

GRUNDWASSERKÖRPER DER SCHWEIZ

ERHEBUNGSKONZEPT UND ANWENDUNGSBEREICHE

Im Einklang mit der europäischen Wasserrahmenrichtlinie wurden für die Schweiz 124 Grundwasserkörper ausgeschieden. Der vorgestellte Ansatz basiert auf vorhandenen Daten und soll den hydrogeologischen Verhältnissen im übergeordneten Massstab gerecht werden. Der Datensatz der Grundwasserkörper dient als technische Grundlage für das Reporting von Grundwasserdaten an die Europäische Umweltagentur, kann den Bezugsrahmen für spezifische hydrogeologische Studien bilden und steht als nationales sowie internationales Koordinationselement zur Verfügung.

Michael Sinreich, Ronald Kozel, vormals Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Emil Greber, magma AG - Geologie, Umwelt und Planung*

RÉSUMÉ

MASSES D'EAU SOUTERRAINE – CONCEPT D'ÉVALUATION ET DOMAINES D'APPLICATION

Conformément à la directive-cadre européenne sur l'eau et comme base pour la fourniture de données à l'Agence européenne pour l'environnement, des masses d'eau souterraine ont été délimitées pour la Suisse. L'approche présentée utilise des données existantes sur les conditions hydrogéologiques à l'échelle nationale (notamment la carte hydrogéologique au 1:500 000) et couvre l'ensemble du territoire. Le dimensionnement des masses d'eau souterraine a été effectué sous forme d'un SIG en tenant compte des principaux critères suivants: bassin fluvial, type d'aquifère dominant, réservoir aquifère et utilisation d'eau souterraine.

Le jeu de données complet comprend 124 masses d'eau souterraine, y compris celles qui présentent des systèmes d'écoulement transfrontaliers avec les pays voisins. Il sert principalement d'outil technique pour le reporting environnemental européen, mais est également disponible pour différentes applications à grande échelle. Ainsi, les masses d'eau souterraine peuvent constituer le cadre de référence pour le monitoring des eaux souterraines au-delà des réseaux cantonaux, notamment pour des études portant sur le changement climatique ou la gestion des eaux, et être utilisées comme élément de coordination au niveau régional, national et international.

AUSGANGSLAGE

UMWELTREPORTING

Die Schweiz ist Mitglied der Europäischen Umweltagentur (EUA) und als Teil des Umweltinformations- und -beobachtungsnetzwerkes EIONET in die europäische Umweltberichterstattung eingebunden. Daten des Bereichs Wasser sowie weiterer Umweltbereiche werden durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU) für die Schweiz koordiniert und zentral an die EUA geliefert. Im Rahmen von EIONET-Groundwater werden als Beitrag zum europäischen Umweltmonitoring jährlich Daten der Nationalen Grundwasserbeobachtung (NAQUA) zum landesweiten Zustand der Grundwasser-Qualität und -Quantität zur Verfügung gestellt.

Die Richtlinien der EUA-Datenlieferung sehen dabei von den Mitgliedsländern einen räumlichen Bezug der nationalen Daten zu sogenannten Grundwasserkörpern (GWK) vor [1]. GWK sind ein Element der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), wobei ein GWK als «abgegrenztes Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter» definiert ist. Er bildet damit die «kleinste nicht teilbare Einheit der WRRL, auf die sich wesentliche Ziele der Richtlinie beziehen, d. h. die Bewertungseinheit und die Einheit für die (spätere) Festlegung von Mass-

* Kontakt: michael.sinreich@hydrogeo.ch

nahmen». Für die europäische Wassergesetzgebung dienen GWK somit zur Festlegung von Status und Bewirtschaftung der Grundwasservorkommen. Die schweizerische Gewässerschutzgesetzgebung kennt das Element «Grundwasserkörper» dagegen nicht [2, 3]. Jedoch werden GWK als Bezugseinheit herangezogen, um den Anforderungen und Standards der EUA gerecht zu werden und damit eine homogene Berichterstattung zum Zustand des Grundwassers in Europa zu gewährleisten.

HYDROGEOLOGISCHE EINHEITEN

Für die Schweiz werden hydrogeologische Raumdaten in diversen Kartenwerken unterschiedlichen Massstabs vorgehalten [4]. Neben regionalen und kantonalen Grundwasserkarten sind dies insbesondere die Hydrogeologischen Karten im Massstab 1:100 000 [5] und die Hydrogeologische Karte «Grundwasservorkommen» 1:500 000 [6]. Auch wurden z.B. für Vorkommen in Karst-Grundwasserleitern spezifische Kartiermethoden entwickelt und zur Verfügung gestellt [5, 7]. Bei der Hydrogeologischen Karte 1:500 000 [6] handelt es sich um die einzige landesweit einheitliche Datengrundlage zum Grundwasser der Schweiz. Sie bildet als Vektordatensatz die Verbreitung und Ergiebigkeit der hydrogeologischen Einheiten sowie weitere grundlegende Eigenschaften der Grundwasserleiter und deren Nutzung ab. Damit ist sie die ideale Grundlage für eine Überblickserhebung mittels Geografischem Informationssystem (GIS), wie etwa jene für die GWK.

In Kartendarstellungen und in der Praxis verwendete Begriffe zur hydrogeologischen Charakterisierung (Grundwasserleiter, Grundwasservorkommen, Grundwasserlandschaft, Grundwasserregion, Einzugsgebiet etc.) können individuell ausgelegt werden. Bei der Bezeichnung «Grundwasserkörper» (frz.: *masses d'eau souterraine*; engl.: *groundwater bodies*) handelt es sich dagegen um einen einheitlichen, aber für jedes Land entsprechend den hydrogeologischen Verhältnissen im Detail spezifisch definierten Datensatz. Genauso verhält es sich mit den Wasserkörpern für Oberflächengewässer, die ebenfalls bereits ausgeschieden worden sind [8]. Im Folgenden werden Ansatz und Vorgehen zur Bemessung der GWK vorgestellt, auch um den Datensatz für weitere Anwendungen nutzbar zu machen.

ERHEBUNGSKONZEPT

Als Basiseinheiten der EUA-Berichterstattung zum Grundwasser wurde in Zusammenarbeit von BAFU und Geologiebüros sowie unter Einbezug einzelner Kantone ein Konzept zur Bemessung von GWK für die Schweiz erstellt. Ziel war ein auf die Anforderung der europäischen Umweltberichterstattung zugeschnittener Ansatz, welcher die Grundwasserressourcen des Landes vereinfacht, jedoch einheitlich und gesamthaft abdeckt.

ANFORDERUNGEN

Die Ausscheidung von GWK obliegt jedem einzelnen Land und kann auf verschiedenste Weise erfolgen. Jedoch müssen die einzelnen GWK so bemessen sein, dass eine adäquate und einheitliche Beschreibung möglich ist, wobei eine Zersplitterung in eine unübersichtlich grosse Anzahl von GWK vermieden werden soll [9]. Dabei können GWK einerseits als Einheiten innerhalb eines Grundwasservorkommens definiert sein, andererseits mehrere solcher Vorkommen zusammenfassen. Die WRRL lässt hier entsprechend den hydrogeologischen Verhältnissen eines Landes

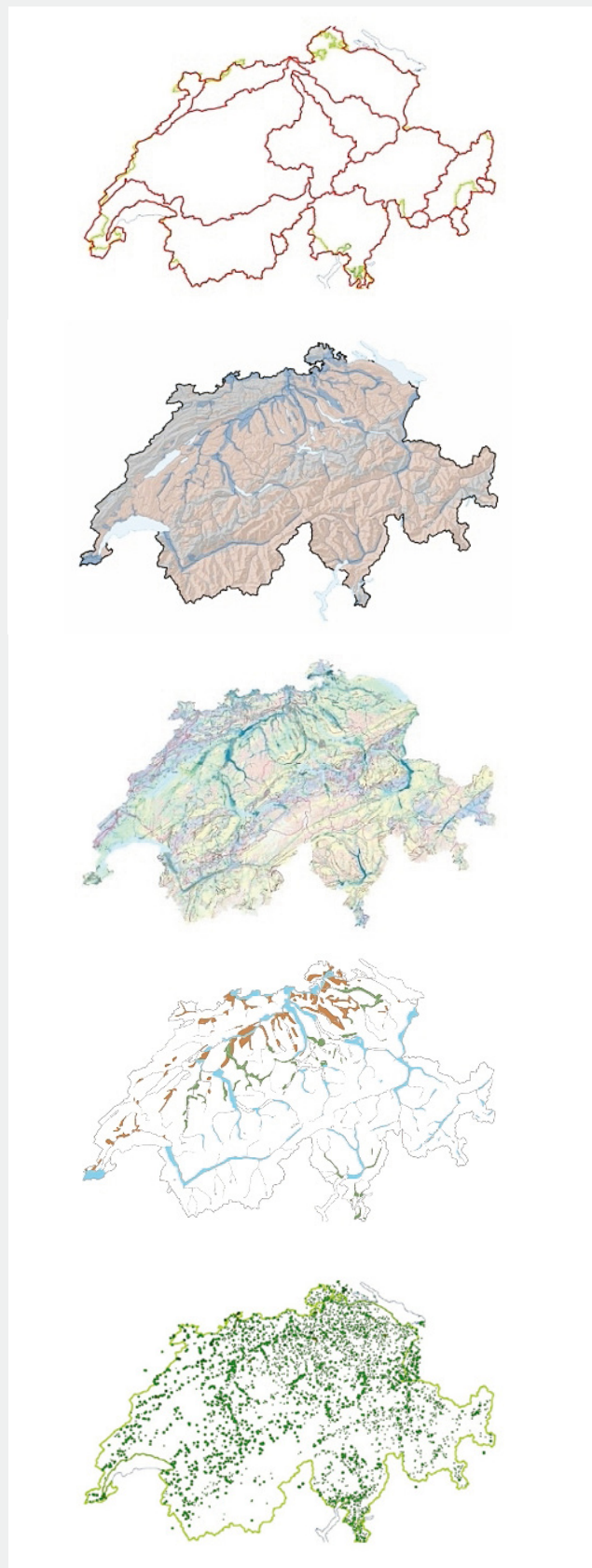


Fig. 1 Kartengrundlagen und Abfolge der Kriterien zur Erhebung der GWK (von oben): Flussgebiete gemäss Hydrologischem Atlas der Schweiz (HADES) [17]; Grundwasserleitertypen nach Hydrogeologischer Karte 1:500 000 in HADES [6] sowie gemäss Hydrogeologischer Skizze der Schweiz [18]; Grundwasservorkommen aus [6]; Grundwasserregime in Lockergesteinen entsprechend [19]; Grundwassernutzungen gemäss [6].

grosse Freiheit, sodass in Europa diverse Konzepte zum Einsatz kommen (z. B. [10, 11]). So haben etwa Litauen und Österreich – beide in ihrer Grösse vergleichbar mit der Schweiz – 6 bzw. 142 GWK ausgeschrieben [12]. Auch in Deutschland verfügen die Bundesländer über abgestimmte, aber eigene Ansätze zur Bemessung ihrer GWK [9].

Insgesamt ist die Abdeckung der EU-Länder mit GWK entsprechend ihrer unterschiedlichen nationalen Konzepte weit fortgeschritten ([13]; s. auch Titelbild). Ziel war es, auf der Karte der GWK auch den weissen Fleck im Zentrum Europas zu tilgen [14]. Dabei sollte der im Kontext der EUA-Mitgliedschaft entwickelte und hier beschriebene Ansatz an bestehende Konzepte in Nachbarländern mit ähnlichen geografisch-hydrogeologischen Bedingungen anlehnen.

Mit variabler Ergiebigkeit ist Grundwasser in der Schweiz nahezu überall vorhanden und spielt mit einem Anteil von 80% eine entscheidende Rolle für die öffentliche Trinkwasserversorgung [15]. Daher erschien ein flächendeckender Ansatz sinnvoll, wobei die Landesfläche aufgrund der geografischen und hydrogeologischen Kleinräumigkeit durch eine grössere Anzahl von Einheiten abgedeckt werden muss. Entscheidend ist, dass die Grundwasserverhältnisse adäquat abgebildet sind, ohne unbedingt hydraulischen Zusammenhängen zu genügen. Während sich für oberirdische Gewässer mit Flüssen und Seen objektiv gut abgrenzbare Linien- und Flächenelemente ergeben [8], ist dies für das Grundwasser weniger evident. Es ist also ein standardisiertes Vorgehen erforderlich, das auf pragmatische Weise und aufbauend auf vorhandenen Daten die Bemessung der GWK vorgibt.

KRITERIEN UND VORGEHEN

Die Grundwasservorkommen sind in der Hydrogeologischen Karte [6] nach ihrer Ergiebigkeit landesweit dargestellt. Diese Vorkommen beinhalten ein räumlich und auf die verschiedenen Grundwasserleitertypen verteiltes nutzbares Grundwasservolumen von rund 150 km³ [16]. Die Hydrogeologische Karte bildet die Hauptgrundlage der Erhebung der GWK, gemäss der Vorgabe von Einheitlichkeit, Übersichtlichkeit, Aufwandsminimierung sowie GIS-Verfügbarkeit. Aus Gründen der Homogenität sowie in Anbetracht des Massstabs wurde bei der Erhebung

auf lokal-regionale Zusatzkenntnisse bewusst verzichtet. Auch sind für die Schweiz keine tiefen Grundwassersysteme berücksichtigt, da sie für die Trinkwasserversorgung und damit die übergeordnete Zustandsberichterstattung kaum relevant sind.

Kriterien zur Abgrenzung und deren technische Abfolge erlaubten es, Anzahl und Bemessung der GWK auf einheitlicher Basis zu bestimmen. Diese Kriterien sind in *Figur 1* kartografisch aufgezeigt und im Folgenden erläutert. Insgesamt werden die oberflächennahen Grundwasserressourcen dargestellt, also der in der WRRL sogenannte erste Horizont, wobei es sich um eine reine 2D-Darstellung

handelt. So sind etwa bei das Festgestein überdeckenden Lockergesteinsablagerungen nur Letztere berücksichtigt. Im GIS erstellte Polygone ergeben sich dann in erster Linie aus einer Unterteilung der Flussgebiete, Grundwasserleitertypen, Grundwasserregime sowie Kriterien der Grösse und Nutzung.

Flussgebiet

Die WRRL bezieht sich im Sinne eines Einzugsgebietsmanagements zunächst auf die übergeordnete Zuordnung zu einem Fliessgewässer. Für die Schweiz werden dafür die Flussgebiete nach HADES [17] herangezogen: Rhone, Aare, Rhein, Reuss, Limmat, Ticino, Inn, Adda

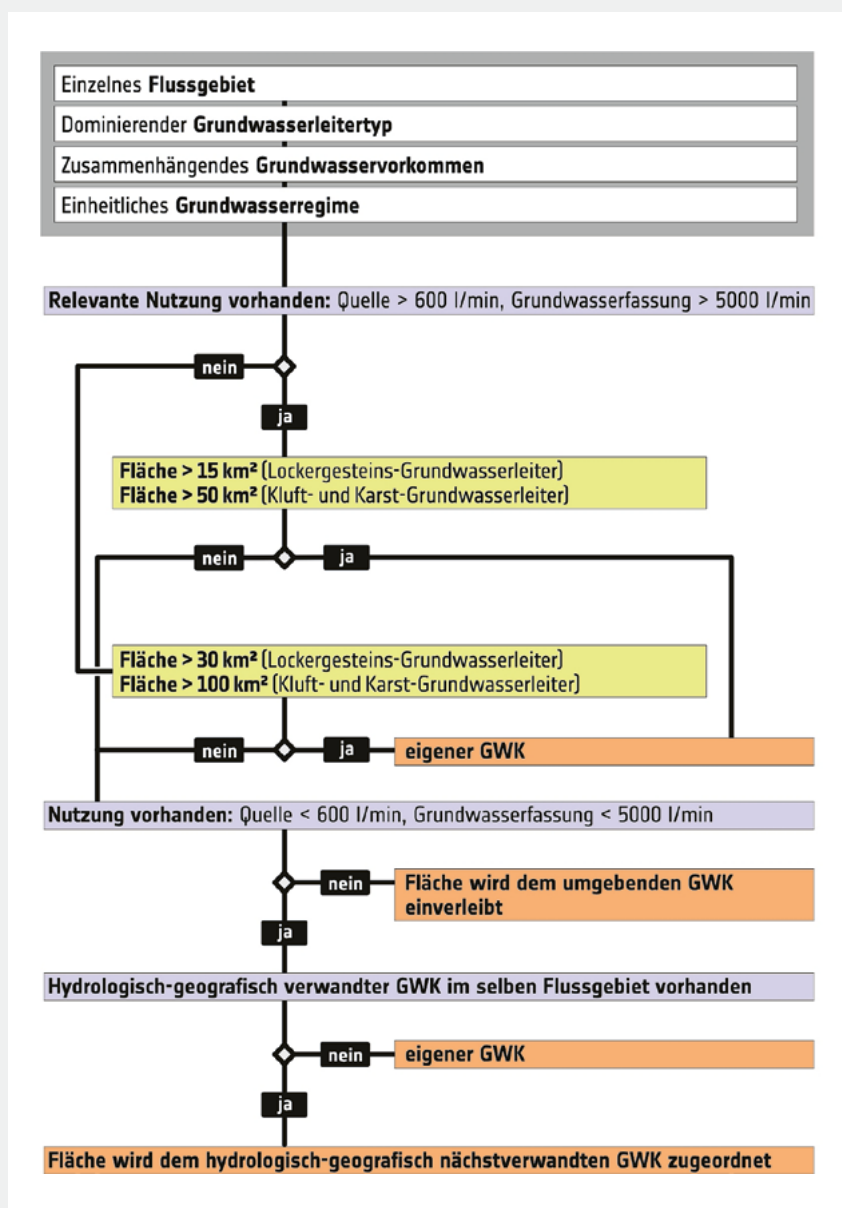


Fig. 2 Ablaufschema zur GIS-basierten Bemessung der GWK. Die Kombination aus massgebender Flächengrösse und Grad der Nutzung wird der weiten Verbreitung von Grundwasserentnahmepunkten gerecht, ohne dadurch zu einer Zersplitterung der GWK in den unterschiedlichen Grundwasserleitertypen zu führen.

und Adige. Damit sind die Oberläufe von vier grossen Flusseinzugsgebieten Europas abgedeckt. In der Regel folgen auch die Grundwasservorkommen diesen topografischen Grenzen. Nur vereinzelt weichen sie – insbesondere in Karstgebieten – von der oberirdischen Wasserscheide ab [7].

Grundwasserleitertyp

Für eine hydrogeologisch basierte Auscheidung sollte als wichtigstes Kriterium der dominierende Grundwasserleitertyp gelten. Die hydrogeologische Hauptgliederung erfolgt nach den drei Typen von Grundwasserleitern: Lockergesteins-Grundwasserleiter, Kluft-Grundwasserleiter, Karst-Grundwasserleiter [18]. Somit ist jedem GWK ein dominierender Grundwasserleitertyp zugeordnet. Diese Information konnte direkt aus dem GIS der Hydrogeologischen Karte abgeleitet werden [6].

Grundwasservorkommen

Innerhalb der Grundwasserleitertypen wurden zusammenhängende Flächen (Polygone im GIS) der Hydrogeologischen Karte [6] als Basiselemente der Grundwasservorkommen erfasst. Zur Bemessung der GWK wurden diese dann unter Berücksichtigung der nachfolgenden Kriterien weiter unterteilt oder zusammengefasst. Wenig ergiebige Moränenbedeckungen sind dabei nicht berücksichtigt, sondern als Teil des unterlagernden Locker- oder Festgesteins subsumiert. Bei Festgesteins-Grundwasservorkommen spielen bei der Unterteilung auch geologische Grossstrukturen eine Rolle.

Grundwasserregime

Insbesondere hinsichtlich der Grundwasser-Quantität ist das vorherrschende Grundwasserregime von Bedeutung (pluvial, pluvio-nival, nivo-glazial). Vorkommen in Lockergesteins-Grundwasser-

leitern wurden deshalb zusätzlich hinsichtlich ihres Regimes unterschieden. Dies ist insbesondere der Fall, wenn entlang von Flüssen ein importiertes Regime aus einem anderen Naturraum auf ein standortgebundenes Grundwasserregime trifft [19].

Grundwassernutzung

Nach Anwendung der drei vorgenannten Kriterien wurden die Polygone entsprechend einer Verknüpfung von Grundwassernutzung und Flächengrösse unterteilt. So werden GWK – im Sinne der Zielsetzungen der WRRL – an das Vorhandensein wichtiger Entnahmepunkte an Pumpbrunnen und Quellen gebunden. Als relevant ist im vorliegenden Fall eine Nutzung angenommen, wenn mindestens eine Quelle eine bedeutende Schüttung von >600l/min oder eine Grundwasserfassung eine Förderrate von >5000l/min aufweist. Diese Klassierung ist eben-

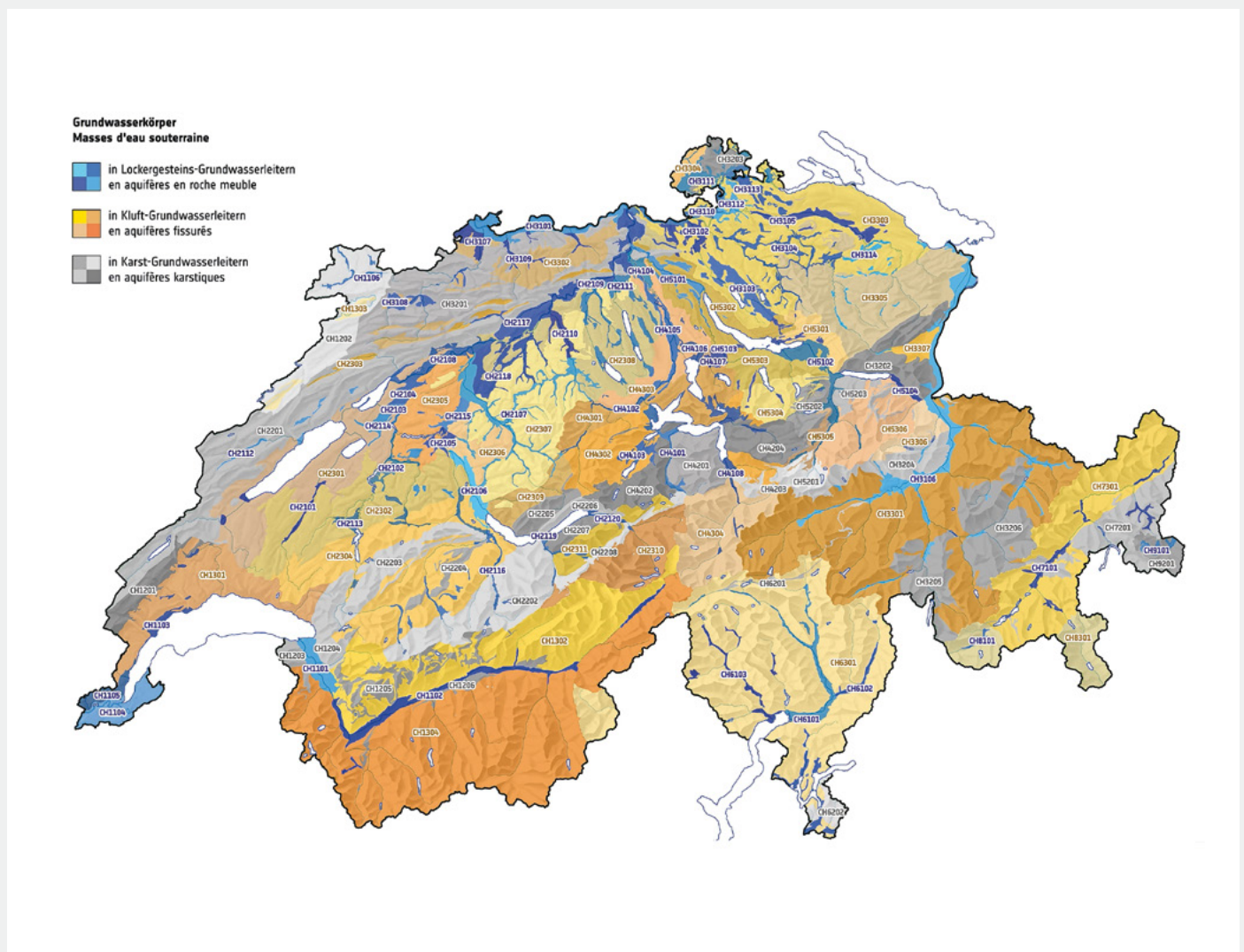


Fig. 3 Übersichtskarte der insgesamt 124 GWK in Lockergesteins-Grundwasserleitern (Blautöne), Kluft-Grundwasserleitern (Brauntöne) und Karst-Grundwasserleitern (Grautöne) der Schweiz.

Flussgebiet	Grundwasserleitertyp	Grundwasserregime	Naturraum	Flächengrösse (km ²) / Grundwasservolumen (km ³) / Fließgewässer (Anzahl)	Grundwasserkörper (ID)	
Rhône	Lockergestein	pluvial	Mittelland Jura	44/0,04/3; 65/0,09/2; 24/0,15/1	CH1103; CH1105; CH1106	
		nivo-glazial	Alpen Mittelland	91/0,72/5; 185/0,27/17; 167/0,16/3	CH1101; CH1102; CH1104	
	Kluft	pluvial	Mittelland Jura	736/4,80/6; 56/0,32/1	CH1301; CH1303	
		nivo-glazial	Alpen	1359/1,53/12; 3268/3,89/20	CH1302; CH1304	
	Karst	pluvial	Jura	190/1,04/2; 571/3,18/3	CH1201; CH1202	
		nivo-glazial	Alpen	71/0,47/1; 146/1,00/2; 267/1,72/9; 57/0,04/6	CH1203; CH1204; CH1205; CH1206	
Aare	Lockergestein	pluvial	Mittelland Jura	30/0,05/9; 46/0,37/3; 38/0,07/11; 140/0,18/6; 29/0,19/3; 57/0,04/3; 34/0,02/1; 132/0,19/7	CH2101; CH2104; CH2110; CH2111; CH2112; CH2114; CH2115; CH2118	
		pluvio-nival	Voralpen Mittelland	32/0,03/3; 224/0,68/18; 67/0,06/9	CH2102; CH2107; CH2113	
		nivo-glazial	Alpen Voralpen Mittelland	21/0,06/3; 35/0,05/4; 71/0,21/7; 93/0,14/5; 200/1,52/10; 59/0,45/8; 55/0,56/3; 34/0,34/4; 17/0,14/1	CH2103; CH2105; CH2106; CH2108; CH2109; CH2116; CH2117; CH2119; CH2120	
	Kluft	pluvial	Mittelland Jura	897/5,87/21; 1051/0,77/20; 86/0,54/4; 405/0,24/12; 208/0,14/7; 764/5,00/14	CH2301; CH2302; CH2303; CH2305; CH2306; CH2308	
		pluvio-nival	Voralpen	1359/9,79/24; 1042/0,90/19; 190/0,15/6	CH2304; CH2307; CH2309	
		nivo-glazial	Alpen	480/0,56/5; 207/1,50/3	CH2310; CH2311	
	Karst	pluvial	Jura	1621/9,13/17	CH2201	
		pluvio-nival	Voralpen	422/2,90/8; 136/0,96/2	CH2203; CH2205	
		nivo-glazial	Alpen	711/4,59/6; 96/0,64/5; 87/0,58/2; 95/0,64/1; 93/0,58/4	CH2202; CH2204; CH2206; CH2207; CH2208	
	Rhein	Lockergestein	pluvial	Mittelland Jura	62/0,07/1; 115/0,10/5; 131/0,21/7; 45/0,29/2; 51/0,33/5; 28/0,18/6; 85/0,63/5; 50/0,10/2; 49/0,03/1	CH3102; CH3103; CH3104; CH3107; CH3108; CH3109; CH3111; CH3112; CH3113
			pluvio-nival	Mittelland	94/0,11/6; 54/0,06/7	CH3105; CH3114
			nivo-glazial	Alpen Mittelland Jura	125/0,86/7; 369/1,22/24; 71/0,54/5	CH3101; CH3106; CH3110
Kluft		pluvial	Mittelland Jura	455/2,79/15; 1583/10,4/23; 50/0,33/1	CH3302; CH3303; CH3304	
		pluvio-nival	Voralpen	1056/0,93/16; 74/0,52/3	CH3305; CH3307	
		nivo-glazial	Alpen	2848/4,03/25; 148/1,07/3	CH3301; CH3306	
Karst		pluvial	Jura	938/5,30/17; 98/0,60/2	CH3201; CH3203	
		pluvio-nival	Voralpen	354/2,34/2	CH3202	
		nivo-glazial	Alpen	308/2,00/7; 334/0,42/5; 593/0,66/5	CH3204; CH3205; CH3206	
Reuss	Lockergestein	pluvial	Mittelland	33/0,23/1	CH4104	
		pluvio-nival	Voralpen Mittelland	40/0,06/4; 32/0,25/3; 68/0,47/4; 18/0,01/1	CH4102; CH4103; CH4106; CH4107	
		nivo-glazial	Alpen Voralpen Mittelland	29/0,26/1; 92/0,11/6; 42/0,34/5	CH4101; CH4105; CH4108	
	Kluft	pluvial	Mittelland	346/0,22/7	CH4303	
		pluvio-nival	Voralpen	445/3,01/7; 555/3,99/9	CH4301; CH4302	
		nivo-glazial	Alpen	626/0,89/6	CH4304	
	Karst	pluvio-nival	Voralpen	288/1,96/6	CH4202	
nivo-glazial		Alpen	294/1,99/2; 93/0,51/3; 258/1,71/1	CH4201; CH4203; CH4204		
Limmat	Lockergestein	pluvio-nival	Voralpen	54/0,05/5	CH5103	
		nivo-glazial	Alpen Voralpen Mittelland	84/0,14/6; 151/0,24/7; 17/0,14/2	CH5101; CH5102; CH5104	
	Kluft	pluvial	Mittelland	370/2,45/5	CH5302	
		pluvio-nival	Voralpen	159/0,14/5; 219/0,16/7; 210/1,49/3	CH5301; CH5303; CH5304	
		nivo-glazial	Alpen	85/0,42/1; 473/3,43/5	CH5305; CH5306	
	Karst	nivo-glazial	Alpen	102/0,61/2; 142/0,92/1; 130/0,87/2	CH5201; CH5202; CH5203	

Flussgebiet	Grundwasserleitertyp	Grundwasserregime	Naturraum	Flächengrösse (km ²) / Grundwasservolumen (km ³) / Fließgewässer (Anzahl)	Grundwasserkörper (ID)
Ticino	Lockergestein	pluvio-nival	Alpensüdseite	78/0,18/8; 53/0,11/6	<i>CH6102; CH6103</i>
		nivo-glazial	Alpensüdseite	118/0,37/7	CH6101
	Kluft	pluvio-nival	Alpensüdseite	2985/4,50/22	CH6301
		pluvio-nival	Alpensüdseite	31/0,03/3; 78/0,05/2	CH6201; <i>CH6202</i>
Inn	Lockergestein	nivo-glazial	Alpen	73/0,20/8	CH7101
	Kluft	nivo-glazial	Alpen	1265/1,78/10	CH7301
	Karst	nivo-glazial	Alpen	465/0,40/5	CH7201
Adda	Lockergestein	nivo-glazial	Alpen	6/0,01/1	CH8101
	Kluft	pluvio-nival	Alpensüdseite	420/0,60/2	CH8301
Adige	Lockergestein	nivo-glazial	Alpen	30/0,04/1	CH9101
	Karst	nivo-glazial	Alpen	102/0,13/1	CH9201

Tab. 1 Inventar der 124 GWK der Schweiz, klassiert nach den Erhebungskriterien und mit Zuordnung der vorrangigen Naturräume. Für jeden mit einer ID gekennzeichneten GWK sind zudem seine Fläche, das enthaltene Grundwasservolumen (abgeleitet aus [16]) sowie die Anzahl dortiger Wasserkörper von Fließgewässern (gemäss [8]) quantifiziert. GWK mit signifikanten grenzüberschreitenden Fließsystemen in kursiv.

falls dem GIS-Datensatz der Hydrogeologischen Karte [6] zu entnehmen.

BEMESSUNG

Mittels der oben genannten Kriterien konnten die Teilflächen der einzelnen GWK bemessen werden. Dieser Ablauf ist in *Figur 2* dargestellt. Für die Ausscheidung eines GWK sind demnach bestimmte Mindestanforderungen hinsichtlich Flächengrösse und Nutzung vorgegeben. Für Lockergesteins-Grundwasserleiter muss ein GWK bei relevanter Nutzung eine Fläche von >15 km² aufweisen oder >30 km² bei sonstiger Nutzung. Für GWK in Kluft- oder Karst-Grundwasservorkommen liegt diese Grenze bei 50 km² bzw. 100 km². Die grössere Anzahl bzw. kleinere Bemessung der GWK in Lockergesteinen entspricht den vergleichsweise hohen Ergiebigkeiten dieser Einheiten und ihrer trotz geringerer Ausdehnung hohen Bedeutung für die Trinkwasserversorgung. Für Teilflächen, welche die Grössenanforderungen nicht erfüllen, gibt es

drei Möglichkeiten. Ist gemäss [6] keine Nutzung vorhanden, wurde das Polygon dem umgebenden GWK eines anderen Grundwasserleitertyps einverleibt. Gibt es dagegen eine relevante Nutzung, wurde das Polygon dem nächstverwandten GWK (in der Regel gleichen Grundwasserleitertyps) im Flussgebiet zugeordnet. Nur wenn es auch diese Möglichkeit nicht gibt, wurde trotz fehlender relevanter Nutzung ein eigener GWK ausgeschieden. Damit ergibt sich die Situation, dass nicht wenige GWK aus mehreren voneinander getrennten Polygonen bestehen (sog. Multipart-Polygone im GIS), ohne dass die Teilflächen in hydraulischer Verbindung zueinander stehen müssten. So bleibt jedoch der flächenhafte Charakter der Erhebung erhalten.

INVENTAR

GRUNDWASSERKÖRPER SCHWEIZ

Die Umsetzung des Konzepts ergibt für die Schweiz insgesamt 124 GWK (*Fig. 3*).

Die unterschiedlichen Grössenkriterien für die Grundwasserleitertypen resultieren in einer – trotz geringerer Ausdehnung – relativ hohen Anzahl an räumlich eher höher aufgelösten GWK in Lockergesteins-Grundwasserleitern, während solche in Kluft- oder Karst-Grundwasserleitern grösser und weniger zahlreich sind:

- 58 GWK in Lockergesteins-Grundwasserleitern
- 35 GWK in Kluft-Grundwasserleitern
- 31 GWK in Karst-Grundwasserleitern

In *Tabelle 1* sind die GWK kategorisiert aufgelistet, entsprechend ihrer Zugehörigkeit zu den Hauptkriterien der Erhebung. Die Benennung der Grundwasserkörper orientiert sich an den Kriterien der Erhebung und besteht neben der Landeskennzeichnung aus einer Nummerierung für das Flussgebiet und den Grundwasserleitertyp sowie einer laufenden Ziffer innerhalb der entsprechenden Untereinheit. Daneben wurde auch eine – hier nicht aufgeführte – Namensgebung

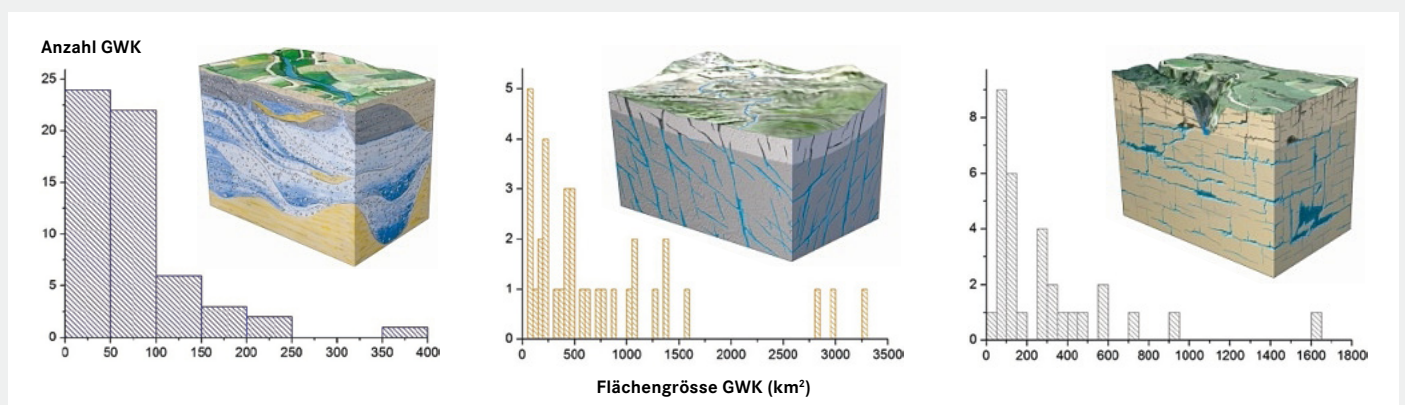


Fig. 4 Anzahl GWK pro Intervall Flächengrösse (km²) für die Gruppen der Lockergesteins-, Kluft- und Karst-Grundwasserleiter. Im Lockergestein fallen die GWK entsprechend Erhebungskonzept (*Fig. 2*) zahlreicher und mehrheitlich kleiner aus als in den Festgesteinen. Dargestellte Blockabbildungen aus [2].

vorgenommen, die sich an lokal-regionale Bezeichnungen anlehnt. Ein vollständiges Inventar der GWK steht auch auf dem Geoportal des Bundes zur Verfügung (s. Box rechts aussen).

EIGENSCHAFTEN

Die räumliche und zahlenmässige Verteilung der GWK entspricht deren Bedeutung für das schweizerische Trinkwasser, wobei etwa die Hälfte der öffentlichen Trinkwasserversorgung aus Grundwasserfassungen in Lockergesteins-Grundwasserleitern, die andere

aus Quelfassungen im Bereich von Festgesteinen gewonnen wird [15]. Gemäss Erhebungskonzept liegt die Grösse der GWK der ersten Gruppe grösstenteils bei bis zu 100 km², wogegen sie in Kluft- und Karst-Grundwasserleitern meist im Bereich von bis zu 1000 km² liegt (Fig. 4, Tab. 1). So beträgt das Grundwasservolumen für GWK in Lockergesteins-Grundwasserleitern insgesamt nur knapp ein Zehntel des gesamten Volumens in allen Grundwasserleitertypen. In beiden Fällen ergeben sich Einheiten, für die relativ einheitliche hydrogeo-

logische Eigenschaften angenommen werden können. So ist jedem GWK neben dem Grundwasserregime auch ein spezieller Naturraum zugeordnet. Des Weiteren wurden alle GWK im Rahmen der EIONET-Vorgaben hinsichtlich Metadaten und hydro(geo)logischer Kennwerte charakterisiert. Aufgrund der Grössenkriterien ist die relative Homogenität innerhalb eines GWK auch für Aspekte in Zusammenhang mit der Nutzung anzunehmen, wie etwa vorherrschende Landnutzung, Vulnerabilität oder auch Wasserqualität. Damit trägt insbesondere die geringere Grösse der GWK in Lockergesteins-Grundwasserleitern auch der dortigen intensiveren und eher kleinräumigen Landnutzung Rechnung, ohne dass diese Parameter in der Erhebung explizit berücksichtigt wären.

LANDESGRENZEN

Die Ausscheidung der GWK erfolgte unabhängig von Kantons- oder anderen administrativen Grenzziehungen. Prinzipiell enden sie an der Landesgrenze. Im Konzept der WRRL gibt es allerdings die Möglichkeit, sogenannte grenzüberschreitende GWK auszuscheiden, die dann von den jeweiligen Nachbarstaaten gemeinsam bewirtschaftet werden. Solche länderübergreifende GWK sind allerdings eher selten [20], auch infolge der individuellen Erhebungsansätze. Für die Schweiz geht es nur darum, solche GWK, für die signifikante grenzüberschreitende Fliessysteme angenommen werden, zu benennen, um diese Informationen dann allfällig mit dem angrenzenden Land abzustimmen.

In Tabelle 1 sind diejenigen GWK markiert, für welche gemäss Studie solche grenzüberschreitenden Fliessysteme angenommen werden können (18 GWK in 4 Flussgebieten von insgesamt 33 grenznahen GWK). Ungeachtet dessen fällt der grösste Teil dieser GWK in den Geltungsbereich bereits existierender bi- und multilateraler Abkommen zur Regelung von Schutz und nachhaltiger Nutzung der Wasserressourcen, inklusive Grundwasser. Auch existiert in vielen konkreten Fällen bereits eine Abstimmung auf lokaler Ebene. Das eindrücklichste Beispiel stellt dabei die Nappe du Genevois dar, für die im Jahre 1978 die erste transnationale Vereinbarung zur nachhaltigen Nutzung des Grundwassers vertraglich fixiert worden war. Hier findet bei Grundwasseranreicherung auf französischem Boden und

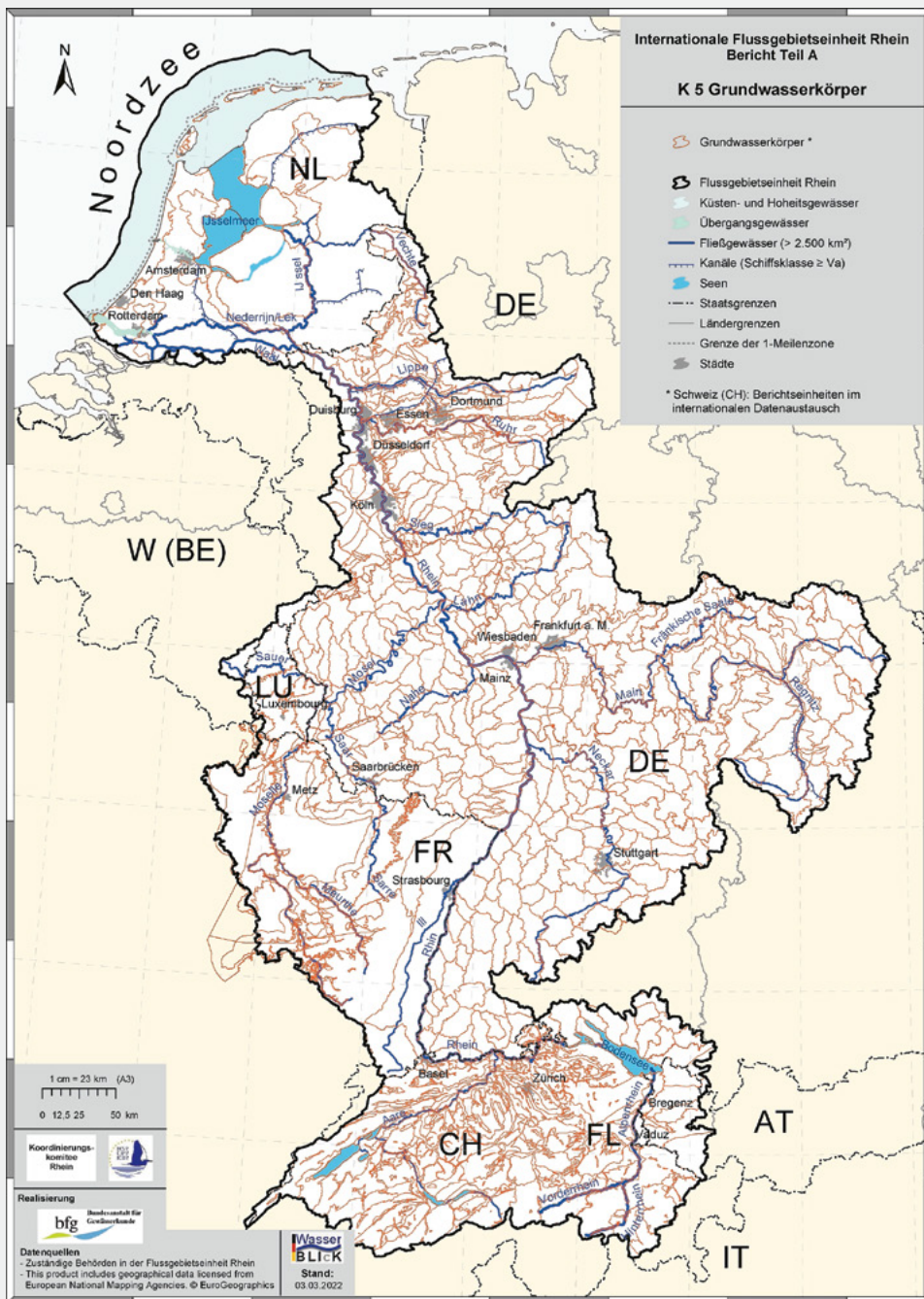


Fig. 5 Anwendungsbeispiel für die GWK als koordinatives Element der internationalen Bewirtschaftung von Flusseinzugsgebieten (m. frdl. Genehm. der IKSR). Zusammengefasst sind alle GWK, die zur Flussgebietseinheit des Rheins gehören, inklusive der 95 GWK der Schweiz [23].

Grundwasserentnahme im Kanton Genf eine koordinierte Bewirtschaftung des Grundwasservorkommens statt [21].

ANWENDUNGSBEREICHE

BERICHTERSTATTUNG

Als Ausgangspunkt für die Ausscheidung der GWK in der Schweiz ist die europäische Umweltberichterstattung der EUA auch deren vorrangiger Anwendungsbereich. Die GWK bilden dort im Rahmen der EIONET-Daten als kleinste hydrogeologisch definierte Einheit die räumliche Hintergrundinformation zu den gelieferten Punktmesswerten zur Qualität und Quantität des Grundwassers der Schweiz [22]. So ist jede der 50 NAQUA-Messstellen (Modul TREND), für die jährlich Messdaten geliefert werden, einem GWK zugeordnet. Das Konzept der GWK ist dabei auf das NAQUA-Messnetzkonzept abgestimmt.

Im Reporting der EUA sind die EIONET-Monitoringdaten mit den GWK verknüpft und deren Charakteristika hinterlegt. Im Rahmen des Water Information System Europe (WISE) werden basierend darauf Indikatoren und Auswertungen zur Wasserqualität erstellt und europaweit wie auch landesspezifisch dargestellt [13]. GWK können auch als Basiseinheit anderer Messnetze oder zu deren Vergleich herangezogen werden. In das nationale Reporting zu den Sustainable Development Goals (SDG), den Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen, sind Informationen zu den GWK ebenfalls bereits eingeflossen.

KOORDINATION

Trotz national unterschiedlicher Bemessungsmethoden stellen die GWK ein Konzept dar, auf das sich europaweit verständigt wurde. Insofern kann der Bezug auf solche Einheiten bei der Koordination insbesondere internationaler Projekte von Nutzen sein und die Abstimmung vereinfachen. In *Figur 5* ist ein solches Beispiel für das Gesamteinzugsgebiet des Rheins dargestellt, in dem die Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) die GWK als verbindendes Element heranzieht [23].

Das genannte Beispiel veranschaulicht die Bedeutung der gesamthaften Betrachtung von Fliessgewässern und Grundwasser. Insofern lassen sich auch die für die Schweiz ausgeschiedenen GWK und Oberflächenwasserkörper einander räum-

lich zuordnen (*s. Tab. 1*). Dies trägt der oft engen hydraulischen Anbindung des Grundwassers an die Flüsse v. a. entlang der Lockergesteins-Grundwasserleiter in Talböden Rechnung [24].

BEZUGSRAHMEN

Wie für Monitoringmessnetze können GWK auch für verschiedenste Arten von Studien und hydrogeologische Fragestellungen als übergeordneter räumlich-hydrologischer Bezugsrahmen herangezogen werden (z.B. [25, 26, 27]). Die Eigenschaften eines GWK gemäss Erhebungsansatz sowie EIONET-Parametern bilden dann – ebenso wie andere hydrogeologische Raumdaten – den einheitlichen Hintergrund punktueller oder phänologischer Untersuchungen. So ist der Ansatz der GWK auch mit Geodatenmodellen wie insbesondere den Grundwasservorkommen gemäss GeoIG kompatibel [28].

Der Bezugsrahmen gilt auch für mehrere GWK gleicher bzw. ähnlicher Eigenschaften. Die WRRL sieht ausdrücklich vor, dass GWK zu Gruppen zusammengefasst werden können, wenn sie in Bezug auf ihre naturräumliche Gliederung oder andere Eigenschaften vergleichbar sind. Sie können für übergeordnete Fragestellungen auch über die Flussgebiete hinweg entsprechend spezifischer Kriterien gruppiert werden. So sind etwa für Überlegungen zu Auswirkungen des Klimawandels die Grundwasserregime entscheidend [29], wobei die entsprechend gruppierten GWK den passenden Bezugsrahmen geben können.

FAZIT

Im Einklang mit der europäischen Wasserrahmenrichtlinie und als Grundlage für die Datenlieferungen an die Europäische Umweltagentur sind für die Schweiz die Grundwasserkörper als definierter Datensatz ausgeschieden. Dafür wurde ein pragmatischer Ansatz gewählt, der den Verhältnissen des Landes gerecht wird und die hydrogeologischen Grobstrukturen im Massstab 1:500 000 abbildet. Basierend auf dem jeweils dominierenden Grundwasserleitertyp (Lockergestein, Kluft, Karst) ergibt sich eine flächendeckende und nutzungsorientierte Bemessung der GWK. Das Ergebnis ist eine nachvollziehbare Einteilung der Grundwasservorkommen in 124 GWK, die auch mit dem Konzept der nationalen

VERWENDETE ABKÜRZUNGEN

BAFU	Bundesamt für Umwelt
EIONET	Europäisches Umweltinformations- und -beobachtungsnetzwerk
EUA	Europäische Umweltagentur
GIS	Geografisches Informationssystem
GWK	Grundwasserkörper
HADES	Hydrologischer Atlas der Schweiz
IKSR	Internationale Kommission zum Schutz des Rheins
NAQUA	Nationale Grundwasserbeobachtung
SDG	Sustainable Development Goals
WISE	Water Information System Europe
WRRL	EU-Wasserrahmenrichtlinie

Das Inventar der Grundwasserkörper kann auf www.map.geo.admin.ch > Grundwasserkörper eingesehen und der entsprechende Vektordatensatz für GIS-Projekte heruntergeladen werden.

Grundwasserbeobachtung kompatibel ist und den Anforderungen der europäischen Umweltberichterstattung entspricht.

Insbesondere ist der Bezug auf die GWK geeignet, als hydrogeologisch fundierter Bezugsrahmen für spezifische Untersuchungen zu dienen, etwa zu Aspekten des Grundwassermonitorings, des Klimawandels oder auch des Grundwassermanagements. Auch lassen sich bei grenzüberschreitenden Studien die Einheiten der GWK miteinbeziehen. Dies kann die Koordination auf hoher Flughöhe erleichtern und gleichzeitig im Falle von Abstimmungsbedarf Vereinheitlichungen vorantreiben.

Es ist hervorzuheben, dass die Ausscheidung der GWK – anders als für die EU-Mitgliedsländer – nicht als Grundlage für eine Zustandsbewertung oder die Erstellung eines Bewirtschaftungsplans dient. Für die Bewirtschaftung des Schweizer Grundwassers, die ihre eigenen Werkzeuge und Zuständigkeiten hat, ergibt sich aus dem Ansatz der GWK somit kein konkreter Handlungsbedarf. Die Verwendung des Datensatzes kann aber – insbesondere im Rahmen einer integralen Betrachtung der Wasserressourcen – mitunter die Berücksichtigung der Ressource Grundwasser und deren Sichtbarkeit erhöhen. Er steht für verschiedenste Arten der Anwendung auf regionalem, nationalem und internationalem Massstab zur Verfügung.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] European Commission (2003): Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance document n.° 2: Identification of Water Bodies. 23 pp.
- [2] BUWAL (2004): Wegleitung Grundwasserschutz. Vollzug Umwelt, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 141 S.
- [3] Hartmann, D. et al. (2008): Management des Grundwassers in der Schweiz. Umwelt-Wissen Nr. 0806, Bundesamt für Umwelt, Bern. 40 S.
- [4] Schürch, M. et al. (2007): Hydrogeological mapping in Switzerland. *Hydrogeology Journal*, 15: 799–808
- [5] Sinreich, M., Helg, U. (2016): Neue Daten zum Schweizer Grundwasser. *GeoPanorama*, 3/16: 19–22
- [6] Bitterli, T. et al. (2004): Hydrogeologische Karte der Schweiz 1:500'000. Blatt 8.6 Grundwasservorkommen. *Hydrologischer Atlas der Schweiz (HADES)*. Bundesamt für Umwelt, Bern
- [7] Malard, A. et al. (2014): Praxisorientierter Ansatz zur kartographischen Darstellung von Karst-Grundwasserressourcen. *Grundwasser*, 19: 237–249
- [8] BAFU (2014): Oberflächenwasserkörper für die Schweiz. *Faktenblatt*, Bundesamt für Umwelt, Bern. 19 S.
- [9] LAWA (2003): Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie. *Ländergemeinschaft Wasser*. 111 S.
- [10] BMLFUW (2002): Wasserrahmenrichtlinie – Lage und Abgrenzung von Grundwasserkörpern. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien. 37 S.
- [11] BRGM (2003): *Mise en œuvre de la DCE. Identification et délimitation des masses d'eau souterraine*. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, Rapport final. 46 p.
- [12] BMLRT (2022): *Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2021*. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Wien. 341 S.
- [13] WISE (2022): *Delineation of groundwater bodies*. Water Information System for Europe. <https://water.europa.eu/freshwater/data-maps-and-tools/water-framework-directive-groundwater-data-products/delineation-groundwater>
- [14] Sinreich, M.; Kozel, R. (2011): *Groundwater body delineation in Swiss river basins*. 2nd EuroGeoSurveys Workshop on Groundwater Bodies in Europe, Berlin
- [15] Tripet, J.P. (2005): *Grundwasser*. In: Spreafico, M.; Weingartner, R. (Hrsg.): *Hydrologie der Schweiz – Ausgewählte Aspekte und Resultate*. Berichte des BWG, Serie Wasser Nr. 7, Bern: 79–100
- [16] Sinreich, M. et al. (2012): *Grundwasserressourcen der Schweiz – Abschätzung von Kennwerten*. *Aqua & Gas*, 9: 16–28
- [17] HADES (2018): *Flussgebiete*. *Hydrologischer Atlas der Schweiz, Grundlagen*, A03. Bundesamt für Umwelt, Bern
- [18] BAFU (2008): *Hydrogeologische Übersichtskarte der Schweiz*. Bundesamt für Umwelt, Bern
- [19] Schürch, M. et al. (2010): *Typisierung von Grundwasserregimen in der Schweiz – Konzept und Fallbeispiele*. *Gas Wasser Abwasser*, gwa 11/2010: 955–965
- [20] Arnold, G.E.; Buzás, Z. (2005): *Economic commission for Europe inventory of transboundary ground water in Europe*. *Ground Water*, 43/5: 669–678
- [21] de los Cobos, G. (2012): *L'eau sans frontière – Quarante ans d'une gestion partagée de la nappe d'eau souterraine du Genevois*. 200 p.
- [22] BAFU (2019): *Zustand und Entwicklung Grundwasser Schweiz. Ergebnisse der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA, Stand 2016*. Bundesamt für Umwelt, Bern. *Umwelt-Zustand Nr. 1901*, 138 S.
- [23] IKSRL (2022): *International koordinierter Bewirtschaftungsplan 2022–2027 für die internationale Flussgebietseinheit Rhein*. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins. 177 S.
- [24] Hoehn, E. et al. (2007): *Untersuchungsmethoden der Flussinfiltration – In der Nähe von Grundwasserfassungen*. *Gas Wasser Abwasser*, gwa 7/2007: 497–505
- [25] Epting, J. et al. (2021): *Klimawandel und Grundwassertemperaturen*. *Aqua & Gas*, 7/8: 78–84
- [26] Kralik, M. et al. (2011): *Grundwasseralter ausgewählter Grundwasserkörper, 2009/2010*. Umweltbundesamt, Wien. 205 S.
- [27] Barthel, R. (2011): *An indicator approach to assessing and predicting the quantitative state of groundwater bodies on the regional scale with a special focus on the impacts of climate change*. *Hydrogeology Journal*, 19: 525–546
- [28] BAFU (2017): *Grundwasservorkommen – Identifikator 139.1. Geobasisdaten des Umweltschutzes, Modelldokumentation*. Bundesamt für Umwelt, Bern. 27 S.
- [29] BAFU (2021): *Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer*. *Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft*. Bundesamt für Umwelt, Bern. *Umwelt-Wissen Nr. 2101*. 140 S.

Gewässerverunreinigungen zuhause vermeiden

Im interaktiven Haus zeigen wir auf, wie wir im Haushalt, Hausunterhalt sowie bei Haussanierungen und Hausbau zu sauberem Wasser beitragen können.

gewässerschutzhaus.ch



Ist kein Babyfon und trotzdem ein Nachtwächter

Der Geräuschlogger **ZoneScan NB IoT** überwacht Wasserversorgungsnetze. Permanent, flächendeckend, automatisch. Das macht ihn zum unentbehrlichen **Alltagsshelfer** in Gemeinden und Städten.

Ihr Nutzen?

Sie sparen. Kosten und wertvolles Trinkwasser.

Wir zeigen wie viel.

Wälli AG Ingenieure
14 x in der Schweiz
A Vertretung Gutermann AG



www.waelli.ch/zonescan

AQUA^{SUISSE}
THE FUTURE OF WATER MANAGEMENT

25. & 26. Okt 2023
MESSE ZÜRICH - HALLE 5
AQUA-SUISSE-ZUERICH.CH

DIE SCHWEIZER FACHMESSE FÜR
KOMMUNALES UND INDUSTRIELLES
WASSERMANAGEMENT



SCAN MICH

FÜR **KOSTENLOSES** MESSETICKET
BARCODE SCANNEN ODER AUF
DER WEBSEITE DEN **CODE 2001**
EINLÖSEN!

TRINK-
WASSER



PROZESS-
WASSER

ABWASSER



ENTWÄSSERUNG
& KANALISATION



Partner-Event

Parallel-Messen

flow

PUMPS
& VALVES

maintenance

by **EASYFAIRS**