

Klimawandel und die zu erwartenden Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung im alpinen Raum, aufgezeigt aus geologischer Sicht am Beispiel Tirol

Gunther Heißel

Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Allg. Bauangelegenheiten, Landesgeologie, Herrngasse 1-3, 6020 Innsbruck

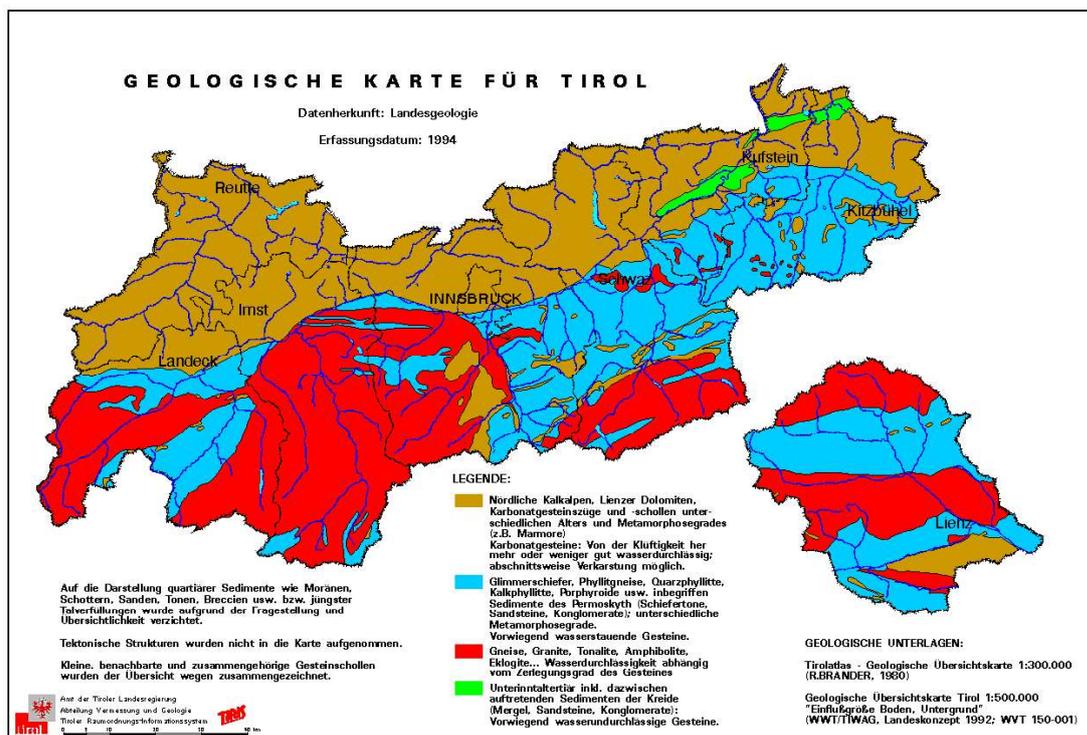
Einleitung

Tirol ist unter anderem auch bekannt dafür, dass es seine Einwohner und seine zahlreichen Gäste mit nativem Trinkwasser versorgen kann und auch fast ausnahmslos versorgt.

Die Landschaft Tirols ist geprägt von teils hohen Gebirgen und vielfach engen und steilen Tälern. Deshalb sind nur etwa 12% der Landesfläche überhaupt besiedelbar. Es handelt sich dabei um die Talböden und die Einhänge der Täler. Die Rofenhöfe im Gemeindegebiet von Sölden in den Ötztaler Alpen bilden mit 2009 m ü. A. den höchsten Dauersiedlungsraum, die tiefst gelegenen Siedlungen Tirols finden sich in Ebbs bzw. Erl mit ungefähr 475 m ü. A. Die meisten der ca. 750.000 Tiroler leben im Inntal etwa zwischen Telfs und der Grenze zu Bayern, wobei der Großraum von Innsbruck und Hall die dichteste Besiedlung aufweist.

Tirol verzeichnet derzeit etwa 50 Millionen Übernachtungen durch Gäste aus dem In- und Ausland – Tendenz weiter steigend. Viele Fremdenverkehrszentren liegen in den Seitentälern des Inntales.

Geologie und Hydrogeologie der Trinkwasserversorgungen (siehe auch Geologische Karte von Tirol)



Nordtiroler Kalkalpen

Die Haupttrinkwasservorkommen befinden sich in den Nordtiroler Kalkalpen und den Lienzer Dolomiten. Es sind dies die Hauptzonen verkarstungsfähiger Gesteine in Tirol. Andere Gebiete mit verkarstungsfähigen Gesteinen, z. B. der Schwazer Dolomit bzw. Spielbergdolomit spielen – nicht zuletzt auf Grund ihrer geringeren Ausdehnung eine vergleichsweise untergeordnete Rolle.

Die Nordtiroler Kalkalpen weisen die größte Menge an Grundwasser auf, wofür es mehrere Gründe gibt:

- Die Nordtiroler Kalkalpen sind besonders reich an wasserdurchlässigen kalkigen und dolomitischen Karbonatgesteinen, die mit wasserhemmenden bzw. wasserstauenden Gesteinen, die reich an tonig-siltigen Lagen sind, wechsellagern. Durch die Gebirgsfaltungen bilden vor allem die Mulden- bzw. Synklinalstrukturen. Dieser teils weit durchziehenden Großfalten bieten dem Karstgrundwasser gute bis sehr gute Speichermöglichkeit.
- Die gebirgsbildenden Vorgänge haben nicht nur dazu geführt, dass es zu teils intensiven Gesteinsfaltungen kam, sondern auch zum Zerbrechen der Gesteine, insbesondere zum Zerbrechen der Karbonatgesteine. Das Resultat ist eine mehr oder weniger intensive Zerlegung und Durchtrennung der (Karbonat)gesteine durch tektonische Trennflächen (Klüfte und Störungen), die zusätzlich zu den meist gut ausgebildeten Schichtflächen die Sedimentgesteine charakterisieren. So erklärt sich das große Speichervolumen für Grundwasser, das die kalkalpinen Gesteine Nordtirols prägt.
- Die gebirgsbildenden Prozesse haben zudem dazu geführt, dass die Sedimentgesteinsstapel der Nordtiroler Kalkalpen in mehreren tektonischen Überschiebungsdecken übereinander geschoben wurden und so heute als Deckenstapel übereinander liegen. Die Untersuchungen des Autors, teils auch gemeinsam mit Mag. Petra Nittel-Gärtner (Landesgeologie Tirol) haben gezeigt, dass die Überschiebungsweiten der einzelnen Decken bisher weit unterschätzt wurden und jeweils zumindest im Bereich von vielen -zig Kilometern liegen. Auch wenn die Überschiebungen nordvergent erfolgten, wurde das gesamte Deckengebäude – vor allem im Zuge der gebirgsbildenden Phasen gegen Ende der Hauptüberschiebungen - in allen Richtungen deformiert, sodass die ursprünglich flachen Überschiebungsstörungen nunmehr in allen Richtungen von mulden- und sattelartig deformierten Strukturen geprägt sind. Auch diese Tatsache konnte in den letzten Jahren durch den Autor und seine Mitarbeiterin Mag. Petra Nittel-Gärtner herausgearbeitet werden. Diese Erkenntnisse sind wesentlich für den Reichtum an Karstgrundwasser der Nordtiroler Kalkalpen. Es sind somit nicht nur die Sedimentgesteinsstapel der einzelnen Decken stark deformiert, sondern zusätzlich die Deckenstapel und ihre Überschiebungsflächen als Ganzes. Der überschiebungstektonisch bedingte Zuschnitt der Festgesteine entlang der jeweiligen Deckenbasis greift somit unterschiedlich in die Sedimentgesteinsabfolge ein, sodass an der Basis der einzelnen Decken abschnittsweise permisch-untertriadische Gesteine (z. B. Haselgebirge, Steinsalz, alpiner Buntsandstein) erhalten sind, teilweise die tektonische „Amputation“ der Sedimentgesteine aber sogar bis weit in die Obertrias (Hauptdolomit) eingreift. Prinzipiell gilt das Gleiche für die Gesteine der Decken unterhalb der Überschiebungsstörungen. Auch hier hat die „Amputation“ des Schichtstapels unterschiedlich in die

Faltenstrukturen eingegriffen, sodass sich unter den Überschiebungsbahnen Gesteine aus dem Bereich Jura-Kreide bis in die Untertrias finden. Nicht selten grenzen so gleichnamige Gesteinsserien zweier Decken tektonisch aneinander, vor allem Wettersteinkalk an Wettersteinkalk, Nordalpine Raibler Schichten an Nordalpine Raibler Schichten und Hauptdolomit an Hauptdolomit. Hydrogeologisch unterscheiden sich derartige tektonisch aneinandergrenzende „gleiche Gesteinsabfolgen“ durch unterschiedlich intensive Durchtrennungs- bzw. Zerlegungsgrade, wobei häufiger das überlagernde Gestein stärker zerlegt- bzw. durchtrennt ist. Jedenfalls bildet sich immer ein relativer Wasserstauer, auch wenn die karbonatischen Gesteine prinzipiell ja wasserdurchlässig sind.

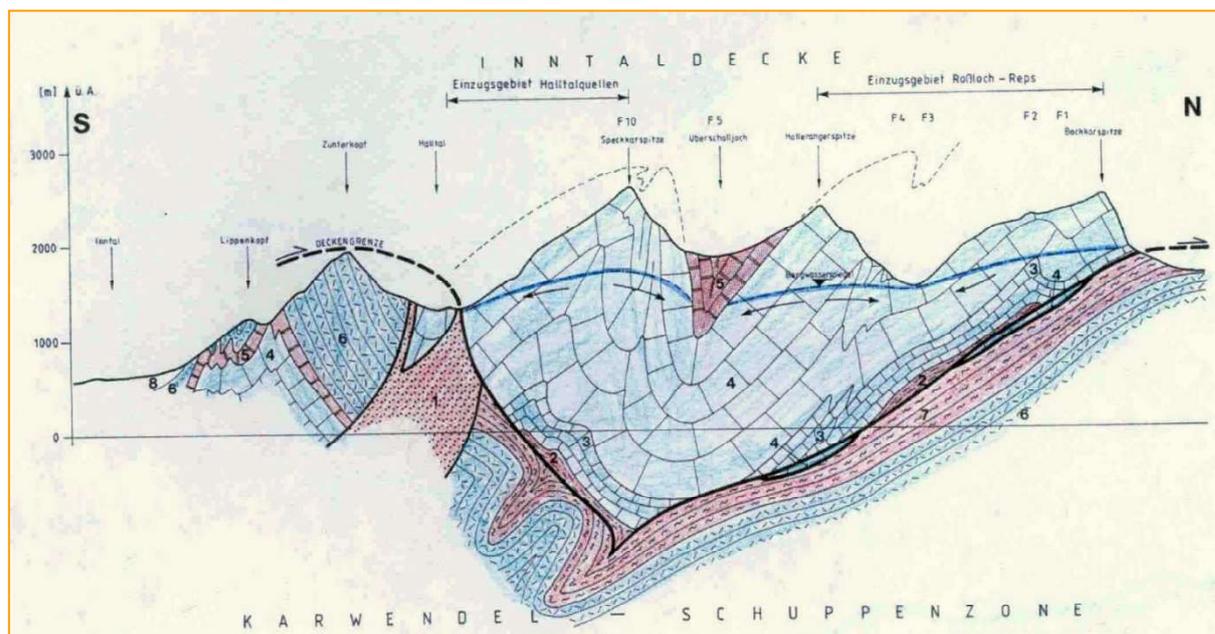


Abb.2. Struktur-geologisch-hydrogeologischer Schnitt durch das Karwendelgebirge: blau wasserdurchlässige Festgesteine, rot wasserstauende Festgesteine. Die Karwendel-Schuppenzone kann nach den neuen Erkenntnissen des Autors als Lechtaldecke bezeichnet werden.

- In erster Linie ist die Speicherung von Grundwasser in den Gesteinen der Nordtiroler Kalkalpen von den geologisch-lithologischen und den geologisch-struktur-geologischen Bedingungen abhängig und wird zudem begünstigt dadurch, dass die Kalkalpen – im Vergleich zum Rest Tirols – überwiegend hohe Niederschlagsraten aufweisen.
- Wichtig für eine Trinkwasserversorgung mit qualitativ und quantitativ hochwertigem Trinkwasser aus den kalkalpinen Gesteinen ist der Grad der Verkarstung. Dieser kann (sehr) gering sein, wie z. B. im Karwendel und im Mieminger Gebirge, er kann auch sehr ausgeprägt sein, wie z. B. im Kaisergebirge, Rofan, in Teilen der Lechtaler und Allgäuer Alpen. Bei geringer Verkarstung sind die Grundwasserbedingungen weitgehend mit denen in Kluffgrundwassergebieten vergleichbar, ansonsten handelt es sich natürlich um mehr oder weniger ausgeprägte Karstgrundwasserkörper mit den geologisch-hydrogeologischen „Gesetzmäßigkeiten“ „echter“ Karstgebiete. Die Grundwässer der schwach verkarsteten Gebiete sind – vor allem wenn sie aus großen Grundwasserkörpern stammen - von weitgehend gleichmäßigen Verhältnissen im Jahreslauf

gekennzeichnet: Die aus diesen Grundwasserkörpern austretenden Quellwässer sind charakterisiert durch relativ gleichmäßige Schüttungen, gleichmäßigen Temperaturverlauf und gleichmäßigen Chemismus. Dies ist vor allem bei Quellen mit hohen Schüttungswerten im Bereich von -zig bis hunderten l/s für Trinkwasserversorgungen besonders positiv. Diese Quellen sind auch dadurch gekennzeichnet, dass ihre Wässer durch hohe bis sehr hohe Verweilzeiten im Untergrund gekennzeichnet sind. Wir sprechen hier von mittleren Verweilzeiten in Jahren bis Jahrzehnten! Die schwach verkarsteten Gebiete der Nordtiroler Kalkalpen weisen zahlreiche derartige Großquellen – vor allem von der Heiterwand westlich von Nassereith bis Vomp auf (siehe auch Foto 1).



Foto 1: Karwendeltal: Hauptquelle des Quellhorizontes „Die Spritz“. Die Spritz mit Mindestschüttungen deutlich über 100 l/s ist eine von zahlreichen Großquellen des Karwendelgebirges, Mieminger Gebirges und der Heiterwand.

Insbesondere das Mieminger Gebirge und das Karwendel sind reich an derartigen Quellen. Die Ursache für die geringe Verkarstung in diesen Gebieten ist nicht bekannt. Womöglich liegen diese Bereiche in Gebieten, die erst seit geologisch kurzer Zeit an der Erdoberfläche liegen und bis dahin durch eine tektonisch höhere Decke [z. B. Krabachjochdecke(?)] vor den direkten Einflüssen der Witterung verschont geblieben sind. Die stark verkarsteten Gebiete weisen wesentlich ungünstigere und überwiegend echte Karstwasserverhältnisse auf: (sehr) kurze Verweilzeiten der Wässer im Untergrund (< 1 d bis wenige Wochen), starke Schüttungsschwankungen und Schwankungen von Temperatur und Chemismus in Abhängigkeit von (intensiven) Niederschlägen, ev. Trübungen des Wassers, teilweise Versiegen im Winter, ...). Quellen dieser Gebiete sind demgemäß schlecht oder gar nicht für eine sichere Trinkwasserversorgung geeignet.

- Der kalkalpine Deckenstapel gliedert sich von unten nach oben in die Allgäudecke, Lechtaldecke, Inntaldecke und Krabachjochdecke. Die Existenz letzterer Deckeneinheit ist nach Meinung des Autors aber nicht gesichert. Die ihr zugerechneten Deckschollenreste könnten eventuell auch der Inntaldecke zugeordnet werden. Die Grundzüge der kalkalpinen Deckentektonik müssen – nach den neuen Forschungsergebnissen der Landesgeologie, der auch der Autor angehört, umgeschrieben werden. Dies gilt insbesondere auch für die Verteilung der einzelnen Decken und ihre Umgrenzungen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass vor allem von der Heiterwand im Westen bis Vomp im Osten Dank der dort vorherrschenden schwachen Verkarstung und Dank der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse zumindest bisher die Voraussetzungen für eine krisensichere Trinkwasserversorgung gegeben sind. Die stark verkarsteten Gebiete sind diesbezüglich wesentlich ungünstiger einzustufen.

Gebiete außerhalb der Nordtiroler Kalkalpen (und der Lienzer Dolomiten)

Es handelt sich um teils ausgedehnte Gebiete der metamorphen und magmatischen Gesteine, wobei der Metamorphosegrad unterschiedlich ist.

Abgesehen von einzelnen geologischen Einheiten, die von teils starker Verkarstung geprägt sind (Bündner Schiefer, Karbonatgesteine des Tarntaler Mesozoikums, Karbonate des Brenner Mesozoikums, Schwazer Dolomit/Spielbergdolomit, ...), können die anderen Gesteine als Kluftgrundwasseraquifere angesehen werden, wobei der meist eher schwache Durchtrennungs- und Zerlegungsgrad dieser Gesteine in der Regel keine wirklich günstigen Verhältnisse für Quellen zur Versorgung mit Trinkwasser zulässt. So sind die Quellschüttungen meist gering, schwanken vielfach stark und weil die Einzugsgebiete oberflächennahe sind, weisen die Quellen eine teils hohe Vulnerabilität auf.

Quellen aus Lockergesteinsaquiferen der Gebirge

Hierfür sind die Karschuttareale und Hangschuttgebiete zu nennen. Mit Einschränkungen von positivem Einfluss als Lockergesteinsaquifer sind die kalkalpinen Kare zu nennen, die teils mächtige Schuttfüllungen aufweisen, durch die zwar ein rasches Eindringen von Niederschlagswasser begünstigt wird, das aber oft in der Folge gut in die verkarstungsfähigen Karbonatgesteine eindringen und so die Grundwasserkörper (=Bergwasserkörper) gut mit Nachschub versorgen kann. Ansonsten weisen die kiesig-steinig-blockigen Lockergesteine der Berghänge und der Kare in den Hochgebirgen auf Grund ihrer meist geringen Mächtigkeit und bedeutenden Porenräume eher ungünstige bis sehr ungünstige Eigenschaften für Grundwasser zur Versorgung der Bevölkerung mit sicherem Trinkwasser auf.

Porengrundwasserkörper der Tiroler Täler

Die meisten Seitentäler des Inntales weisen auf Grund ihrer eiszeitlichen und nacheiszeitlichen geologischen Entwicklung sehr heterogene Talfüllungen auf, sodass sich nur bedingt größere Porengrundwasserbereiche bilden konnten. Dies gilt auch für das Inntal selbst. Die Folge sind – vereinfacht gesagt - wechselnde Grundwassermächtigkeiten und teils relativ hohe Grundwassergeschwindigkeiten. Generell ist festzustellen, dass es in unseren Tälern vielfach nicht (mehr) möglich ist, zumindest so genannte 60 Tage Grenzen sinnvoll auszuweisen.

Vulnerabilität der Grundwässer durch ungünstige geologische Verhältnisse, intensive Nutzung, Nutzungskonflikte und klimatische Entwicklungen

Die vielfach eher ungünstigen geologischen und geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse in Tirol wurden vorstehend ausführlich erklärt.

Die überwiegend in den Tälern konzentrierte Bevölkerung und die dortigen agrarischen und industriellen Infrastrukturen, bzw. die Verkehrsinfrastrukturen bringen ein relativ hohes Gefährdungspotential durch den Eintrag von Schadstoffen, aber auch durch „Übernutzung“ mit sich. So ist z. B. der Grundwasserkörper im Bereich von Innsbruck längst an der Leistungsfähigkeit seiner Nutzbarkeit angelangt. Insbesondere ist auch die thermische Nutzung für Kühl- und Heizzwecke in diesem Zusammenhang zu nennen.

Niederschlagsarme Jahreszeiten oder niederschlagsarme Jahre führen in Verbindung mit der „Übernutzung“ der Talgrundwässer dazu, dass die Grundwasserspiegel mehr und mehr historische Tiefstände erreichen. Beispiel hierfür ist der Lienzer Talboden, wo der Talgrundwasserspiegel 2017 so nieder wie noch nie zuvor seit Beginn der Messungen war.

In den höheren Bereichen der Einhänge der Täler und in den Alm- und Hochgebirgsregionen wirkt sich die intensive Nutzung des Lebens- und Freizeitraumes negativ aus. Zahlreiche Nutzungskonflikte tragen zur Vulnerabilität vieler Quellen und Trinkwasserversorgungen bei. Weil Almen dort betrieben werden, wo tonig-siltige Gesteine – und damit wasserstauende, aber auch fruchtbare Gesteine - vorkommen, aber weil dort auch Quellen wegen dem zumeist vorhandenen Wechsel von wasserstauenden zu wasserdurchlässigen Gesteinen entspringen, sind diese Quellen oft durch die intensive Almwirtschaft (Beweidung) gefährdet (siehe auch Foto 2). Zudem ist die touristische Nutzung unserer Gebirgslandschaft nicht mehr nur im Winter, sondern seit Jahren vor allem auch im Sommer mehr und mehr gegeben.



Foto 2: *Widerspruch: Im Winter wird künstlicher Schnee mit Trink- bzw. Badewassereigenschaften auf die Schipisten aufgebracht, im Sommer weiden dort die Kühe, weil das Gras dort so hochwertig ist.*

Es ergibt sich somit ein Zwiespalt zwischen der rasch steigenden Notwendigkeit einer Versorgung der Menschen mit gutem Trinkwasser und dem immer größer werdenden Gefährdungspotential, von dem die dortigen Grund- und Quellwässer durch die zunehmend intensive touristische Nutzung des alpinen Raumes betroffen sind.

Anzufügen ist, dass zumindest in Tirol die Beschneidung von Schipisten, die immer wieder als Negativbeispiel genannt wird, so lange kein wirkliches Problem darstellt, so lange dafür Wasser in Trinkwasser- bzw. Badewasserqualität verwendet wird und dieses aus dem direkt aus dem mit den Pisten identischen Einzugsgebiet stammt. So bleibt dieses Wasser dem lokalen Wasserkreislauf erhalten. Ob und wenn ja welcher Art die intensive touristische Nutzung des alpinen Raumes sich durch viele tausend Menschen täglich (Wanderer, Biker aller Art, Kletterer, Schitourengeher, Jagd, ...) negativ auswirkt, kann nur vermutet werden und ist möglicher Weise noch nicht ausreichend untersucht. Es ist mit Sicherheit wesentlich zu eng gegriffen, lediglich die Schigebietsbetreiber stets als „des Übels Kern“ zu nennen. Der Nutzungskonflikt ist auch hinsichtlich des sich rasant ausbreitenden Siedlungsdruckes (Entstehen neuer Siedlungen) gegeben, der raumordnerisch vielfach ein höherwertiges Interesse darzustellen scheint, als der Schutz der für Trinkwasserzwecke geeigneten Grund- und Quellwässer. Dabei wäre es logisch, dass eine stark wachsende und vom Wohlstand geprägte Gesellschaft auch mehr Trinkwasser in einwandfreier Qualität und Quantität benötigt.

Der zu erwartende Klimawandel – eine Herausforderung für die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser

Der zu erwartende bzw. der von den meisten Experten erwartete Klimawandel wird von vielen sich damit befassenden Institutionen meist nur dahingehend gesehen, dass Strategien zu entwickeln wären, die die klimatischen Änderungen (möglicher Weise) einbremsen (helfen) können.

Betreffend die Versorgung der Menschen in Tirol mit ausreichendem und geeignetem Trinkwasser fehlt das Bewusstsein der Notwendigkeit von Anpassungsstrategien noch weitgehend, nicht zuletzt, weil bisher ja meistens „alles gut gegangen ist“.

Was ist aus fachlicher geologisch-hydrogeologischer Sicht notwendig, um die Trinkwasserversorgung Tirols „klimafit“ zu machen?

- ✓ Das Verständnis für die Schutznotwendigkeit des Schutzgutes Wasser muss wesentlich mehr in der Raumordnung und bei den Menschen „verankert“ werden.
- ✓ Die Unterschützstellung von Quellen und Grundwasserkörpern mit effektiven Schutz- und/oder Schongebietszonen muss in Angriff genommen und in der Folge vorangetrieben werden. Außer den großen – vorwiegend die Kalkalpen betreffenden – Wasserschongebietsverordnung, die durch Verordnungen des Landeshauptmannes auf fachlicher Basis des Autors in den 1990er Jahren entstanden sind, gibt es in Tirol fast keine, dem Stand des Wissens entsprechende Schutz- oder Schongebietsausweisung für Quellen und Grundwässer. Hier liegt Tirol weit hinter der Entwicklung anderer Bundesländer. Nicht zuletzt dadurch hat sich in Tirol auch keine besonders ausgeprägte

fachliche geologisch-hydrogeologische „Kultur“ herausgebildet, um Trinkwasserschutz und Erschließung von Trinkwasser aufbauend auf geologischen Erkenntnissen voranzutreiben. Dies zeigt sich unter anderem auch daran, dass manche Erschließung von Grundwässern und Quellen auf Basis von Wüschelrutengängern immer noch vorkommt. Grund und Quellwasserschutz zieht außerdem – wie bereits vorstehend erwähnt – fast immer den Kürzeren, wenn es darum geht, andere Interessen wie die Ausweitung von Siedlungen oder Gewerbegebieten durchzusetzen. Dabei muss uns bewusst sein und bewusst werden, dass Quellen und Grundwässer nachweislich jetzt schon auf die sich ändernden klimatischen Verhältnisse reagieren und dies auch in Zukunft tun werden. So kommt es immer häufiger zu Trübungseinbrüchen bei Quellen infolge kurzzeitiger Intensivregenfälle, vielfach verbunden mit bakteriologischer Belastung. Auch mehren sich die Fälle von Beeinträchtigung oder gar Zerstörung von Quellwasserfassungen durch Muren, Felsstürze, Lawinen, Hochwässer und andere Naturereignisse (siehe auch Foto 3).



Foto 3: Verschüttung einer Trinkwasserfassung durch den Alpl-Felssturz 2011
im Gemeindegebiet von Wildermieming.

Nicht zuletzt wirken sich jetzt schon – auch in Nord- und Osttirol – Trockenperioden negativ aus. Durch sie entstehen nicht nur im Lockergestein, sondern auch in den Festgesteinen Trockenrisse, die den Oberflächeneinflüssen den Zutritt zu den Quell- und Grundwässern deutlich erleichtern. Trockenperioden, wie sie z. B. 2003, aber auch in den letzten Jahren stattgefunden haben, führen zum Absinken der Grundwasserspiegel und damit auch zum Rückgang der Quellschüttungen. Wie schon die Folgejahre nach 2003 gezeigt haben, sind dadurch sogar die hochwertigen Großquellen der schwach verkarsteten kalkalpinen Gebiete dermaßen betroffen, dass sie selbst bei günstigen klimatischen Bedingungen in den Folgejahren mehrere Jahre benötigen, um sich „zu erholen“.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass derzeit bereits eine Entwicklung im Gange ist, die sogar die „Unverwundbarkeit“ der kalkalpinen Großquellen infrage stellt. Umso mehr müssen die Grund- und Trinkwasservorkommen mit heutigen modernen Methoden nach dem Vorbild der Großquellenhydrogeologieprojekte der Landesgeologie in den 1990er Jahren neu aufgenommen werden. Diese geologisch-hydrogeologischen Untersuchungen müssen die Vulnerabilität der Grund- und Quellwässer im neuen Licht der möglichen und zu erwartenden Klimaänderungen zum Ziel haben. Die Erkenntnisse dieser Untersuchungen müssten anschließend vor allem in die Raumordnung und Bauordnung einfließen (Ausweisung von effektiven Wasserschutz- und Wasserschongebieten, Forcierung von Bauweisen mit weniger Kühlbedarf im Sommer und weniger Heizbedarf im Winter, Auch moderne Quellfassungsprojekte – ähnlich wie die Stollenfassungen der Mühlauer Quellen der Stadt Innsbruck (fertiggestellt 1953[!]) oder des Bettelwurfstollens der Gemeinden Hall und Absam (siehe Foto 4) müssen nicht nur angedacht, sondern auch realisiert werden.



Foto 4: Moderne Stollenfassung der Bergwässer aus dem Bettelwurfmassiv (Karwendel) der Gemeinden Hall in Tirol und Absam

Die Notwendigkeit unsere Wasserversorgungen fit für den Klimawandel zu machen ergibt sich nicht zuletzt auch durch die fachlich vom Autor vertretene – und fachlich wohl berechnete Annahme, dass der Gebirgsbau der Nordtiroler Kalkalpen unter Berücksichtigung der neuen Erkenntnisse des Autors und der Tiroler Landesgeologie wesentlich andere sind, als bisher angenommen. Daraus ergibt sich unter anderem, dass auch für die schwach verkarsteten kalkalpinen Zonen Tirols – so wie beim Rest der Tiroler Kalkalpen auch – der jeweilige Tiefgang der kalkalpinen Decken deutlich geringer ist. Das wirkt sich natürlich auf die Grundwassereigenschaften des gesamten kalkalpinen Raumes aus und bedeutet schlicht und einfach, dass die kalkalpinen Grundwasservorkommen, die in Zukunft das Rückgrat einer sicheren Trinkwasserversorgung übernehmen werden müssen, geringer sind, als bisher gedacht. Daraus ist abzuleiten, dass die Vulnerabilität dieses „Rückgrates“ – auch ohne und erst Recht in Verbindung mit Klimaänderungen - offensichtlich größer ist, als bisher angenommen wurde.