Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 97 (2005)

Heft: 7-8

Artikel: Wasserressourcen der Schweiz : zur Publikation der 7. Lieferung des "Hydrologischen Atlasses der Schweiz"

Autor: Hauser, Felix / Spreafico, Manfred / Weingartner, Rolf

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941754

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Wasserressourcen der Schweiz – zur Publikation der 7. Lieferung des «Hydrologischen Atlasses der Schweiz»

■ *Felix Hauser, Manfred Spreafico, Daniel Viviroli, Rolf Weingartner*

1. Einleitung

Im Spätherbst 2004 ist die 7. Lieferung des «Hydrologischen Atlasses der Schweiz» (HADES) erschienen. Das Kartenwerk umfasst damit genau 50 Tafeln, welche einen thematisch breiten und räumlich detaillierten Einblick in die hydrologischen Verhältnisse der Schweiz vermitteln.

Bei der 7. HADES-Lieferung stehen zwei Aspekte im Mittelpunkt, die mit zwei bzw. mit drei Tafeln genauer betrachtet werden:

- *Wasserreserven der Schweiz:* Nach Schädler (1985) sind in der Schweiz insgesamt 344 km^3 Wasser gespeichert; dies entspricht einer über der Schweiz verteilten Wassersäule von rund 8300 mm Höhe. Die «stille Reserve», die nicht unmittelbar am Wasserkreislauf beteiligt ist, beträgt somit mehr als fünf mittlere Jahresniederschläge! Davon sind rund zwei Drittel (235 km^3) in den natürlichen Seen gespeichert. Im Gegensatz dazu ist die in den künstlichen Seen gespeicherte Wassermenge mit 4 km^3 oder 1% der gesamten Reserve verschwindend klein. Auch die in den Gletschern und im Grundwasser gelagerten Wassermengen erreichen beide eine kleinere Grössenordnung, nämlich je rund 50 bis 55 km^3. Sie haben somit einen Anteil von je 15% an der gesamten Reserve. Diese beiden wichtigen Speicherelemente werden in der 7. Lieferung umfassend beschrieben (vgl. Kap. 2.1 und 2.2). Sie sind deshalb so wichtig, weil sie einen direkten Bezug zur Gesellschaft haben – rund 80% des Trinkwassers in der Schweiz stammen aus dem Grundwasser – oder, wie im Falle der Gletscher, weil diese sehr klimasensitiv reagieren und im alpinen Bereich das Abflussverhalten entscheidend mitprägen.
- *Fliessgewässer:* Die Bedeutung der Schweiz als Wasserschloss ist schon seit langem bekannt. In einer neuen Tafel des HADES wird nun erstmals versucht, diese Funktion auch quantitativ zu erfassen (vgl. Kap. 2.3). Während die grossen Abflussmengen im Alpenraum naturgegeben sind, können wir den qualitativen Zustand der Fliessgewässer im negativen wie positiven Sinn beeinflussen. Zur Massnahmenplanung in diesem Bereich bedarf es eines umfassenden Messnetzes, das über den Zustand der Fliessgewässer Auskunft gibt. Die neue Tafel 7.1[2], vorgestellt in Kapitel 2.3, belegt eindrücklich, dass die Schweiz über relativ dichte Messnetze verfügt. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Messungen werden im HADES in Tafel 7.6 kartiert, sodass wir einen aufschlussreichen Einblick in die Entwicklung der Wasserqualität seit 1976 erhalten.

Mit den im Folgenden vorgestellten Tafeln werden somit bestehende thematische Lücken im HADES geschlossen.

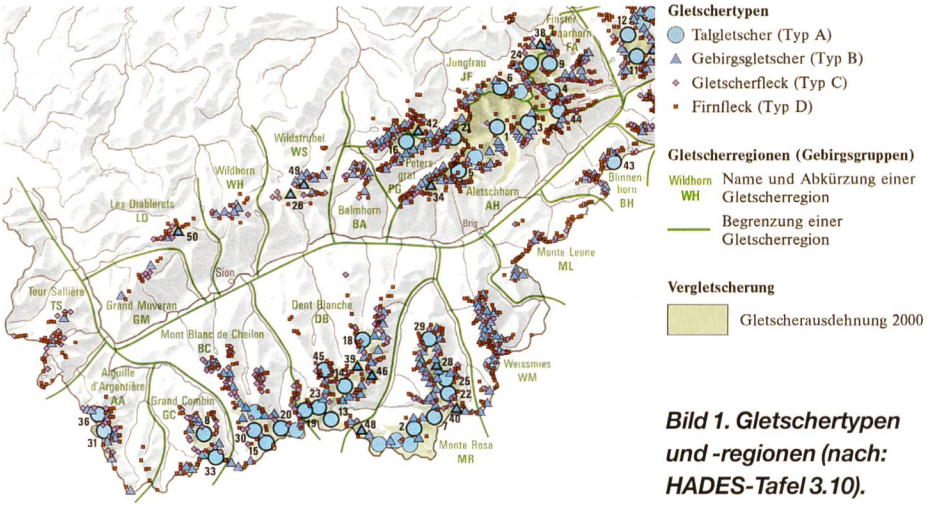

Bild 1. Gletschertypen und -regionen (nach: HADES-Tafel 3.10).

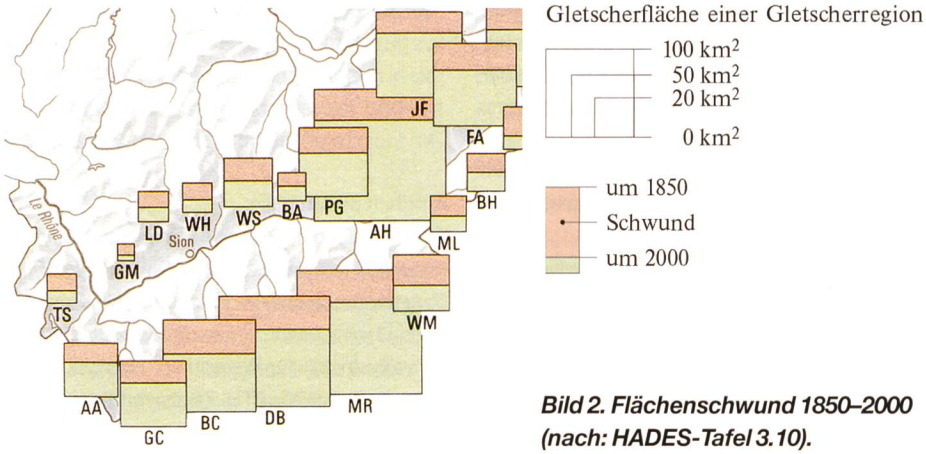

Bild 2. Flächenschwund 1850–2000 (nach: HADES-Tafel 3.10).

2. Inventarisierung und Beobachtung der quantitativen und qualitativen Veränderungen von Wasserressourcen

2.1 Gletscherschwankungen

Die Tafel 3.10 «Kenngrössen der Gletscher und ihre Veränderungen 1850–2000» liefert Antworten auf die Frage nach dem Ausmass der Gletscherschwankungen bzw. des allgemein feststellbaren Rückgangs der alpinen Eismassen. Natürlich sind Gletscher nicht nur aus dem Blickwinkel der Ressourcenbewirtschaftung zu betrachten – sie sind auch verlässliche Klimazeiger, Klimaarchive sowie Landschaftselemente ersten Ranges (vgl. Holzhauser und Zumbühl, 1999, sowie Maisch et al., 2000). Dennoch sind quantitative Aussagen zu den Veränderungen von Fläche, Länge und Volumen der Gletscher in den Alpen von grosser Bedeutung – gerade in langfristiger Hinsicht. Als kurz- und langfristige Wasserspeicher sind die Gletscher eine wichtige Grösse im alpinen Wasserhaushalt. Maisch, Paul und Kääb (2004) zeigen in der Tafel 3.10 die verschiedenen quantitativen

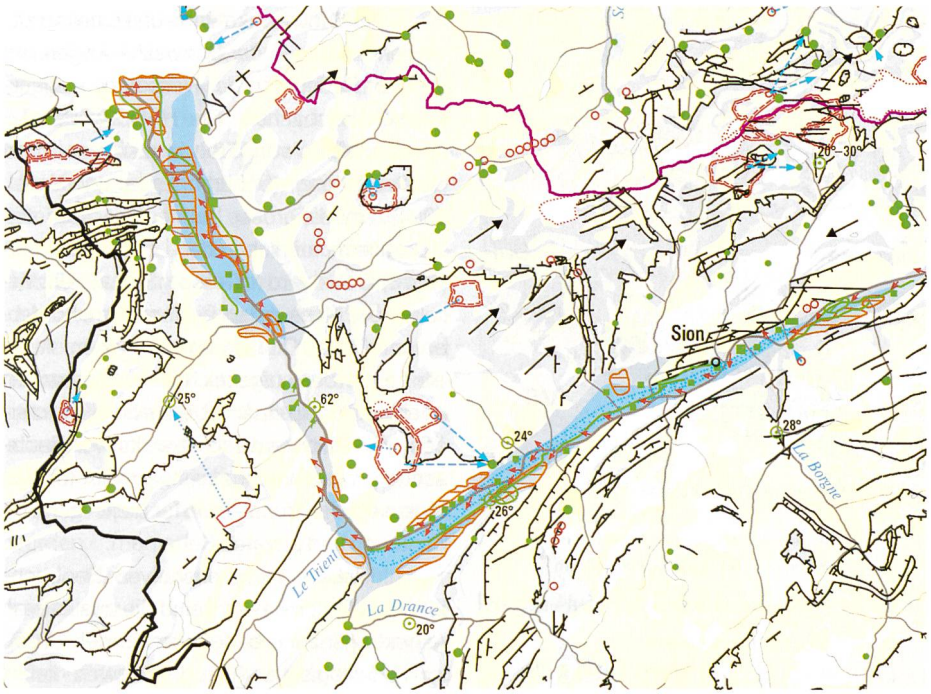

Bild 3. Karte der Grundwasservorkommen (nach: HADES-Tafel 8.6).

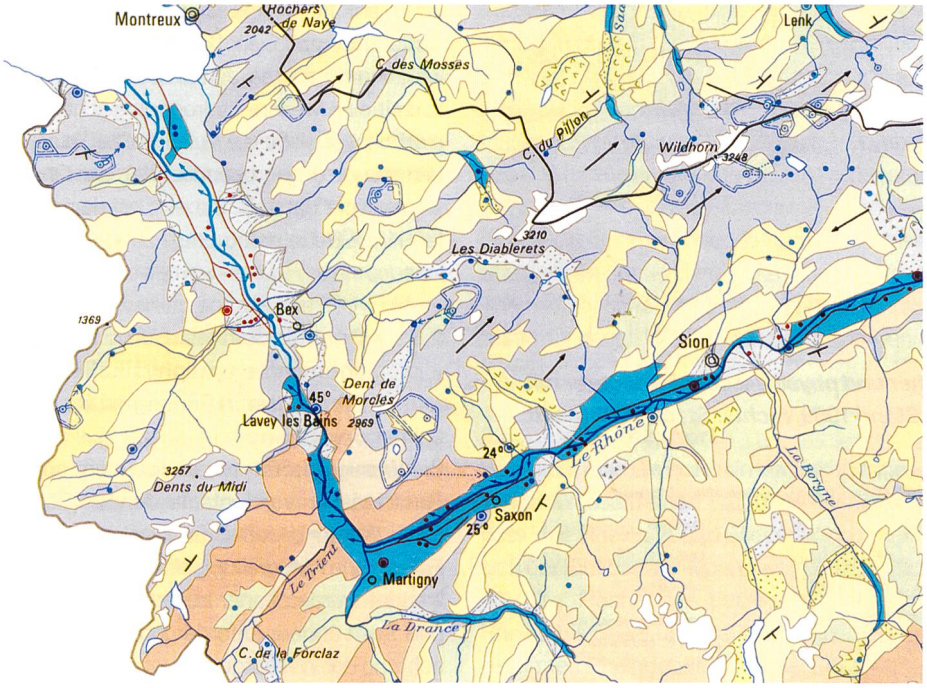

Bild 4. Hydrogeologische Karte der Schweiz (Jäckli und Kempf, 1967).

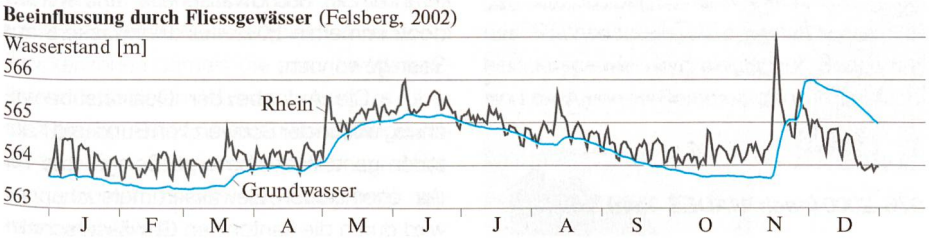

Bild 5. Beeinflussung des Grundwasserstandes durch Fliessgewässer (nach: HADES-Tafel 8.5).

Aspekte der Gletscherschwankungen sowie damit zusammenhängender Phänomene über den Zeitraum seit 1850. Die Auswertungen basieren einerseits auf den zum Teil rekonstruierten Gletscherinventaren von 1850 und 1973 sowie andererseits auf dem mittels einer neuen, satellitengestützten Methodik realisierten Inventar 2000 (Paul, 2004). Laut dieser Grundlagen sind gegenwärtig in den Schweizer Alpen noch rund 2000 Gletscher identifizierbar, die verschiedenen Typen zugeordnet werden können (Bild 1).

1850 bedeckten die Gletscher noch eine Fläche von 1800 km^2. Bis ins Jahr 1973 blieben davon noch rund 1300 km^2 übrig; bis zum Jahr 2000 schmolzen noch einmal rund 250 km^2 ab. Heute sind damit noch rund 2,5% der Landesfläche vergletschert. Diese gesamtschweizerischen Zahlen müssen jedoch regional stark differenziert werden (Bild 2): Die grössten prozentualen Verluste zeigen Regionen mit kleinen Ausgangsdimensionen der Vergletscherung, z.B. Grand Muveran (GM), Monte Leone (ML), wohingegen stärker vereiste Gebiete wie Aletschhorn (AH) oder Monte Rosa (MR) relativ kleinere Verluste ausweisen (Bild 2).

Das Eisvolumen ist von 110 km^3 im Jahr 1850 auf geschätzte 50–60 km^3 im Jahr 2000 zurückgegangen. Allein im Gebiet des Grossen Aletschgletschers haben sich seit 1850 die Eisvorräte um rund 4 km^3 vermindert. Oder anders gesagt: Zusätzlich zum Abfluss aus Niederschlag standen im Durchschnitt Jahr für Jahr rund 26 700 m^3 Wasser aus der Gletscherschmelze zur Verfügung. Dies entspricht etwa dem doppelten Inhalt des Neuenburgersees.

2.2 Grundwasser, die wichtigste Wasserressource der Schweiz

Im Gegensatz zum Gletschereis ist die Ressource Grundwasser weitgehend unsichtbar. Ihre Bedeutung ist aber – wie bereits in der Einleitung erwähnt – ungleich grösser, stammen doch 80% des Trinkwassers in der Schweiz aus den verschiedenen Typen der Grundwasserleiter. 2004 konnte nun – nach langen Vorarbeiten – mit der Tafel 8.6 die neu überarbeitete Karte der Grundwasservorkommen veröffentlicht werden (Bild 3, Bitterli et al., 2004).

Sie ersetzt das seit den 1960er-Jahren in Gebrauch stehende Blatt des «Atlas der Schweiz» (Bild 4). Die Grundlagen der Karte wurden völlig neu erhoben. Sie ist Teil des BWG-Projektes «GeoKarten 500», das neben der Hydrogeologie auch die Neubearbeitung von Geologie und Tektonik auf der Grundlage eines Geoinformationssystems umfasst (http://www.bwg.admin.ch/themen/geologie/d/geo500.htm). Die neue Karte zeichnet sich durch einen grossen Detailreichtum aus. Trotzdem bleibt sie klar lesbar, verlangt aber eine genaue Auseinandersetzung mit dem Thema.

Die ergiebigsten Grundwasservorkommen weisen die ausgedehnten Flusstäler mit ihren mächtigen Schottern auf. Diese grobkörnigen, porösen Lockergesteine bilden – mit einem Anteil von nur rund 6% an der Fläche der Schweiz – den wichtigsten Trink-

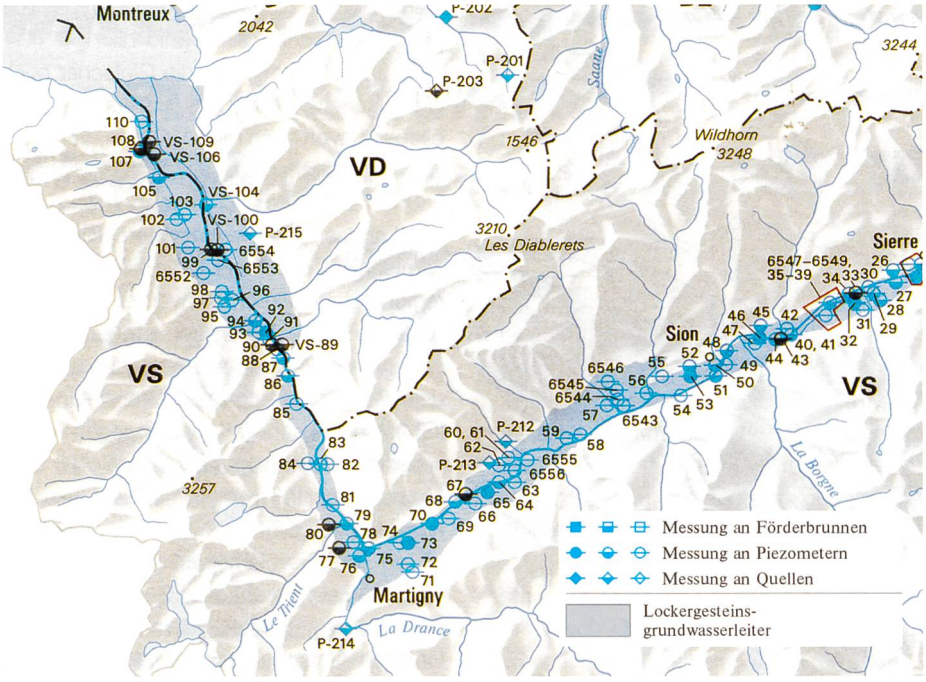

Bild 6. Karte der Grundwassermessstellen (nach: HADES-Tafel 8.5).

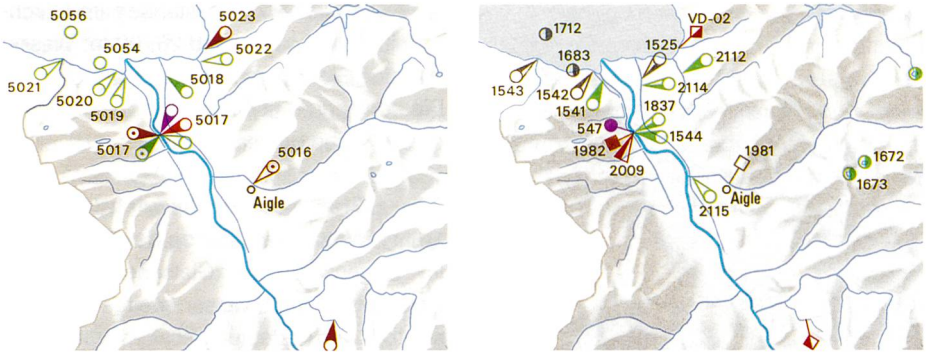

Bild 7. Messnetze zur Beobachtung chemischer und physikalischer Parameter mit verschiedenen Typen von Messstellen; links: Stand 1989, rechts: Stand 2002 (nach: HADES-Tafeln 7.1 und 7.12).

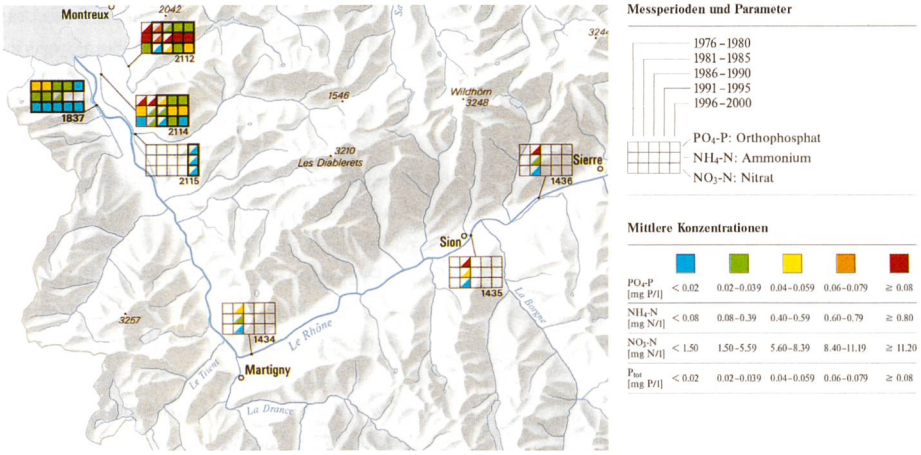

Bild 8. Veränderung chemischer Parameter 1976–2000 (nach: HADES-Tafel 7.6).

wasserspeicher. Sie werden fast ausnahmslos durch Flussinfiltrationen gespeist, stehen also in einer engen Interaktion mit dem Fliessgewässer (Bild 5).

Die Festgesteine sind als Grundwasserressource weniger bedeutend, doch lokal können sie eine grosse Wichtigkeit erlangen. Die Karsthochflächen beispielsweise sind generell von Wasserarmut geprägt, sodass diesen lokalen Vorkommen eine grosse Bedeutung zukommt. Im Karst zirkuliert das Grundwasser meist rasch in einem System von Röhren, Höhlen und Spalten, die durch die Lösungsvorgänge im Gestein entstanden sind. Diese Grundwassersysteme sind entsprechend anfällig für Verschmutzungen aller Art.

Grundwasserstände und Quellschüttungen werden in der Schweiz – wegen der grossen Bedeutung der Ressource – systematisch beobachtet. Die HADES-Tafel 8.5 «Beobachtung von Grundwasserstand und Quellschüttung» (Schürch, Egger und Kozel, 2004) zeigt die grosse Dichte der Messnetze – vor allem natürlich in den Lockergesteinen (Bild 6). Dabei wird mittels der Signaturen zwischen der Messung an Piezometern, Förderbrunnen oder Quellen unterschieden. Auch die Länge der aufgezeichneten Messreihen ist ersichtlich. In einer Tabelle sind alle wichtigen Informationen dieser quantitativen Beobachtung zusammengefasst, sowohl für das Messnetz des Bundes wie für diejenigen von Kantonen und privaten Betreibern.

Neben der quantitativen Beobachtung des Grundwassers sind die qualitativen Aspekte genauso bedeutsam (Tripet, 2005). Im «Hydrologischen Atlas der Schweiz» liefert die Tafel 7.5 «Typische Grundwasserverschmutzungen» (Dupasquier und Parriaux, 2002) anhand von Fallbeispielen dazu relevante Informationen. Im Rahmen des erwähnten Projektes «GeoKarten 500» wird zurzeit eine weitere hydrogeologische Karte erarbeitet, welche die Vulnerabilität, also die Verschmutzungsempfindlichkeit der Grundwasserleiter darstellt. Sie wird mit der nächsten HADES-Lieferung Ende 2006 veröffentlicht.

2.3 Qualität der Ressource sichern: chemische und physikalische Parameter in Fliessgewässern und Seen

Die Wasserqualität ist natürlich nicht nur bei Grundwasser von entscheidender Bedeutung. Während das Grundwasser in vielen Fällen ohne Aufbereitung als Trinkwasser verwendet werden kann, bestehen an Flüssen und Seen andere Anforderungen. Die Beobachtung der Wasserqualität ist aber auch hier unerlässlich, sind doch die Oberflächengewässer in vielen Fällen die direkten Wasserlieferanten der Grundwasserleiter und werden doch immerhin 20% des Trinkwassers aus Seen gewonnen.

Die Aufgabe der Qualitätsüberwachung wird in der Schweiz von Bund und Kantonen gemeinsam besorgt. Der grösste Teil der chemischen Gewässeruntersuchungen wird durch die kantonalen Gewässerschutzfachstellen ausgeführt; der Bund überwacht Fliessgewässer im Rahmen des NADUF-Programms (Jakob und Lukes, 2005). Angesichts der vielen Veränderungen bei den betroffenen Messnetzen lag es nahe, die Tafel 7.1 des «Hydrologischen Atlasses der Schweiz» neu zu bearbeiten. Bild 7 illustriert an einem kleinen Ausschnitt, welche Verän-

derungen die Messnetze erfahren haben. Die neue Tafel «Messnetze zur Bestimmung chemischer und physikalischer Parameter in Fliessgewässern und Seen» (Jakob, Geissel und Leuenberger, 2004) beinhaltet wie die alte die Messnetze der chemischen Parameter, der Temperatur, von Geschiebe und Schwebstoffen sowie der Radionuklide. Zusätzlich wurden gegenüber der alten Tafel, die den Stand der Messnetze um 1989 dokumentierte, Angaben zu Beginn und Dauer der Messreihen der erhobenen Parameter integriert. Seit der ersten Auflage erfuhren vor allem die kantonalen Messnetze eine erhebliche Erweiterung. Auf der anderen Seite sind auch zahlreiche Messstationen aufgehoben worden.

Diese langjährigen Beobachtungen lassen sich für Analysen gezielt nutzen. Die Tafel 7.6 «Veränderung ausgewählter chemischer Parameter in Fliessgewässern und Seen 1976–2000» (Jakob und Liechti, 2004) zeigt in Raum und Zeit eine Auswertung derjenigen Parameter, die als Indikatoren für die zivilisatorische Belastung eines Gewässers gelten: Orthophosphat, Ammonium und Nitrat (Bild 8).

Die Beurteilung des Gewässerzustandes wurde entsprechend den Vorgaben des so genannten Modul-Stufen-Konzeptes mit fünf Klassen vorgenommen (BUWAL, 1998); die Daten wurden jeweils für Fünfjahresperioden ausgewertet, sodass die Entwicklung des Gewässerzustandes an ausgewählten Messstellen im günstigsten Fall über eine Zeitperiode von 25 Jahren verfolgt werden kann. Nicht überall sind die Daten lückenlos. Die Karte im Massstab 1:500 000 gibt jedoch einen guten Überblick über die Entwicklung des Zustandes der Gewässer in der Schweiz und macht die im qualitativen Gewässerschutz unternommenen grossen Anstrengungen sichtbar.

3. Hydrologische Bedeutung der Gebirge

Die Gebirge der Erde werden zu Recht als «Wasserschlösser» bezeichnet. So sind sie in Trockenzonen oftmals die einzigen Wasserlieferanten, deren Wasserüberschuss über die Ströme in die trockenen Vorländer transportiert und dort hauptsächlich zur Nahrungsmittelproduktion (Bewässerung) genutzt wird (Bild 9).

Aber selbst in humiden Regionen, also in Gebieten mit grossen Niederschlagsmengen, werden die grossen Flusssysteme massgeblich vom hydrologischen Geschehen im Gebirge beeinflusst, wie das Beispiel der europäischen Alpen veranschaulicht. Letztere bilden für die häufig von Nordwesten oder Südwesten anströmenden Luftmassen

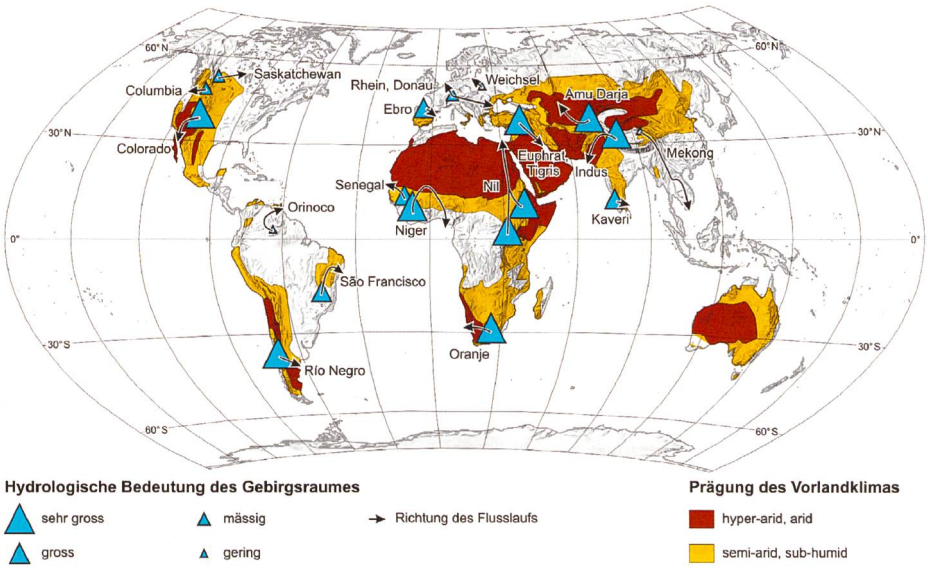

Bild 9. Hydrologische Bedeutung der Gebirge (nach: Viviroli und Weingartner, 2002).

ein markantes Hindernis. Es kommt zu einer Niederschlag bildenden Hebung und Abkühlung der Luft. Dieser Hebungsbereich zeichnet sich durch deutlich höhere Niederschlagsmengen aus. Im Gebirgsland Schweiz sind deshalb die Niederschläge mit einem Mittelwert von rund 1500 mm pro Jahr fast doppelt so hoch wie im restlichen Europa! Von den 1500 mm/a Niederschlag verdunstet etwa ein Drittel, die restlichen zwei Drittel verlassen die Schweiz über die grossen Flüsse und fliessen den Tiefländern zu. Genau diese Thematik des Wasserexports steht im Mittelpunkt der neuen HADES-Tafel 6.4 (Viviroli und Weingartner, 2004).

3.1 Wasserexport

Vergleicht man die im Rhein bei Basel abfliessende Wassermenge mit dem Gesamtabfluss des Rheins in den Niederlanden, zeigt sich der Einfluss der Alpen sehr deutlich (Bild 10). Die Fläche des Einzugsgebietes des Rheins bis Basel umfasst lediglich 21% des gesamten Rheingebietes. Dieser Flächenanteil trägt aber im Jahresmittel 47% zum Gesamtabfluss bei. Die Gebirgsregionen erzeugen also doppelt soviel Wasser, als aufgrund des Flächenanteils zu erwarten wäre. Von herausragender hydrologischer Bedeutung sind die Alpen im Sommer, wenn in Deutschland, Frankreich und Holland wegen hoher Verdunstung nur ein geringer Anteil des Niederschlags zum Abfluss gelangt. In dieser Periode stammen über 60% des Wassers aus dem Alpenraum! Diese hohen Gebirgsabflüsse entstehen in regelmässigem Jahreszyklus von winterlicher Speicherung einerseits und der Schmelze von Schnee und Eis im Frühling und im Sommer andererseits. Sie wirken stark ausgleichend auf den Abflussgang des Rheins. Aber auch bei der Rhone (Abflussbeitrag der Alpen 41% bei einem Flächenanteil von 23%) und beim Po (53%, 35%) kann man Ähnliches beobachten.

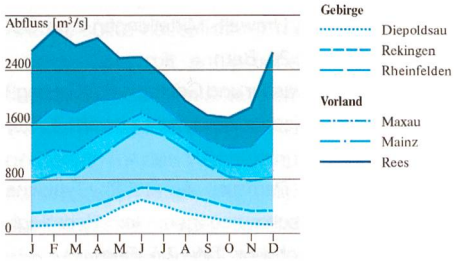

Bild 10. Bedeutung der Abflüsse alpinen Ursprungs für die Abflussverhältnisse des Rheins (nach: HADES-Tafel 6.4).

3.2 Wasserreichtum dank der Alpen

Ohne die Gebirgszuflüsse würden die jährlich pro Kopf verfügbaren Wassermengen in Deutschland von 2170 m^3 auf 1305 m^3 fallen, in den Niederlanden sogar von 5760 m^3 auf 695 m^3 – Werte, bei denen bereits mit Einschränkungen bzw. einer Knappheit im Wasserdargebot zu rechnen wäre. Zum Vergleich: In der Schweiz stehen jedem Einwohner pro Jahr theoretisch 5800 m^3 Wasser zur Verfügung, wovon allerdings nur 3% (450 l pro Einwohner und Tag) genutzt werden. Wegen der günstigen naturräumlichen Bedingungen der Alpen ist in der Schweiz Wasser im Überfluss vorhanden, das dank sehr guter Infrastruktur und einem ausgezeichneten Management optimal genutzt werden kann.

4. Schlussbetrachtungen und Ausblick

Wie gezeigt wurde, sind die Fragen rund um die Ressource Wasser sehr aktuell und haben eine grosse Bedeutung weit über die Landesgrenzen hinaus. Um das Bewusstsein für diese Zusammenhänge zu vertiefen, die Kenntnisse zu verbreitern und auf der lokalen

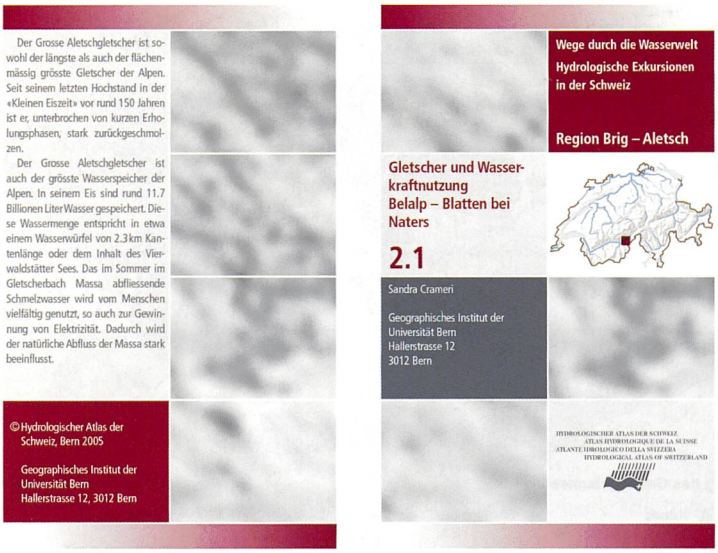

Bild 11. Exkursionsführer 2.1 «Gletscher und Wasserkraftnutzung».

Ebene zu verankern, sind die Exkursionsführer aus dem HADES-Programm ein gut geeignetes Instrument.

Die Exkursionsführer wurden von einer Gruppe ausgewiesener Fachleute erarbeitet, bieten einen guten Einblick in die ausgewählten Themen und fordern zum bewussten Beobachten und Nachfragen auf. Der Text führt die Benutzerinnen und Benutzer durch den Raum und durch das Thema. Er vermittelt Impulse und macht neugierig auf eigenes Entdecken, eigene Interpretationen und gedankliche «Abstecher». Als Zielpublikum sind angesprochen: Fachleute, Schulen, aber auch Touristinnen und Touristen, eine breitere Öffentlichkeit, also all jene, denen der Themenkreis «Wasser» ein Anliegen ist. Die handlichen Broschüren (Format 10,5 × 14,5 cm) umfassen neben dem Text auch Bild- und Kartenmaterial, eine Literaturauswahl sowie alle weiteren nötigen Informationen zur Exkursion.

Im Juli 2005 sind drei Exkursionsführer im Raum Brig–Aletsch erschienen. Sie behandeln unter anderem die folgenden Themen:

2.1 Gletscher und Wasserkraftnutzung (Belalp–Blatten bei Naters)
- Gletschergeschichte
- Abflussregimes
- Wasserkraftnutzung
- Restwasser

2.2 Gletscher und Wasserversorgung (Riederalp–Fiescheralp)
- Gletschergeschichte
- Permafrost
- Wasserversorgung

2.3 Hochwasser Saltina (Schallberg–Brig)
- Einzugsgebiet Saltina
- Hochwasserentstehung
- Hochwasserablauf
- Schutzmassnahmen, Schutzkonzepte

Die drei Exkursionen für die Region Brig–Aletsch können selbständig und unabhängig voneinander begangen werden; Kombinationen sind aber selbstverständlich möglich und erwünscht. So bietet sich die Möglichkeit, eine bisher unbekannte Region oder ein vertrautes Gebiet ganz neu kennen zu lernen.

Die Exkursionsführer sind einzeln oder als Dreierset erhältlich. Die Reihe «Wege durch die Wasserwelt» wird laufend weitergeführt und durch Themen in anderen Regionen ergänzt. So sind gegenwärtig drei Exkursionsführer zu hydrologischen Aspekten in der Westschweiz in Bearbeitung. Bereits erschienen sind die Exkursionsführer für die Region Zürich zu den Themen Gewässerzustand (Uster–Greifensee), Gewässerkorrektionen (Greifensee–Glatttal) und Grundwasser (Forch–Küsnacht).

Die Erarbeitung von HADES-Tafeln geht weiter. In Bearbeitung sind Kartenblätter zu den Themen Niederschlag, Schneehöhen, Niedrigwasser, Wassertemperaturen; sie werden voraussichtlich Ende 2006 erscheinen.

Literatur

Bitterli, T., Aviolat, P., Brändli, R., Christe, R., Fracheboud, S., Frey, D., George, M., Matousek, F., Tripet, J.-P. (2004): Grundwasservorkommen. In: Hydrologischer Atlas der Schweiz. Tafel 8.6, Bern.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (1998): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Modul-Stufen-Konzept, Vollzug Umwelt, Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 26, Bern.

Bundesamt für Wasser und Geologie BWG (Hrsg.) (2004): Hydrologischer Atlas der Schweiz. 7. Lieferung, Bern.

Dupasquier, S., Parriaux, A. (2002): Typische Grundwasserverschmutzungen. In: Hydrologischer Atlas der Schweiz. Tafel 7.5, Bern.

Holzhauser, H., Zumbühl, H. J. (1999): Nacheiszeitliche Gletscherschwankungen. In: Hydrologischer Atlas der Schweiz. Tafel 3.8, Bern.

Jäckli, H., Kempf, T. (1967): Hydrogeologische Karte der Schweiz 1:500000. In: Atlas der Schweiz. Tafel 16, Wabern-Bern.

Jakob, A., Geissel, A., Leuenberger, U. (2004): Messnetze zur Bestimmung chemischer und physikalischer Parameter in Fliessgewässern und Seen. In: Hydrologischer Atlas der Schweiz. Tafel 7.1², Bern.

Jakob, A., Liechti, P. (2004): Veränderung ausgewählter chemischer Parameter in Fliessgewässern und Seen 1976–2000. In: Hydrologischer Atlas der Schweiz. Tafel 7.6, Bern.

Jakob, A., Lukes, R. (2005): Wasserqualität. In: Spreafico, M., Weingartner, R.: Hydrologie der Schweiz – Ausgewählte Aspekte und Resultate. Berichte des BWG, Serie Wasser Nr. 7, Bern.

Maisch, M., Paul, F., Kääb, A. (2004): Kenngrössen der Gletscher und ihre Veränderungen 1850–2000. In: Hydrologischer Atlas der Schweiz. Tafel 3.10, Bern.

Maisch, M., Wipf, A., Denneler, B., Battaglia, J., Benz, Ch. (2000): Die Gletscher der Schweizer Alpen. Gletscherhochstand 1850, Aktuelle Vergletscherung, Gletscherschwund-Szenarien. Schlussbericht NFP 31, Zürich.

Paul, F. (2004): The new Swiss glacier inventory 2000 – Application of Remote Sensing and GIS. PhD Thesis, Department of Geography, University of Zurich, Zürich.

Schädler, B. (1985): Der Wasserhaushalt der Schweiz. Mitteilung der Landeshydrologie und -geologie Nr. 6, Bern.

Schädler, B., Weingartner, R. (2002): Komponenten des natürlichen Wasserhaushaltes 1961–1990. In: Hydrologischer Atlas der Schweiz. Tafel 6.3, Bern.

Schürch, M., Egger, C., Kozel, R. (2004): Beobachtung von Grundwasserstand und Quellschüttung. In: Hydrologischer Atlas der Schweiz. Tafel 8.5, Bern.

Spreafico, M., Weingartner, R. (2005): Hydrologie der Schweiz – Ausgewählte Aspekte und Resultate. Berichte des BWG, Serie Wasser Nr. 7, Bern.

Tripet, J.-P. (2005): Grundwasser. In: Spreafico, M., Weingartner, R.: Hydrologie der Schweiz – Ausgewählte Aspekte und Resultate. Berichte des BWG, Serie Wasser Nr. 7, Bern.

Viviroli, D., Weingartner, R. (2002): The significance of mountains as sources of the world's freshwater. In: GAIA 11(3): 182–186, München.

Viviroli, D., Weingartner, R. (2004): Hydrologische Bedeutung des europäischen Alpenraums. In: Hydrologischer Atlas der Schweiz. Tafel 6.4, Bern.

Anschrift der Verfasser

Lic. phil. *Felix Hauser* (hauser@giub.unibe.ch); lic. phil. *Daniel Viviroli* (viviroli@giub.unibe.ch); Prof. Dr. *Rolf Weingartner* (wein@giub.unibe.ch), Geografisches Institut der Universität Bern, Hallerstrasse 12, CH-3012 Bern.

Prof. Dr. *Manfred Spreafico* (manfred.spreafico@bwg.admin.ch), Bundesamt für Wasser und Geologie, Abt. Landeshydrologie, CH-3003 Bern.