen und hydrogeologischen Bearbeitung des Karwendelgebirges (HEISSEL, 1991) gewonnen werden konnten, wurden als Basis für die Methodik der geologischen und hydrogeologischen Bearbeitung im Rahmen der Projekte „Großquellenhydrogeologie“ und „Großraumgeologie“ herangezogen (Abb. 3). So bildet eine komplette geologische, strukturgeologische und hydrogeologische Neukartierung (einschließlich Luftbilddauswertung etc.) des jeweiligen Projektgebietes (teils auch darüber hinausgreifend) durch die positiven Erfahrungen bei den Untersuchungen an den Mühlauer Quellen bei Innsbruck den Kern aller Projekte. Geologische und strukturgeologische Untersuchungen sind somit nicht nur in den kalkalpinen, sondern auch in den kristallinen Einheiten neben der quartärgeologischen Bearbeitung in den Talalluvionen zur tragenden Säule für die damit einhergehenden anderen Untersuchungen des multidisziplinären Teams geworden.

Die Methodik, mit den geologischen und strukturgeologischen Untersuchungen großräumig zu beginnen, um nachfolgend mehr und mehr ins Detail zu gehen, bringt bei allen vorgenannten Projekten nicht nur eine Fülle neuer Erkenntnisse, sondern vielfach auch Ergebnisse, die weit über die eigentliche Fragestellung hinausgehen. So haben die Untersuchungen im „Testgebiet Mühlauer Quellen – Karwendel“ einen besseren Einblick in die tektonischen Abläufe und mit ihnen einhergehende Fragen der Faziesverhältnisse, der na-

türlichen Seismizität, des tektonischen Zerlegungsgrades u.a.m. gebracht, was nachfolgend exemplarisch für alle Projekte „Regionaler Wasserhaushalt“ aufgezeigt werden soll. Details können bei HEISSEL (1991, 1993) sowie GSTREIN & HEISSEL (1989) nachverfolgt werden.

5.1. Testgebiet Mühlauer Quellen (Karwendel)

Als Beispiel für den Zusammenhang tektonischer und hydrogeologischer Erkenntnisse sind folgende Ergebnisse zu erwähnen (basierend auf den Arbeiten von HEISSEL, 1991, 1993 sowie GSTREIN & HEISSEL, 1989):

- Die Inntalstörung ist als rezent aktive Subfluenzzone anzusehen, was die ausgeprägte Übertiefung des Inntales und die Mächtigkeit seiner Lockersedimentfüllung erklärt (eine ähnliche Deutung, also die Annahme tektonischer Ursachen wurde zwischenzeitlich u.a. auch von POSCHER, 1993, publiziert).
- Die Nähe zum tektonischen Wirkungsbereich der Inntalstörung hat sich nicht negativ auf den Zerlegungsgrad und damit auch nicht auf den Verkarstungsgrad der Speichergesteine des kalkalpinen Bergwasserkörpers ausgewirkt. Dadurch sind die (von RAMSPACHER et al., 1992 bestätigten) jahrelangen mittleren Verweilzeiten der Bergwässer im Untergrund geologisch erklärbar.
- Die Inntaldecke ist eine allochthone tektonische Einheit und kein autochthones nach unten „offenes“ pilzartiges Gebilde (Abb. 5), weshalb sie nach unten hydrogeologisch geschlossen und damit dicht ist. Zu diesem Ergebnis kommt man auch bei der Betrachtung der Anordnung der Vererzung entlang der Überschiebungsbahn der Inntaldecke im Südkarwendel (GSTREIN & HEISSEL, 1989).
- Die Faziesheterotropie in der Mitteltrias wurde durch die Untersuchungen einerseits der Vererzungen, andererseits der Hydrogeologie des Karwendels als wesentlich komplexer erkannt, als bisher angenommen. Demnach können Ablagerungen der Nordalpinen Raibler Schichten teilweise zeitgleich sein mit den Ablagerungen des Alpinen Muschelkalks, der Partnachsichten und des Wettersteinkalks. Es ist vermutlich regional mit ladinischem, vielleicht sogar anisischem Hauptdolomit zu rechnen.
- Die geologischen und hydrogeologischen Untersuchungen für die Mühlauer Quellen haben zur Erkenntnis geführt, daß als Ursache und Motor für die Deckentektonik – nicht nur im Bereich der oberostalpinen Kalkalpen Tirols, sondern beispielsweise auch im Unterostalpin – hauptsächlich die Ablagerungsverhältnisse an der Wende Perm/Trias bzw. in der Untertrias (Salinarfazies, dadurch tektonische Mobilität, die von damals bis heute anhält) zu sehen sind und die mitteltriadische Faziesdifferenzierung nicht als Hauptfaktor dafür herangezogen werden kann.
- Die Rekonstruktion der baueologischen Aufzeichnungen der Vortriebe für die Fassungsstollen der Mühlauer Quellen aus dem Jahr 1949 hat gezeigt, daß die Stollen entgegen der bisherigen Annahme teilweise auch Gesteine der unterlagernden tektonischen Einheit (Karwendel-Schuppenzone) durchörtert haben (Abb. 6). Dadurch wird der erhöhte Sulfatgehalt in zwei der drei Stollen erklärbar, wodurch auch neue Rückschlüsse auf die Ausdehnung des unterirdischen Einzugsgebietes der Quellwässer möglich sind.
- Mittels der geologischen Arbeitsmethoden konnte für die Mühlauer Quellen klar herausgearbeitet werden, daß sie ein bis zu 3000 Meter mächtiges Bergwasservorkommen an einer lithologisch, tektonisch und morphologisch vor-

LEGENDE:
Stand 1993

**Großraumgeologie-
Projekte**

**Großquellenhydrogeologie-
Projekte**



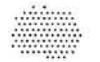
fertig



in Arbeit



geplant / in Arbeit



geplant

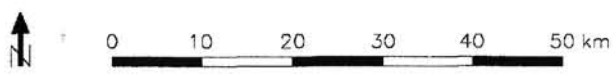
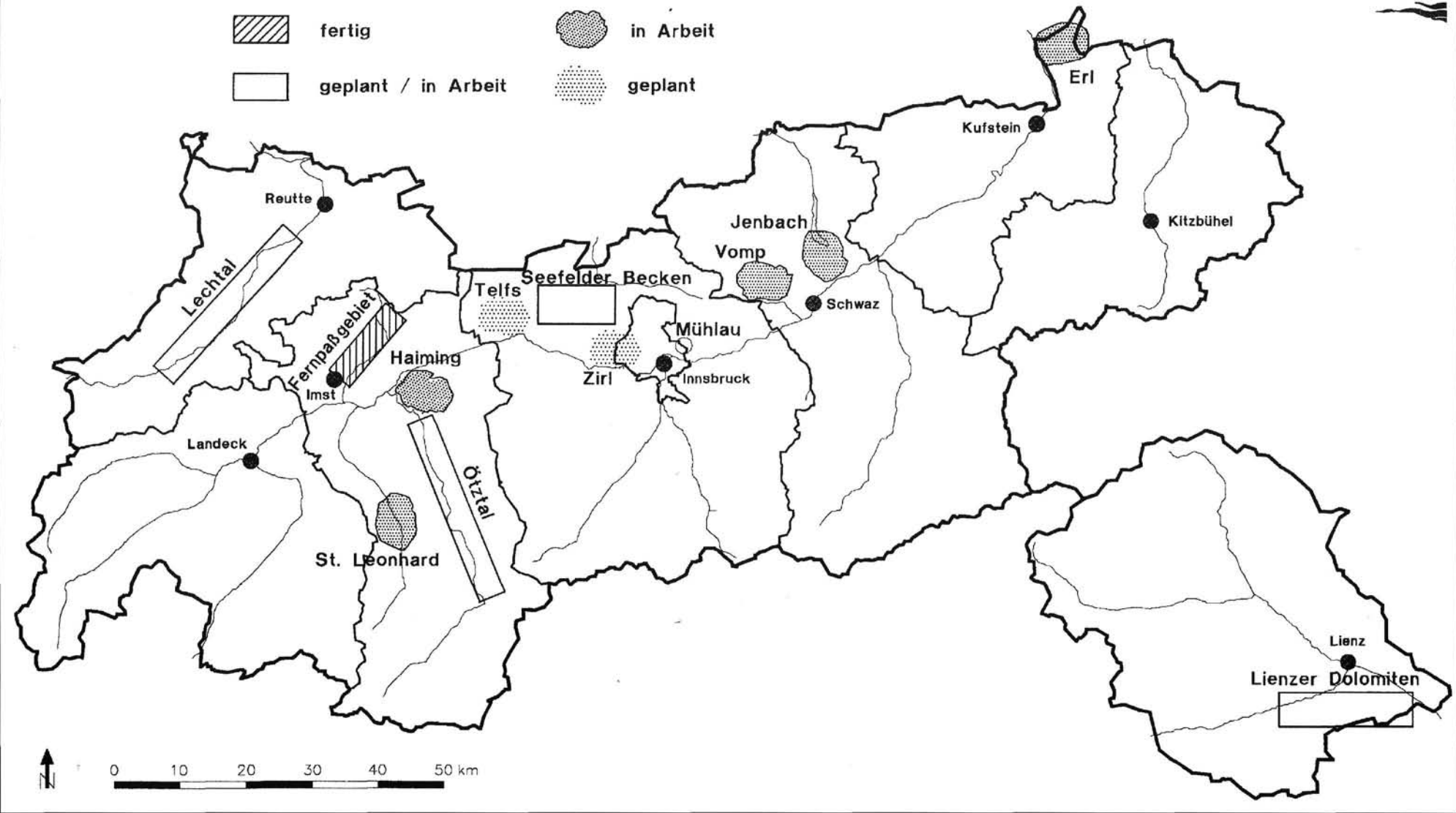


Abb. 3.
Lage der Großquellenhydrogeologie- und Großraumgeologieprojekte.

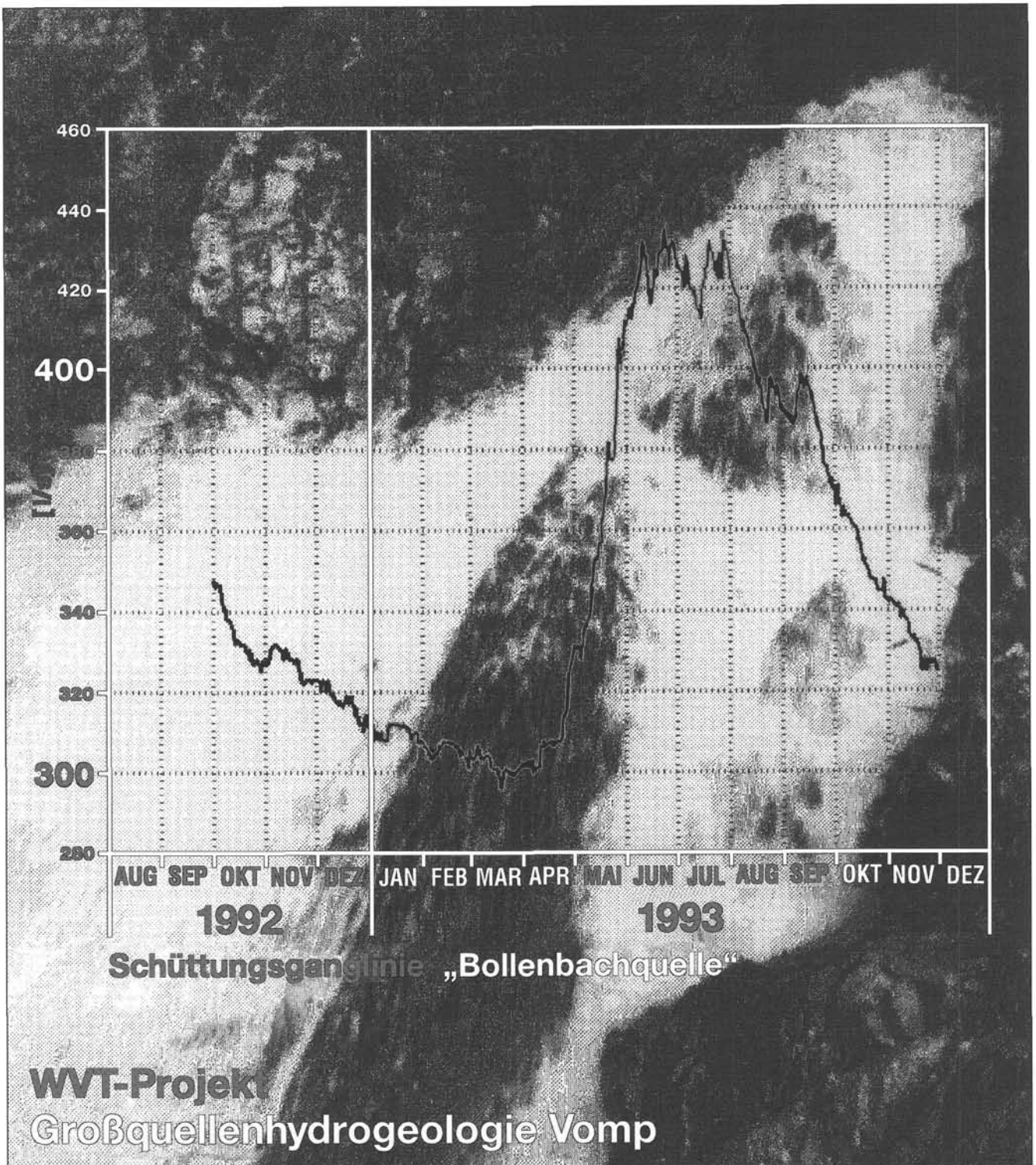


Abb. 4.
Bollenbachquelle, Dauerregistrierung (inkl. Temperatur und Leitfähigkeit).

gezeichneten Stelle entwässern. Dieses Bergwasservorkommen bildet das tiefere hydrogeologische Stockwerk des höchsten tektonischen Stockwerks im Karwendel und entwässert insgesamt mittels etwa zehn großer und zahlreicher kleiner Quellen in vergleichbarer tektonischer Position wie die Mühlauer Quellen. Zu diesem hydrogeologischen Stockwerk sind auch die im Rahmen der „Großquellenhydrogeologie Vomp“ untersuchten Quellen zu zählen.

- Die Schüttungsschwankungen der Mühlauer Quellen von etwa 1 : 4 mit Mindestschüttungen von etwa 500 l/s und

Maximalschüttungen von ca. 2200 l/s lassen – ähnlich wie bei den Großquellen im Vompener Loch – auf einen geringen Verkarstungsgrad, verbunden mit langen Verweilzeiten der Bergwässer im Untergrund schließen.

- Aus geologischen, strukturgeologischen und geomorphologischen Gründen ist die Größe des Einzugsgebietes der Mühlauer Quellen mit etwa 25 km² anzunehmen. Im Inneren des Gebirges ist das Einzugsgebiet ähnlich zu dimensionieren, der Aquifer dürfte bis in ca. 2000 Meter Tiefe unter Meeresniveau reichen. Das oberirdische Einzugsgebiet wird hauptsächlich von Karen und flachen

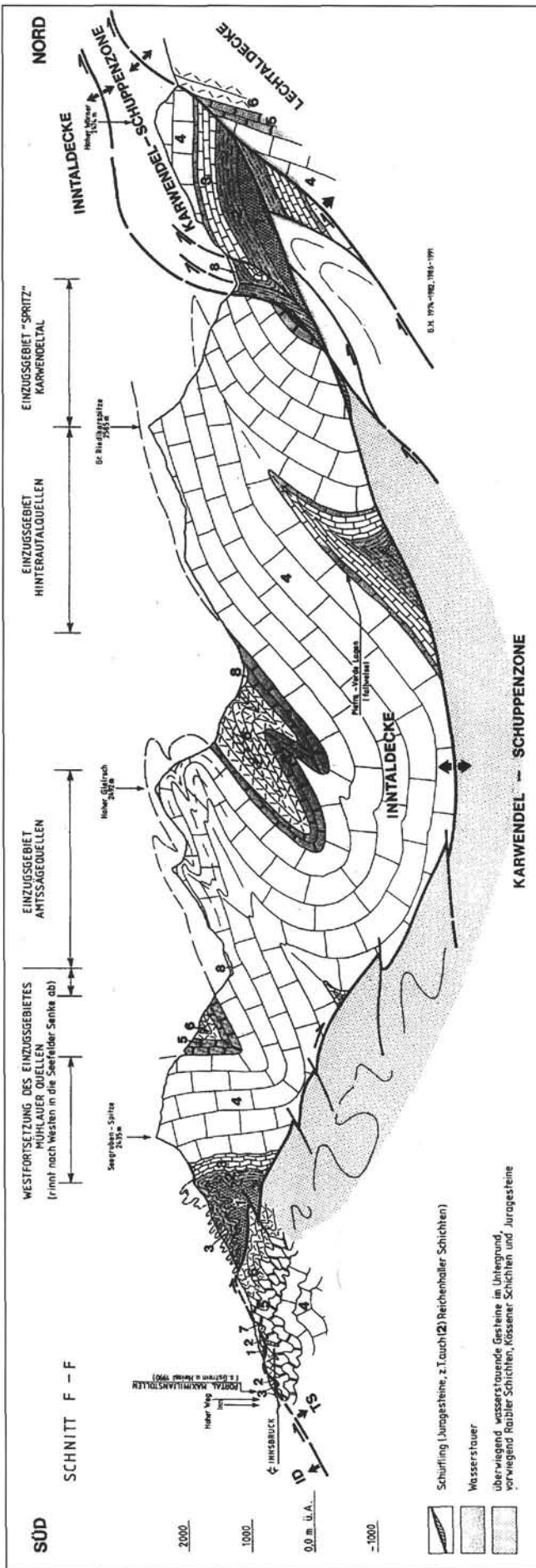


Abb. 5. Hydrogeologischer Schnitt durch das Karwendelgebirge = 1 = Alpiner Buntandstein, 2 = Reichenhaller Schichten; 3 = Muschelkalk; 4 = Wettersteinkalk; 5 = Nordalpine Raibler Schichten; 6 = Hauptdolomit; 7 = Höttinger Breccie; TS = Thaurer Schuppe der Karwendel-Schuppenzone; LD = Inntaldecke.

6. Schlußfolgerungen

Das heute vorliegende detaillierte geologische und hydrogeologische Wissen über die Einzugsgebiete der untersuchten Quellbereiche erlaubt die Abgrenzung sinnvoller und klar definierbarer Schutz- und Schongebietsumgrenzungen. Dies ist so wie auch bei den Mühlauer Quellen das oberste Ziel aller „Großquellenhydrogeologie-Projekte“. Die ersten derartigen Schongebiete sind aufgrund der durch unsere Projekte gewonnenen Erkenntnisse sowohl im Kalkalpenbereich, als auch im Bereich der anderen tektonischen Einheiten der Tiroler Ostalpen bereits verordnet (z.B. „Inntaldecke-Karwendel“, „Gnadenwalder Plateau“, „Götzer Alm“), andere stehen kurz vor der Verordnung (Landesgesetzblatt f. Tirol, 1994 a,b, 1995). Die im WVT erfaßten umfangreiche Grundlagen sind somit weitaus mehr als nur eine Datensammlung, die Ergebnisse fließen umgehend in die Entscheidungen des Wasserwirtschaftlichen Planungsorganes ein.

Die Untersuchungen an den Mühlauer Quellen und den z.Zt. bearbeiteten Projekten zeigen wieder einmal klar auf, daß vor allem die Kalkalpen Tirols über qualitativ und quantitativ einzigartige Quellwasserressourcen verfügen. Durch die Ergebnisse im Rahmen des WVT wurden aber erst die Voraussetzungen geschaffen, die Versorgung Tirols mit Trinkwasser auch in Krisenzeiten sicherstellen zu können. Die multidisziplinären Projekte „Großraumgeologie“ und „Großquellenhydrogeologie“ zeigen heute, daß ohne umfassende und tiefgreifende geologische Geländearbeiten zur Erfassung des Gebirgsbaues hydrogeologische, hydrochemische, radiochemische, hydrologische und andere Schlußfolgerungen nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich sind. Die auf der Basis der Erforschung der Hydrogeologie der Mühlauer Quellen eingeschlagene Arbeitsmethodik hat sich daher beim Projekt „Regionaler Wasserhaushalt“ bewährt.

Hochflächen alttertiärer Landoberflächenreste gebildet, die ca. 1900 bis 2000 Meter ü.A. hoch liegen. Dort sind überdurchschnittlich hohe Einsickerungsraten zu erwarten.

Die Erkenntnis, daß der Grad der unterirdischen und oberirdischen Verkarstung sehr gering ist, kann am besten durch die raschen, bis in die Gegenwart anhaltenden Gebirgsbewegungen, die nicht zuletzt auch mit den tektonischen Prozessen entlang der Inntallinie zusammenhängen, erklärt werden. Durch den geringen Verkarstungsgrad zeigt sich heute mehr und mehr nicht nur im Karwendel, sondern in einem Großteil der Tiroler Kalkalpen, aber auch in anderen Gebirgsbereichen mit nicht verkarstungsfähigen Gesteinen, daß die hydrogeologischen Verhältnisse hauptsächlich von den geologischen und tektonischen Gegebenheiten abhängen. Nicht zuletzt deshalb finden sich die Quellaustritte vielfach an geologisch-lithologisch und strukturgeologisch vorgegebenen Positionen.

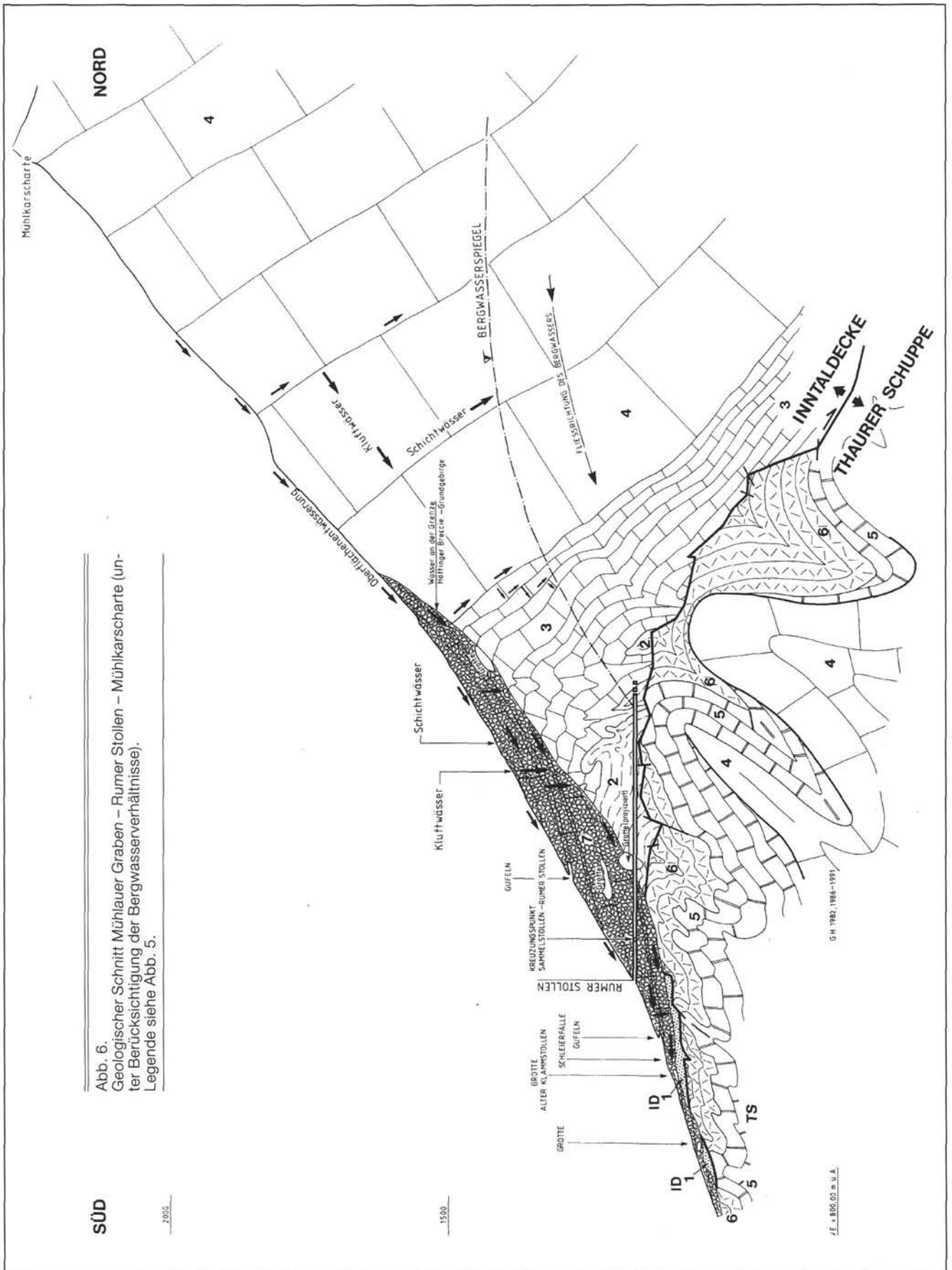


Abb. 6. Geologischer Schnitt Mühlahau Graben - Rumer Stollen - Mühlaharscharte (unter Berücksichtigung der Bergwasserverhältnisse). Legende siehe Abb. 5.

Die Geologie bildet somit eine wesentliche Grundlage für die systematische Weiterbearbeitung des von der Tiroler Landesregierung und dem Tiroler Landtag getragene

Wasserversorgungskonzept Tirol (WVT), das sich derzeit bereits zu einem Wasserwirtschaftskonzept (WWT) entwickelt.

Literatur

- ANDERLE, N. (1977): Die Grundwasservorkommen in Tirol. – Tiroler Raumordnung, Bestandsaufnahme, H. 2, ATR Innsbruck (inkl. Karte 1 : 200.000).
- FIGALA, G. (1986): Wasserversorgung Tirols – Stand und Ausblick. Gas – Wasser – Wärme, 40/6, 197–203.
- FLEISCHHACKER, E. (1994): Methodischer Problemlösungsansatz für ein zukunftsorientiertes Wasserversorgungskonzept. – Dt. Wasserwirtschaft, 84/10, p. 544 ff.
- GSTREIN, P. & HEISSEL, G. (1989): Zur Geschichte und Geologie des Bergbaues am Südadhang der Innsbrucker Nordkette. – Veröff. des Tiroler Landesmuseums Ferdinandeum, 69, 5–58, 22 Abb., 3 Fotos, Innsbruck.
- HEISSEL, G. (1991): Die Abhängigkeit der hydrogeologischen von den geologisch-tektonischen Verhältnissen des Karwendelgebirges, aufgezeigt am Beispiel der Mühlauer Quellen (Tirol, Österreich) (mit Anmerkungen zu strukturgeologischen und faziellen Problemen der Geologie Tirols). – Veröff. des Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum Innsbruck, 71, 17–81, 19 Abb.
- HEISSEL, G. (1993): Die Hydrogeologie der Mühlauer Quellen im Lichte geologischer und strukturgeologischer Erkenntnisse unter Einbeziehung besonderer Aspekte der Geologie Tirols. – Tiroler Landesgeologie, 1, 1–44, 19 Abb., 3 Fotos, Innsbruck.
- Landesgesetzblatt f. Tirol 1994a: 53. Verordnung des Landeshauptmannes vom 3. 6. 1994 zum Schutz des Bergwasservorkommens der Inntaldecke in Teilen des Karwendelgebirges (Wasserschongebiet Inntaldecke-Karwendel) – LGBl. f. Tirol v. 24. 6. 1994.
- Landesgesetzblatt f. Tirol 1994b: 54. Verordnung des Landeshauptmannes vom 3. 6. 1994 zum Schutz der genutzten Quellen im Bereich des Gnadentaler Plateaus (Wasserschongebiet Gnadentaler Plateau) – LGBl. f. Tirol v. 24. 6. 1994.
- Landesgesetzblatt f. Tirol 1995: 14. Verordnung des Landeshauptmannes vom 11. 1. 1995 zum Schutz der Stollenquellen der Wasserversorgungsanlage Götzens im Bereich der Götzner Alm (Wasserschongebiet Götzner Alm) – LGBl. f. Tirol v. 31. 1. 1995.
- POSCHER, G. (1993): Neuergebnisse der Quartärforschung in Tirol. – Schwerpunkt Blatt 144 Landeck. – Arbeitstagung Geol. B.-A., 17–27, Wien.
- RAMSPACHER, P., ZOJER, H., FROELICH, K. & STICHLER, W. (1992): The recharge of large springs from a carbonate aquifer near Innsbruck applying environmental tracers. – In: HÖTZL & WERNER (Eds.): Tracer Hydrology, 251–257, 8. Fig., 2 Tab., Amsterdam.
- SCHÖNLAUB, H. & TENTSCHEIT, E. (1996): Erkundung und Modellierung im Grundwasserfeld Langkampfen (Tirol). – Mitt. Öst. Geol. Ges., 87 (1994), dieser Band.
- TENTSCHEIT, E. (1980): Kraftwerksgruppe Sellrain-Silz, Bergwasserhaushalt der Druckschächte. – Geol.-Paläont. Mitt. Innsbruck, 10/5, 204–206.
- TENTSCHEIT, E. (1991): Hydrogeologische Prognose und tatsächlicher Bergwasserhaushalt für den Druckstollen Strassen – Am-lach. – Geotechnik, 1991/2, 74–80, Essen.
- TIWAG (1993): Grundwasserkartierung Tirol. – Unveröff. Bericht an ATR, 44 + 39 digitale Kartenblätter (ÖK 50) und Erläuterungen inkl. Datenbank.
- WENZL, E., KUTZSCHBACH, W. & FLEISCHHACKER, E. (1993a): Wasserversorgungskonzept Tirol 1990–1992. – Bericht des Amtes der Tiroler Landesregierung Abt. III g (nunmehr VIh – Wasserwirtschaft).
- WENZL, E., KUTZSCHBACH, W. & FLEISCHHACKER, E. (1993b): Wasserversorgungskonzept Tirol, Landeskonzept 1992, Dokumentationsband. – Bericht des Amtes der Tiroler Landesregierung, Abteilung IIIg (VI h).

Manuskript eingegangen am: 22. 07. 1993

Revidierte Version eingegangen am: 03. 03. 1995

Manuskript akzeptiert am: 30. 05. 1995