

Abhandlungen des Geologischen Landesamts Baden-Württemberg

Heft 1 (1953): F. KIRCHHEIMER: Weitere Untersuchungen über das Vorkommen von Uran im Schwarzwald. – 60 S., 4 Abb., 3 Taf., 5 Kart.	DM 7,-
Heft 2 (1957): F. KIRCHHEIMER: Bericht über das Vorkommen von Uran in Baden-Württemberg. – 127 S., 12 Abb., 6 Taf., 1 Karte	vergriffen
Heft 3 (1959): F. KIRCHHEIMER: Über radioaktive und uranhaltige Thermalsedimente, insbesondere von Baden-Baden. – 67 S., 9 Abb., 7 Taf.	DM 10,-
Heft 4 (1962): Erdöl am Oberrhein. – 136 S., 57 Abb.	DM 10,-
Heft 5 (1964): A. SCHAD: Feingliederung des Miozäns und die Deutung der nach-oligozänen Bewegungen im Mittleren Rheingraben. – 56 S., 4 Abb., 8 Taf.	DM 12,-
Heft 6 (1967): The Rhinegraben Progress Report 1967, Ed. by J. P. Rothe and K. Sauer for the International Rhinegraben Research Group. Freiburg i.Br., Straßburg 1967. – 148 S., 139 Abb., 6 Taf.	vergriffen
Heft 7 (1972): J. BARTZ & W. KÄSS: Heizölversickerungsversuche in der Oberrheinebene. – 65 S., 37 Abb., 4 Tab.	DM 6,-
Heft 8 (1978): Karsthydrologische Studien im Oberen Jura der Schwäbischen Alb und unter der Molasse Oberschwabens. – 165 S., 38 Abb., 21 Tab.	DM 20,-
Heft 9 (1980): W. OHMERT & A. ZEISS: Ammoniten aus den Hangenden Bankkalken (Unter-Tithon) der Schwäbischen Alb. – 50 S., 3 Abb., 14 Taf.	DM 35,-
Heft 10 (1982): O. MAÜSSNEST & A. SCHREINER: Karte der Vorkommen von Vulkangesteinen im Hegau. – 48 S., 1 Karte	vergriffen
Heft 11 (1985): Hydrogeologie in Baden-Württemberg. – 203 S., 56 Abb., 16 Tab., 3 Beil.	DM 50,-
Heft 12 (1986): B. BERTLEFF: Das Strömungssystem der Grundwässer im Malm-Karst des West-Teils des süddeutschen Molassebeckens. – 271 S., 64 Abb., 15 Tab., 8 Anl.	DM 40,-
Heft 13 (1989): Der Malm in der Geothermiebohrung Saulgau GB 3. – 198 S., 47 Abb., 6 Tab., 12 Taf., 1 Beil.	DM 30,-

Jahreshefte des Geologischen Landesamts Baden-Württemberg

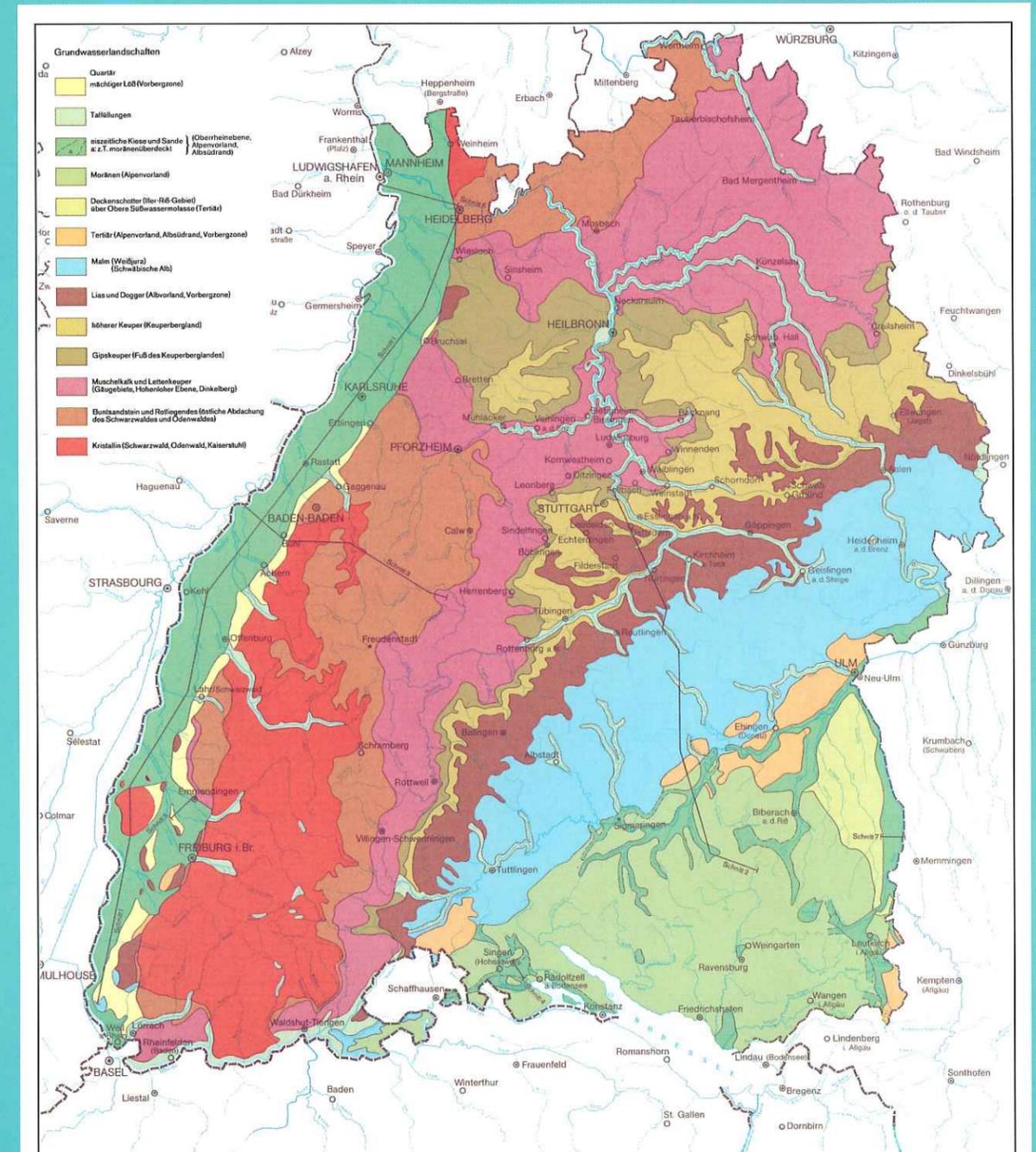
Band 1: 1955, 608 S., 46 Abb., 16 Taf., 2 Tab.	DM 22,-
Band 2: 1957, 428 S., 62 Abb., 9 Taf., 22 Tab.	DM 20,-
Band 3: 1958, 460 S., 47 Abb., 4 Taf., 1 Tab.	DM 20,-
Band 4: 1960, 535 S., 51 Abb., 6 Taf., 18 Tab.	DM 20,-
Band 5: 1961, 350 S., 33 Abb., 26 Taf., 24 Tab.	DM 20,-
Band 6: 1963, 622 S., 103 Abb., 44 Taf.	DM 30,-
Band 7: 1965, 682 S., 115 Abb., 37 Taf., 36 Tab.	DM 30,-
Band 8: 1966, 323 S., 69 Abb., 23 Taf., 51 Tab.	DM 30,-
Band 9: 1967, 104 S., 10 Abb., 2 Taf., 13 Tab.	DM 15,-
Band 10: 1968, 178 S., 28 Abb., 7 Taf., 22 Tab.	DM 15,-
Band 11: 1969, 308 S., 48 Abb., 18 Taf.	DM 30,-
Band 12: 1970, 274 S., 50 Abb., 13 Taf.	DM 30,-
Band 13: 1971, 253 S., 43 Abb., 13 Taf.	DM 30,-
Band 14: 1972, 253 S., 37 Abb., 13 Taf.	DM 30,-
Band 15: 1973, 302 S., 61 Abb., 5 Taf.	DM 30,-
Band 16: 1974, 158 S., 26 Abb., 6 Taf.	DM 30,-
Band 17: 1975, 255 S., 20 Abb., 1 Taf.	DM 30,-
Band 18: 1976, 178 S., 26 Abb., 7 Taf., 1 Karte	DM 30,-
Band 19: 1977, 217 S., 89 Abb., 1 Taf., 17 Tab., 1 Karte	DM 20,-
Band 20: 1978, 124 S., 23 Abb., 3 Taf., 7 Tab., 1 Karte	DM 20,-
Band 21: 1979, 159 S., 27 Abb., 2 Taf., 13 Tab.	DM 40,-
Band 22: 1981 (Angewandte Geologie in Baden-Württemberg), 239 S., 56 Abb., 5 Taf., 28 Tab.	DM 65,-
Band 23: 1981, 130 S., 24 Abb., 31 Tab.	DM 40,-
Band 24: 1982, 165 S., 28 Abb., 4 Taf., 4 Tab.	DM 40,-
Band 25: 1983, 281 S., 64 Abb., 5 Taf., 4 Tab.	DM 50,-
Band 26: 1984, 222 S., 41 Abb., 6 Taf., 6 Tab.	DM 50,-
Band 27: 1985, 143 S., 22 Abb., 5 Tab.	DM 30,-
Band 28: 1986, 362 S., 74 Abb., 7 Taf., 16 Tab., 3 Beil.	DM 60,-
Band 29: 1987, 282 S., 90 Abb., 14 Tab., 5 Beil.	DM 50,-
Band 30: 1988, 541 S., 182 Abb., 29 Taf., 19 Tab., 17 Beil.	DM 95,-
Band 31: 1989, 242 S., 50 Abb., 5 Taf., 2 Tab.	DM 40,-
Band 32: 1990, 256 S., 65 Abb., 7 Taf., 14 Tab.	DM 40,-
Register für 1955–1986, 38 S., 1 Abb.	DM 8,-

INFORMATIONEN

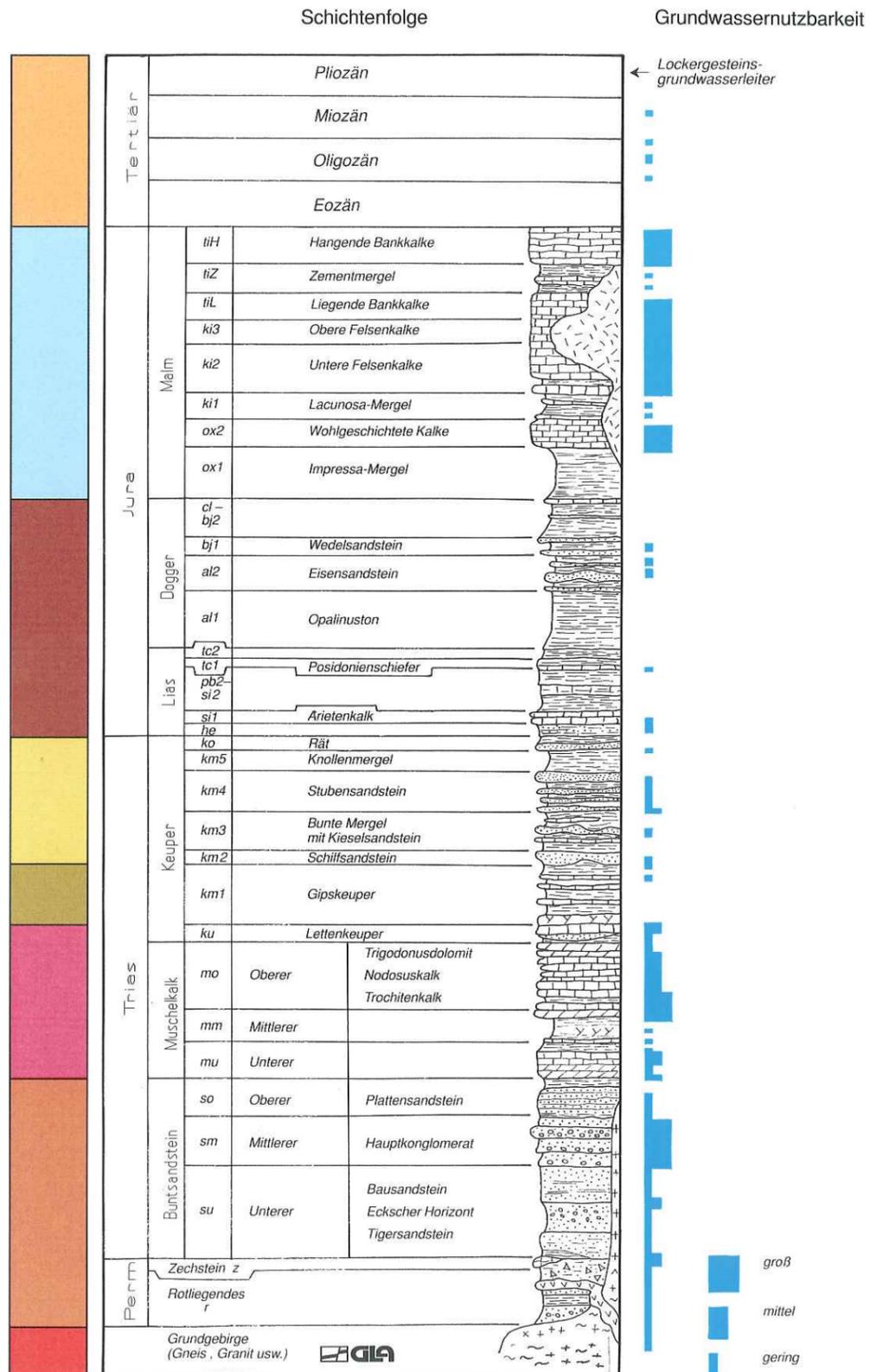


2

**Geologisches Landesamt
Baden-Württemberg**



Festgesteinsgrundwasserleiter in Baden-Württemberg



Grundwasser und Gesteinsabbau

Inhalt

	Seite
Hydrogeologische Kriterien für die Abgrenzung von Wasserschutzgebieten in Baden-Württemberg	5
Festgesteinsabbau und Grundwasserschutz	22
Hydrogeologische Kartierung in Baden-Württemberg	32

Freiburg i.Br. 1991

Vorwort

Das Geologische Landesamt Baden-Württemberg untersucht eine Vielzahl hydrogeologischer Fragestellungen, führt hydrogeologische Kartierungen durch und sucht Grundwasservorkommen und mineralische Rohstoffe auf. Es betreibt damit langfristige Daseinsvorsorge für die Bürger des Landes.

Bei der Nutzung des Landesterritoriums entstehen vielfältige Interessenüberschneidungen, die dazu führen, daß Behörden kritische Entscheidungen treffen müssen. Das Geologische Landesamt liefert dafür wesentliche Entscheidungsgrundlagen, z. B. durch hydrogeologische Gutachten zur Abgrenzung von Wasserschutzgebieten. In diesem Heft werden die dafür verbindlichen Kriterien und Richtlinien erstmals zusammenfassend dargestellt und einer breiteren Öffentlichkeit bekanntgemacht.

Die Zusammenhänge zwischen Grundwasserschutz und Festgesteinsabbau werden in einem zweiten Aufsatz mit dem Ziel behandelt, die Gefährdung des Grundwassers durch den Gesteinsabbau möglichst zu verringern und die Versorgung der einheimischen Industrie mit natürlichen mineralischen Rohstoffen zu sichern.

Die bisher ausgeführten Hydrogeologischen Kartierungen werden kurz mitgeteilt.

Daß das zweite Heft dieser Schriftenreihe ausschließlich hydrogeologischen Fragen gewidmet ist, unterstreicht die Bedeutung praxisorientierter Themen in der Arbeit des Geologischen Landesamts.

Prof. Dr. Bernhard Damm
Präsident des Geologischen Landesamts
Baden-Württemberg

ISSN 0940-0834

Herausgeber: Geologisches Landesamt Baden-Württemberg
Albertstraße 5, D-7800 Freiburg i. Br.
Telefon (0761) 204-2531

Redaktion: Priv.-Doz. Dr. Diethard H. STORCH

Bearbeiter und technische Mitarbeiter dieses Heftes:
J. CROCOLL, Prof. Dr. B. DAMM, R. DUFNER, Dr. J. LEIBER,
Dr. W. SCHLOZ, H. SCHOPP, Dr. D. H. STORCH, Dr. E. VILLINGER

Satz, Gestaltung: Geologisches Landesamt Baden-Württemberg

Druck: Druckerei und Verlag GmbH Steinmann
Rimsinger Weg 1, D-7800 Freiburg i. Br.

Mai 1991

Hydrogeologische Kriterien für die Abgrenzung von Wasserschutzgebieten in Baden-Württemberg

Inhalt

	Seite
1 Einleitung	6
2 Reichweite des Wasserschutzgebiets	7
2.1 Problemstellung	7
2.2 Vorgehen bei Einzugsgebieten mit großer Ausdehnung	8
2.3 Vorgehen bei Grundwasserleitern mit Grundwasserzuström aus Nachbargebieten oder infiltrierenden Oberflächengewässern	8
2.4 Vorgehen bei Grundwasserleitern mit über- oder unterlagernden, einspeisenden Grundwasserstockwerken	9
3 Unterteilung der Weiteren Schutzzone (Zone III)	10
3.1 Grundlage	10
3.2 Porengrundwasserleiter	10
3.3 Karstgrundwasserleiter und vergleichbare Kluftgrundwasserleiter	11
4 Zur Dimensionierung der Engeren Schutzzone (Zone II)	12
4.1 Zur Frage einer Unterteilung	12
4.2 Zur Dimensionierung bei Porengrundwasserleitern und vergleichbaren Kluftgrundwasserleitern	12
4.3 Zur Dimensionierung bei Karstgrundwasserleitern und vergleichbaren Kluftgrundwasserleitern	13
5 Sonderfälle	14
5.1 Verzicht auf Zone II oder III	14
5.2 Extrem schmale, sehr langgestreckte Neubildungsfläche	14
6 Grundregeln zur Bemessung der Schutzzonen	16
6.1 Vorbemerkung	16
6.2 Porengrundwasserleiter und vergleichbare Kluftgrundwasserleiter	16
6.3 Karstgrundwasserleiter und vergleichbare Kluftgrundwasserleiter	16
7 Anmerkungen und Erläuterungen	19
Literatur	21

1 Einleitung

In Baden-Württemberg erfolgt die fachliche Abgrenzung von Wasserschutzgebieten durch die Wasserwirtschaftsverwaltung auf der Grundlage hydrogeologischer Gutachten des Geologischen Landesamts, in denen Vorschläge bzw. Empfehlungen zur Bemessung der einzelnen Schutzzonen unterbreitet werden. Das wasserrechtliche Verfahren zur Festsetzung eines fachtechnisch abgegrenzten Wasserschutzgebiets wird danach von der zuständigen Wasserrechtsbehörde (Landratsamt, Stadtkreisverwaltung, Regierungspräsidium) durchgeführt.

Grundlagen für die Vorschläge zur Abgrenzung von Wasserschutzgebieten durch das Geologische Landesamt Baden-Württemberg sind die „Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete, 1. Teil, Schutzgebiete für Grundwasser“ des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches (DVGW, Arbeitsblatt W 101, 1975; Neufassung in Bearbeitung), der sogenannte Schutzgebietserlaß des Innenministeriums bzw. des früheren Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg (1969; Entwurf einer Neufassung 1981; Neubearbeitung im Gang) und vor allem die von einer Arbeitsgruppe von Hydrogeologen der Geologischen Landesämter erarbeitete, im Geologischen Jahrbuch 1984 erschienene Veröffentlichung „Hydrogeologische Kriterien bei der Bemessung von Wasserschutzgebieten für Grundwasserfassungen“ (BOLSENKÖTTER et al. 1984). Deren Grundzüge werden in Baden-Württemberg bereits seit 1980 angewendet (interne „Hydrogeologische Leitlinien für die Ausweisung von Wasserschutzgebieten in Baden-Württemberg“ vom April 1980).

Dabei hat sich in den letzten Jahren gezeigt, daß diese Grundlagen vor allem in folgenden Punkten ergänzungsbedürftig sind:

- einheitliche Bestimmung der erforderlichen Reichweite von Wasserschutzgebieten für Fassungen mit weit ausgedehnten Einzugsgebieten,
- Unterteilung und Dimensionierung der Weiteren Schutzzone (Zone III),
- Unterteilung und Dimensionierung der Engeren Schutzzone (Zone II).

Das Geologische Landesamt hat deshalb 1988/89 eine interne Richtlinie erarbeitet, die diesen Gesichtspunkten, bezogen auf die speziellen hydrogeologischen Verhältnisse in Baden-Württemberg, Rechnung trägt. Ihre letzte Fassung vom Februar 1989 hat den Titel „Ergänzende hydrogeologische Kriterien zur Abgrenzung von Wasserschutzgebieten in Baden-Württemberg“. Sie wird seither mit Zustimmung der Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes (Ministerium für Umwelt, Regierungspräsidien) im Rahmen des 1989 angelaufenen, zunächst auf 5 Jahre bemessenen, sogenannten Wasserschutzgebietsprogramms bei der Abgrenzung von Wasserschutzgebieten in Baden-Württemberg durch das Geologische Landesamt angewendet.

Im Hinblick auf Besonderheiten bei der Ausweisung von Wasserschutzgebieten vor allem in der Rheinebene erfuhr diese Richtlinie im Juli 1989 eine mit den hier zuständigen Regierungspräsidien Freiburg i. Br. und Karlsruhe abgestimmte Ergänzung.

Mit dem nachfolgenden Text der Kapitel 2–5 wird die interne Richtlinie vom Februar 1989, geringfügig fortgeschrieben und mit den Ergänzungen vom Juli 1989 versehen (Kap. 5.2), auch interessierten Fachkreisen außerhalb des Geologischen Landesamts zugänglich gemacht. Zusätzlich sind als Kapitel 6 die weiterhin angewendeten, im wesentlichen aus BOLSENKÖTTER et al. (1984: Kap. 3.4 und 5.2) übernommenen Grundregeln zur Bemessung der einzelnen Schutzzonen angefügt. Damit sind in dieser Schrift alle maßgebenden Kriterien für die Ausweisung von Wasserschutzgebieten in Baden-Württemberg zusammengefaßt. Ihre Grundzüge fließen auch in die in Arbeit befindliche Neufassung der DVGW-Richtlinien W 101 ein. Hinsichtlich einiger allgemeiner Grundlagen wird auf BOLSENKÖTTER et al. (1984: Kap. 2, 3.1, 3.2, 5.1) verwiesen.

Der Stil des vorliegenden Textes ergibt sich aus dessen Richtlinien-Charakter. Im Kapitel 7 sind Anmerkungen sowie Erläuterungen zu Begriffen und einzelnen Regelungen angefügt, wobei sich die Nummern auf die entsprechend markierten Textstellen in den Kapiteln 2–6 beziehen. Um den Text zu veranschaulichen, sind einige Abbildungen mit schematischen Beispielen zur Abgrenzung von Wasserschutzgebieten beigelegt.

2 Reichweite des Wasserschutzgebiets

2.1 Problemstellung

Entsprechend den DVGW-Richtlinien W 101 hat das Wasserschutzgebiet das gesamte Einzugsgebiet einer Fassung zu überdecken. Eine Unterscheidung zwischen unterirdischem und oberirdischem Einzugsgebiet ist hierbei nicht angesprochen. Bei der hydrogeologischen Abgrenzung von Wasserschutzgebieten sind beide zu berücksichtigen. Dies gilt für Poren-, Kluft- und Karstgrundwasserleiter gleichermaßen.

Dieser Grundsatz kann jedoch zu Schwierigkeiten führen, wenn

- das Einzugsgebiet von Fassungen, besonders Brunnen, eine große Ausdehnung besitzt (einige bis viele km)¹ und sich keine hydrogeologisch

sinnvollen Gliederungselemente² als Schutzgebietsgrenzen anbieten;

- dem genutzten Grundwasserleiter in größeren Mengen Grundwasser aus Nachbargebieten oder Infiltrat aus Oberflächengewässern zuströmt;³
- über oder unter dem genutzten Grundwasserleiter weitere Grundwasserstockwerke vorhanden sind, die in ihn natürlich oder entnahmebedingt einspeisen. Vergleichbare Verhältnisse können bei Entnahmen aus dem tieferen Teil mächtiger Grundwasserleiter gegeben sein.⁴

Die Ausweisung des gesamten Einzugsgebiets im weitesten Sinne als Wasserschutzgebiet kann in solchen Fällen große, z. T. unüberwindliche Probleme aufwerfen oder den Grundsatz der Verhältnismäßigkeit verletzen. Deshalb wird hier folgendermaßen verfahren:

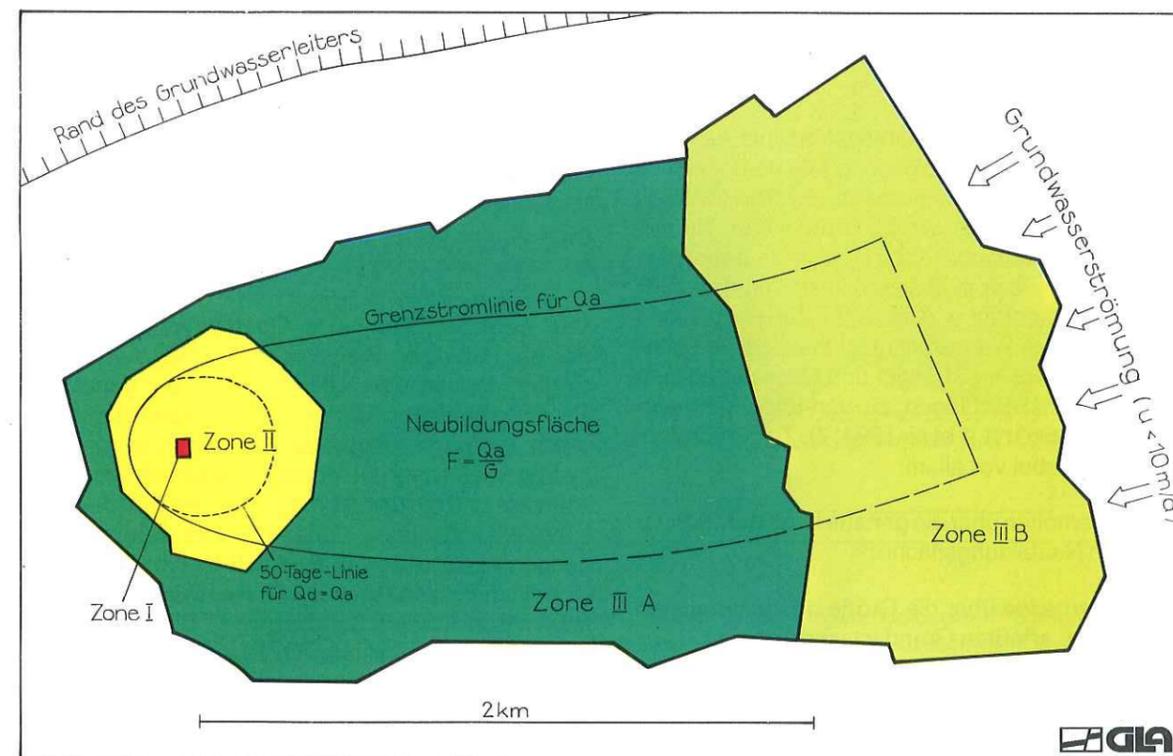


Abb. 1: Beispiel eines Wasserschutzgebiets für einen Brunnen in einem Porengrundwasserleiter (Grundwasserabstandsgeschwindigkeit $u < 10 \text{ m/d}$) mit großer Ausdehnung des Einzugsgebiets (Ermittlung der erforderlichen Neubildungsfläche F für die Entnahmerate Q , hier jährliche Rate Q_a , bei gegebener Grundwasserneubildungsrate G)

Die Bemessung der Schutzzonen erfolgt mit Sicherheitszuschlägen gemäß Kap. 2.2 (z. B. variierende Grundwasserströmung bei hohen und niedrigen Grundwasserständen mit Verlagerung der Grenzstromlinie und der 50-Tage-Linie).

2.2 Vorgehen bei Einzugsgebieten mit großer Ausdehnung

Der Bemessung des Wasserschutzgebiets ist bei Brunnen mindestens die durchschnittliche Entnahmerate Q_a (l/s) zugrunde zu legen, die der wasserrechtlich bewilligten Jahresentnahme entspricht. Ist das nutzbare Grundwasserdargebot wesentlich größer, muß mit der Wasserwirtschaftsverwaltung abgestimmt werden, für welche Entnahmerate das Wasserschutzgebiet abgegrenzt werden soll. Kann für eine kleinere Entnahmerate jedoch hydrogeologisch kein Teileinzugsgebiet abgetrennt werden, soll das gesamte nutzbare Dargebot geschützt werden.⁵

Für die festgelegte Entnahmerate läßt sich die erforderliche Grundwasserneubildungsfläche F [km²] bei bekannter Neubildungsrate G [l/s·km²] nach der Gleichung $F = Q/G$ überschlägig ermitteln. Anteile von Uferfiltrat, Randzustrom, Beizug aus anderen Grundwasserstockwerken oder -teilstockwerken und ungenutzter Grundwasserabstrom müssen dabei berücksichtigt werden.

Danach wird die von der Grenzstromlinie des Entnahmbereichs eingeschlossene Fläche (innerhalb der sogenannten Entnahmeparabel) stromaufwärts so weit verlängert, bis sie der errechneten Neubildungsfläche entspricht (Abb. 1). Daraus ergibt sich deren Reichweite vom Brunnen in stromaufwärtiger Richtung (Sonderfall s. Kap. 5.2). Zur endgültigen Bemessung des Wasserschutzgebiets ist die so ermittelte Fläche in ihrer Längs- und Quererstreckung mit Sicherheitszuschlägen zu versehen (entsprechend BOLSENKÖTTER et al. 1984: 7). Zu berücksichtigen sind hierbei vor allem:

- Unsicherheiten über die genaue Lage der rechnerischen Neubildungsfläche;⁶
- Unsicherheiten über die Größe des ungenutzten bzw. nicht erfaßten Grundwasserabstroms;
- Vergrößerungen des Entnahmbereichs bei länger andauernden maximalen Entnahmeraten;
- Trockenjahre mit tiefen Grundwasserständen und - daraus resultierend - verändertem hydraulischem Gefälle sowie geringerer Transmissivität des Aquifers;
- Richtungs- und Gefällsvorstellungen der Grundwasseranströmung zum Brunnen (s. auch Kap. 4.2, 2. Absatz). Bei fehlenden Daten über Schwan-

kungen der Anströmrichtung zum Brunnen und des Grundwassergefälles sind seitliche Richtungsvariationen um jeweils 5–10° und in der Längserstreckung Zuschläge bis 50 % vorzusehen, je nach den örtlichen hydrogeologischen Gegebenheiten (wie z. B. Grundwasserflurabstand, gering durchlässige Überdeckung des Grundwasserleiters usw.).

Außerdem ist im hydrogeologischen Gutachten die Umgrenzung des Gesamteinzugsgebiets im weitesten Sinne – soweit bekannt – anzugeben.⁷

2.3 Vorgehen bei Grundwasserleitern mit Grundwasserzustrom aus Nachbargebieten oder infiltrierenden Oberflächengewässern

Nachbargebiete mit Grundwasserleitern, die in nennenswertem Maß unterirdisch in den genutzten Grundwasserleiter einspeisen, sollen soweit in das Wasserschutzgebiet einbezogen werden, wie sie innerhalb der rechnerischen Neubildungsfläche (s. oben) liegen oder in diese einspeisen (Abb. 2).

Das Einzugsgebiet eines Oberflächengewässers, das auf natürliche Weise oder durch entnahmebedingten Beizug von Uferfiltrat in den genutzten Grundwasserleiter infiltriert (Abb. 3), kann nur selten in das Wasserschutzgebiet einbezogen werden. Im hydrogeologischen Gutachten ist aber auf diese Verhältnisse und die daraus möglicherweise für die Fassung erwachsenden Gefahren oder Beeinträchtigungen hinzuweisen (z. B. durch Infiltration von im Oberflächengewässer mitgeführten Pflanzenschutzmitteln und anderen Schadstoffen). Durch die Wasserwirtschaftsverwaltung muß geprüft werden, mit welchen Maßnahmen die Reinhaltung solcher Oberflächengewässer und ihres Einzugsgebiets gewährleistet werden kann.

Verliert ein Oberflächengewässer den größten Teil seines Abflusses durch Versickerung an den genutzten Grundwasserleiter (Abb. 3) innerhalb der rechnerischen Neubildungsfläche, sollte sein Einzugsgebiet mindestens als Zone III B ausgewiesen werden (bei Karstgrundwasserleitern als Zone III A oder sogar Zone II, vgl. Kap. 6.3).⁸

2.4 Vorgehen bei Grundwasserleitern mit über- oder unterlagernden, einspeisenden Grundwasserstockwerken

Treten mehrere Grundwasserleiter übereinander auf, ist in jedem Einzelfall hydrogeologisch zu prüfen,

inwieweit über- oder unterlagernde Grundwasserstockwerke bzw. -teilstockwerke in den genutzten Grundwasserleiter einspeisen und ihre Verbreitungs- bzw. Ausstrichbereiche in das Wasserschutzgebiet einbezogen werden müssen (Abb. 5).⁹

Ähnliches kann bei mächtigen, nur im tiefen Teil genutzten Grundwasserleitern zutreffen, bei denen infolge von Anisotropien meist eine starke vertikale Durchlässigkeitsgliederung vorhanden ist.⁴

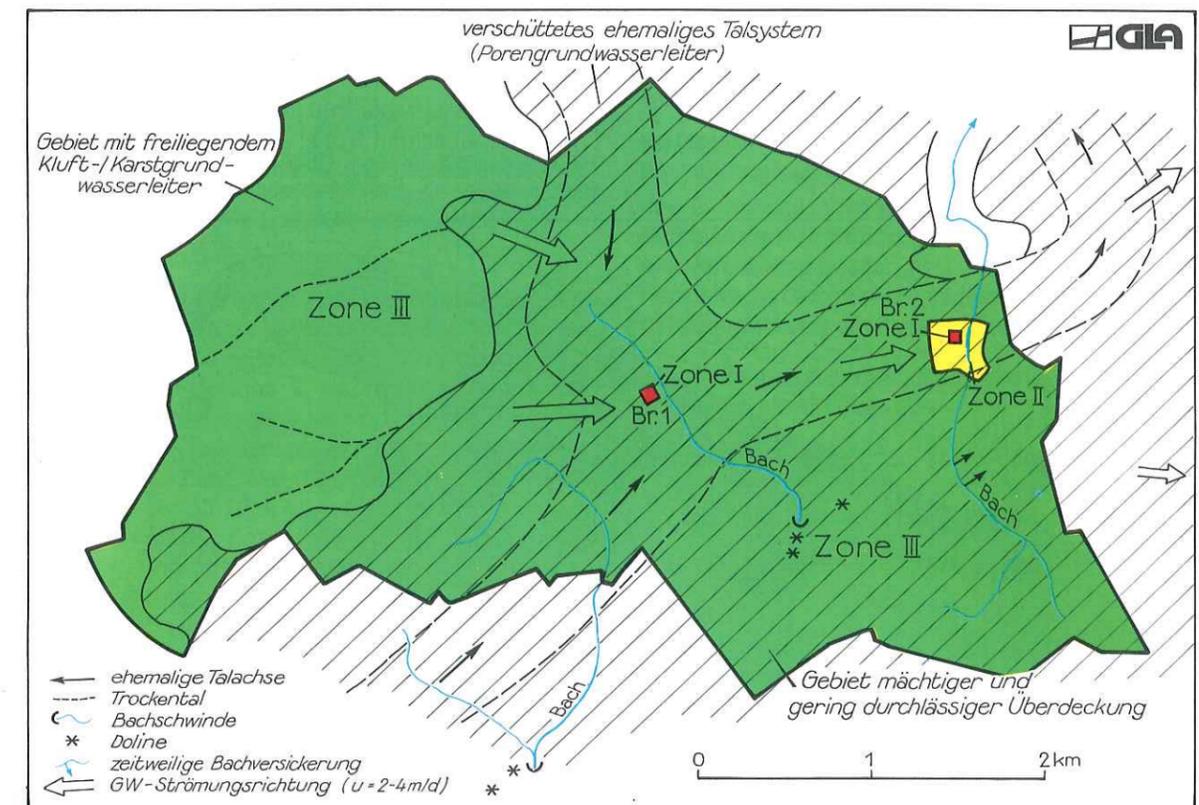


Abb. 2: Beispiel eines Wasserschutzgebiets für zwei Brunnen in einem rinnenförmigen, überdeckten Porengrundwasserleiter, der in einen Kluft-/Karstgrundwasserleiter eingebettet ist und aus diesem starken, vor allem seitlichen Zustrom erhält

Die Einbeziehung dieses Nachbargebiets erfolgt entsprechend dem Verlauf der regionalen Karstgrundwassergleichen, der erforderlichen Neubildungsfläche und nach morphologischen Aspekten.

Zone II entfällt (Brunnen 1) bzw. ist reduziert (Brunnen 2) infolge mächtiger und gering durchlässiger Überdeckung (bis üb. 50 m). Trotzdem ist keine Zone III B ausgewiesen, weil die Überdeckung in der weiteren Umgebung der Brunnen unregelmäßig mächtig, örtlich sogar so dünn ist, daß dort z. B. Bachschwinden und Dolinen auftreten.

3 Unterteilung der Weiteren Schutzzone (Zone III)

3.1 Grundlage

Nach den DVGW-Richtlinien W 101 kann bei weitreichenden Einzugs- bzw. Wasserschutzgebieten die Weitere Schutzzone in die Zonen III A und III B unterteilt werden, wobei die Grenze von der Fassung etwa 2 km entfernt sein soll.

Wegen der Unterschiede zwischen Porengrundwasserleitern einerseits und Kluft- bzw. Karstgrundwasserleitern andererseits muß jedoch auch hier hinsichtlich der Kriterien zur Unterteilung der Zone III unterschieden werden.

3.2 Porengrundwasserleiter

Angesichts der in Baden-Württemberg zwischen weniger als 1 m/d und über 50 m/d variierenden Ab-

standsgeschwindigkeiten der Porengrundwässer führt die pauschale 2-km-Regel zu hydrogeologisch sehr ungleichwertigen Grenzen zwischen den Zonen III A und III B: Im ersten Fall entspricht die Entfernung der Grenze einer Fließzeit von über 2000 Tagen, im zweiten von weniger als 40 Tagen bis zur Fassung.

Die Einführung einer Isochrone als Grenze (analog dem Vorgehen bei der Bemessung der Zone II), z. B. einer Jahres-Linie, wäre deshalb diskutabel. Die Wahl einer bestimmten Mindestfließzeit ist jedoch ebenfalls willkürlich, u. a. weil die Transportgeschwindigkeit von nicht oder schwer abbaubaren Verunreinigungen – vor denen die Zone III gemäß den DVGW-Richtlinien W 101 schützen soll – mit der Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers häufig nicht übereinstimmt. Vor allem aber erfordert die zuverlässige Berechnung einer solchen Isochrone die

3.3 Karstgrundwasserleiter und vergleichbare Kluftgrundwasserleiter

In geologisch ungeschützten Karstgrundwasserleitern und vergleichbaren Kluftgrundwasserleitern mit hohen Abstandsgeschwindigkeiten ist die 2-km-Regel nicht anwendbar, wenn das gesamte Einzugsgebiet innerhalb der theoretischen 50-Tage-Linie liegt und deshalb an sich als Zone II eingestuft werden müßte. Soweit das Gebiet nicht in die Zone I und in die entsprechend Kapitel 6.3 zu dimensionierende Zone II fällt, muß es dann als Zone III ohne weitere Differenzierung ausgewiesen werden.

Eine Unterteilung in Zonen III A und III B kann innerhalb der 50-Tage-Linie nur in Frage kommen, wenn der Grundwasserleiter eine mächtige und gering durchlässige Überdeckung mit großer geschlossener Verbreitung besitzt (Abb. 7). Als Zone III B können dann die Gebiete ausgewiesen werden, in denen die Überdeckung durchgehend und ungestört aus

- mindestens 8 m mächtigen lehmig-tonig-schluffigen Schichten oder aus
- Schichten mit eigenen, schwebenden Grundwasservorkommen über einer mindestens 5 m mächtigen intakten Trennschicht besteht.¹⁰

Der Mindestabstand der Zone III B von der Fassung soll jedoch auch in diesen Fällen 1 km betragen.

Bei baulichen und anderen Eingriffen in den Untergrund darf die Trennschicht zwischen schwebenden Grundwasservorkommen und dem genutzten Grundwasserleiter allenfalls bis zu einer Restmächtigkeit von 5 m abgegraben werden.

Kenntnis der geohydraulischen Kennwerte des Aquifers auf einer teilweise bis zu mehrere Kilometer langen Fließstrecke. Diese Voraussetzung ist oft nicht erfüllt bzw. infolge des hohen finanziellen, zeitlichen und hydrogeologischen Aufwands in der Praxis häufig nicht erfüllbar. Außerdem sind auch für die Zone III B, zumindest bei geringen Abstandsgeschwindigkeiten, Mindestabstände von der Fassung notwendig (z. B. im Hinblick auf Schadstoffe emittierende Objekte mit indirekter Gefährdung der Fassung über den Luftpfad oder im Hinblick auf hydraulische Abwehrmaßnahmen).

Ersatzweise soll daher in Porengrundwasserleitern mit hohen Abstandsgeschwindigkeiten von über 10 m/d die Grenze zwischen den Zonen III A und III B in einer Entfernung bis etwa 3 km stromaufwärts der Fassung gezogen werden (bei geringeren Geschwindigkeiten wie bisher bei etwa 2 km).

Als Zone III B können außerdem Bereiche eingestuft werden, in denen der genutzte Grundwasserleiter eine mindestens 5 m, bei hohen Abstandsgeschwindigkeiten mindestens 8 m mächtige, ungestörte Überdeckung aus gering durchlässigen Schichten mit großer geschlossener Verbreitung besitzt (Abb. 3). Die Zone III B darf jedoch auch dann nicht innerhalb der 50-Tage-Linie liegen und ihr Mindestabstand von der Fassung soll 1 km betragen. Die Überdeckung darf bei baulichen und anderen Eingriffen in den Untergrund nicht großflächig entfernt werden.

Bei Kluftgrundwasserleitern mit Eigenschaften, die denen von Porengrundwasserleitern ähneln, kann in gleicher Weise verfahren werden.

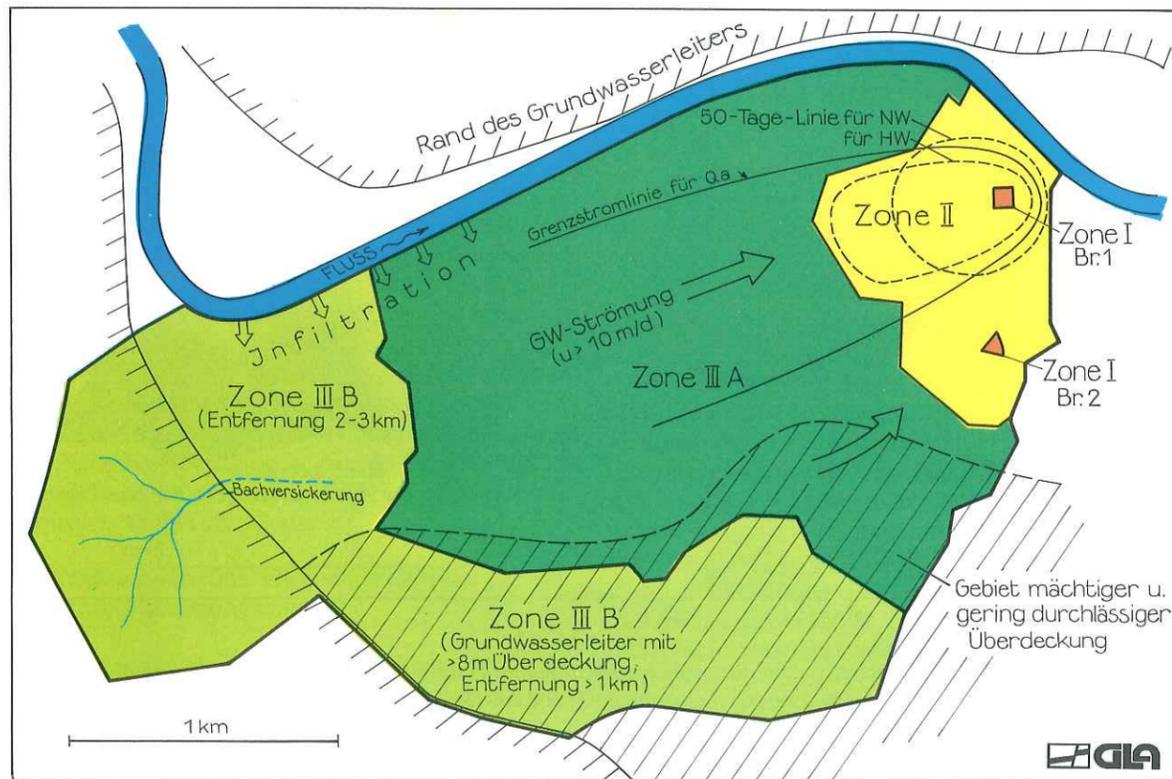


Abb. 3: Beispiel eines Wasserschutzgebiets für zwei Brunnen in einem Porengrundwasserleiter mit hoher Grundwasserabstandsgeschwindigkeit ($u > 10$ m/d), mit Flußinfiltration, Bachversickerung und gebietsweise mächtiger bindiger Überdeckung

Da bei Brunnen 1 die Tagesentnahmerate Q_d deutlich größer ist als die Jahresentnahmerate Q_a , liegt die 50-Tage-Linie teilweise außerhalb der für Q_a berechneten Grenzstromlinie. Bei der Bemessung der Zonen II und III A sind Richtungsschwankungen der Grundwasseranströmung zu den Brunnen, d. h. die Lage der 50-Tage-Linie und der Grenzstromlinie bei hohen und niedrigen Grundwasserständen berücksichtigt. Die Grenze von der Zone III A zur Zone III B wird 1 km entfernt vom Brunnen 2 gezogen, obwohl die Überdeckung näher heranreicht. Das Einzugsgebiet des vollständig versickernden Baches wird in die Zone III B einbezogen.

5 Sonderfälle

5.1 Verzicht auf Zone II oder III

Eine Zone II kann ausnahmsweise entfallen, wenn in der dann an die Zone I anschließenden Weiteren Schutzzone die dort erlaubten Maßnahmen oder Handlungen aus hydrogeologischer Sicht zugelassen werden können (Abb. 5).

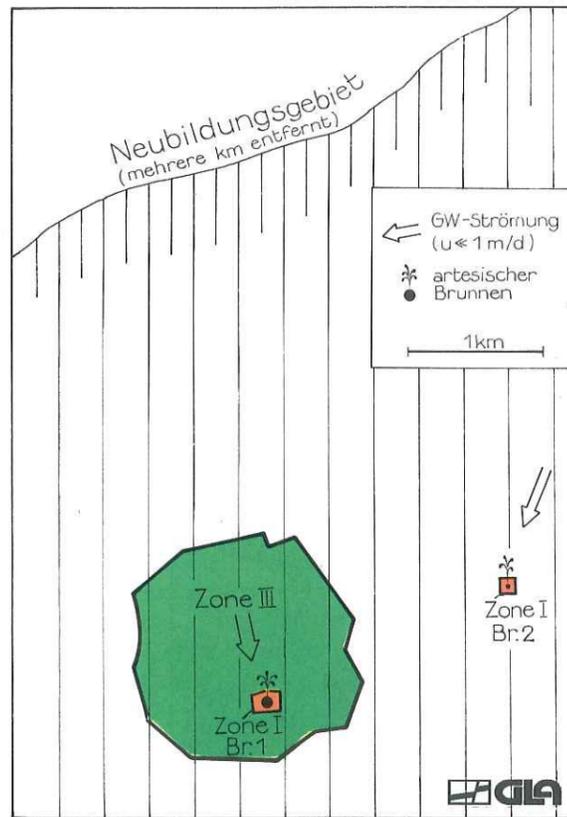


Abb. 5: Beispiele von Wasserschutzgebieten für zwei artesischen Brunnen in einem tiefliegenden Poren-/Kluftgrundwasserleiter mit weit entferntem, nicht näher abgrenzbarem Neubildungsgebiet (Grundwasser tritiumfrei)

Beide Brunnen benötigen eine Zone I, jedoch keine Zone II, Brunnen 2 auch keine Zone III. Brunnen 1 hat eine kleine Zone III wegen Zumischung jungen Grundwassers aus einem höheren Stockwerk in der näheren Umgebung.

Dieses kann z. B. der Fall sein

- bei Stockwerksbau mit darauf abgestimmtem Brunnenausbau und gesicherter Dichtheit der Trennschicht zwischen den Stockwerken oder

- wenn die Überdeckung des Grundwasserleiters durch abdichtende Schichten (nach Abzug eines Sicherheitsabschlags von 4 m) innerhalb der 50-Tage-Linie flächenhaft eine größere Mächtigkeit besitzt.¹¹

In manchen Fällen kann auch auf eine Zone III verzichtet werden, wenn ein tiefliegender, durch eine mächtige, gering durchlässige Überdeckung geschützter und vom aktuellen Witterungsgeschehen weitgehend unbeeinflusster Grundwasserleiter genutzt wird (Abb. 5).¹²

Als Beurteilungskriterium kann in beiden Sonderfällen u.a. der Tritiumgehalt des Grundwassers herangezogen werden. Auch die Druckverhältnisse im Aquifer (stark gespannt bzw. artesisch) liefern Anhaltspunkte für die Beurteilung.

Umgekehrt kann bei Fassungen mit sehr kleinem Einzugsgebiet (wenige 100 m Reichweite) dieses, abgesehen vom Fassungsgebiet, ganz als Zone II eingestuft werden (Abb. 4).¹³

5.2 Extrem schmale, sehr langgestreckte Neubildungsfläche

Für Fassungen, bei denen aus einem vergleichsweise großen Grundwasserdargebot bzw. ergiebigen Aquifer mit hoher Transmissivität nur geringe Wassermengen (z.B. < 20 l/s) für die örtliche Versorgung entnommen werden, kann die Berechnung der Entnahmebreite B zu extrem kleinen Werten führen (einige Zehner Meter). Dadurch wird umgekehrt die gemäß Kapitel 2.2 ermittelte Reichweite der Neubildungsfläche rechnerisch sehr groß (mehrere Zehner km). Die sich daraus ergebenden extrem schmalen, aber sehr langgestreckten Wasserschutzgebiete sind oft hydrogeologisch nicht mehr sinnvoll abgrenzbar.

Für solche Fälle wurde deshalb, vor allem im Hinblick auf die Verhältnisse in der Rheinebene, folgende mit der Wasserwirtschaftsverwaltung abgesprochene Sonderregelung getroffen (Abb. 6):

- a) Als Richtwert für die Breite des Wasserschutzgebiets ist von $B = 400$ m auszugehen, sofern nicht eindeutige Fakten eine davon abweichende Grenzziehung erlauben oder erfordern.

- b) Sofern die Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers weniger als 2 m/d beträgt, kann in den unter a) genannten Fällen die oberstromige Grenze des Wasserschutzgebiets in 4 km Abstand von der Fassung gezogen werden, auch wenn damit in einigen Fällen die rechnerische Grundwasserneubildungsfläche (ermittelt gemäß Kap. 2.2 aus der Reichweite) nicht voll abgedeckt sein sollte.¹⁴

Diese Regelung setzt voraus, daß eine Grenzziehung entlang von hydraulischen Grenzen (z.B. Aquiferrändern, Flußinfiltrationen, Rändern des Einzugsgebiets) nicht möglich ist.

Um die Sicherheit für die Wasserversorgung zu erhöhen, können – je nach vorhandenem Gefahrenpotential – auch oberstromig des so begrenz-

ten Wasserschutzgebiets Vorfeldmeßstellen erforderlich werden.

Die 4-km-Abstandsregelung gilt nicht für Fassungen mit mittleren oder großen Entnahmemengen überörtlicher Bedeutung, bei denen sich aus einer besonderen hydrogeologischen Situation (z.B. hohe Transmissivität infolge großer Durchlässigkeit bzw. Mächtigkeit des Aquifers, hohes Grundwassergefälle) gleichfalls schmale, sehr langgestreckte Wasserschutzgebiete ergeben.

Das Vorgehen ist in diesen Sonderfällen zwischen dem Geologischen Landesamt und der Wasserwirtschaftsverwaltung im einzelnen abzustimmen.

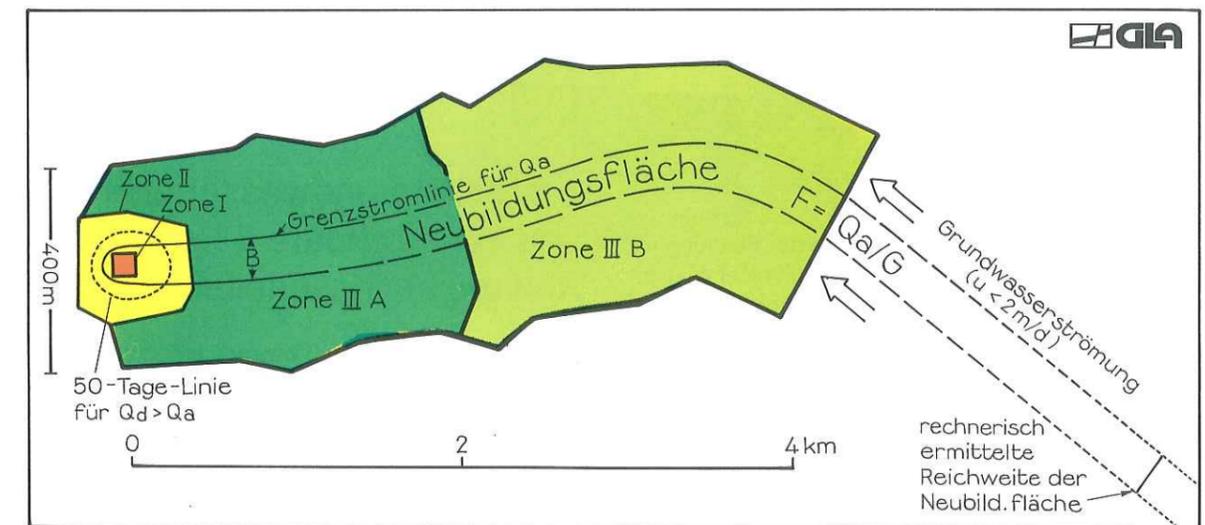


Abb. 6: Beispiel eines Wasserschutzgebiets für einen Brunnen in einem Porengrundwasserleiter mit sehr kleiner Entnahmebreite B und deshalb extrem schmaler, langgestreckter Neubildungsfläche

Die Breite des Wasserschutzgebiets wird auf 400 m festgelegt. Seine oberstromige Grenze wird in 4 km Abstand von der Fassung gezogen, weil die Grundwasserabstandsgeschwindigkeit klein ist ($u < 2$ m/d). Die 50-Tage-Linie liegt hier z. T. außerhalb der Grenzstromlinie, weil die Tagesentnahmerate Q_d deutlich größer als die Jahresentnahmerate Q_a ist.

6 Grundregeln zur Bemessung der Schutzzonen

6.1 Vorbemerkung

Wie eingangs angegeben, werden zur Vervollständigung der in den voranstehenden Kapiteln dargestellten ergänzenden Kriterien diejenigen Grundregeln aus dem Geologischen Jahrbuch C 36 (BOLSENKÖTTER et al. 1984: Kap. 3.4, 5.2), die für die Bemessung der einzelnen Schutzzonen weiterhin gelten, nochmals zusammenfassend wiedergegeben.¹⁵ Sie sind von dort wörtlich oder inhaltlich, z. T. in leicht modifizierter Form übernommen, soweit sie nicht durch die Ausführungen in den Kapiteln 2–5 ersetzt werden.

6.2 Porengrundwasserleiter und vergleichbare Kluftgrundwasserleiter

Fassungsbereich (Zone I)

Die Ausdehnung der Zone I soll ab der Fassung allseitig mindestens 10 m, wenn möglich nicht weniger als 20 m betragen (insbesondere in oberstromiger Richtung).^{16,17}

Engere Schutzzone (Zone II)

Die Bemessung erfolgt grundsätzlich nach der 50-Tage-Linie, jedoch soll eine oberstromige Mindestausdehnung von 100 m ab der Fassung nicht unterschritten werden.¹⁷

Dies gilt auch dann, wenn – bei Flurabständen der Grundwasseroberfläche von mehr als 4 m (bezogen auf deren höchsten Stand) – die Schutzfunktion einer Überdeckung des Grundwasserleiters berücksichtigt und die Zone II entsprechend den Verfahren von REHSE (1977) bzw. BOLSENKÖTTER et al. (1984: Anl. 6) verkleinert wird. Die obersten 4 m der Überdeckung sollen jedoch dabei sicherheitshalber nicht in die Rechnung einbezogen werden.¹⁸

Bezüglich weiterer Einzelheiten zur Dimensionierung, u. a. zum Vorgehen bei Quellfassungen, wird auf die Kapitel 4.1 und 4.2 verwiesen. Der Sonderfall eines Verzichts auf die Zone II wird im Kapitel 5.1 behandelt.

Weitere Schutzzone (Zone III)

Die Zone III soll gemäß Kapitel 2.1 grundsätzlich bis zur Grenze des Einzugsgebiets reichen.

Ihre Bemessung bei weit ausgedehnten Einzugsgebieten, bei Grundwasserzuström aus Nachbargebieten oder Uferfiltratzuström und bei Stockwerksbau wird im einzelnen in den Kapiteln 2.2 – 2.4 behandelt.

Bei großen Einzugsgebieten oder teilweiser Überdeckung des Grundwasserleiters durch mächtige, gering durchlässige Schichten kann die Zone III in Teilzonen III A und III B unterteilt werden. Einzelheiten dazu sind im Kapitel 3.2 dargelegt.

Sofern bei der Bemessung der Zone II eine Reduktion ihrer Größe aufgrund einer Überdeckung des Grundwasserleiters erfolgt, soll diese Überdeckung in der Zone III bzw. III A bis zur 50-Tage-Linie bei baulichen Eingriffen in den Untergrund höchstens bis zu einer Tiefe von 4 m abgetragen werden dürfen.

6.3 Karstgrundwasserleiter und vergleichbare Kluftgrundwasserleiter

Grundsätzlich sollten Wasserschutzgebiete bei Karstgrundwasserleitern und vergleichbaren Kluftgrundwasserleitern möglichst entsprechend dem Vorgehen bei Porengrundwasserleitern bemessen werden. Wo dies wegen großer Abstandsgeschwindigkeiten des Karst- bzw. Kluftgrundwassers nicht möglich ist (was dem Normalfall entspricht), soll im Sinne der folgenden Ausführungen verfahren werden.

Die flächenmäßige Ausweisung der einzelnen Zonen innerhalb des Wasserschutzgebiets muß, soweit möglich, den örtlichen Untergrundverhältnissen angepaßt werden. Es ergibt sich damit häufig nicht mehr die herkömmliche, von der Fassung zum Rand des Einzugsgebiets hin gestaffelte Schutzzonen-Abfolge, sondern im Extremfall ein Zonen-Mosaik (Abb. 7).

Fassungsbereich (Zone I)

Die Ausdehnung der Zone I soll ab der Fassung möglichst allseitig nicht weniger als 30 m betragen (bei Quellfassungen insbesondere in oberstromiger Richtung).

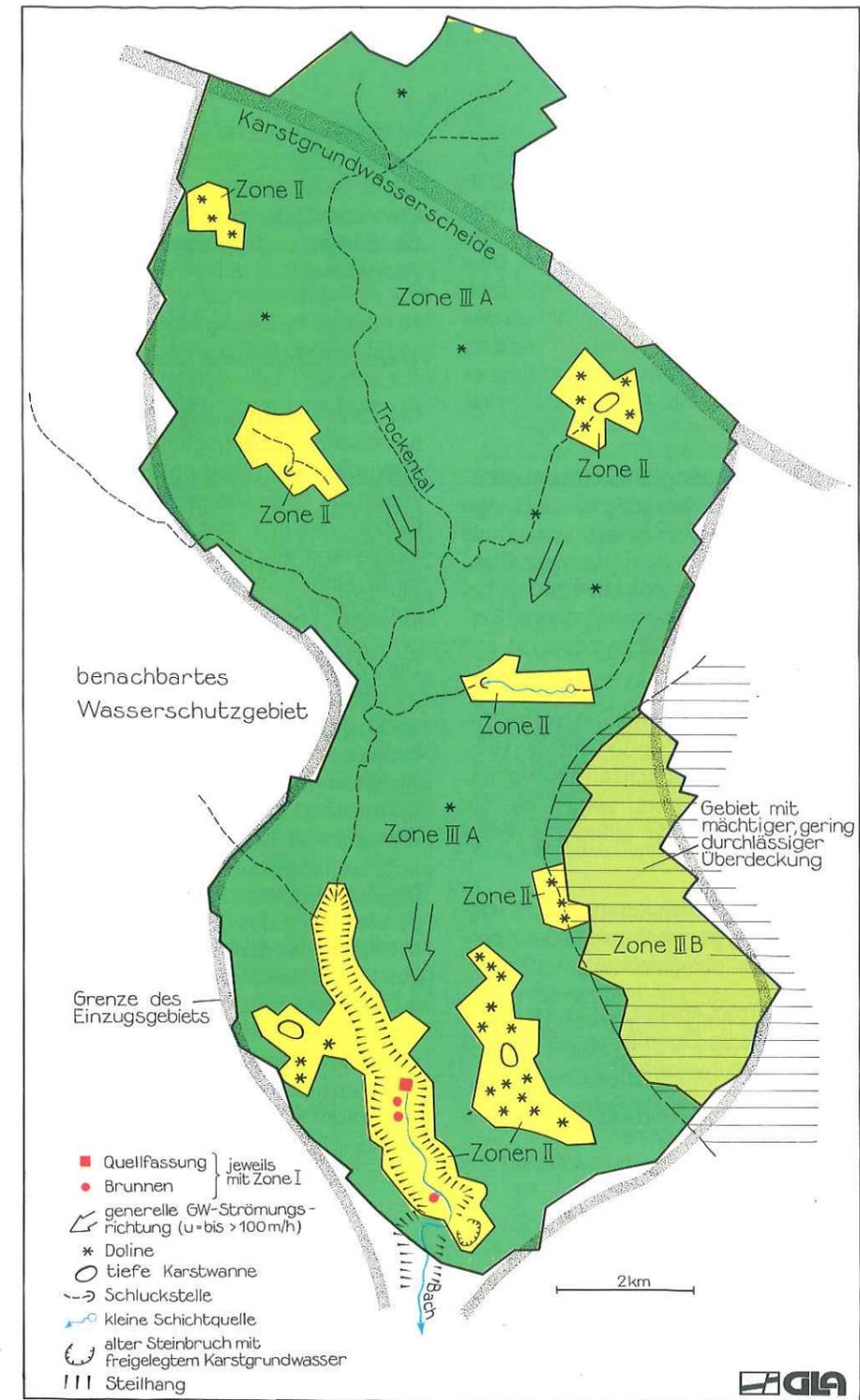


Abb. 7: Beispiel eines Wasserschutzgebiets für vier Grundwasserfassungen in einem Karstgrundwasserleiter (Abgrenzung des Einzugsgebiets mittels Markierungsversuchen und regionalen Grundwassergleichen)

Das Gebiet jenseits der Karstgrundwasserscheide wird aus morphologischen Gründen in das Schutzgebiet einbezogen (zeitweiliger Zufluß von Oberflächenwasser von dort). Infolge hoher Abstandsgeschwindigkeit des Karstgrundwassers (u bis > 100 m/h) liegt das gesamte Gebiet weit innerhalb der 50-Tage-Linie und müßte deshalb als Zone II eingestuft werden. Als Mindestlösung werden alle Teilflächen, von denen erhöhte Gefährdungen des Karstgrundwassers ausgehen können, als Zonen II ausgewiesen.

Engere Schutzzone (Zone II)

Würde man die Engere Schutzzone auch bei Karstgrundwasserleitern nach der 50-Tage-Linie bemessen, so müßte die Zone II häufig das gesamte Einzugsgebiet oder seinen größten Teil umfassen. Dies ist in der Praxis nur selten durchführbar. Als Mindestlösung sollen jedoch alle diejenigen Teilflächen des Einzugsgebiets als Zonen II ausgewiesen werden, von denen erhöhte Gefährdungen des Karstgrundwassers ausgehen können (Abb. 7). Dazu zählen vor allem

- die unmittelbare Umgebung des Fassungsbereichs, insbesondere zu ihm abfallende Hänge oder auf ihn zuführende Trockentäler, wobei die Ausdehnung der Zone II in oberstromiger Richtung ab der Fassung mindestens etwa 300 m, bei größeren Quellen oder Brunnen mit höherer Entnahme mindestens etwa 1000 m betragen soll (besonders in Trockentälern);¹⁹
- Bereiche offenkundig starker Verkarstung im Untergrund, wie Dolinenfelder, große Erdfälle, Dolinen und tiefe Karstwannen einschließlich ihrer näheren Umgebung, besonders wenn sie als Schluckstellen zeitweilig oder ständig größere Flächen entwässern;²⁰
- die Umgebung von Bachversickerungen (bei vollständiger Versickerung gegebenenfalls das oberirdische Einzugsgebiet des Baches);
- tief eingeschnittene Trockentäler, sofern sie streckenweise oder zeitweilig Oberflächenabfluß und Versickerungsstellen aufweisen;²¹
- Flächen mit freigelegtem Grundwasser (z. B. alte Steinbrüche);

- oberflächennahe Zerrüttungs- oder Störungszonen.

Eine Überdeckung des Grundwasserleiters sollte bei der Bemessung der Zone II sicherheitshalber nur in Ausnahmefällen in Rechnung gestellt werden.

Weitere Schutzzone (Zone III)

Die Zone III soll grundsätzlich bis zur Grenze des unterirdischen Einzugsgebiets reichen. Gelegentlich oberirdisch dort hinein entwässernde Flächen sollten zusätzlich einbezogen werden (Abb. 7). Liegt das Gebiet innerhalb der theoretischen 50-Tage-Linie, müßte es streng genommen als Zone II, nicht als Zone III, eingestuft werden. Hierauf ist bei der Festlegung des Wasserschutzgebiets hinzuweisen.

Die Zone III kann unterteilt werden, wenn die 50-Tage-Linie innerhalb des Einzugsgebiets liegt oder wenn darin eine mächtige, abdichtende Überdeckung des Grundwasserleiters großflächig verbreitet ist. Die Zone III A soll dann bis zur 50-Tage-Linie reichen, sofern in diesem Gebiet keine derartige Überdeckung vorhanden ist.

Die Zone III B soll die jenseits der 50-Tage-Linie liegende Fläche des Einzugsgebiets und die Bereiche mit mächtiger, gering durchlässiger bzw. gut reinigender Überdeckung des Grundwasserleiters umfassen (Abb. 7). Dies gilt auch für größere Flächen mit getrennten höheren Grundwasserstockwerken, sofern von ihnen keine nennenswerten Abflüsse in das Einzugsgebiet gelangen und dort versickern, und sofern sie in ausreichender Entfernung von der Fassung liegen (Einzelheiten s. Kap. 3.3).

7 Anmerkungen und Erläuterungen

1 Dies trifft zum Beispiel zu in der Oberrheinebene, in einigen langgestreckten pleistozänen Schotterrinnen Oberschwabens (insbesondere Illertal, Aitrachtal, Leutkircher Heide), aber auch für einzelne Brunnen im Weißjura-Karst der Schwäbischen Alb.

Bei Quelfassungen ist hingegen das gesamte Einzugsgebiet in das Wasserschutzgebiet einzubeziehen, selbst wenn nur ein kleiner Teil der Schüttung zur Wasserversorgung genutzt wird und das Einzugsgebiet sehr groß ist (z. B. im Karst der Schwäbischen Alb, vgl. VILLINGER 1983: 127).

2 Hydrogeologisch sinnvolle Gliederungselemente sind z. B. Aquiferränder, das Einzugsgebiet querende infiltrierende oder exfiltrierende Oberflächengewässer, Zonen geringer Transmissivität, Aquiferungsverengungen mit Grundwasseraustritten, mächtige Überdeckungen geringer Durchlässigkeit. (Der Begriff Aquifer bezeichnet den wassergesättigten Teil des Grundwasserleiters).

3 Grundwasserzustrom aus Nachbargebieten können etwa Porengrundwasserleiter in Tälern erhalten, die in wasserführende Kluft- oder Karstgesteine eingeschnitten sind: z. B. Hochrheintal am Südrand des Dinkelbergs (Muschelkalk-Karst) oder ehemalige, pleistozäne Donautäler am Südrand des Weißjura-Karsts der Schwäbischen Alb (Abb. 2).

Stark infiltrierende Oberflächengewässer gibt es z. B. in großer Zahl am Rand des Schwarzwalds und Odenwalds zur Oberrheinebene, aber auch am Rand von pleistozänen Schotterfeldern in Oberschwaben (Leutkircher Heide, Wurzacher Becken u. a.).

4 Dies trifft vor allem auf den Oberrheingraben mit seiner großenteils mächtigen, gegliederten Lockergesteinsfüllung aus dem Quartär und Pliozän zu.

5 Dies gilt nicht nur für Brunnen mit geringer Entnahmerate in ergiebigen Porengrundwasserleitern, sondern auch für den in Anmerkung 1 erwähnten Fall der Teilnutzung einer starken Quelle. Sinngemäß muß verfahren werden bei der Nutzung einer einzelnen Quelle innerhalb einer hydrogeologisch zusammengehörigen, sonst ungenutzten Quellengruppe mit gemeinsamem, nicht differenzierbarem Einzugsgebiet.

6 Diese Unsicherheiten können sich – insbesondere im Festgestein – ergeben, wenn unklar ist, ob

- die ermittelte Neubildungsfläche unmittelbar an die Fassung anschließt oder teilweise weiter entfernt liegt (z. B. wenn in der Umgebung

der Fassung eine gering durchlässige Überdeckung des Grundwasserleiters vorhanden ist; vgl. hierzu bei weit entferntem Neubildungsgebiet Kap. 5.1 und Abb. 5);

- aus dem umgrenzten Neubildungsgebiet alles Grundwasser ausschließlich zur Fassung gelangt (evtl. Teilabstrom an der Fassung vorbei oder zu anderen Quellaustritten/Brunnen).

7 Diese Angabe ist wichtig, weil auch in den nicht in das Wasserschutzgebiet einbezogenen Teilen des Einzugsgebiets der Schutz des Grundwassers und der Oberflächengewässer notwendig ist und gegebenenfalls Schutzvorkehrungen und -bestimmungen erfordert.

Es muß nachdrücklich darauf hingewirkt werden, daß auch außerhalb der abgegrenzten Wasserschutzgebiete der allgemeine Grundwasserschutz den Schutzbestimmungen der Zone III angeglichen wird. Hierzu gehören auch Maßnahmen gegen die wachsende Gefährdung des Grundwassers durch den Eintrag von Schadstoffen aus der Luft in den Untergrund (z. B. Reduzierung der Schadstoffemissionen verschiedenster Quellen).

8 Bei konsequenter Anwendung dieser Empfehlung müßten z. B. große Teile des Schwarzwalds in die Wasserschutzgebiete für Fassungen in der Oberrheinebene einbezogen werden, weil viele aus dem Schwarzwald kommende Oberflächengewässer, z. T. mit großen Einzugsgebieten, nach Erreichen der Schotterebene großenteils oder vollständig ins Grundwasser versickern. In der Praxis stößt ein solches Vorgehen bisher allerdings auf große Schwierigkeiten.

9 Stockwerksprobleme mit Einspeisung von oben gibt es z. B. im Schichtenpaket des Keupers von Nordwürttemberg oder im Bereich der Auflage von Unterkeuper auf Oberem Muschelkalk (s. Anmerkung 10). Einspeisung von unten (und von der Seite) kann dort gegeben sein, wo ein Talgrundwasserleiter einem Kluft- oder Karstgrundwasserleiter aufliegt bzw. in ihn eingeschnitten ist. Hier gibt es Übergänge zu dem im Kapitel 2.3 genannten Fall der Einspeisung aus Nachbargebieten.

10 Weit verbreitet ist dieser Fall in den Gäugebieten, wo über dem Karstgrundwasserleiter des Oberen Muschelkalks eine lückenhafte Decke von Lößlehm bzw. Unterkeuper (Lettenkeuper) liegt. In ihr treten

örtlich, besonders im oberen Lettenkeuper, schwabende Grundwasservorkommen in Dolomitbänken auf. Als Trennschicht gegen das Muschelkalk-Stockwerk wirken dann tonig ausgebildete Abschnitte des unteren Lettenkeupers (Estherienschiefer, Sandige Pflanzenschiefer). Deren Unterlage, die Unteren Dolomite an der Lettenkeuperbasis, sind bereits zum Muschelkalk-Stockwerk zu rechnen.

11 Eine ausreichende Mächtigkeit in diesem Sinne können z. B. 15 m Beckentone und -schluffe bzw. 25 m tonig-schluffiger Geschiebemergel oder vergleichbare Sedimente sein, wenn gefährdende bauliche oder andere Eingriffe in den Untergrund bzw. sonstige anthropogene Gefahrenpunkte auch in Zukunft auszuschließen sind. Ist dies nicht sichergestellt, sollte die Mächtigkeit der Überdeckung größer sein.

12 Solche tiefliegende, geschützte Grundwasserleiter sind z. B. gebietsweise die Obere Meeresmolasse und der höhere Weißjura im nördlichen Teil des ober-schwäbischen Alpenvorlands oder kiesiges Pliozän im nördlichen Oberrheingraben. Das Einzugsgebiet von Fassungen in diesen Grundwasserleitern kann praktisch nicht abgegrenzt werden oder ist allenfalls ungefähr bekannt.

13 Derartige Fälle gibt es im Bergland (u. a. im Schwarzwald), wenn z. B. Hangschuttquellen im obersten Teil eines Tobels oder Steilhangs gefaßt sind und ihr Einzugsgebiet nur bis zur Hangkante oder Kammlinie reicht.

14 Diese Beschränkung erfolgt auch aus Gründen der Verhältnismäßigkeit und Praktikabilität, da solche „Bandwurm“-Schutzgebiete meist auch flurstücksmäßig kaum definiert werden können. Es muß bei solchen Fällen jedoch nachdrücklich auf den letzten Satz des Kapitels 2.2 und die zugehörige Anmerkung 7 hingewiesen werden.

15 Die Grenzen der Schutzzonen, besonders der Zonen II und III, sollten aus praktischen Gründen nach Möglichkeit entlang von Wegen, Straßen, Grundstücksgrenzen oder markanten Geländestrukturen gezogen werden (z. B. Waldrändern, Kammlinien, Hangkanten, Gewässern).

16 Bei Horizontalfilterbrunnen und Quelfassungen mit Sickerleitungen gelten diese Maße ab dem Ende der Filter- bzw. Sickerstränge.

17 Vergleichbare Verhältnisse wie in Karstgebieten herrschen in einigen Tälern der Schwäbischen Alb, wo der Grundwasserleiter teilweise aus kavernösem Kalktuff besteht, in dem Abstandsgeschwindigkeiten bis über 300 m/h festgestellt worden sind. In solchen Fällen sollten die Zonen I und II die gleiche Mindestausdehnung erhalten wie bei Karstgrundwasserleitern.

18 Sicherheitshalber sollte das Reduktionsverfahren für die Zone II nur in Einzelfällen angewendet werden. Dabei sollte – im Unterschied zu REHSE (1977) und BOLSENKÖTTER et al. (1984: Anl. 5 bzw. 6) – nur eine über dem Grundwasserleiter liegende, echte, d. h. gering durchlässige bzw. gut reinigende Überdeckung berücksichtigt werden. Der ungesättigte Teil des Grundwasserleiters über der Grundwasser Oberfläche, d. h. über dem Aquifer, sollte außer Betracht bleiben.

Die erforderliche Mächtigkeit der Überdeckung des Grundwasserleiters muß durchgängig vorhanden sein, und es dürfen keine nennenswerten künstlichen Verletzungen oder gar Durchstoßungen der Überdeckung existieren (z. B. alte, evtl. verfüllte Brunnen, Gruben oder Gräben).

19 Insbesondere bei Fassungen, die im Unterlauf von langgestreckten Trockentälern liegen, sollte die oberstromige Ausdehnung der die Zone I umgebenden Zone II nicht weniger als 2 km betragen.

20 Flächen, in denen der Karstgrundwasserleiter zwar an der Oberfläche ausstreicht, jedoch keine gehäuften Anzeichen starker Verkarstung erkennbar sind, brauchen nicht als Zone II ausgewiesen werden, auch wenn durch Markierungsversuche bekannt ist, daß die Fließzeit bis zur Fassung kleiner als 50 Tage ist.

21 Solche Täler gibt es z. B. in den Gäugebieten, wo örtlich Grundwasser aus dem Lettenkeuper austritt (vgl. Anmerkung 10) und in den Muschelkalktälern streckenweise abfließt.

Literatur

- BOLSENKÖTTER, H., BUSSE, R., DIEDERICH, G., HÖLTING, B., HOHBERGER, K., REGENHARDT, H., SCHLOZ, W., VILLINGER, E. & WERNER, J. (1984): Hydrogeologische Kriterien bei der Bemessung von Wasserschutzgebieten für Grundwasserfassungen. – Geol. Jb., **C36**: 3–34, 6 Anl., 5 Abb.; Hannover.
- DVGW (1975): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete, 1. Teil, Schutzgebiete für Grundwasser. – Dt. Ver. Gas- u. Wasserfach; Techn. Regeln, Arb.-Bl. W 101, 12 S; Eschborn. – [Neufassung in Bearb.]
- REHSE, W. (1977): Elimination und Abbau von organischen Fremdstoffen, pathogenen Keimen und Viren im Lockergestein. – Z. dt. geol. Ges., **128**: 102–107, 3 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- SchALVO (1987): Verordnung des Ministeriums für Umwelt über Schutzbestimmungen in Wasser- und Quellenschutzgebieten und die Gewähr-

ung von Ausgleichsleistungen (Schutzgebieten- und Ausgleichs-Verordnung-SchALVO vom 27. November 1987. – Ges.-Bl. Baden-Württ., **1987** (22): 742–751; Stuttgart. – [Neufassung 1991 in Bearb.]

Schutzgebietserlaß (1969): Verwaltungsvorschrift des Innenministeriums über die Festsetzung von Wasserschutzgebieten und Quellenschutzgebieten vom 3. Januar 1969 Nr. VIII 2216/24. – Gemeinsames Amtsbl., **17** (8): 125–133, Anlage: Musterverordnung für die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes; Stuttgart. – [Neufassung durch das Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg; Entwurf März 1981, unveröff.]

VILLINGER, E. (1983): Grundwasservorkommen und Wasserschutzgebiete im Karst von Baden-Württemberg. – DVGW-Schr.-R. Wasser, **34**: 119–134, 4 Abb.; Eschborn.

Festgesteinsabbau und Grundwasserschutz

Inhalt

1 Einleitung	22	4 Abbauförmern im Festgestein	26
2 Rohstoffvorkommen, Grundwasserleiter und deren hydrogeologische Eigenschaften	23	5 Steinbruchbetriebe und Wasserschutzgebiete	29
3 Mögliche Grundwassergefährdung durch Steinbruchbetriebe	25	Literatur	31

1 Einleitung

Die natürlichen Vorkommen der in großem Umfang benötigten Rohstoffe Kies, Sand, Kalkstein und andere Festgesteine stellen meist zugleich ausgezeichnete Grundwasserleiter dar. Ihr Abbau berührt grundsätzlich wasserwirtschaftlich-hydrogeologische Belange sowie Fragen des quantitativen und qualitativen Grundwasserschutzes. Der damit vorgegebene Zielkonflikt zwischen der Rohstoffgewinnung und der langfristigen Sicherung abbauwürdiger Rohstoffvorkommen einerseits und dem Schutz des genutzten und nutzbaren Grundwasserdargebots andererseits kann nur noch in begrenztem Umfang durch eine räumliche Trennung von Vorranggebieten für die eine oder für die andere Nutzung gelöst werden. Dies trifft in Baden-Württemberg besonders für den Festgesteinsbereich und hier für die Kalksteine des Oberen Muschelkalks und des Weißen Juras zu. Aufgrund ihrer Verkarstung sind

darin ausgedehnte und ergiebige Aquifere entwickelt, die zur Deckung des öffentlichen Trinkwasserbedarfs bereichsweise intensiv genutzt werden. Die dafür ausgewiesenen oder vorgesehenen Wasserschutzgebiete über hunderte von Quadratkilometern, die hochwertige Kalksteinvorkommen und nur schwer ersetzbare Baustoffgewinnungen einschließen, verlangen fundierte hydrogeologische Beurteilungen und im Hinblick auf den Grundwasserschutz optimierte Problemlösungen. Die Informationsschrift „Steinbruchbetriebe aus der Sicht der Wasserwirtschaft“ (Ministerium für Umwelt/Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 1984) stellt dazu eine Grundlage dar, die nachfolgend unter hydrogeologischen Gesichtspunkten erweitert werden soll. Ziel ist es, das mit einem Gesteinsabbau verbundene Gefährdungspotential für das Grundwasser möglichst gering zu halten.

Bearbeiter: Geologiedirektor Dr. WILHELM SCHLOZ, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Zweigstelle Stuttgart, Urbanstr. 53, D-7000 Stuttgart 1

2 Rohstoffvorkommen, Grundwasserleiter und deren hydrogeologische Eigenschaften

Gegenüber den porösen Lockergesteinen Kies und Sand weisen die Festgesteine abweichende, oft komplizierte Aquifereigenschaften auf, die ihre Erkundung wesentlich erschweren. Durch die Raumverteilung und Ausbildung der grundwasserleitenden Trennflächen und der durch Gesteinslösung

bzw. Verkarstung entstandenen oder erweiterten Wegsamkeiten für Grundwasser bestehen alle Übergänge von näherungsweise homogenen und isotropen zu extrem heterogenen und anisotropen Aquifere. Einen Überblick über die damit verbundenen geohydraulischen Probleme vermittelt Abb. 1.

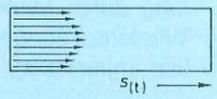
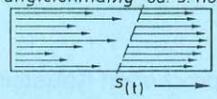
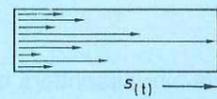
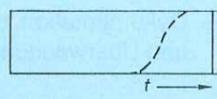
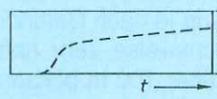
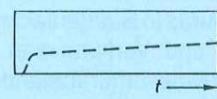
Eigenschaften	homogen, isotrop, einschichtig, horizontal "unendlich" ausgedehnt	heterogen, anisotrop, mehrschichtig, räumlich begrenzt, uneben	extrem heterogen, anisotrop, räumlich kompliziert begrenzt/ gegliedert
Aquifertyp	Lockergestein ----- Festgestein		
Leit- u. Speichereigenschaften	vollständig verbunden	abnehmend verbunden oder	unterschiedlich kombiniert
Fließgesetz	linear (laminares Fließen, Q, u, v proportional i)	meist bzw. im wesentlichen noch linear (Q, v meist / weitgehend proportional i)	nicht linear (turbulentes Fließen, unzureichende Parameter)
Aquiferkennwerte aus Feldversuchen: Pumpversuch PV, Markierungsversuch MV, Wasserhaushaltsuntersuch. WH	PV: T, k _f , S (fr. Aq: S ≈ n _{sp}) MV: k _f , n _f , [k _f /n _f], D WH: n _{sp} (Laborversuche: k _f , n _{sp} , D)	PV: T, k _f , S (fr. Aq: S ≈ n _{sp}) MV: k _f ?, n _f ?, [k _f /n _f], D WH: n _{sp}	PV: T?, S? MV: [k _f /n _f]? , D? WH: n _{sp}
effektive Fließgeschwindigkeit u (nach DARCY)	$u = \frac{k_f}{n_f} \cdot i$	$u = \frac{k_f}{n_f} \cdot i$ $u = \frac{T}{H} \cdot i$ hydrogeolog. Bestimmung von H und damit von k _f oft problematisch	DARCY-Gleichung nicht (oder nur näherungsweise) anwendbar
Abstandsgeschwindigkeit v̄ aus Tracerversuch	$\bar{v} = \frac{k_f}{n_f} \cdot i = [\frac{k_f}{n_f}] \cdot i$	$\bar{v} = [\frac{k_f}{n_f}] \cdot i$	$\bar{v} \neq [\frac{k_f}{n_f}] \cdot i$; $\bar{v} = [\frac{k_f}{n_f}] \cdot i^x$
Verhältnis u : v̄	$u : \bar{v} \approx 1$	$u : \bar{v} \neq 1$; meist u < v̄	(u nicht bestimmbar, s. oben)
Vergl. von Mittlerer Verweilzeit v̄z (z.B. nach Isotopenphysik) s/u und s/v̄	$\bar{v}z \approx s / u \approx s / \bar{v}$	$\bar{v}z \approx s / u \neq s / \bar{v}$	$\bar{v}z \gg s / \bar{v}$
Fließgeschwindigkeitsverteilung im Aquifer (schematische Darstellung für einzelne Fließwege)		ungleichmäßig od. s. hoch 	
Tracer-Durchgang, Summenkurve (Markierungsversuch mit einmaliger Eingabe)			
Werte für u und v̄, Dispersion D (allgemein)	u, v̄: meist niedriger D proportional u	u: mittel bis hoch v̄: für Anteile von Q hoch D _(s/v̄z) ≠ D _(u) ≈ D _(v̄)	v̄: für Anteile von Q sehr hoch D _(v̄) : niedriger D _(v̄) ≫ D _(s/v̄z)

Abb. 1: Charakterisierung von Aquifereigenschaften und deren Auswirkung auf die Grundwasserbewegung

? – Bestimmung fragwürdig, problematisch oder nicht möglich; [k_f/n_f] – als Quotient beider Parameter; fr. Aq – ungespannter, freier Aquifer; M_{E/A} – Eingabe- und Austrittsmenge eines (idealen) Tracers

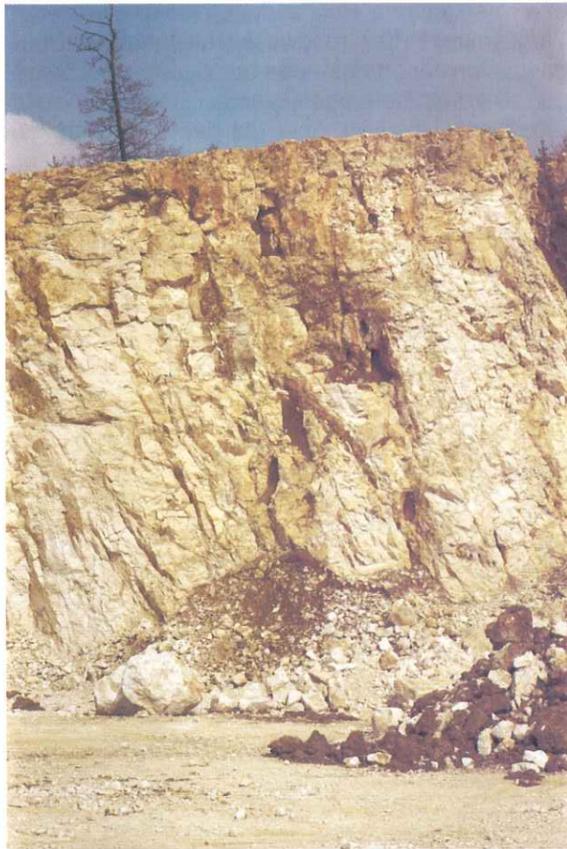


Abb. 2: Steinbruch im Massenkalk des Weißen Juras (Tithonium, ti) in der östlichen Schwäbischen Alb mit von braunem Verwitterungslehm ausgefüllten Klüften und Karstgerinnen

Für die hier besonders angesprochenen Kalksteinvorkommen des Oberen Muschelkalks und des Weißen Juras in Süddeutschland sind je nach Gelände-relief und Vorflutniveau bereichsweise sehr hohe Grundwasserflurabstände bis über 100 m bekannt. Auf Grund des relativ geringen Speichervolumens von etwa $n_{sp} = 0,01 - 0,04$ treten bereichsweise sehr starke Wasserstandsschwankungen bis über 40 m und infolge der Verkarstung sehr hohe Grundwasserfließgeschwindigkeiten bis über 200 m/h auf. Bedingt durch gerinnetartige Wegsamkeiten und hohe Abstandsgeschwindigkeiten können filtrierende und reinigende Eigenschaften des Aquifers gegenüber Trübungen und bakteriellen Verunreinigungen des Grundwassers weitgehend oder vollständig fehlen.

Durch die Tonhorizonte in der Schichtenfolge des Oberen Muschelkalks sind dort z. T. schichtige Aquifergliederungen gegeben, die im Weißen Jura allenfalls lokal in der gebankten Fazies, nicht aber in den Massenkalken auftreten.

Im Rahmen einer hydrogeologischen Standorterkundung sind insbesondere folgende Daten zu erheben bzw. Fragen zu klären:

- Flächige und vertikale Lagerstättenerstreckung, Rohstoffqualität,
- hydrogeologische Situation, grundwasserleitende Schichten, Stockwerksgliederung, Ausbildung der das Grundwasser überdeckenden Schichten,
- Grundwasserstand und dessen langfristiger Schwankungsbetrag,
- Grundwassereinzugsgebiet, Grundwasserabstromrichtung, Vorflut für das Grundwasser und für den Abfluß von Oberflächenwasser,
- eventuell betroffene Grundwasserfassungen, insbesondere solche der öffentlichen Trinkwasserversorgung,
- bestehende oder vorgesehene Wasserschutzgebiete,
- Grundwasserabstandsgeschwindigkeit (Ermittlung durch Markierungsversuche einschließlich Wiederausbringungsrate und Dispersion des Markierungsmittels),
- Dokumentation der Grundwasserbeschaffenheit und Überwachung ihrer Entwicklung,
- beim Freilegen, Ableiten oder Fördern von Grundwasser im Zuge des Gesteinsabbaus sind Ergiebigkeitsuntersuchungen aufgrund von Pumpversuchen und deren Auswertung sowie regionale Wasserhaushaltsberechnungen auch im Hinblick auf umliegende Grundwassernutzungen erforderlich,
- Rekultivierung und anschließende Flächennutzung.

3 Mögliche Grundwassergefährdung durch Steinbruchbetriebe

Vor dem Gesteinsabbau werden die belebten Boden- und eventuell weitere, filtrierende Deckschichten über dem Festgestein abgegraben. Damit gehen wertvolle natürliche Schutzfunktionen gegenüber staubförmigen oder im Niederschlag gelösten bzw. von diesem ausgewaschenen Schadstoffen verloren.

Die Lockerung und der Abtransport von Gestein können direkte Einträge von Gesteinsmehl und von tonig-schluffig-sandigen Füllungen aus Kluff- und Karsthohlräumen in das Grundwasser verursachen. Im Abbaugelände abfließendes Niederschlagswasser wird durch Abschwemmung von feinkörnigem Substrat verschmutzt und möglicherweise auch mikrobiologisch verunreinigt. In vielen Steinbrüchen gelangt der belastete Oberflächenabfluß unmittelbar über Klüfte oder Karsthohlräume sehr rasch und ungereinigt in das Grundwasser (ähnlich den Verhältnissen bei aktiven Dolinen). Prognosen über den Trübstofftransport im Untergrund, besonders durch turbulente Grundwasserbewegung, sind nur aufgrund von Markierungsversuchen mit gelösten Tracern oder mikroskopisch kleinen Driftkörpern näherungsweise möglich.

Zusätzliche Gefährdungen des Grundwassers sind durch Schmieröl- und Treibstoffverluste der eingesetzten Geräte oder Fahrzeuge gegeben (sofern nicht gas- oder elektrisch betriebene Maschinen zur Verfügung stehen).

Bei Anlieferung von Fremdmaterial zur Auffüllung oder Rekultivierung ist eine lückenlose Überwachung auf beigemengte Verunreinigungen oder Schadstoffe erfahrungsgemäß nicht möglich. Auch die Ablagerung von anthropogen unbelastetem, beispielsweise jedoch stark sulfatgesteins- oder pyrit-haltigem Baugrubenaushub kann zu Aufhärtungen und zu erhöhten Schwermetallgehalten des Grundwassers führen. Durch falsche oder unterlassene Rekultivierung sowie durch Folgenutzungen des Steinbruchgeländes nach dem Gesteinsabbau kann die Gefährdung des Grundwassers verstärkt werden und lange bestehen bleiben. Darüber hinaus stellen die Betriebsanlagen mit häuslichem Abwasser, Kraftstofflagerung, Maschinenwartung und starkem Kraftfahrzeugverkehr erhebliche Risiken für das Grundwasser dar, die in Wasserschutzgebieten nur mit speziellen Sicherheitsvorkehrungen toleriert werden können.

Auf die Berücksichtigung des quantitativen Grundwasserschutzes durch entsprechende hydrogeologische Vorerkundung wird nochmals hingewiesen. Richtig positionierte Grundwassermeßstellen können parallel zur Überwachung des Grundwasserstands auch als Emittentenmeßstellen für den Steinbruchbetrieb dienen.

4 Abbauformen im Festgestein

Die Abbauformen Hang- oder Seitenabbau und Kessel- oder Tiefenabbau sind mit unterschiedlichen hydrogeologischen Situationen und unterschiedlicher Ausnutzung der Lagerstätten, aber auch mit Konsequenzen für die Entwässerung, für die Rekultivierung und die Folgenutzung des Steinbruchgeländes verbunden. Daraus ergeben sich für die Abbauformen unterschiedliche hydrogeologische Bewertungen bzw. unterschiedliche Risiken für das Grundwasser.

Nachstehend werden der Hang- und der Kesselabbau und ihre typischen Randbedingungen stichwortartig beschrieben. Kombinationen und Varianten dieser beiden Grundformen sind bekannt. Eventuell schützende Trennschichten zwischen Gesteinsabbau und unterströmendem Grundwasser, wie sie z. B. in Form der Hassmersheimer Mergelschichten im Oberen Muschelkalk oder der Kimmeridge-Mergel im Weißen Jura (Wj γ , ki1) auftreten, werden hier zunächst vernachlässigt.

Hangabbau über Vorflutniveau und über höchstem Grundwasserstand HHW (Abb. 3)

Morphologische Voraussetzung: Für einen wirtschaftlichen Gesteinsabbau sind ausgeprägte natürliche Reliefunterschiede erforderlich.

Hydrologisch-hydrogeologische Situation, Fall A: Nahegelegener Vorfluter vorhanden, Abbausohle nur geringfügig über HHW; Fall B: Vorflut-Niveau besteht in Form eines Trockentales oder der Vorfluter verläuft wesentlich tiefer als der Gesteinsabbau, HHW liegt eventuell weit unter der Abbausohle.

Lagerstättenkundliche Situation: Die Lagerstättenmächtigkeit wird je nach geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten oft nur unvollständig ausgenutzt. Im Fall A wäre eine bessere Ausnutzung nur mit Grundwasserhaltung möglich, im Fall B wäre dies auch durch Kombination mit einem Kesselabbau ohne Grundwasserhaltung ausführbar.

Sammlung, Reinigung und Ableitung des Niederschlagswassers: Bei einem Gefälle der Abbausohle von 0,5 – 1% und Verstopfung eventuell angeschnittener Schluckstellen kann das im freien Gefälle abfließende, verschmutzte Niederschlagswasser gesammelt und einer Reinigungsanlage (Absetzbecken, erforderlichenfalls mit Filtration) zugeführt werden. Der weitere Abfluß ge-

langt in den Vorfluter (Fall A) oder wird gezielt versickert bzw. einer Versickerung im Trockental überlassen (Fall B).

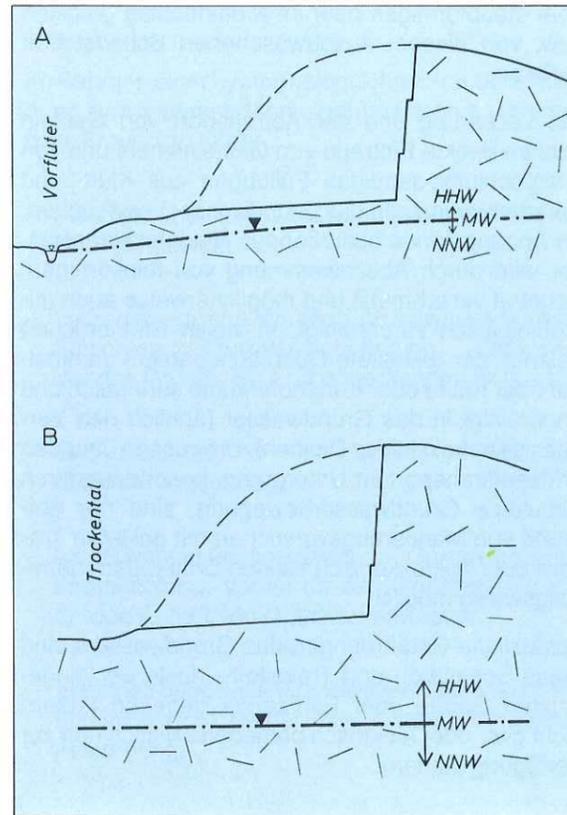


Abb. 3: Prinzipialskizzen zum Hangabbau über höchstem Grundwasserstand HHW

Rekultivierung im Sinne des Grundwasserschutzes: Es ist ausreichend, aus Abraum und unverwertbarem Abbaumaterial eine filtrierende Rekultivierungsdeckschicht mit belebter Bodenzone aufzubringen. Das Niederschlagswasser kann teilweise durch diese Rekultivierungsdeckschicht versickern oder oberirdisch abfließen. Erforderlichenfalls ist eine Reinigung möglich.

Auffüllung, Ablagerung von Fremdmaterial (Deponie): Eine Auffüllung des Abbaugeländes ist nicht grundsätzlich notwendig. Sofern eine Ablagerung von Fremdmaterial, z. B. nach den Kategorien der Informationsschrift zur Entsorgung von Erdaushub usw. (Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg 1988) gewünscht oder im Einzelfall sinnvoll ist, kann zum Schutz des Grundwassers und zu Kontrollzwecken eine abdichtende, gering-

durchlässige Sohlschicht und darauf eine Drainage verlegt werden, durch die das Deponiesickerwasser im freien Gefälle abfließt und nach gütmaßiger Überwachung dem Vorfluter (Fall A) oder der Versickerung (Fall B) zugeleitet wird. Sollten grundwasserschädliche Belastungen des Sickerwassers auftreten, kann dieses behandelt oder geschlossen abgeleitet werden.

Kesselabbau über höchstem Grundwasserstand HHW und im Grundwasserschwankungsbereich, jedoch ohne Wasserhaltung (Abb. 4)

Morphologische Gegebenheiten: Bei landschaftlich geringen Reliefunterschieden kann ein wirtschaftlicher (und landschaftsschonender) Gesteinsabbau nur in Kesselform, d.h. bis unter das Niveau der benachbarten Vorflut, betrieben werden.

Hydrologisch-hydrogeologische Situation, Fall A: Abbausohle über höchstem Grundwasserstand, HHW, Vorflut meist in größerer Entfernung; Fall B: Abbausohle über mittlerem Grundwasserstand, mit gelegentlicher oder zeitweiser Flutung des tieferen Abbaubereichs, jedoch mit Anpassung des Gesteinsabbaus an den Wasserstand ohne Wasserhaltung.

Lagerstättenkundliche Situation: Die Lagerstättenmächtigkeit kann je nach Geologie, Grundwasserstand und dessen Schwankungsbetrag oft zu einem hohen Anteil ausgenutzt werden. Eine weitere Ausnutzung wäre nur durch zeitweise oder ständige Grundwasserhaltung möglich.

Sammlung, Reinigung und Ableitung des Niederschlagswassers: Die Sammlung und Reinigung des verschmutzten Niederschlagswassers ist beim Kesselabbau erschwert. Das Wasser muß zur Reinigungsanlage oder nach der Reinigung gehoben oder im Tiefpunkt des Abbaus versickert werden. Bei zeitweiser Überflutung der Steinbruchsohle (Fall B) ist ein Betreiben von Absetzbecken ohne Wasserhaltung praktisch nicht mehr durchführbar.

Rekultivierung im Sinne des Grundwasserschutzes: Ein dauerndes Belassen der Geländehohlform ohne Auffüllung ist problematisch, jedoch denkbar. Im Fall A muß nach Aufbau der Rekultivierungsdeckschicht das Oberflächenwasser, eventuell nach Reinigung, gezielt versickert werden. Beim Fall B ist der Aufbau einer Rekultivierungsdeck-

schicht erst nach Auffüllung des Kessels bis über HHW sinnvoll.

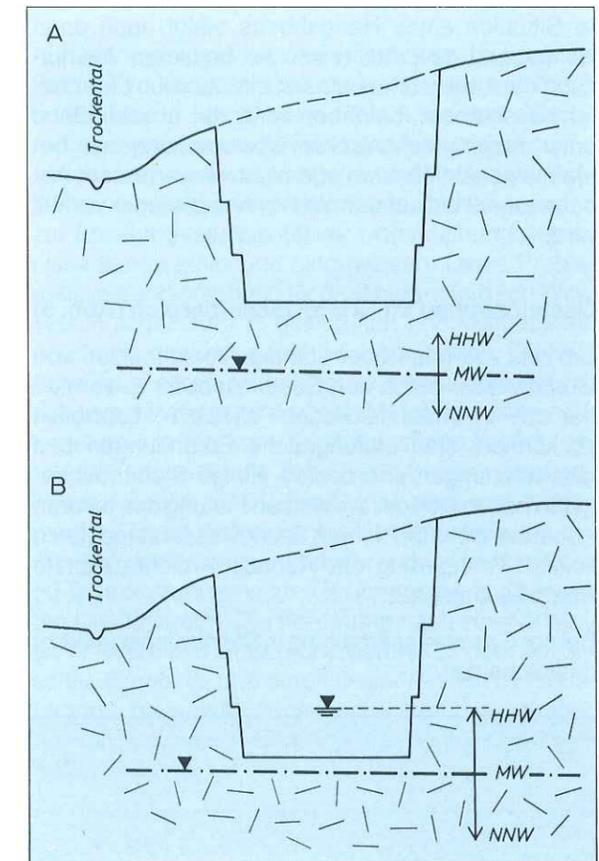


Abb. 4: Prinzipialskizzen zum Kesselabbau über höchstem Grundwasserstand HHW (A) und über mittlerem Grundwasserstand MW, mit zeitweiser Flutung der Steinbruchsohle (B)

Auffüllung, Ablagerung von Fremdmaterial (Deponie): Eine auch landschaftliche Rekultivierung ist nur in Ausnahmefällen ohne Auffüllung möglich. Der betriebseigene Abraum wird dafür meist nicht ausreichen. Im Fall B ist die Auffüllung mit Erdaushub aus bodenmechanischen Gründen nur bei tiefem Wasserstand (unter Abbau- bzw. Auffüllungssohle) oder in Verbindung mit einer Grundwasserhaltung möglich. Eine Kontrolle oder erforderlichenfalls sogar eine Ableitung und Reinigung des Sickerwassers aus der Auffüllung ist nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand möglich. Die Informationsschrift zur Entsorgung von Erdaushub, Straßenaufbruch und Bauschutt (Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg 1988) gibt Hinweise. Allerdings ist deren Anwendung in Steinbrüchen

über verkarsteten und zur Trinkwassergewinnung genutzten Aquiferen jeweils sorgfältig zu prüfen.

Die hinsichtlich des Grundwasserschutzes günstige Situation eines Hangabbaus bleibt auch dann weitgehend gewahrt, wenn zur besseren Ausnutzung der Lagerstätte befristet ein räumlich begrenzter Kesselabbau betrieben wird, der anschließend unter bodenmechanischer Überwachung mit betriebseigenem Abraum und nicht verwertbarem Abbaumaterial bis auf das Vorflutniveau wieder verfüllt wird.

Gesteinsabbau im Grundwasserbereich (Abb. 5)

Um das zeitweise oder ständige Anschneiden von Grundwasser durch den Gesteinsabbau zu vermeiden oder im unvermeidlichen Fall konkret beurteilen zu können, sind umfangreiche Erkundungen und Überwachungen erforderlich. Einige Steinbruchbetriebe haben sich der zeitweisen Flutung des tieferen Abbaubereichs bei hohem Grundwasserstand durch flexible Verlagerung des Abbaus in nicht geflutete Bereiche angepaßt.

Bei der Grundwasserhaltung in Steinbrüchen sind zu unterscheiden:

- Ableiten von schwebendem Schichtgrundwasser, z. B. auf den Tonhorizonten des Oberen Muschelkalks oder aus dem Lettenkeuper, der als Abraum abgegraben wird,
- Ableiten von Grundwasser, das infolge sehr flacher Hangabbausohlen bei steilerem Gefälle der Grundwasseroberfläche (zeitweise) angeschnitten wird und
- Fördern von Grundwasser aus Brunnen oder Pumpensümpfen zur Trockenhaltung der Steinbruchsohle bei Kesselabbau.

Selbstverständlich bedürfen alle Grundwasserhaltungen und Ableitungen einer wasserrechtlichen Erlaubnis. Deren Erlangung ist nur aufgrund einer fundierten lagerstättenkundlichen Beurteilung, einer hydrogeologischen Prognose über die erforderliche Förderrate und die regionalen Auswirkungen auf den Grundwasserhaushalt sowie bei Abwesenheit konkurrierender Grundwassernutzungen und außerhalb von Wasserschutzgebieten zu erwarten.

Grundsätzlich soll das zufließende Grundwasser getrennt vom verschmutzten Niederschlags- bzw. Oberflächenwasser gefaßt und nach Möglichkeit wieder dem Grundwasserleiter zugeführt werden.

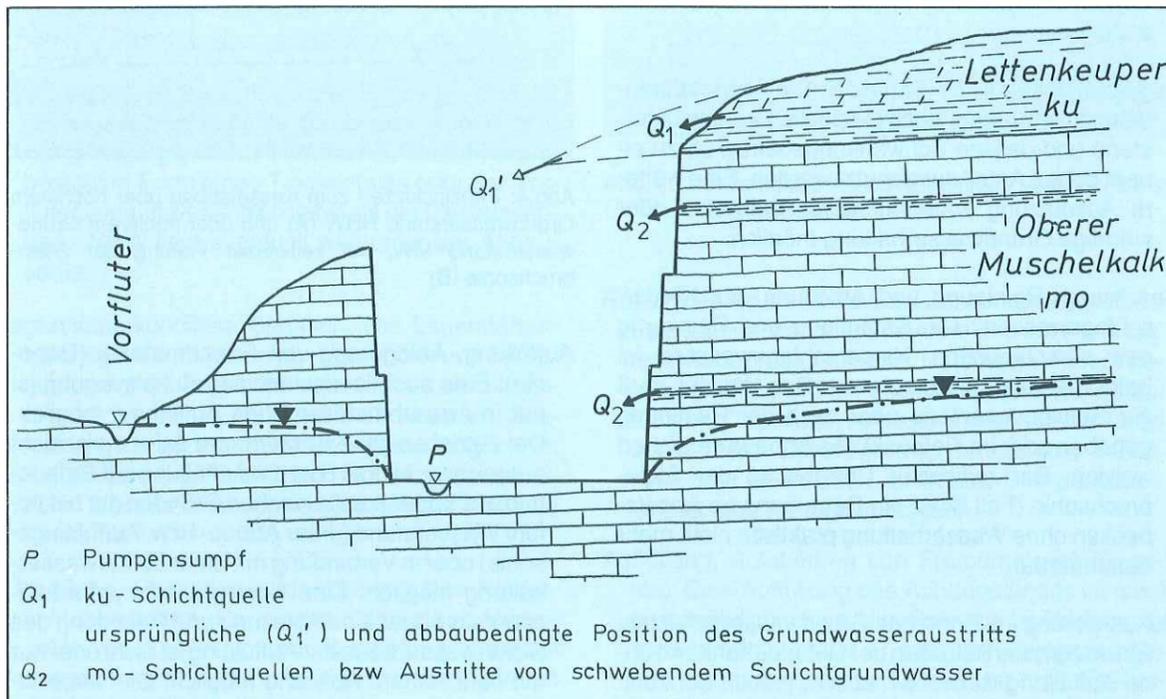


Abb. 5: Prinzipskizze zum Auftreten schwebender Schichtgrundwässer im Lettenkeuper, ku, und im Oberen Muschelkalk, mo, und zum Gesteinsabbau mit Grundwasserhaltung

5 Steinbruchbetriebe und Wasserschutzgebiete

Die generelle Zonengliederung eines Wasserschutzgebiets wird als bekannt vorausgesetzt. Nach den (in Überarbeitung befindlichen) DVGW-Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete, Arbeitsblatt W 101 (1975), sind in der Zone II „gefährlich und in der Regel nicht tragbar“:

- „i) Kies-, Sand-, Torf- und Tongruben, Einschnitte, Hohlwege, **Steinbrüche** und jegliche über land- und forstwirtschaftliche Bearbeitung hinausgehende Bodeneingriffe, durch die die belebte Bodenzone verletzt oder die Deckschichten vermindert werden.
- k) Bergbau, wenn er zur Zerreißung schützender Deckschichten, zu Einmuldungen oder zu offenen Wasseransammlungen führt.
- l) Sprengungen.“

Für die Zone III bzw. III A lauten die entsprechenden Formulierungen:

„p) Erdaufschlüsse, durch die die Deckschichten wesentlich vermindert werden, vor allem wenn das Grundwasser ständig oder zu Zeiten hoher Grundwasserstände aufgedeckt oder eine schlecht reinigende Schicht freigelegt wird und keine ausreichende und dauerhafte Sicherung zum Schutz des Grundwassers vorgenommen werden kann.“

Für den Kiesabbau in Wasserschutzgebieten ergibt sich daraus die in Abb. 6 dargestellte generelle Regelung.

Auf hydrogeologische Besonderheiten der auch als Rohstoffvorkommen bedeutsamen Festgesteine – insbesondere komplizierte Geometrie und Gliederung, heterogene und anisotrope Verteilung der wasserleitenden und wasserspeichernden Hohlraumssysteme – und den damit verbundenen hohen Aufwand zur Erzielung repräsentativer Untersuchungsergebnisse wurde einleitend hingewiesen. Diese Problematik gilt entsprechend für die Abgrenzung von Wasserschutzgebieten in geklüfteten und verkarsteten Aquiferen. Insbesondere bei sehr hohen Fließgeschwindigkeiten von Anteilen des genutzten Grundwassers mit mehreren hundert Metern bis einigen Kilometern pro Tag kann das hauptsächlich Abgrenzungskriterium für die Zone II von Wasserschutzgebieten, nämlich die 50-Tage-Linie, nicht eingehalten werden. Es ist dies diejenige Abstandslinie von der Trinkwasserfassung, von der aus das Grundwasser 50 Tage bis zum genutzten Brunnen bzw. zur genutzten Quelle strömt. Die Forderung nach einer 50tägigen Fließzeit im Untergrund beruht auf dem empirischen Ergebnis, daß durch diese Verweilzeit im Untergrund bakterielle hygienische Verunreinigungen des Grundwassers mit weitgehender Sicherheit eliminiert werden.

Kiesabbau	Schutzzone			
	III B	III A	II	I
Naßabbau	1		verboten	
Trockenabbau			verboten	
Trockenabbau, wenn günstige Deckschichten über dem Grundwasser verbleiben			verboten	

Abb. 6: Kiesabbau in Wasserschutzgebieten (aus „Kiesabbau aus der Sicht der Wasserwirtschaft“, Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg 1987; geringfügig verändert)

1 – Bei besonders ungünstigen hydrogeologischen Verhältnissen kann Naßabbau schon in Zone III B aus wasserwirtschaftlicher Sicht nicht erwünscht sein.

Für Aquifere mit hohen Grundwasserfließgeschwindigkeiten wurden für die Abgrenzung der Zone II Ersatzkriterien definiert (BOLSENKÖTTER et. al 1984, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg 1991, dieses Heft), die zu praktikablen Dimensionierungen, aber auch zu einem verminderten Schutz führen, d. h. zur Ausweisung von Zonen III mit den dafür geltenden Verboten weit innerhalb der 50-Tage-Linie, in einigen Karstgebieten sogar in wenigen Tagen Fließzeit-Distanz von der Trinkwasserfassung.

In solchen Wasserschutzgebieten können bedeutende Großprojekte – und dazu zählen großflächig angelegte und langfristig betriebene Steinbrüche – nicht nur schematisch nach Schutzzonen-Kategorie und Standard-Rechtsverordnung beurteilt werden, sondern bedürfen zusätzlich gezielter Untersuchungen und einer Bewertung nach projektspezifischen Kriterien, wie sie voranstehend dargestellt wurden.

Für Steinbruchbetriebe zählen dazu die hydrogeologischen Verhältnisse des Standorts und der Gesteinsabbau, die Entwässerung des Abbaubereichs, die Rekultivierung durch gut filtrierende, im oberen Bereich belebte Deckschichten, eventuelle Auffüllungen, die Folgenutzung des Abbaubereichs, die Sicherung der Arbeitsgeräte und Maschinen gegen Grundwasserverschmutzungen, der Zustand der

Betriebsanlagen einschließlich der Abwasserbeseitigung, die Verkehrssituation und weitere Begleiterscheinungen.

Aus hydrogeologischer Sicht sind dabei in erster Linie diejenigen Aspekte zu prüfen, die direkt den Gesteinsabbau und die Abbauform betreffen. Abb. 7 zeigt, welche Abbauformen in Wasserschutzgebieten für Kluft- und Karstaquifere aus hydrogeologischer Sicht als zulässig angesehen werden können, wenn alle weiteren Problembereiche des Steinbruchbetriebs im Sinne des Grundwasserschutzes und der Schutzgebiets-Rechtsverordnung gelöst worden sind. Vorausgesetzt wird dabei, daß Steinbrüche und Standorte für neue Steinbruchprojekte in Wasserschutzgebieten grundsätzlich eingehend hydrogeologisch untersucht werden, so daß der Beurteilung entsprechende Daten – insbesondere Bohrungen, Grundwassermeßstellen, Wasserstandsganglinien, Grundwassermarkierungsversuche und lagerstättenkundliche Untersuchungen – zugrunde gelegt werden können. Freilegungen des Grundwassers oder Gesteinsabbau mit Grundwasserhaltung sollten in Wasserschutzgebieten grundsätzlich nicht erlaubt werden. Auch die günstigste Abbauform, der Hangabbau über höchstem Grundwasserstand, ist innerhalb der 10tägigen Fließzeit-Distanz zur Fassung als problematisch anzusehen und sollte nur in

speziell untersuchten und begründeten Ausnahmefällen zugelassen werden. Dies stützt sich auf Überlegungen und Erfahrungen zum Transport nicht durch die Entwässerungsanlagen erfaßter Trübungen sowie bakterieller (jedoch nicht fäkaler) Verunreinigungen des versickernden Steinbruchwassers.

Die Empfehlung in Abb. 7 geht davon aus, daß es unvermeidbar sein wird, auch in den großen Wasserschutzgebieten im Bereich der ausgedehnten Kalksteinvorkommen des Oberen Muschelkalks und des Weißen Juras Gesteinsabbau zu betreiben. Selbst-

verständlich kann diese Empfehlung grundsätzlich nicht die Einzelfallbeurteilung an Hand von Untersuchungsergebnissen und einer lagerstättenkundlichen Bewertung des Abbauprojekts ersetzen.

Zusätzlich ist die Notwendigkeit ständig betriebener oder für den Bedarfsfall vorzuhaltender Aufbereitungsanlagen zur Entkeimung und zur Filtration von Trübungen bei der gegebenenfalls betroffenen Trinkwasserfassung zu prüfen oder das Bestehen solcher Anlagen zu berücksichtigen.

Literatur

BOLSENKÖTTER, H., BUSSE, R., DIEDERICH, G., HÖLTING, B., HOHBERGER, K., REGENHARDT, H., SCHLOZ, W., VILLINGER, E. & WERNER, J. (1984): Hydrogeologische Kriterien bei der Bemessung von Wasserschutzgebieten für Grundwasserfassungen. – Geol. Jb., C36: 3–34, 6 Anl., 5 Abb.; Hannover.

DVGW (1975): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete, 1. Teil, Schutzgebiete für Grundwasser. – Dt. Ver. Gas- u. Wasserfach; Techn. Regeln, Arb.-Bl. W 101, 12 S; Eschborn. – [Neufassung in Bear.]

Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1991): Hydrogeologische Kriterien für die Abgrenzung von Wasserschutzgebieten in Baden-

Württemberg. – Geol. Landesamt Baden-Württ., Inform., 2: 5–21, 7 Abb.; Freiburg i.Br.

Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg (1984): Steinbruchbetriebe aus der Sicht der Wasserwirtschaft. – Inform.-Schr., erstellt von der Landesanstalt für Umweltschutz: 1–20, 1 Anl.; Karlsruhe.

– (1987): Kiesabbau aus der Sicht der Wasserwirtschaft. – Inform.-Schr., erstellt von der Landesanstalt für Umweltschutz: 1–25, 6 Abb.; Karlsruhe.

– (1988): Verwaltungsvorschrift zur Einführung der Informationsschrift zur Entsorgung von Erdaushub, Straßenaufbruch und Bauschutt. – Gemeinsames Amtsblatt Land Baden-Württemberg, GABl., 1988 (36): 705–717; Stuttgart.

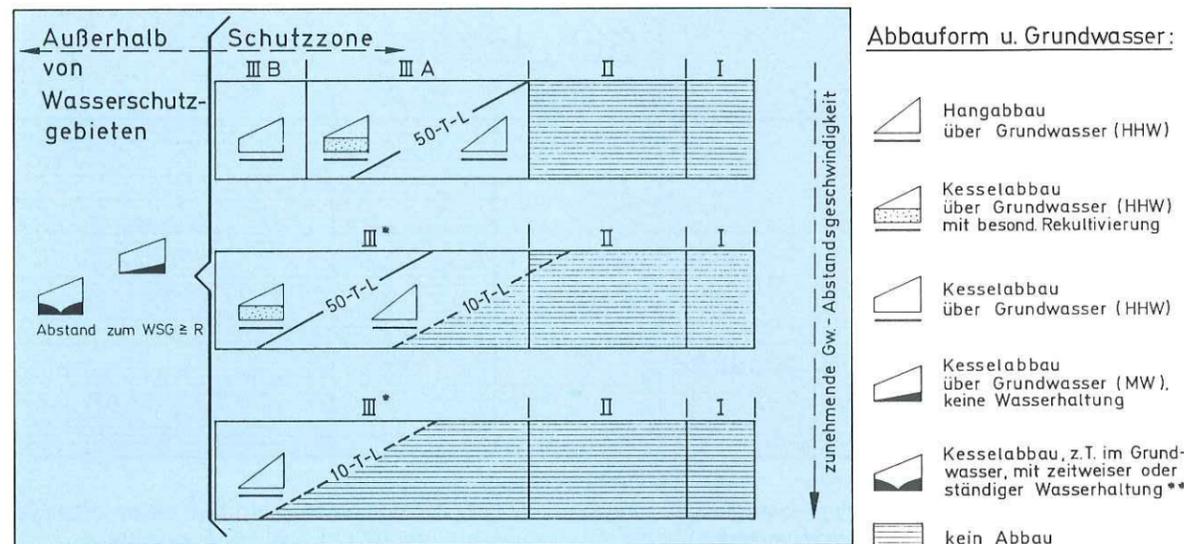


Abb. 7: Gesteinsabbau in Wasserschutzgebieten, Empfehlung für das Vorgehen bei Kluft- und Karstgrundwasserleitern
 10-T-L, 50-T-L – Fließzeit-Distanzen, zur Definition und zur 10-T-L als Mindestabstand vgl. Text; R – Reichweite der Absenkung;
 * – Schutzzone III B aufgrund günstiger Überdeckung nicht berücksichtigt, da diese beim Gesteinsabbau meist als Abraum beseitigt wird;
 ** – sofern entsprechende wasserrechtliche Erlaubnis besteht

Hydrogeologische Kartierung in Baden-Württemberg

Folgende Hydrogeologische Karten von Baden-Württemberg 1:50 000 mit Erläuterungen sind bisher erschienen:

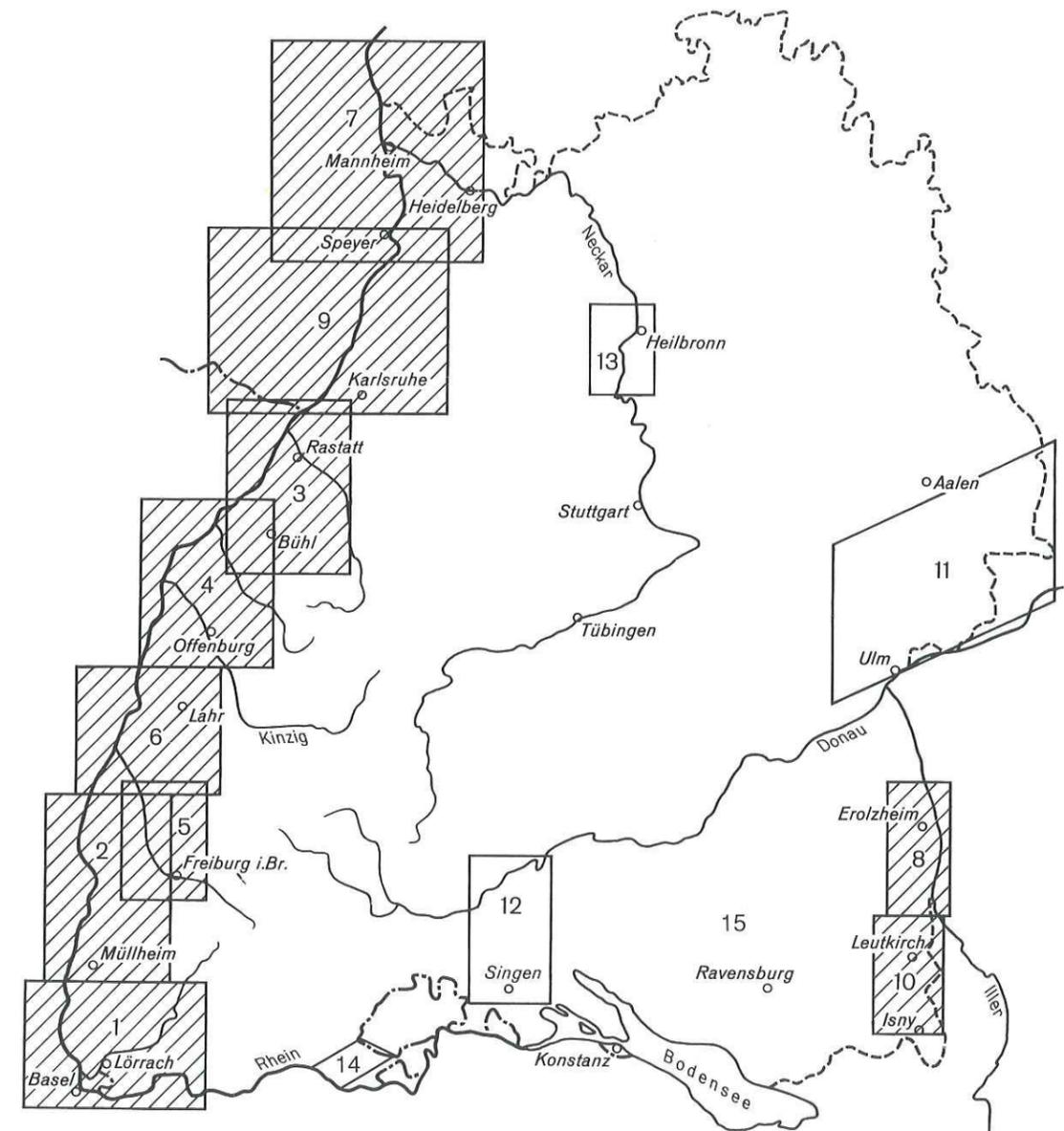
- Grundwasserlandschaften. – 12 S., 8 Kt.; Freiburg i. Br., Karlsruhe (LfU) 1985. – [Bearbeiter: KÖHLER, W.-R., VILLINGER, E., WERNER, J., FUHRMANN, A. & GRIMM-STRELE, J.] DM 50,-
- 1. Dinkelberg-Hochrhein (Bad Bellingen – Lörrach – Schopfheim – Säckingen). – II, 71 S., 1 Abb., 5 Tab., 7 Kt.; Freiburg i. Br. (GLA) 1975. – [Bearbeiter: JOACHIM, H. & VILLINGER, E.] vergriffen
- 2. Oberrheingebiet. Bereich Kaiserstuhl – Markgräflerland. – 65 S., 7 Abb., 5 Tab., 9 Kt., 6 Anl.; Freiburg i. Br., Karlsruhe (LfU) 1977. – [Bearbeiter: JUNKER, B., WENDT, O., ESSLER, H. & LAMPRECHT, K.] vergriffen
- 3. Oberrheinebene. Raum Rastatt (Karlsruhe – Bühl). – 52 S., 31 Abb., 9 Tab., 6 Kt.; Freiburg i. Br., Karlsruhe (LfU) 1978. – [Bearbeiter: HUPPMANN, O. & STRAYLE, G.] vergriffen
- 4. Oberrheingebiet. Bereich Bühl – Offenburg. – 68 S., 24 Abb., 7 Tab., 10 Kt., 13 Anl.; Freiburg i. Br., Karlsruhe (LfU) 1979. – [Bearbeiter: JUNKER, B., WERNER, J. & ESSLER, H.] DM 90,-
- 5. Oberrheingebiet. Freiburger Bucht. – 72 S., 21 Abb., 10 Tab., 11 Kt.; Freiburg i. Br., Karlsruhe (LfU). – [Bearbeiter: HUMMEL, P., WENDT, O., ZWÖLFER, W. & ESSLER, H.] vergriffen
- 6. Oberrheingebiet. Raum Lahr. – 63 S., 25 Abb., 7 Tab., 8 Kt.; Freiburg i. Br., Karlsruhe (LfU) 1980. – [Bearbeiter: JUNKER, B. & ESSLER, H.] vergriffen
- 7. Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar-Raum. Analyse des Ist-Zustandes. – 71 S., 12 Abb., 10 Tab., 14 Kt.; Stuttgart, Wiesbaden, Mainz 1980. – [Bearbeiter: Arbeitsgruppe Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar-Raum]* vergriffen
- Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung. Rhein-Neckar-Raum. Situation heute. Möglichkeiten und Grenzen künftiger Entwicklungen. – 107 S., 42 Abb., 16 Tab., 12 Anl.; Stuttgart, Wiesbaden, Mainz 1987. – [Bearbeiter: Arbeitsgruppe Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar-Raum]* vergriffen
- 8. Oberschwaben. Erolzheimer Feld/Illertal. – 100 S., 47 Abb., 19 Tab., 11 Kt.; Freiburg i. Br., Karlsruhe (LfU) 1982. – [Bearbeiter: KUPSCH, F. & WILLIBALD, D.]* DM 90,-
- 9. Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung im Raum Karlsruhe – Speyer. Analyse des Istzustandes. Aufbau eines mathematischen Grundwassermodells. – 111 S., 23 Abb., 9 Tab., 13 Kt.; Stuttgart, Mainz 1988. – [Bearbeiter: Arbeitsgruppe Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung im Raum Karlsruhe – Speyer]* vergriffen
- 10. Oberschwaben. Leutkircher Heide und Aitrachtal. – 122 S., 45 Abb., 19 Tab., 10 Kt.; Freiburg i. Br., Karlsruhe (LfU) 1989. – [Bearbeiter: KUPSCH, F., STRAYLE, G., WERNER, J., KATZENBERGER, B., WILLIBALD, D., GUDERA, TH., PINTER, I. & RITTER, R.] DM 90,-

*Herausgegeben von den Umweltministerien der beteiligten Länder.

Folgende Hydrogeologische Karten sind in Vorbereitung:
 Singener Kiesfeld/Aachtal, Ostalb, Heilbronner Mulde, Klettgau und Tiefe Grundwasserstockwerke im Alpenvorland (Obere Meeresmolasse und Malm)

Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg

mit Erläuterungen (Erscheinungsjahr)



bisher erschienen in Bearbeitung

- | | | |
|--------------------------------------|--|---|
| 1 Dinkelberg-Hochrhein (1975) | 7 Rhein-Neckar-Raum – Stufe 1 (1978) | 11 Ostalb |
| 2 Kaiserstuhl-Markgräflerland (1978) | – Stufe 2 (1987) | 12 Singener Kiesfeld |
| 3 Raum Rastatt (1978) | 8 Erolzheimer Feld (1979) | 13 Heilbronner Mulde |
| 4 Bühl-Offenburg (1979) | 9 Karlsruhe-Speyer (1988) | 14 Klettgau-Rinne |
| 5 Freiburger Bucht (1979) | 10 Leutkircher Heide und Aitrachtal (1989) | 15 Tiefe Grundwasserstockwerke im Alpenvorland (Obere Meeresmolasse und Malm) |
| 6 Raum Lahr (1979) | | |