

Öffentliche Wassergewinnung und Qualität des Grund- und Quellwassers in den Grundwasserlandschaften Baden-Württembergs

Wasser ist eine erneuerbare Ressource, die nach ihrer Nutzung mehr oder weniger verschmutzt oder erwärmt in den natürlichen Kreislauf zurückgeführt wird. Als nachhaltig gilt seine Inanspruchnahme dann, wenn nachfolgenden Generationen ausreichend große und qualitativ hochwertige Wasservorräte zur Verfügung stehen. Dies erfordert, die Nutzung der Wasservorräte schonend zu gestalten. Die Erhebung des Statistischen Landesamtes liefert unter Anwendung des geographischen Informationssystems Daten über Menge und Qualität des im Rahmen der öffentlichen Wasserversorgung gewonnenen Grund- und Quellwassers in den Grundwasserlandschaften Baden-Württembergs und damit Aussagen über die Beanspruchung des nutzbaren Wasserdargebotes unter Berücksichtigung der unterschiedlichen hydrogeologischen Gegebenheiten im Land. Im folgenden Beitrag werden die Gewinnung von Wasser zur öffentlichen Wasserversorgung und dessen Beschaffenheit in den Hydroregionen Baden-Württembergs dargestellt. Anhand von 932 öffentlichen Wassergewinnungsanlagen, die von 1987 bis 1995 in Betrieb waren, wird die Entwicklung der Nitratbelastung des dort gewonnenen Grund- und Quellwassers besonders betrachtet.

Die hydrogeologische Gliederung Baden-Württembergs

Die hydrologischen Verhältnisse werden jeweils durch die vorhandenen geologisch-morphologischen Eigenschaften bedingt, die das Abfließen des Niederschlagswassers und die Eigenschaften des Grundwassers bestimmen. Kriterien zur Abgrenzung der Grundwasserlandschaften bestehen daher vor allem in der Ausbildung der Gesteine, der Art der Grundwasserleiter, den geohydrologischen Gegebenheiten, der Beschaffenheit der Grundwässer und ihrer Empfindlichkeit gegen anthropogene Belastungen. Baden-Württemberg gliedert sich danach in 13 Grundwasserlandschaften (Schaubild 1) mit stark abweichenden hydrologischen Eigenschaften. Diese Hydroregionen sind ihrer Entstehung nach unterschiedlichen erdgeschichtlichen Epochen zuzuordnen und unterscheiden sich auch hinsichtlich ihrer flächenmäßigen Ausdehnung. So bilden die Grundgebirgsbereiche (Kristallin) im Schwarzwald, Odenwald und Kaiserstuhl eine Grundwasserlandschaft, die etwa ein Zehntel der Landesfläche ausmacht. Die dort vorkommenden Gesteine, wie Gneise und Granite, weisen eine relativ geringe Wasserspeicherkapazität auf.

Weiterhin sind Formationen aus Trias und Jura in Baden-Württemberg flächenmäßig bedeutsam. Buntsandstein (Schwarzwald, Odenwald) sowie Muschelkalk und Lettenkeuper (Gäugebiete, Hohenloher Ebene, Tauberland) sind die prägenden Gesteine des Trias. Der Abfluß von Niederschlägen erfolgt im Buntsandstein vorwiegend oberflächlich. Der mehr oder minder verkarstete Untergrund im Muschelkalk verursacht dagegen deren rasche Versickerung und das Entstehen von Karstquellen. In den Keupergesteinen des schwäbisch-fränkischen Stufenlandes vom Schurwald, dem Welzheimer Wald, den Löwensteiner und Waldenburger bis hin zu den Ellwanger Bergen finden sich ebenfalls viele kleine Quellen. Dagegen stellt das von Lias- und Doggerschichten geprägte Gebiet des Albvorlandes ein Grundwassermangelgebiet dar.

Das Malmgebiet der Schwäbischen Alb weist eine starke Verkarstung auf. Niederschläge dringen deshalb schnell und tief in den Untergrund ein und fließen unterirdisch ab. Die eiszeitlichen Kiese und Sande im Rheingraben sowie Moränen und Deckenschotter, die im Quartär entstanden, sind vornehmlich

im südlichen Regierungsbezirk Tübingen und in der Rheinebene die Grundlage für das dortige gute Wasserdargebot. Die oben grob charakterisierten Grundwasserlandschaften gliedern sich ihrerseits in eine Anzahl von Teillandschaften, die hier jedoch nicht berücksichtigt wurden.

Mit Hilfe der vorliegenden Betrachtungen soll die quantitative Inanspruchnahme der Grund- und Quellwasservorkommen in den Hydroregionen durch die öffentliche Wasserversorgung und den gewerblichen und industriellen Bereich beschrieben werden. Für die öffentliche und gewerbliche/industrielle Wasserwirtschaft liegen Daten aus der amtlichen Statistik vor, die seit 1975 (zuletzt für 1995) gemäß dem Umweltstatistikgesetz von 1980 erhoben wurden. Im Bereich der öffentlichen Wasserversorgung wurden alle zwei Jahre im Rahmen einer landesspezifischen Erhebung zusätzliche Daten ermittelt. Über

die Wassergewinnung im landwirtschaftlichen Bereich gibt es derzeit noch keine Informationen. Ab 1998 ist jedoch eine derartige Erhebung vorgesehen.

7,2 Milliarden Kubikmeter Grund- und Oberflächenwasser gewonnen

Im Jahr 1995 wurden in Baden-Württemberg insgesamt ca. 7,2 Mrd. m³ Grund- und Oberflächenwasser gewonnen und als Trink-, Kühl-, Brauch- und Produktionswasser genutzt. Anschließend wurde es wieder in den Naturkreislauf zurückgeführt. Mehr als 80 % dieses Gesamtaufkommens entfielen dabei auf die Energiewirtschaft, wo es hauptsächlich als Kühlwasser Verwendung fand. Knapp 10 % wurden im Rahmen

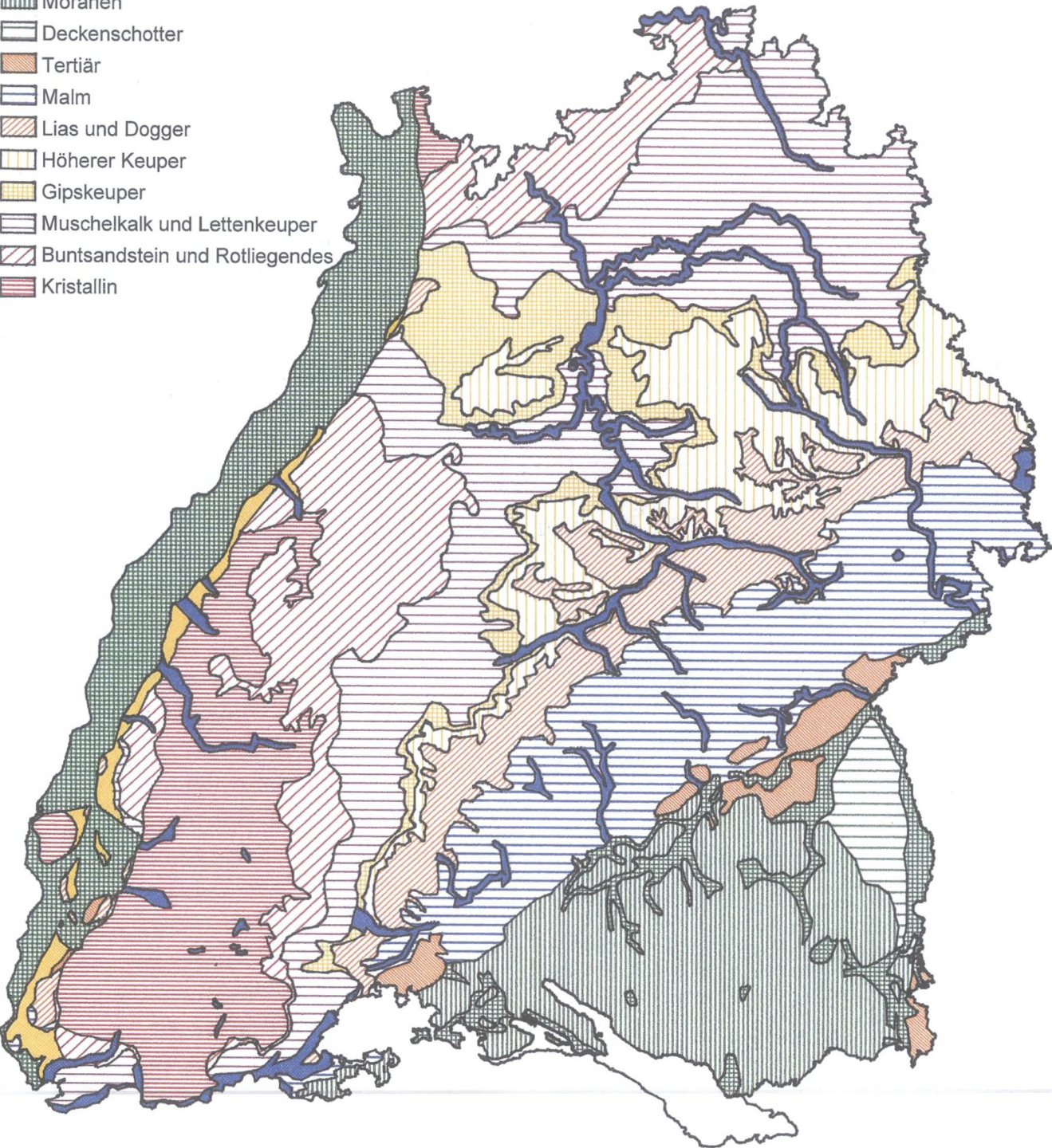


Die Autorin: Dipl.-Ing. agr. Steffi Krenzke ist Referentin im Referat „Umweltbeobachtung, Ökologie, Umweltökonomische Gesamtrechnungen“ des Statistischen Landesamts Baden-Württemberg.

Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg

Grundwasserlandschaften

- Quartär
- Talfüllungen
- Eiszeitliche Kiese und Sande
- Moränen
- Deckenschotter
- Tertiär
- Malm
- Lias und Dogger
- Höherer Keuper
- Gipskeuper
- Muschelkalk und Lettenkeuper
- Buntsandstein und Rotliegendes
- Kristallin



der öffentlichen Wasserversorgung gewonnen und etwa 8 % durch Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes, des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden.

Die wasserwirtschaftlichen Daten beziehen sich generell auf die Standorte der öffentlichen und industriellen Wassergewinnungsanlagen. Um diese in der Gliederung nach Hydroregionen darstellen zu können, wurden die öffentlichen Gewinnungsanlagen mit Hilfe des geographischen Informationssystems (GIS) den einzelnen Grundwasserlandschaften zugeordnet.¹ Die Gewinnungsanlagen im industriellen Bereich wurden über den Betriebsstandort regional zugeordnet. Die Gewinnung von Grund- und Quellwasser durch Industrie (einschließlich Energiewirtschaft) und öffentliche Versorgungsun-

ternehmen betrug 1995 zusammen rund 728 Mill. m³. Über 70 % davon (rund 532 Mill. m³) entfielen auf die öffentliche Trinkwasserversorgung, die somit Hauptnutzer der Grundwasserressourcen ist.

Für die öffentliche Versorgung wurden in Baden-Württemberg 1995 insgesamt ca. 706 Mill. m³ Wasser gewonnen. Drei Viertel des Wasseraufkommens der öffentlichen Wasserversorger waren der Herkunft nach Grund- und Quellwasser (532 Mill. m³) und knapp ein Viertel Oberflächenwasser. Annähernd 40 % (205 Mill. m³) des für die öffentliche Wasserversorgung gewonnenen Grund- und Quellwassers wurden dabei allein in den eiszeitlichen Kiesen und Sanden des Oberrheingrabens gefördert (Tabelle 1). Weitere 14 % entstammten der Grundwasserlandschaft des Malm (75,9 Mill. m³). Dies widerspricht auf den ersten Blick der Charakterisierung der Schwäbischen Alb als Wassermangelgebiet. Infolge der starken Verkarstung dringen die Niederschläge tatsächlich rasch und vollständig in den Untergrund ein, treten jedoch als schüttungs-

¹ Vgl. Büringer, Helmut: Die Wassergewinnung in den hydrogeologischen Räumen Baden-Württembergs, in: Baden-Württemberg in Wort und Zahl, Heft 12/1995.

Tabelle 1
Öffentliche Wassergewinnung in den Grundwasserlandschaften Baden-Württembergs 1991 bis 1995 nach Wasserarten

Grundwasserlandschaft	Jahr	Fläche ¹⁾		Gewonnene Wassermenge	Davon		Spezifische Wassergewinnung insgesamt
		ha	%		Grundwasser ²⁾	Quellwasser	
				1 000 m³			
Insgesamt	1991	3 574 138	100	565 359	403 668	161 691	158
	1993	3 574 139	100	540 018	383 300	156 718	151
	1995	3 574 139	100	532 374	368 645	163 729	149
Davon							
Quartär/mächtiger Löß	1991	42 140	1,2	2 947	2 218	729	70
	1993	42 140	1,2	2 640	1 921	719	63
	1995	42 140	1,2	2 537	1 723	814	60
Talfüllungen	1991	162 783	4,6	32 611	23 452	9 159	200
	1993	162 783	4,6	31 327	22 547	8 780	192
	1995	162 783	4,6	31 144	21 616	9 528	191
Eiszeitliche Kiese und Sande	1991	368 167	10,3	220 327	218 743	1 584	598
	1993	368 167	10,3	208 118	206 829	1 289	565
	1995	368 167	10,3	205 291	203 152	2 139	558
Moränen	1991	380 680	10,7	34 255	21 169	13 086	90
	1993	380 680	10,7	33 835	21 267	12 568	89
	1995	380 680	10,7	32 524	19 920	12 604	85
Deckenschotter über obere Süßwassermolasse	1991	50 214	1,4	1 870	1 333	537	37
	1993	50 214	1,4	1 778	1 260	518	35
	1995	50 214	1,4	1 710	1 221	489	34
Tertiär	1991	60 785	1,7	5 256	4 776	480	86
	1993	60 785	1,7	5 206	4 793	413	86
	1995	60 785	1,7	5 015	4 783	232	83
Malm	1991	434 468	12,2	83 011	36 288	46 723	191
	1993	434 468	12,2	79 055	34 754	44 301	182
	1995	434 468	12,2	75 901	31 351	44 550	175
Lias und Dogger	1991	252 931	7,1	10 961	6 118	4 843	43
	1993	252 931	7,1	11 049	5 513	5 536	44
	1995	252 931	7,1	11 402	5 373	6 029	45
Höherer Keuper	1991	258 432	7,2	20 292	11 856	8 436	79
	1993	258 432	7,2	20 233	10 983	9 250	78
	1995	258 432	7,2	19 611	9 896	9 715	76
Gipskeuper	1991	192 908	5,4	14 791	11 868	2 923	77
	1993	192 908	5,4	13 956	10 868	3 088	72
	1995	192 908	5,4	14 168	10 096	4 072	73
Muschelkalk und Lettenkeuper	1991	648 028	18,1	62 929	35 672	27 257	97
	1993	648 028	18,1	59 317	33 623	25 694	92
	1995	648 028	18,1	57 730	32 452	25 278	89
Buntsandstein und Rotliegendes	1991	364 667	10,2	41 708	13 922	27 786	114
	1993	364 667	10,2	39 402	12 697	26 705	108
	1995	364 667	10,2	39 286	11 819	27 467	108
Kristallin	1991	357 935	10,0	34 401	16 253	18 148	96
	1993	357 935	10,0	34 102	16 245	17 857	95
	1995	357 935	10,0	36 055	15 243	20 812	101

¹⁾ Gemeinden, die mehrere Grundwasserlandschaften überdecken, wurden entsprechend den Anteilen an der Gemeindefläche den Grundwasserlandschaften zugeordnet. – ²⁾ Einschließlich Uferfiltrat.

Tabelle 2

Nitratgehalt des gewonnenen Grund- und Quellwassers in den Grundwasserlandschaften Baden-Württembergs 1995

Grundwasserlandschaft	Gewonnene Wassermenge insgesamt	Darunter mit Angabe zum Nitratgehalt	Davon in der Konzentrationsgrößenklasse von . . . bis unter . . . mg/l			
			unter 25	25 – 50	50 ¹⁾ und mehr	
	1 000 m³	%				
Insgesamt	532 374	528 714	100	67,3	29,7	3,0
Davon						
Quartär/mächtiger Löß	2 537	2 537	100	74,0	19,4	6,6
Talfüllungen	31 144	30 775	100	77,0	22,1	1,0
Eiszeitliche Kiese und Sande	205 291	204 977	100	67,5	28,6	3,9
Moränen	32 524	32 490	100	55,7	42,1	2,2
Deckenschotter	1 710	1 710	100	14,7	85,2	0,1
Tertiär	5 015	5 015	100	52,3	47,7	–
Malm	75 901	75 873	100	68,5	31,3	0,2
Lias und Dogger	11 402	11 230	100	80,9	16,8	2,3
Höherer Keuper	19 611	19 596	100	74,6	25,0	0,4
Gipskeuper	14 168	13 990	100	32,3	54,3	13,4
Muschelkalk und Lettenkeuper	57 730	57 220	100	33,8	58,5	7,7
Buntsandstein und Rotliegendes	39 286	37 700	100	97,9	2,1	0,1
Kristallin	36 055	35 601	100	97,1	2,9	–

¹⁾ Grenzwert laut Trinkwasserverordnung vom 5. Dezember 1990.

starke Karstquellen aus einem ausgedehnten Hohlraumsystem von Spalten und Klüften wieder zutage. Knapp 11 % des öffentlichen Grundwasseraufkommens wurden im Muschelkalk und Lettenkeuper (57,7 Mill. m³) gewonnen. Weiterhin waren Buntsandstein und Rotliegendes, Kristallin, Moränen und Talfüllungen von Bedeutung, während trotz beträchtlicher flächenmäßiger Ausdehnung Keuper, Lias und Dogger nur verhältnismäßig wenig zur Wasserversorgung beitrugen.

Zur Darstellung der Inanspruchnahme des Grundwasserdargebots einer Hydroregion kann der sogenannte Wassergewinnungsindex herangezogen werden (Tabelle 1). Dieser zeigt das Verhältnis von gewonnener Wassermenge pro Jahr zur Fläche des Gebietes in Kubikmeter je Hektar (m³/ha). Hierbei wird ebenfalls die herausragende Bedeutung der eiszeitlichen Kiese und Sande im Rheingraben für die öffentliche Wasserversorgung deutlich. Die spezifische Wassergewinnung in dieser Grundwasserlandschaft betrug im Jahr 1995 rund 558 m³/ha. Mit 191 und 175 m³/ha wurden auch die Grundwasservorräte in den Regionen der Talfüllungen und des Malm stark beansprucht. Deckenschotter sowie Lias und Dogger wiesen indes mit 34 bzw. 45 m³/ha eine recht geringe spezifische Wassergewinnung auf.

Die Nutzung der Wasservorräte in den Hydroregionen hat seit 1991 insgesamt um knapp 33 Mill. m³ abgenommen. In den eiszeitlichen Kiesen und Sanden nahmen die Wasserentnahmen um ca. 15 Mill. m³ (– 6,8 %), im Malm um rund 7 Mill. m³ (– 8,6 %), im Muschelkalk und Lettenkeuper um etwa 5 Mill. m³ (– 8,3 %) und im Buntsandstein und Rotliegenden um 2,4 Mill. m³ (– 5,8 %) ab. Im Kristallin wurden im Unterschied dazu 1,6 Mill. m³ (+ 4,8 %) mehr Wasser als 1991 gefördert. In fast allen Hydroregionen war vor allem die Gewinnung von Grundwasser rückläufig. In neun Hydroregionen erfuhr demgegenüber die Nutzung von Quellwasser, zumindest im Vergleich zu 1993, eine Steigerung. So wurde im Kristallin die Förderung von Grundwasser um etwa 1 Mill. m³ reduziert, die Gewinnung von Quellwasser wurde dagegen um rund 2,6 Mill. m³ gesteigert. Die Bedeutung der einzelnen Grundwasserlandschaften für die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser ist im großen und ganzen jedoch unverändert geblieben.

Von den Industriebetrieben (einschließlich Energiewirtschaft) wurden 1995 rund 199 Mill. m³ Grund- und Quellwasser, eben-

falls vorwiegend in den Grundwasserlandschaften der eiszeitlichen Kiese und Sande im Rheintal und den Talfüllungen, gewonnen. Rund 70 % des gesamten Wasseraufkommens der Industrie entfielen auf diese beiden Hydroregionen. Aufgrund besonders günstiger Standortbedingungen insbesondere für wasserintensive Branchen wie chemische Industrie und Papierherstellung, die sowohl auf ein gutes Grundwasserdargebot als auch auf das Vorhandensein erheblicher Mengen Oberflächenwasser (1995 insgesamt rund 6,2 Mrd. m³ Oberflächenwassergewinnung, davon 5,8 Mrd. m³ durch die Energiewirtschaft) angewiesen sind, konzentrierte sich die Gewinnung von Grund- und Quellwasser durch die Industrie auf die eiszeitlichen Kiese und Sande und die Talfüllungen. Von den übrigen Hydroregionen war lediglich der Muschelkalk für die Industrie von Bedeutung.

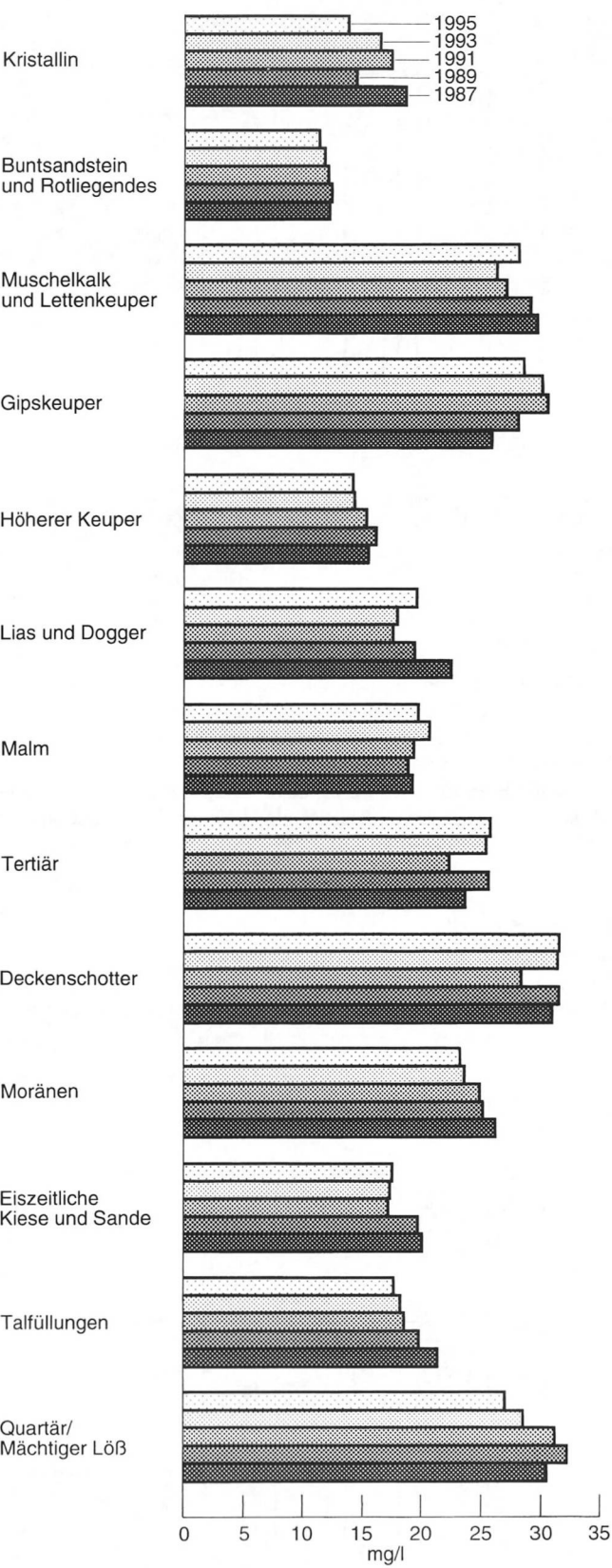
Beschaffenheit des gewonnenen Wassers

Neben quantitativen Aspekten hat die amtliche Statistik auch die Beschaffenheit des von den öffentlichen Wasserversorgungsunternehmen gewonnenen Wassers zum Inhalt. Die Angaben zur Beschaffenheit des gewonnenen Grund- und Quellwassers gehen auf die von den öffentlichen Wasserversorgungsunternehmen zur Verfügung gestellten Analysen zurück, die sich auf das nicht durch Aufbereitung, Behandlung oder Mischung veränderte Rohwasser zum Zeitpunkt der Gewinnung beziehen. Zur Beurteilung der Wasserqualität werden die für das Trinkwasser geltenden Grenzwerte der Trinkwasserverordnung von 1990 angelegt.

Im Mittelpunkt der Betrachtung der Qualität des gewonnenen Wassers steht in erster Linie Nitrat (NO₃). Belastungen mit Nitrat sind bekanntlich vorwiegend anthropogenen Ursprungs. Die wichtigsten Quellen sind Nitratauswaschung aus landwirtschaftlichen Flächen und der Stickstoffeintrag aus der Luft. Dabei ist ein tendenzieller Rückgang des unmittelbar durch die Landwirtschaft verursachten Nitrataustrags aus Agrarflächen zu beobachten. Emissionen von Ammoniak aus der Viehhaltung, Kläranlagen und Mülldeponien sowie von bei Verbrennungsvorgängen anfallenden Stickoxiden (im wesentlichen NO und NO₂), die in Form von Ammonium und Nitrat zurück auf die Erdoberfläche und häufig auch in das Grundwasser

Schaubild 2

Mittelwert der Nitratkonzentration im gewonnenen Grund- und Quellwasser*) in den Hydroregionen Baden-Württembergs 1987 bis 1995



*) Einbezogen sind 932 Anlagen, die von 1987 bis 1995 in Betrieb waren.

gelangen, nehmen jedoch zu. Obwohl für den Bereich der industriellen Wassergewinnung keine entsprechenden Daten vorliegen, vermitteln die vorhandenen Angaben zur Wasserqualität jedoch eine Vorstellung von den natürlichen (geogenen) und den vom Menschen verursachten (anthropogenen) Einflüssen auf die Grundwasserbeschaffenheit in den unterschiedlichen Hydroregionen.

Landesweit lag der gewogene Mittelwert der Nitratkonzentration im gewonnenen Grund- und Quellwasser der öffentlichen Wasserversorgungsunternehmen im Jahr 1995 bei 19 mg NO₃/l. 67 % dieses Wassers enthielten weniger als 25 mg Nitrat je Liter, 3 % allerdings 50 mg NO₃/l (Grenzwert der Trinkwasserverordnung) und mehr. Dabei lagen für den Parameter Nitrat Angaben zu annähernd 100 % der gewonnenen Wassermenge vor.

Hohe Nitratkonzentrationen traten in erster Linie in den Grundwasserlandschaften des Deckenschotter, des Gipskeuper sowie des Muschelkalk und Lettenkeuper auf (Tabelle 2). Die Formation des Deckenschotter trägt zwar in geringem Umfang zur Wassergewinnung bei, weist aber die höchsten Nitratwerte auf. Unterhalb des landesweiten Mittelwertes von 19 mg Nitrat pro Liter liegen die Durchschnittswerte der Talfüllungen, der eiszeitlichen Kiese und Sande, des Höheren Keuper, von Buntsandstein und Rotliegendem sowie im Kristallin von Schwarzwald und Odenwald.

Entwicklung der Nitratkonzentration

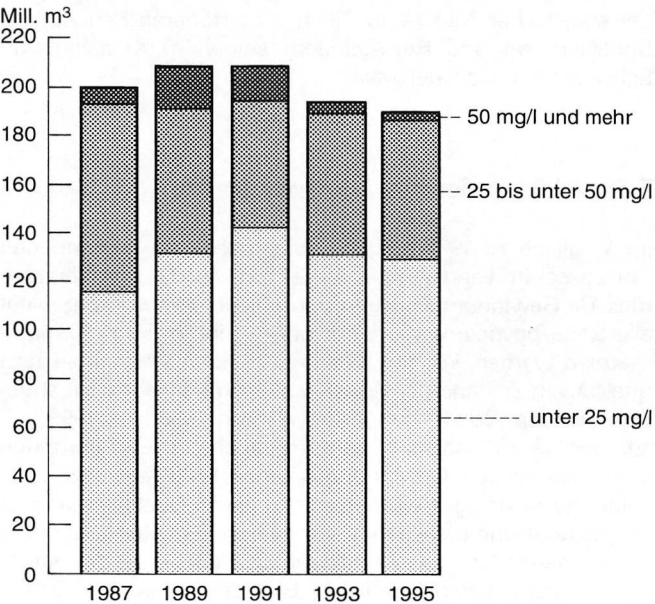
Im Vergleich zu 1987 ging der Nitratgehalt im gewonnenen Rohwasser im Landesmittel von 21 mg/l auf 19 mg/l Nitrat zurück. Da Gewinnungsanlagen mit schlechterer Wasserqualität allerdings bevorzugt stillgelegt oder in ihrem Förderumfang reduziert werden, können daraus nur bedingt Aussagen zum qualitativen Zustand der Wasservorkommen insgesamt abgeleitet werden. So wurden in den Jahren 1993 und 1994 beispielsweise 104 Anlagen, zum Teil auch nur Einzelbrunnen oder -quellen von Gewinnungsanlagen stillgelegt. Fast zwei Drittel dieser Anlagen wurden aufgrund von Qualitätsmängeln stillgelegt. Hauptursachen dafür waren Belastungen durch Mikroorganismen und/oder Nitrat. Das übrige Drittel wurde vorwiegend aus wirtschaftlichen Gründen (zu geringe Schüttung) oder wegen technischer bzw. baulicher Mängel außer Betrieb genommen. Es handelte sich dabei zu über 70 % um kleinere Anlagen, mit einer durchschnittlichen Jahresfördermenge von bis zu 50 000 m³.

932 der insgesamt 2 540 öffentlichen Gewinnungsanlagen waren jedoch von 1987 bis 1995 in Betrieb und legten regelmäßig Angaben zu den Nitratgehalten im gewonnenen Rohwasser vor. Diese Anlagen wurden für einen langjährigen Vergleich der Nitratkonzentration im dort gewonnenen Wasser herangezogen. Zusammen betrug deren Gesamtgewinnung 1995 rund 333 Mill. m³ Grund- und Quellwasser. Damit repräsentieren diese Anlagen bei der folgenden Betrachtung mehr als 60 % des gesamten Grund- und Quellwasseraufkommens der öffentlichen Wasserversorgung.

Der weitaus größte Teil (mit 190 Mill. m³ rund 57 %) des durch diese Gewinnungsanlagen geförderten Wassers stammte 1995 wiederum aus der Grundwasserregion der eiszeitlichen Kiese und Sande, knapp 9 % (29,3 Mill. m³) aus der des Muschelkalk und Lettenkeuper und rund 7 % (24,3 Mill. m³) aus dem Malm.

Der gewogene mittlere Nitratgehalt des durch diese 932 Anlagen geförderten Wassers ging gegenüber 1987 von 21 mg/l auf 19 mg/l im Jahr 1991 zurück und blieb seither gleich. 1995 enthielten 69 % (230 Mill. m³) dieses Wassers weniger als 25 mg NO₃/l und knapp 2 % (6 Mill. m³) lagen oberhalb des Grenzwertes von 50 mg/l Nitrat. Im Jahr 1987 wiesen im Vergleich dazu knapp 63 % des durch die 932 Vergleichsanlagen gewonnenen Rohwassers (226 Mill. m³) Nitratgehalte unter 25 mg/l und 3 % (11,7 Mill. m³) Werte von 50 mg/l Nitrat und mehr auf. Es zeigt sich demnach insgesamt eine rückläufige Tendenz der mittleren Nitratkonzentration im gewonnenen Grund- und Quellwasser, bezogen auf die einzelnen Grundwasserlandschaften zeichnen sich in der Entwicklung der Nitratwerte allerdings erkennbare Unterschiede ab (Schaubild 2).

Schaubild 3
Nitratgehalt im gewonnenen Wasser*) in eiszeitlichen Kiesen und Sanden in Baden-Württemberg 1987 bis 1995 nach Konzentrationsgrößenklassen



*) Einbezogen sind 932 Anlagen, die von 1987 bis 1995 in Betrieb waren.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

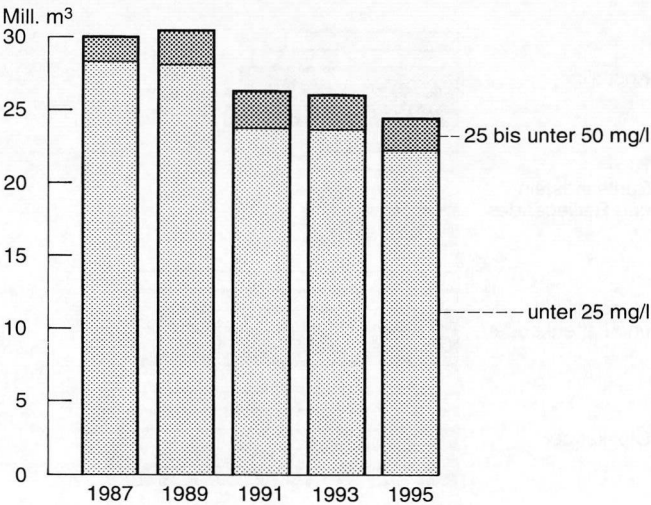
352 97

Regional unterschiedliche Entwicklung

68 % des 1995 in eiszeitlichen Kiesen und Sanden geförderten Wassers enthielten weniger als 25 mg/l Nitrat (Schaubild 3). Dieser Anteil nahm im Vergleich mit 1987 zwar zu, lag in den Zwischenjahren jedoch schon höher. Der Wasseranteil mit einem Nitratgehalt von 50 mg NO₃/l und darüber nahm gegenüber dem Ende der 80er Jahre deutlich ab. Der mittlere Nitratwert war hier ebenfalls eindeutig rückläufig (Tabelle 3).

Im Malm (91 %), im Höheren Keuper (92 %), im Buntsandstein (97 %) und Kristallin (94 %) wies 1995 der weitaus überwiegende Teil der geförderten Wassermenge einen Nitratgehalt von unter 25 mg NO₃/l auf (Schaubild 4). Im Muschelkalk, Deckenschotter und Gipskeuper lagen die Nitratgehalte hauptsächlich über 25 mg NO₃/l (Schaubild 5).

Schaubild 4
Nitratgehalt im gewonnenen Wasser*) im Malm in Baden-Württemberg 1987 bis 1995 nach Konzentrationsgrößenklassen



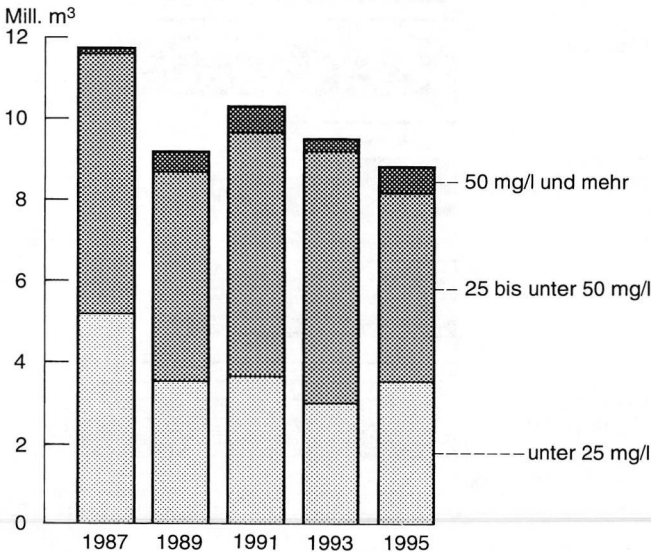
*) Einbezogen sind 932 Anlagen, die von 1987 bis 1995 in Betrieb waren.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

353 97

Im Vergleich zu 1987 wiesen die Regionen des Deckenschotter, des Tertiär, Malm und Gipskeuper ansteigende mittlere Nitratkonzentrationen auf, während die Nitratwerte in den übrigen Hydroregionen rückläufig waren. Verglichen mit dem Jahr 1993 gab es in den Formationen von Lias und Dogger sowie Muschelkalk und Lettenkeuper einen deutlichen Anstieg der

Schaubild 5
Nitratgehalt im gewonnenen Wasser*) im Gipskeuper in Baden-Württemberg 1987 bis 1995 nach Konzentrationsgrößenklassen



*) Einbezogen sind 932 Anlagen, die von 1987 bis 1995 in Betrieb waren.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

354 97

Tabelle 3
Nitratgehalt des gewonnenen Grund- und Quellwassers¹⁾ in den Grundwasserlandschaften Baden-Württembergs
1987 bis 1995

Grundwasserlandschaft	Jahr	Jahresför- dermenge	Darunter Wasser- menge mit Angabe zu Nitrat		Davon in der Konzentrationsgrößenklasse von . . . bis unter . . . mg/l						Gewogener Nitratgehalt
					unter 25		25 – 50		50 ¹⁾ und mehr		
		1 000 m³	%	1 000 m³	%	1 000 m³	%	1 000 m³	%	mg/l	
Insgesamt	1987	361 679	361 647	100	226 292	62,6	123 682	34,2	11 673	3,2	21,1
	1989	369 959	369 777	100	241 829	65,4	105 146	28,4	22 802	6,2	20,5
	1991	369 461	369 042	100	254 287	68,9	96 274	26,1	18 481	5,0	19,0
	1993	348 827	348 810	100	243 046	69,7	98 598	28,3	7 166	2,1	19,0
	1995	333 432	332 908	100	230 099	69,1	96 608	29,0	6 201	1,9	19,0
Davon											
Quartär/mächtiger Löß	1987	1 648	1 648	100	726	44,1	922	55,9	–	–	30,5
	1989	1 784	1 784	100	1 070	60,0	407	22,8	307	17,2	32,3
	1991	1 947	1 947	100	855	43,9	811	41,7	281	14,4	31,2
	1993	1 863	1 863	100	873	46,9	764	41,0	226	12,1	28,6
	1995	1 701	1 701	100	1 183	69,5	350	20,6	168	9,9	27,1
Talfüllungen	1987	20 904	20 904	100	13 655	65,3	6 320	30,2	929	4,4	21,3
	1989	20 596	20 596	100	12 974	63,0	7 128	34,6	494	2,4	19,8
	1991	20 945	20 945	100	14 936	71,3	5 929	28,3	80	0,4	18,6
	1993	19 724	19 724	100	14 654	74,3	5 070	25,7	–	–	18,3
	1995	17 754	17 754	100	13 238	74,6	4 516	25,4	–	–	17,7
Eiszeitliche Kiese und Sande	1987	200 405	200 405	100	116 244	58,0	77 168	38,5	6 993	3,5	20,0
	1989	209 179	209 030	100	131 983	63,1	59 354	28,4	17 693	8,5	19,7
	1991	209 749	209 330	100	142 837	68,2	52 253	25,0	14 240	6,8	17,2
	1993	194 633	194 633	100	131 845	67,7	58 100	29,9	4 688	2,4	17,3
	1995	190 284	189 970	100	129 713	68,3	56 992	30,0	3 265	1,7	17,5
Moränen	1987	18 961	18 961	100	10 203	53,8	7 760	40,9	998	5,3	26,2
	1989	19 219	19 219	100	11 467	59,7	6 760	35,2	992	5,2	25,2
	1991	18 697	18 697	100	10 291	55,0	7 210	38,6	1 196	6,4	24,8
	1993	18 909	18 909	100	12 338	65,2	5 670	30,0	901	4,8	23,6
	1995	17 350	17 316	100	10 800	62,4	5 890	34,0	626	3,6	23,2
Deckenschotter über obere Süßwassermolasse	1987	1 110	1 110	100	513	46,2	597	53,8	–	–	30,9
	1989	1 139	1 139	100	157	13,8	982	86,2	–	–	31,4
	1991	1 213	1 213	100	614	50,6	599	49,4	–	–	28,4
	1993	1 165	1 165	100	116	10,0	1 048	90,0	1	0,1	31,4
	1995	1 221	1 221	100	149	12,2	1 071	87,7	1	0,1	31,5
Tertiär	1987	3 671	3 671	100	1 811	49,3	1 758	47,9	102	2,8	23,6
	1989	3 989	3 989	100	2 000	50,1	1 989	49,9	–	–	25,6
	1991	4 437	4 437	100	2 343	52,8	2 094	47,2	–	–	22,3
	1993	4 476	4 476	100	2 159	48,2	2 317	51,8	–	–	25,4
	1995	4 388	4 388	100	1 998	45,5	2 390	54,5	–	–	25,7
Malm	1987	30 159	30 159	100	28 397	94,2	1 762	5,8	–	–	19,2
	1989	30 513	30 513	100	28 118	92,2	2 362	7,7	33	0,1	18,8
	1991	26 417	26 417	100	23 891	90,4	2 493	9,4	33	0,1	19,3
	1993	26 137	26 137	100	23 758	90,9	2 346	9,0	33	0,1	20,7
	1995	24 336	24 336	100	22 207	91,3	2 098	8,6	31	0,1	19,7
Lias und Dogger	1987	5 212	5 212	100	3 197	61,3	1 954	37,5	61	1,2	22,5
	1989	5 023	5 023	100	3 686	73,4	1 280	25,5	57	1,1	19,4
	1991	5 452	5 452	100	4 539	83,3	897	16,5	16	0,3	17,6
	1993	4 889	4 889	100	4 094	83,7	795	16,3	–	–	17,9
	1995	4 830	4 830	100	3 370	69,8	1 310	27,1	150	3,1	19,6
Höherer Keuper	1987	9 665	9 665	100	7 842	81,1	1 822	18,9	1	0,0	15,5
	1989	9 437	9 437	100	7 661	81,2	1 776	18,8	–	–	16,2
	1991	9 396	9 396	100	7 964	84,8	1 427	15,2	5	0,1	15,3
	1993	8 681	8 681	100	7 937	91,4	744	8,6	–	–	14,3
	1995	7 657	7 657	100	7 020	91,7	637	8,3	–	–	14,2
Gipskeuper	1987	11 780	11 780	100	5 196	44,1	6 412	54,4	172	1,5	25,9
	1989	9 166	9 166	100	3 507	38,3	5 156	56,3	503	5,5	28,1
	1991	10 288	10 288	100	3 631	35,3	6 017	58,5	640	6,2	30,5
	1993	9 509	9 509	100	2 968	31,2	6 227	65,5	314	3,3	30,1
	1995	8 897	8 835	100	3 511	39,7	4 652	52,7	672	7,6	28,6
Muschelkalk und Lettenkeuper	1987	30 835	30 835	100	12 919	41,9	15 499	50,3	2 417	7,8	29,7
	1989	31 573	31 573	100	12 341	39,1	16 509	52,3	2 723	8,6	29,1
	1991	32 094	32 094	100	15 059	46,9	15 045	46,9	1 990	6,2	27,1
	1993	31 076	31 059	100	15 729	50,6	14 327	46,1	1 003	3,2	26,2
	1995	29 281	29 221	100	12 380	42,4	15 553	53,2	1 288	4,4	28,0
Buntsandstein und Rotliegendes	1987	11 458	11 426	100	10 936	95,7	490	4,3	–	–	12,2
	1989	11 737	11 704	100	10 853	92,7	851	7,3	–	–	12,4
	1991	12 801	12 801	100	12 149	94,9	652	5,1	–	–	12,1
	1993	11 810	11 810	100	11 473	97,1	337	2,9	–	–	11,7
	1995	10 826	10 787	100	10 480	97,2	307	2,8	–	–	11,4
Kristallin	1987	15 871	15 871	100	14 653	92,3	1 218	7,7	–	–	18,6
	1989	16 604	16 604	100	16 012	96,4	592	3,6	–	–	14,4
	1991	16 025	16 025	100	15 178	94,7	847	5,3	–	–	17,5
	1993	15 955	15 955	100	15 102	94,7	853	5,3	–	–	16,5
	1995	14 907	14 892	100	14 050	94,3	842	5,7	–	–	13,8

¹⁾ Einbezogen sind 932 Gewinnungsanlagen der öffentlichen Wasserversorgung, die von 1987 bis 1995 in Betrieb waren. – ¹⁾ Grenzwert laut Trinkwasserverordnung vom 5. Dezember 1990.

gewogenen Nitratwerte. Auch in den für die öffentliche Trinkwasserversorgung bedeutsamen eiszeitlichen Kiesen und Sanden in der Rheinebene wurde zuletzt seit 1991 im Mittel wieder eine leichte Erhöhung der Nitratkonzentration im gewonnenen Wasser registriert.

Median der Nitratkonzentration

Der bisher verwendete Wert für die mittlere Nitratkonzentration ist in der vorliegenden Darstellung allerdings über die gewonnene Rohwassermenge gewichtet, die durch die zum Meßwert gehörige Anlage gefördert wurde. Es handelt sich also nicht um einen arithmetischen Mittelwert. Dieser gewogene Mittelwert ist daher zum einen von der gewonnenen Wassermenge beeinflusst und andererseits relativ empfindlich gegenüber Extremwerten. Im folgenden wird deshalb der Medianwert, auch Zentralwert genannt, betrachtet, der im Gegensatz dazu von Extremwerten völlig unbeeinflusst bleibt, da er eine der Größe nach geordnete Reihe von Meßwerten halbiert. Das heißt, 50 % der Meßwerte liegen über und 50 % der Meßwerte unter dem Medianwert.

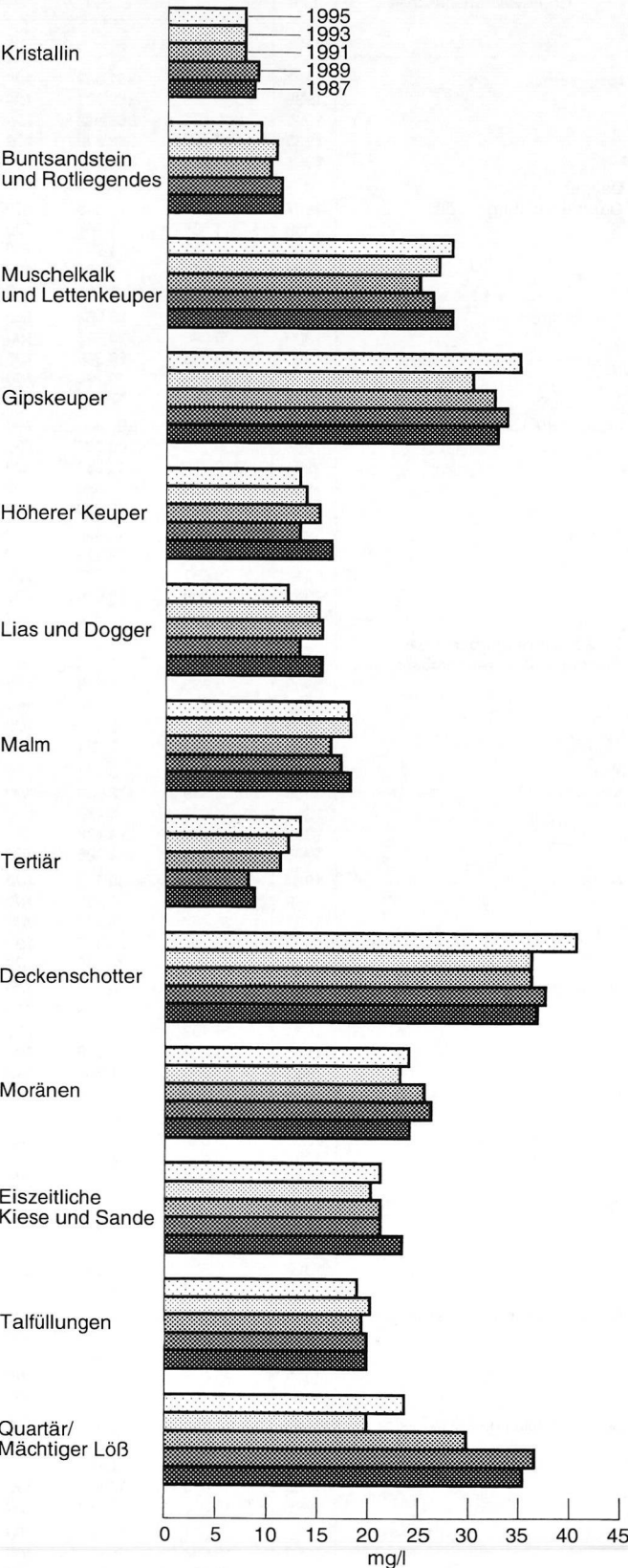
Die Entwicklung der Medianwerte der Nitratkonzentration im gewonnenen Grund- und Quellwasser der 932 Vergleichsanlagen ist in *Schaubild 6* dargestellt. Gegenüber 1987 zeigt sich landesweit eine leichte Abnahme der Medianwerte, seit 1991 liegt der Landeswert unverändert bei 20,5 mg NO₃/l. In den einzelnen Hydroregionen ist jedoch in den 90er Jahren eine unterschiedliche Entwicklung zu beobachten. Verglichen mit dem Jahr 1993 nahm der Medianwert der Nitratgehalte im Quartär, in den eiszeitlichen Kiesen und Sanden, den Moränen, Deckenschotter, Tertiär, Gipskeuper und Muschelkalk zu. Abnahmen waren in den Talfüllungen, im Malm, in Lias und Dogger, Höherem Keuper und Buntsandstein zu verzeichnen. Die mit Abstand höchsten Medianwerte der Nitratkonzentration im Jahr 1995 traten im Deckenschotter (40,4 mg/l) auf – mit einer Zunahme von immerhin 4,4 mg/l im Vergleich zu 1993. In den eiszeitlichen Kiesen und Sanden stieg der Median der Nitratkonzentration nach einer deutlichen Abnahme bis 1993 im Jahr 1995 wieder auf den 91er Wert an. Im Gipskeuper wies der Median nach sinkenden Nitratwerten gegenüber 1993 einen merklichen Anstieg auf 34,8 mg/l (+ 4,7 mg/l) aus, während der Mittelwert seit 1991 rückläufig war. Im Lias und Dogger nahmen die Medianwerte seit 1991 dagegen deutlich ab. Die im Gegensatz dazu steigenden Mittelwerte im gewonnenen Grund- und Quellwasser des Lias und Dogger weisen demnach auf hohe Nitratkonzentrationen im gewonnenen Wasser einzelner Anlagen hin. Auch die deutlichen Niveauunterschiede zwischen Mittelwert und Median in den Grundwasserlandschaften des Kristallin, des Tertiär und des Deckenschotter lassen auf einzelne hohe Nitratgehalte schließen. So liegt der zentrale Nitratwert im Kristallin seit 1991 unverändert bei nur 7,5 mg/l, während der Mittelwert von 17,5 mg/l (1991) auf 13,8 mg/l (1995) zurückging.

Insgesamt ist der rückläufige Trend des Medians der Nitratkonzentration wesentlich geringer ausgeprägt als der des gewogenen Mittelwertes, welcher allerdings hohe Nitratmeßwerte stärker berücksichtigt.

Weitere Beschaffenheitsparameter

Ebenfalls durch den Menschen verursacht wird das Vorhandensein von Pflanzenbehandlungsmitteln im Grundwasser.

Schaubild 6
Medianwert der Nitratkonzentration im gewonnenen Grund- und Quellwasser*) in den Hydroregionen Baden-Württembergs 1987 bis 1995



*) Einbezogen sind 932 Anlagen, die von 1987 bis 1995 in Betrieb waren.

Tabelle 4
Desethylatrazingehalt des gewonnenen Grund- und Quellwassers in den Grundwasserlandschaften
Baden-Württembergs 1995

Grundwasserlandschaft	Gewonnene Wassermenge insgesamt	Darunter mit Angabe zum Desethylatrazingehalt	Davon in der Konzentrationsgrößenklasse von . . . bis unter . . . µg/l			
			unter 0,06 ¹⁾	0,06 – 0,10	0,10 ²⁾ und mehr	
	1 000 m³	%				
Insgesamt	532 374	488 300	100	87,2	5,4	7,4
Davon						
Quartär/mächtiger Löß	2 537	2 052	100	100,0	–	–
Talfüllungen	31 144	26 240	100	92,8	5,2	2,0
Eiszeitliche Kiese und Sande	205 291	198 274	100	88,1	9,1	2,8
Moränen	32 524	31 222	100	94,6	2,3	3,2
Deckenschotter	1 710	1 324	100	96,1	–	3,9
Tertiär	5 015	4 439	100	51,0	–	49,0
Malm	75 901	70 912	100	65,3	2,6	32,1
Lias und Dogger	11 402	9 411	100	92,3	4,8	2,8
Höherer Keuper	19 611	15 716	100	89,6	9,4	1,0
Gipskeuper	14 168	12 394	100	98,7	0,7	0,5
Muschelkalk	57 730	49 509	100	88,0	4,6	7,4
Buntsandstein und Rotliegendes	39 286	35 522	100	99,9	0,1	0,0
Kristallin	36 055	31 285	100	99,9	–	0,1

¹⁾ Einschließlich der Wassermengen, in denen Desethylatrazin nicht nachweisbar war. – ²⁾ Grenzwert laut Trinkwasserverordnung vom 5. Dezember 1990.

Im Vordergrund stehen dabei die Herbizide aus der Stoffgruppe der Triazine, darunter Atrazin und dessen Abbauprodukt Desethylatrazin. Belastungen mit Pflanzenschutzmitteln traten 1995 vor allem im Tertiär auf, überwiegend durch Desethylatrazin. Dort enthielten 49 % des gesamten Grundwasserkommens 0,1 µg Desethylatrazin pro Liter und mehr (Grenzwert der Trinkwasserverordnung), betroffen waren 26 % der Gewinnungsanlagen. Im Malm der Schwäbischen Alb wiesen rund 30 % des Wassers (knapp 9 % der Anlagen) Atrazinkonzentrationen von 0,1 µg/l und mehr und 32 % des Wassers (11 % der Anlagen) Desethylatrazinwerte der gleichen Größenordnung auf. Im Vergleich zu den Vorjahren stieg der Pflanzenschutzmittelgehalt im Tertiär weiter an, von 0,09 µg/l im Jahr 1991 auf 0,12 µg/l im Jahr 1995. Im Malm dagegen gingen die Werte gegenüber 1993 (0,11 µg/l) wieder auf 0,08 µg/l zurück. Abgesehen von diesen beiden Hydroregionen veränderten sich die gewogenen Mittelwerte der Pflanzenschutzmittelkonzentration in den Grundwasserlandschaften kaum (Landeswert: 0,06 µg/l), die Medianwerte sind seit 1987 unverändert (Tabelle 4).

Bei den hauptsächlich natürlich bedingten Parametern Säuregehalt (pH-Wert) und Gesamthärte fielen zwischen den einzelnen Grundwasserlandschaften ebenfalls Unterschiede auf. Insbesondere im Kristallin sowie im Buntsandstein und Rotliegenden wurde die Wasserqualität durch hohe Säuregehalte mit pH-Werten unterhalb des Grenzwertes von 6,5 gemindert. Dies betraf in beiden Hydroregionen jeweils rund 36 % der Wassermenge. Der Medianwert des pH-Wertes lag im Kristallin 1995 bei 6,7, im Buntsandstein dagegen bei 7,3.

Im Muschelkalk und im Gipskeuper wurde dagegen sehr hartes Wasser mit Härtegraden von mehr als 21, oft sogar 28 und

mehr deutschen Härtegraden gewonnen. Auch das Wasser aus den eiszeitlichen Kiesen und Sanden wies im Mittel (20° dH) hohe Härtegrade auf.

Als geogen bedingte Parameter unterlagen pH-Wert und Gesamthärte seit Ende der 80er Jahre kaum Veränderungen, was sowohl bei der Betrachtung der gewogenen Mittelwerte als auch der Medianwerte deutlich wird.

Zusammenfassung

Die vorangegangenen Betrachtungen zeigen, daß seit 1987 zwar insgesamt tendenziell rückläufige Nitratkonzentrationen im gewonnenen Grund- und Quellwasser der öffentlichen Wasserversorgung zu beobachten sind, seit 1991 stagnieren die Werte jedoch bei 19 mg NO₃/l. In den einzelnen Grundwasserlandschaften zeichnen sich bei der Entwicklung der Nitratwerte (gewogene Mittelwerte und Medianwerte) im Rohwasser zudem deutliche Unterschiede ab. Parameter wie der Gehalt an Pflanzenschutzmitteln, pH-Wert und Härtegrad zeigten dagegen nur wenig Veränderung. Die vorliegenden Daten zur Rohwasserbeschaffenheit liefern damit wichtige Hinweise auf die Beschaffenheit der für die öffentliche Wasserversorgung genutzten Grundwasservorräte. Stilllegungen von Gewinnungsanlagen und Verlagerung der Wassergewinnung in tiefergelegene, weniger belastete Grundwasserstockwerke sowie verstärkter Einsatz von Aufbereitungsmaßnahmen sind jedoch Hinweise auf weiterhin bestehende Probleme mit vor allem anthropogen verursachten Verunreinigungen im Grundwasser.

Steffi Krenzke