



Bayerisches Landesamt
für Wasserwirtschaft

A large, stylized, grey graphic element resembling a thick brushstroke or a calligraphic letter 'W' that spans across the lower half of the page, partially overlapping the title text.

Leitlinien für die Ermittlung
der Einzugsgebiete von
Grundwassererschließungen

Materialien Nr. 52 (Dezember 1995)

V O R W O R T

Die Kenntnis des Einzugsgebietes einer Grundwassererschließung ist Voraussetzung u. a. für die Erstellung von Grundwasserbilanzen, für die hydrogeochemische Interpretation, für die Beurteilung konkurrierender Nutzungen hinsichtlich des Trinkwasserschutzes und in letzter Zeit zunehmend für die Konzeption von Sanierungsmaßnahmen bei Schadstoffbelastungen. Um ein weitgehend einheitliches Vorgehen mit vertretbarem Aufwand zu gewährleisten, wurde am Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft ein fachlich-organisatorischer Standard ausgearbeitet. Da verstärkt daraufhin gewirkt werden soll, maßgebliche Teile des Einzugsgebietes einer Wasserfassung als Schutzgebiet auszuweisen (vgl. DVGW-Arbeitsblatt W 101 vom Februar 1995), kommt einer fachlich wie zur rationellen Bearbeitung gleichermaßen geeigneten Arbeitsmethodik besondere Bedeutung zu.

Nach der im Juli 1989 erschienenen ersten Fassung der "Leitlinien", die bereits im August 1990 fortgeschrieben wurde, hat das Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft zwischen 1990 und 1992 eigene Methodik-Studien durchgeführt, um Musterbeispiele für verschiedene charakteristische hydrogeologische Situationen zur Verfügung stellen zu können. Die Abgrenzung einer Reihe von Einzugsgebieten anhand der standardisierten Methodik zeigte die generelle Brauchbarkeit der Vorgehensweise, auch für sehr unterschiedlich strukturierte bzw. unterschiedlich große Einzugsgebiete von Wasserfassungen.

Aufgrund der zwischenzeitlich gewonnenen Erfahrungen wurden die "Leitlinien" erneut aktualisiert und ergänzt. Des vergrößerten Umfangs wegen erscheinen sie nicht als Merkblatt der Slg-LfW wie bisher, sondern in der vorliegenden Form als Materialsammlung. Eine Auswahl der vom Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft ausgearbeiteten Musterbeispiele wird in einer eigenen Veröffentlichung des Landesamtes erscheinen.

Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft
Abteilung Grundwasser
München, im Dezember 1995



Rothascher
Ltd. Baudirektor

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A Einführung	4
B Vorgehensweise bei der Abgrenzung von Grundwasser- einzugsgebieten	9
C Gliederung und Inhalt des hydrogeologischen Basis- gutachtens	13
1 Problemstellung	13
2 Ergebnis der allgemeinen Erhebungen	13
2.1 Angaben zur Wasserversorgung	14
2.2 Angaben zu den Wasserfassungen	14
2.3 Landnutzung und Besiedlung im weiteren Umfeld Mögliche Grundwassergefährdungsmomente	15
2.4 Quellen, Grundwassermeßstellen und weitere Wasserfassungen im Untersuchungsgebiet	16
2.5 Klimatische und hydrologische Daten	17
2.6 Wasserbeschaffenheit	19
3 Ergebnis der geologischen Erhebungen	20
3.1 Schichtaufbau	21
3.2 Lagerungsverhältnisse, Strukturen/Tektonik	21
3.3 Karsterscheinungen	22

	Seite
4 Hydrogeologische Beurteilung	23
4.1 Direkt genutzte und angekoppelte Grundwasserleiter	23
4.2 Grundwasserströmungsverhältnisse	26
4.3 Geohydraulische Kennwerte	26
4.4 Geohydraulische und hydrogeochemische Variabilität	28
5 Zusammensetzung und Gestalt des Einzugsgebietes	28
5.1 Fassungsnaher Anstrombereich im genutzten Grundwasserleiter	29
5.2 Abgrenzung anhand von Grundwasserhöhengleichen	30
5.3 Besondere Einflüsse geologischer Gegebenheiten	31
5.4 Angekoppelte Grundwasserleiter, Zuspeisungsbereiche	32
5.5 Bedeutung der oberirdischen Wasserscheiden	32
5.6 Grundwasserneubildungsraten, Bilanzkontrolle	34
5.7 Konsistenz von Einzugsgebiet und Grundwasserbeschaffenheit	36
6 Bewertung der Belastungsempfindlichkeit und der Gefährdungspotentiale im Einzugsgebiet Gliederung in Maßnahmenbereiche	37
7 Weiteres Vorgehen	41
7.1 Sofortmaßnahmen	41
7.2 Bewertung der ermittelten Einzugsgebietsgrenzen	44
7.3 Bewertung des bestehenden Schutzgebietes	45
7.4 Zusatzuntersuchungen	46

	Seite
8 Verzeichnis der verwendeten Unterlagen	48
D Organisatorische Hinweise, Anlagen	49
Anlage 1: Musterschreiben für Wasserversorgungs- unternehmer	55
Anlage 2: Ablaufschema für die Sanierung nitrat- bzw. PSM-belasteter Trinkwasserge- winnungsanlagen	56
Anlage 3: Literaturhinweise	57

A EINFÜHRUNG

Das Grundwasser stellt in Bayern die wichtigste Quelle der Trinkwasserversorgung dar. Aufgrund der klimatischen und geologischen Bedingungen kann in Bayern das für die öffentliche Wasserversorgung benötigte Trinkwasser zu 95% aus dem Grundwasser gedeckt werden.

Die Gwüberdeckung einschließlich der belebten Bodenzone bildet von Natur aus einen wirkungsvollen Schutz des Grundwassers gegen Verunreinigungen von der Oberfläche.

Das natürliche Reinigungsvermögen der Deckschichten ist jedoch nicht unerschöpflich. In den letzten Jahren ist im Grundwasser ein stetes Ansteigen der anthropogenen Belastungen zu beobachten. Besonders kritisch werden die flächigen Belastungen bewertet. Am augenfälligsten sind die stark gestiegenen Nitrat- und PSM-Gehalte im Grundwasser. Dieser diffuse Stoffeintrag stammt überwiegend aus der landwirtschaftlichen Bodennutzung. Bei kontinuierlichen oder gar akkumulierenden Dauerbelastungen des Grundwassers muß von einer mangelnden Beachtung des Allgemeinen Gewässerschutzes ausgegangen werden. Dieser Entwicklung ist mit intensiven Aufklärungs- und Beratungsmaßnahmen zu begegnen. Primär muß es gelingen, den Einsatz von Düngemitteln und PSM in der Landwirtschaft auf ein umweltverträgliches Maß zurückzuführen.

Der Allgemeine Gewässerschutz muß überall sichergestellt sein. Bei Defiziten sind Abhilfemaßnahmen somit grundsätzlich flächendeckend zu ergreifen. Da die verfügbaren Kräfte meist nicht für eine sofortige umfassende Ursachenbeseitigung ausreichen, müssen räumliche und zeitliche Prioritäten gesetzt werden. So werden sich erste Maßnahmen vorrangig auf die Einzugsgebiete belasteter Trinkwassererschließungen konzentrieren.

- * um Auswirkungen von Vorhaben und Maßnahmen auf die Trinkwassererschließungen beurteilen zu können
- * um Schadensfällen mit wassergefährdenden Stoffen rascher und besser begegnen zu können
- * um den Einfluß auf andere Grundwassernutzer erkennen zu können
- * um den Chemismus des erschlossenen Grundwassers besser verstehen zu können
- * um ökologische Auswirkungen der Grundwasserentnahme besser beurteilen zu können

Häufigster und dringlichster Anlaß für die Einzugsgebietsermittlung ist in jüngster Zeit zunehmend die Sanierung belasteter Trinkwasservorkommen. Die Kenntnis des GwEinzugsgebietes ist ein wesentlicher Bestandteil für einen erfolgsversprechenden Sanierungsplan, wie er Voraussetzung für eine Ausnahmege-
nehmigung nach § 4 TrinkwV bei Überschreitung eines Grenzwertes ist.

Der Trinkwasserschutz gründet sich auf zwei Komponenten der Vorsorge (Abb. 2):

Die Vorsorgen im Rahmen des Allgemeinen Gewässerschutzes sind flächendeckend geboten.

Bei Belastungen des Trinkwassers werden Sanierungsmaßnahmen vorrangig in dem zugehörigen GwEinzugsgebiet erfolgen.

Besondere Vorsorgen, die über die Anforderungen des Allgemeinen Gewässerschutzes hinausgehen, sind in der sensibleren Umgebung von Wassergewinnungsanlagen erforderlich. Dieser Teilbereich des GwEinzugsgebietes ist als Trinkwasserschutzgebiet auszuweisen, in dem die in der Schutzgebietsverordnung aufgeführten, die üblichen Anforderungen

übersteigenden Beschränkungen und Verbote zu beachten sind. Nur in seltenen Fällen sind im gesamten GwEinzugsgebiet besondere, über den Allgemeinen Gewässerschutz hinausgehende Vorsorgen notwendig.



Abb. 2: Räumliche Beziehung "Allg. Gewässerschutz - GwEinzugsgebiet - WSG"

Die heute zunehmend feststellbaren Belastungen des Grundwassers betreffen nicht nur einige ausgewählte verschmutzungsempfindliche Bereiche, sondern zunehmend auch langsam reagierende Systeme. Dabei ist zu beachten, daß die Reversibilität von Belastungen bei den schnellen, "empfindlichen" Systemen noch am günstigsten ist. Belastungen langsam reagierender, schein-

bar "unempfindlicher" Systeme sind ungleich langwieriger, wenn überhaupt sanierbar, da an deren Puffer- und Verzögerungswirkung komplexere und nicht immer umkehrbare Wechselwirkungen beteiligt sein können. Selbst so wichtige Sicherheitsfaktoren wie Sorptions- oder chemisches Umsetzungsvermögen der Böden können durch Langzeitbelastungen schließlich erschöpft werden. Diese Faktoren sind nicht als diffuser "Ablagerungsraum" für Schadstoffe beliebig ausschöpfbar, sondern bieten lediglich die Möglichkeit, bei der flächendeckenden Abstellung erkannter Belastungen noch räumliche und zeitliche Prioritäten setzen zu können.

Es ist also ein elementares Erfordernis der Daseinsvorsorge, den Allgemeinen Gewässerschutz auch im Grundwasserbereich flächendeckend sicherzustellen. Eine Begrenzung auf "verschmutzungsempfindliche Bereiche" hätte die Konsequenz, daß nur dort ideale Bedingungen angestrebt werden, wo ohnehin ein sensibles und rasch ansprechendes Meßinstrument vorhanden ist. Hingegen würden gerade diejenigen Bereiche, in denen sich Belastungen langwieriger und schwer prognostizierbar entwickeln, während einer Latenzzeit unbeachtet bleiben.

B VORGEHENSWEISE BEI DER ABGRENZUNG VON GRUNDWASSEREINZUGSGEBIETEN

Im folgenden wird die Vorgehensweise als Übersicht dargestellt. In Teil C werden die einzelnen Schritte dann detailliert und anhand von Beispielen erläutert.

Ziel der Untersuchungen ist es, das gesamte für die Wasserbeschaffenheit relevante GwEinzugsgebiet sowie dessen unterschiedlich sensible Bereiche zu ermitteln, um ein in Prioritätszonen gestaffeltes Maßnahmenggebiet zu erhalten.

Es hat sich bewährt, bei der Abgrenzung des GwEinzugsgebietes schrittweise vorzugehen.

In einem Basisgutachten sind zunächst alle im Augenblick verfügbaren oder ohne großen Aufwand gewinnbaren Informationen auszuwerten. Im allgemeinen ist damit bereits eine erste Abgrenzung und Bewertung des GwEinzugsgebietes möglich. In den meisten Fällen kann sogar schon eine Konzeption der dringlichsten Sanierungsmaßnahmen aufgestellt werden.

Bei komplexen geologischen Verhältnissen oder bei bestimmten Fragestellungen, die eine besondere Schärfe der Einzugsgebietsgrenzen erfordern, können weitergehende Untersuchungen notwendig werden. In diesem Fall soll im Basisgutachten ein fachlich begründeter Vorschlag für die weitere Vorgehensweise enthalten sein.

Kern eines GwEinzugsgebietes ist der fassungsnahe Anstrombereich im genutzten Grundwasserleiter. Unter der Annahme quasi-homogener und isotroper Verhältnisse kann dieser aus der Entnahme bzw. Quellschüttung durch geohydraulische Berechnungen bestimmt werden. Die bestimmenden Elemente sind unterstromig die sog. Untere Kulmination und stromseitlich die mit Hilfe der Entnahmebreite konstruierte Randstromlinie (Abb. 3). Oberstromig reicht der theoretische Anstrombereich bis zur nächsten Wasserscheide.

In der Praxis bereitet die Ermittlung der geohydraulischen Grenzen häufig Schwierigkeiten, da sie u. U. sehr weit von der Wassergewinnungsanlage entfernt liegen können bzw. oft erst nach umfangreicheren Auswertungen erfaßbar werden. Stets ist hierbei kritisch zu prüfen, ob die Verhältnismäßigkeit des für die Ermittlung geplanten Aufwandes zum gewünschten Ziel gegeben ist. In vielen Fällen ist es angebrachter, erfassungsbedingte Unschärfbereiche in das Maßnahmenggebiet einzubeziehen, statt aufwendige Präzisierungen hydraulischer Grenzen anzustreben.

- Die bei der Berechnung des Anstrombereiches angenommenen quasihomogenen und isotropen Verhältnisse sind in der Realität nicht gegeben. Das natürliche Potentialfeld weist ein Relief auf, das mit angemessenen Mitteln nicht erfaßbar ist. Durch die Abweichungen der tatsächlichen Strömungspfade von der generellen GwFließrichtung werden die rechnerisch definierbaren Grenzen des Anstrombereiches verwischt oder sogar durchbrochen. Diesem Effekt, der mit wachsender Entfernung nach oberstrom akkumuliert, kann mit einer Aufweitung des theoretischen Anstrombereiches Rechnung getragen werden (Abb. 3). Der erforderliche Öffnungswinkel dieses Sicherheitszuschlages hängt vom Grad der Inhomogenität des Untergrundes ab.

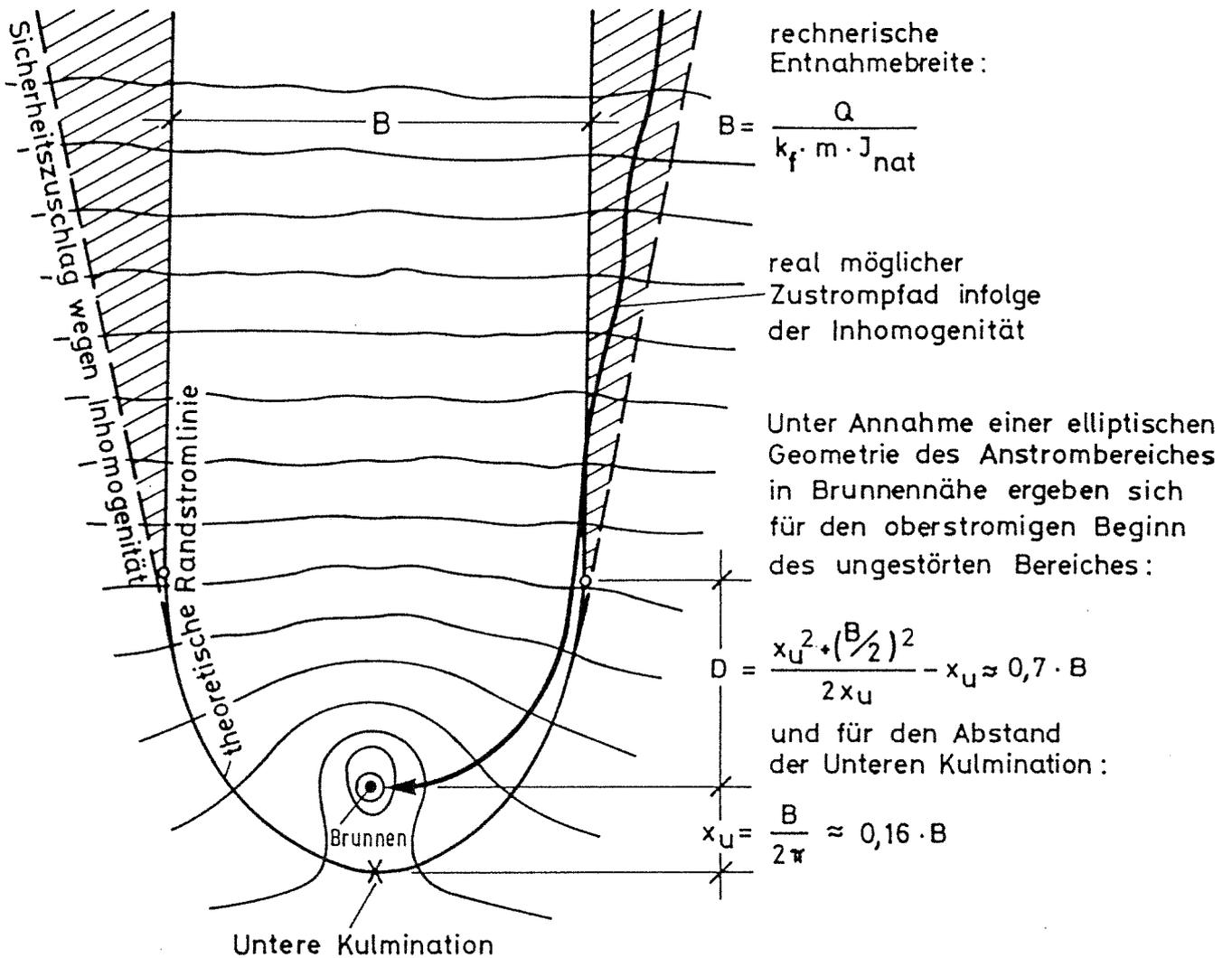


Abb. 3: Elemente des Anstrombereiches bei quasihomogenen Verhältnissen

- Der Anstrombereich kann bei wechselnden hydrologischen Zuständen sowohl in seiner Breite als auch in seiner Orientierung zeitlich variieren. Je nach den lokalen hydrogeologischen Verhältnissen ist daher der rechnerische Anstrombereich seitlich um Bereiche zu erweitern, die ihm generell oder zeitweise Grundwasser zuspeisen.

Diese **Zuspeisungsbereiche** sind nicht rechnerisch definierbar, sondern ergeben sich aus einer Analyse der geologischen, tektonischen und geohydraulischen Gegebenheiten.

In analoger Weise sind vertikale **Zuspeisungsbereiche** bzw. hydraulisch angekoppelte über- oder unterlagernde **GwLeiter** zu berücksichtigen.

Das **GwEinzugsgebiet** stellt also den Umgriff des aufgeweiteten **Anstrombereiches** und aller hydrologisch möglichen **Zuspeisungsbereiche** dar. Eine quantitative Beurteilung bzw. Prüfung wird möglich, wenn die Teilbereiche hinsichtlich ihrer **Zuspeisungswahrscheinlichkeit** bewertet werden. Darauf aufbauend lassen sich qualitativ nach einer Bewertung der im ermittelten Einzugsgebiet verbreiteten **Deckschichten** einschl. Böden sowie der **Landnutzung** meistens auch Bereiche unterschiedlicher **GwGefährdungswahrscheinlichkeit** differenzieren. Damit wird eine räumliche und zeitliche **Staffelung** der Sanierungsmaßnahmen nach verschiedenen **Prioritätsstufen** möglich.

Hauptbestandteile des Maßnahmenprogrammes sind:

- * **Erhebung**
 - besonders empfindlicher Bereiche
 - konkurrierender Nutzungen bzw. möglicher Gefährdungspotentiale
 - möglicher bereits bestehender punktueller Schadstoffeinträge

- * **allgemeine Information** über die Anforderungen des Allgemeinen Gewässerschutzes

- * **gezielte Beratung** einzelner Landwirtschaftsbetriebe

- * **Kontrolle** der geforderten Maßnahmen

C GLIEDERUNG UND INHALT DES HYDROGEOLOGISCHEN BASISGUTACHTENS

Textliche Beispiele, die aus konkreten Ausarbeitungen abgeleitet wurden, sind jeweils durch Einrücken gekennzeichnet. Da die Beispiele nur zur Veranschaulichung dienen, sind die Quellen nicht angeführt.

1 Problemstellung

In kurzer Form sind die Belastungssituation und der Anlaß für die Auftragserteilung darzulegen:

Die Belastungen, insbesondere die Nitratgehalte im erschlossenen Grundwasser, sind in den letzten Jahren beständig angestiegen und haben inzwischen häufig den Grenzwert erreicht. Außerdem wird trotz des Anwendungsverbotes immer noch das Herbizid Atrazin bzw. eines seiner Hauptmetabolite, Desethylatrazin, nachgewiesen.

Die Belastungssituation deutet auf einen flächenhaften Eintrag im Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage hin. Als Grundlage sowohl für Sofortmaßnahmen als auch für ein mittelfristiges Sanierungsprogramm ist zunächst das GwEinzugsgebiet zu ermitteln.

Das Basisgutachten stützt sich auf unmittelbar verfügbare bzw. kurzfristig erhebbare Daten und Informationen sowie auf vorhandene geologische Fachliteratur einschließlich Karten.

2 Ergebnis der allgemeinen Erhebungen

Die für die Aufgabenstellung relevanten allgemeinen Daten sind zwar meistens generell verfügbar, doch fehlt i. d. R. eine geeignete Zusammenstellung aller aktuellen Informationen, Erhebungen und gültigen Bescheide. Die Darstellung kann, soweit möglich, in tabellarischer oder graphischer Form erfolgen. Folgende Angaben sind notwendig:

2.1 Angaben zur Wasserversorgung

Zur klaren Identifizierung sind der Unternehmensträger und die Wasserfassung(en) möglichst mit Unternehmer- und/oder Objektkennzahl der "Datenbank Wasserwirtschaft" zu benennen sowie das Versorgungsgebiet und die Versorgungssituation kurz zu beschreiben.

Besondere Bedeutung kommt der Entwicklung des Wasserbedarfes zu. Die im Wasserechtsbescheid festgelegte Entnahmebeschränkung bildet die Grundlage für die hydraulische Berechnung des Anstrombereiches und die daraus abgeleitete Bemessung der Schutzzonen. Es ist daher zu prüfen, ob die wasserrechtlich genehmigten Fördermengen noch dem Bedarf entsprechen und weiterhin als Berechnungsgrundlage herangezogen werden können. Von Relevanz ist auch die zeitliche Verteilung des Wasserbedarfes (Bedarfsspitzen!). Neben der maximalen Jahresentnahmemenge sind nach Möglichkeit auch die durchschnittliche und maximale Tagesfördermenge sowie die Dauer der Spitzenentnahme anzugeben. Bei Mehrbrunnenanlagen ist die Entnahmekonstellation zu beschreiben.

2.2 Angaben zu den Wasserfassungen

Folgende Untergliederung wird vorgeschlagen:

2.2.1 Geographische Lage, naturräumliche Gliederung

Neben der Abgrenzung des Untersuchungsgebietes, der geologisch-morphologischen und naturräumlichen Grobgliederung der Umgebung und Angaben zur Orohydrographie sind die allgemeinen Daten zu den Wasserfassungen zusammenzustellen:

Br.	Gelände-OK m ü.NN	Ausbautiefe m u.GOK	Koordinaten		Bau- jahr
			Rechtswert	Hochwert	

2.2.2 Beschreibung der Wassergewinnungsanlage(n)

Die technischen und hydraulischen Angaben zu den Brunnen können in einer Tabelle zusammengefaßt werden:

1. Ausbau

Bohrtiefe (m u. Gel.)
 Endlichtweite der Bohrungen (mm)
 ausgebaute Brunnentiefe (m u. Gel.)
 Ausbaumaterial
 Nennweite (mm)
 Filterrohre (m u. Gel.)
 Aufsatzrohre "
 Sumpfrohre "
 Filterkiesschüttung/Körnung (mm)

2. Absperrung

Stahlsperrohr (NW mm)
 von-bis (m u. Gel.)
 Abdichtung zw. Bohrlochwand und
 Sperrohr durch
 von-bis (m u. Gel.)

3. Hydrologische Angaben

Ruhewasserspiegel am
 (m u. Gel.)
 Pumpversuch von-bis/Pumpdauer
 Entnahme (l/s)
 Absenkung des Wasserspiegels
 in m unter Rwsp.

2.3 Landnutzung und Besiedlung im weiteren Umfeld

Mögliche Grundwassergefährdungsmomente

Auf der Grundlage der verfügbaren Kartenunterlagen soll im Rahmen einer Ortseinsichtnahme die aktuelle Landnutzung erhoben werden. Dabei sind die land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen hinsichtlich ihrer Nutzung (Acker, Grünland, Wald etc.) zu kartieren und die potentiellen GwGefährdungsmo-

mente (Kiesabbau, Altlasten, Deponien, Anlagen mit wassergefährdenden Stoffen, klassifizierte Straßen, bauliche Anlagen etc.) zu erkunden. Die Arbeitshilfe zur Gestaltung des Schutzgebietsvorschlags (Stand 01.07.1994) gibt eine Orientierung, welche Nutzungsarten und Einrichtungen erhoben und später (Kap. 6) bewertet werden sollen.

Zweckmäßig ist eine planliche Darstellung der Ergebnisse der Bestandserhebung in Karten 1 : 25000 bzw. 1 : 5000.

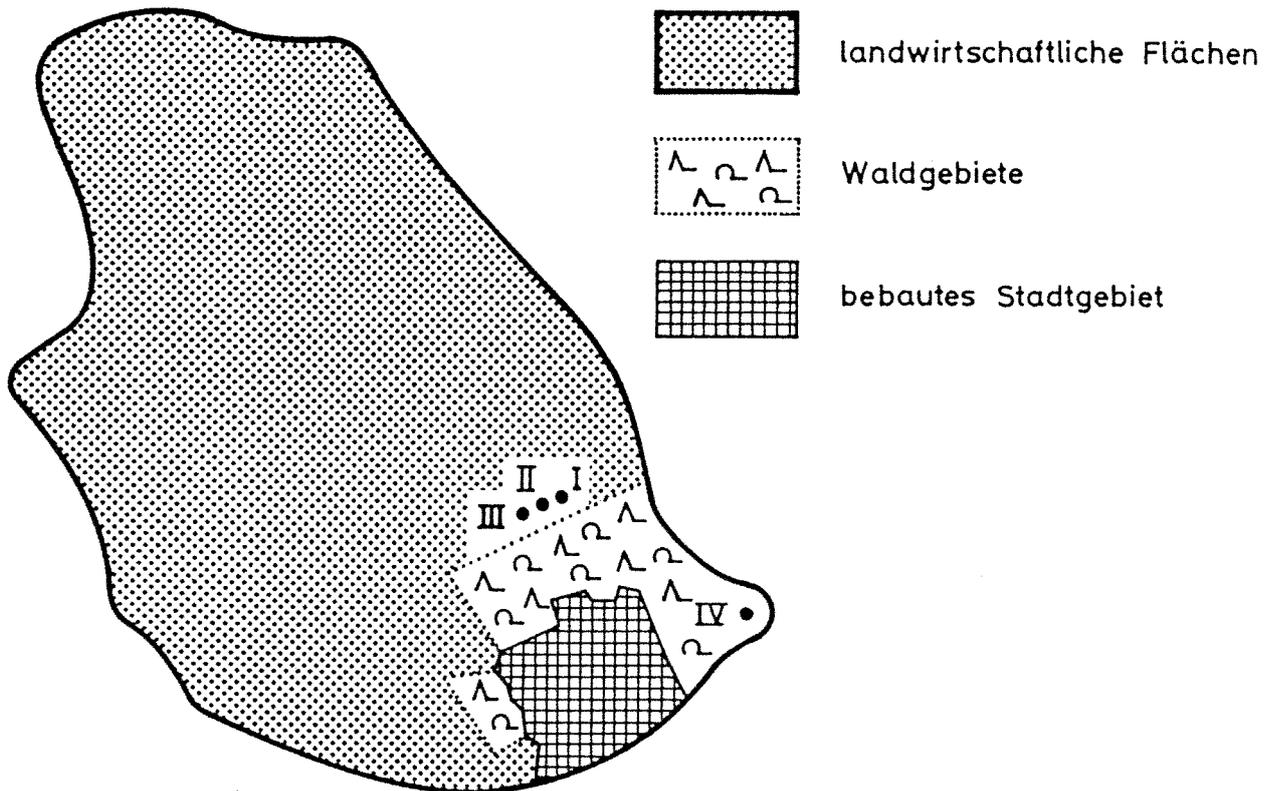


Abb. 4: Flächennutzungen im Einzugsgebiet

2.4 Quellen, Grundwassermeßstellen und weitere Wasserfassungen im Untersuchungsgebiet

GwAufschlüsse liefern für die Abgrenzung des GwEinzugsgebietes wichtige Hinweise und sind Voraussetzung für die Überprüfung und Eichung von GwGleichenplänen.

Es ist anzustreben, das Einzugsgebiet möglichst rasch und effektiv abzugrenzen. Eine gewissenhafte Recherche nach vorhandenen Brunnen, GwMeßstellen, Quellen und sonstigen GwAufschlüssen gewährleistet, daß zeit- und kostenintensive Maßnahmen, wie beispielsweise Bohrungen, vermieden oder zumindest auf das unbedingt notwendige Maß beschränkt werden können. Die vorhandenen Brunnen und GwMeßstellen sollten, sofern sie zu Messungen oder Beprobungen herangezogen werden, auf ihre Funktionstüchtigkeit und Repräsentativität untersucht werden.

2.5 Klimatische und hydrologische Daten

Aufbauend auf den klimatischen Daten läßt sich der Wasserhaushalt eines Gebietes quantitativ umreißen. Für die hier relevante GwNeubildung sind neben Art, Menge und jahreszeitlicher Verteilung der Niederschläge und der aktuellen Verdunstung auch die geologischen und pedologischen Verhältnisse sowie das Geländere relief entscheidend. Vorhandene Meßdaten und Ganglinien der Niederschläge, Pegelstände und GwStände sind hydrologisch zu werten und für Aussagen zur GwNeubildung (zeitliche Verzögerung, Uferfiltratanteil, Mindest-GwNeubildung etc.) heranzuziehen.

Der Wasserhaushalt läßt sich in Form einer Bilanzgleichung quantitativ erfassen nach der Beziehung:

$$\text{Niederschlag} = \text{Verdunstung} + \text{Abfluß (ober-/ + unterird.)}$$

Niederschlag:

Die Niederschlagshöhen werden an den flächig im Land verteilten Klimastationen gemessen und können beim Deutschen Wetterdienst bezogen werden. Die Karten "Mittlere jährliche Niederschlagshöhen 1931/60" (in: Schriftenreihe Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, Heft 13) geben für die 29 Hauptflußgebiete Bayerns repräsentative Orientierungswerte.

Verdunstung:

Die reelle Verdunstung für ein Gebiet kann beispielsweise mit Hilfe der niederschlagsorientierten Formeln von WUNDT (1937) und TURC (1954) ermittelt werden. Als Verdunstung wird hierbei sowohl die physikalisch gesteuerte Evaporation von Land- und Wasserflächen als auch die physiologisch gesteuerte Transpiration der Vegetation verstanden (Evapotranspiration).

$$ET_{\text{WUNDT}} = \frac{N}{\left(0,95 + \frac{N}{f(t)}\right)^3}$$

Wobei:

N = Niederschlag (mm/a)
t = mittlere Jahrestemperatur (hier: +8 bis +9 °C)
 $f(t) = 1400 + 170t + 5,5t^2 + 0,15t^3$
L = $300 + 25t + 0,05t^3$
(= maximale Verdunstung)

$$ET_{\text{TURC}} = \frac{N}{\left(0,9 + \left(\frac{N}{L}\right)^2\right)^{0,5}}$$

Abfluß:

Der oberirdische Abfluß hängt im wesentlichen von der Niederschlagsintensität, der Geländemorphologie, den Vegetationsverhältnissen sowie den Durchlässigkeitsverhältnissen in den Deckschichten ab.

Die Bilanzgleichung erlaubt i. d. R. keine unmittelbare Differenzierung der beiden Abflußkomponenten, bietet aber einen Orientierungsrahmen und ermöglicht eine Plausibilitätsprüfung. Nur bei sehr kleinem oberirdischen Abflußanteil und vernachlässigbar geringem Interflow läßt sich der unterirdische Abfluß hinreichend quantifizieren und der GwNeubildungsrate gleichsetzen.

Ist der oberirdische Abfluß bedeutsamer, so läßt sich die GwNeubildungsrate beispielsweise aus dem langjährig ermittelten Niedrigstwasserabfluß der Fließgewässer herleiten, sofern diese tatsächlich die Vorflut für den gesamten GwLeiter bilden und nicht von tieferen GwKomponenten unterströmt werden. Diese Methode beruht auf der Annahme, daß in Trockenzeiten die

Fließgewässer ausschließlich aus dem Grundwasser gespeist werden. Das Verfahren nach KÖPF & ROTHASCHER (Teil D, Anlage 3) benützt hierbei den niedrigsten Mittelwert der kleinsten Tagesabflüsse von sechs zusammenhängenden Monaten:

$$MQ_G = 1/n \sum 6 - MoMNQ$$

Ein Teil der GwNeubildung kann bei entsprechenden hydraulischen Verhältnissen zusätzlich durch Einspeisung von Uferfiltrat erfolgen. Zur Quantifizierung können wasserchemische und isotopenhydrologische Vergleiche beitragen.

Zur Beurteilung der Deckschichten, aber auch zur Interpretation der Ganglinien stellt die Sickerzeit des Niederschlagswassers durch die ungesättigte Zone ein maßgebliches Kriterium dar. Zu berücksichtigen ist hierbei, daß bei Starkregenereignissen oder länger anhaltendem Regen die Sickergeschwindigkeit erheblich ansteigt. Sickerversuche haben beispielsweise in hochdurchlässigen Schottern bei Starkregen Sickergeschwindigkeiten bis zu 10 m/Tag ergeben.

2.6 Wasserbeschaffenheit

Der Chemismus der Grundwässer wird im wesentlichen von der geochemischen Zusammensetzung der GwLeitergesteine, den hydrologischen Verhältnissen und im zunehmenden Maß von anthropogenen Einwirkungen geprägt.

Wassertyp:

Auf der Grundlage der vorliegenden Analyseergebnisse kann die geochemische Beschaffenheit des Wassers beschrieben und bewertet werden. Besonders sind auffällige Befunde oder zeitliche Änderungen im Chemismus zu würdigen. Sofern vorhanden, sollen für die Typisierung der Wässer auch isotopenhydrologische Untersuchungsergebnisse o. ä. berücksichtigt werden. Umfaßt das Erschließungsgebiet mehrere Wasserfassungen, so ist eine differenzierte und vergleichende Betrachtung erforderlich.

Belastungen:

Die zunehmende Belastung des Grundwassers ist in erster Linie auf die in jüngster Zeit stark gestiegenen Nitrat- und PBSM-Gehalte zurückzuführen. Das Ausmaß dieser Belastungen weist auf einen flächenhaft-diffusen Eintrag über den landwirtschaftlich bearbeiteten Boden hin. Die Ursache ist, von Einzelfällen abgesehen, vorrangig in der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung zu suchen. Dabei muß eine langjährige Nährstoffzufuhr über den Pflanzenbedarf hinaus angenommen werden. Es muß daher gelingen, die Düngung flächendeckend auf den realen Pflanzenbedarf zu beschränken und die Verwendung von wassergefährdenden PSM zu verbieten. Es kann aber u. U. noch Jahre dauern, bis die langfristige Nitrat- und PSM-Entwicklung umgekehrt werden kann.

Im Basisgutachten ist auf die Bedeutung des jeweiligen GwVorkommens für die bestehende und künftige Trinkwasserversorgung der Gemeinde und ggf. auf die Dringlichkeit der Sanierungsmaßnahmen hinzuweisen.

Anhand von Ganglinien läßt sich die zeitliche Entwicklung und evtl. auch der jahreszeitliche Verlauf der Belastungen im Grundwasser aufzeigen. Die Belastungen sind unter besonderer Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse und der Landnutzung zu interpretieren (geogen/anthropogen) und nach der TrinkwV zu würdigen.

3 Ergebnis der geologischen Erhebungen

Hier sind die geologischen, pedologischen und tektonischen Verhältnisse in einem der Aufgabenstellung entsprechenden Umfang zu beschreiben. Es ist i. d. R. ausreichend, wenn auf das Geologische Kartenwerk von Bayern 1 : 25000, auf regional übergreifende Darstellungen sowie auf sonstiges verfügbares Kartenmaterial zurückgegriffen wird. Eine Geländebegehung sollte obligatorisch sein; eigene Kartierungen sind im Regelfall jedoch nicht notwendig.

3.1 Schichtaufbau

Auf der Grundlage regionalgeologischer Veröffentlichungen (Geol. Karte m. Erl. etc.) soll einleitend ein geologischer Überblick des Untersuchungsgebietes gegeben werden. Darauf aufbauend ist die Schichtfolge zu erläutern. Anhand der Bohrprofile können die Deckschichten, der GwLeiter und der GwStauer charakterisiert und hydrogeologisch bewertet werden. Bei fehlenden Bohraufzeichnungen oder bei Quellen kann nur eine auf Literaturangaben basierende Beschreibung erfolgen.

Zusätzlich zur textlichen Darstellung sind Profilschemata, Übersichtsskizzen und thematischen Karten zweckmäßig. Damit lassen sich komplexe Sachverhalte meist besser verdeutlichen.

3.2 Lagerungsverhältnisse, Strukturen/Tektonik

Bei den voralpinen Schotterplatten und Flußtafelfüllungen hat die tektonische Geschichte des Untergrundes keinen Einfluß auf die Lagerung und auf die Hydrogeologie der Sedimente.

Geohydraulische Bedeutung können hier jedoch das Relief des GwStauers oder Kontakte zwischen Tertiär und Quartär bzw. zwischen Hoch- und Niederterrasse erlangen. Zu ausgeprägten Inhomogenitäten und Anisotropien können des weiteren interne Ablagerungsstrukturen führen, wie z. B. Nagelfluhbildungen, flächige Schwankungen im Sand-/Kiesverhältnis oder scharf begrenzte Rinnenfüllungen innerhalb der Schotterkörper.

Die Hydraulik in Kluft- oder KarstGwLeitern wird dagegen maßgeblich von der Tektonik und von den Lagerungsverhältnissen gesteuert.

Neben einem kurzen Abriß der großtektonischen Geschichte des Untersuchungsgebietes sind insbesondere die Störungszonen und die Kluftsysteme zu beschreiben. Besondere Bedeutung haben hierbei die Rekonstruktion und Bewertung der tektonischen Be-

anspruchungspläne, um die hydraulische Wirksamkeit von Klüften und Störungen sowie die Anisotropie der zuspeisenden Kluftkörper beurteilen zu können.

Als Klüfte oder Kluffugen werden alle Trennflächen im Gestein verstanden, durch welche der ursprüngliche mechanische Zusammenhalt des Gesteins aufgehoben wird. Räumliche Verteilung und Erstreckung der Klüfte sowie ihre Öffnungsweiten beeinflussen die Wegsamkeit des Gebirges für Grundwasser und sind somit für Wassergewinnung, Schadstoffausbreitung und GwSchutz von großem Interesse.

Eine sinnvolle Ergänzung der textlichen Erläuterung stellen thematische Karten (Streichlinienkarten etc.) und Diagramme (Kluftrosen etc.) dar.

Obwohl eine Luftbildauswertung im Rahmen eines Basisgutachtens nicht von vornherein angemessen ist, kann sie in Einzelfällen, in denen beispielsweise die Bruchtektonik eine besondere hydraulische Bedeutung hat, bereits im ersten Arbeitsschritt berücksichtigt werden. Ziel einer photogeologischen Inventaranalyse ist eine eingehendere Beschreibung und hydrogeologische Bewertung des örtlichen tektonischen Baues.

3.3 Karsterscheinungen

Karsterscheinungen sind für die GwNeubildung, die Wasserführung der Gesteinsschichten und insbesondere für den Grundwasserschutz von besonderer Bedeutung.

Karsterscheinungsformen wirken, sofern sie nicht durch Lehmdecken verfüllt wurden, als Schlucklöcher für die Niederschläge. Schadstoffe werden nahezu unfiltriert in den Untergrund verfrachtet und bei den hohen Abstandsgeschwindigkeiten rasch den Karstbrunnen zugeführt.

4 Hydrogeologische Beurteilung

Neben einer Charakterisierung des genutzten GwLeiters ist ein erstes Bild von den GwStrömungsverhältnissen zu entwickeln. Im Rahmen der hydrogeologischen Beurteilung sind ferner die für die hydraulischen Berechnungen benötigten Kenndaten zu ermitteln sowie evtl. geohydraulische und hydrogeochemische Variabilitäten zu interpretieren.

4.1 Direkt genutzte und angekoppelte Grundwasserleiter

Auf der Grundlage der geologischen Ergebnisse (Kap. 3) und der Erkenntnisse aus der Brunnenbohrung kann der genutzte GwLeiter charakterisiert und typisiert werden. Poren-, Kluft- und Karstgrundwasser zeigen jeweils unterschiedliche hydraulische Eigenschaften. Während bei der Bestimmung des Anstrombereiches in Porengrundwasserleitern hydraulische Berechnungen realistische Ergebnisse liefern, muß bei Kluft- und insbesondere bei Karstgrundwasserleitern das Einzugsgebiet i. w. aus den Lagerungsverhältnissen abgeleitet werden. Maßgebend sind hier der Grad der Anisotropie sowie die hydraulische Funktion des Kluft- und Störungssystems. Abhängig vom tektonischen Beanspruchungsplan können Störungen und Klüfte als Barriere wirken oder bevorzugte Bahnen für das Grundwasser darstellen.

Zu bewerten sind auch die Strukturen und die Ausbildung der GwHemmer und GwNichtleiter und deren hydraulische Wirkungen: Ein ausgeprägtes Relief mit Rinnen und Schwellen in der stauenden Sohlschicht kann die generelle GwStrömung örtlich entscheidend verändern.

Grundwasserstockwerke können über sandige Fenster im stockwerkstrennenden Tonhorizont lokal hydraulisch direkt in Verbindung stehen. Kehrt sich infolge der GwEntnahme das Potentialgefälle um, so ergibt sich ein Ankoppelungsmechanismus (Abb. 5).

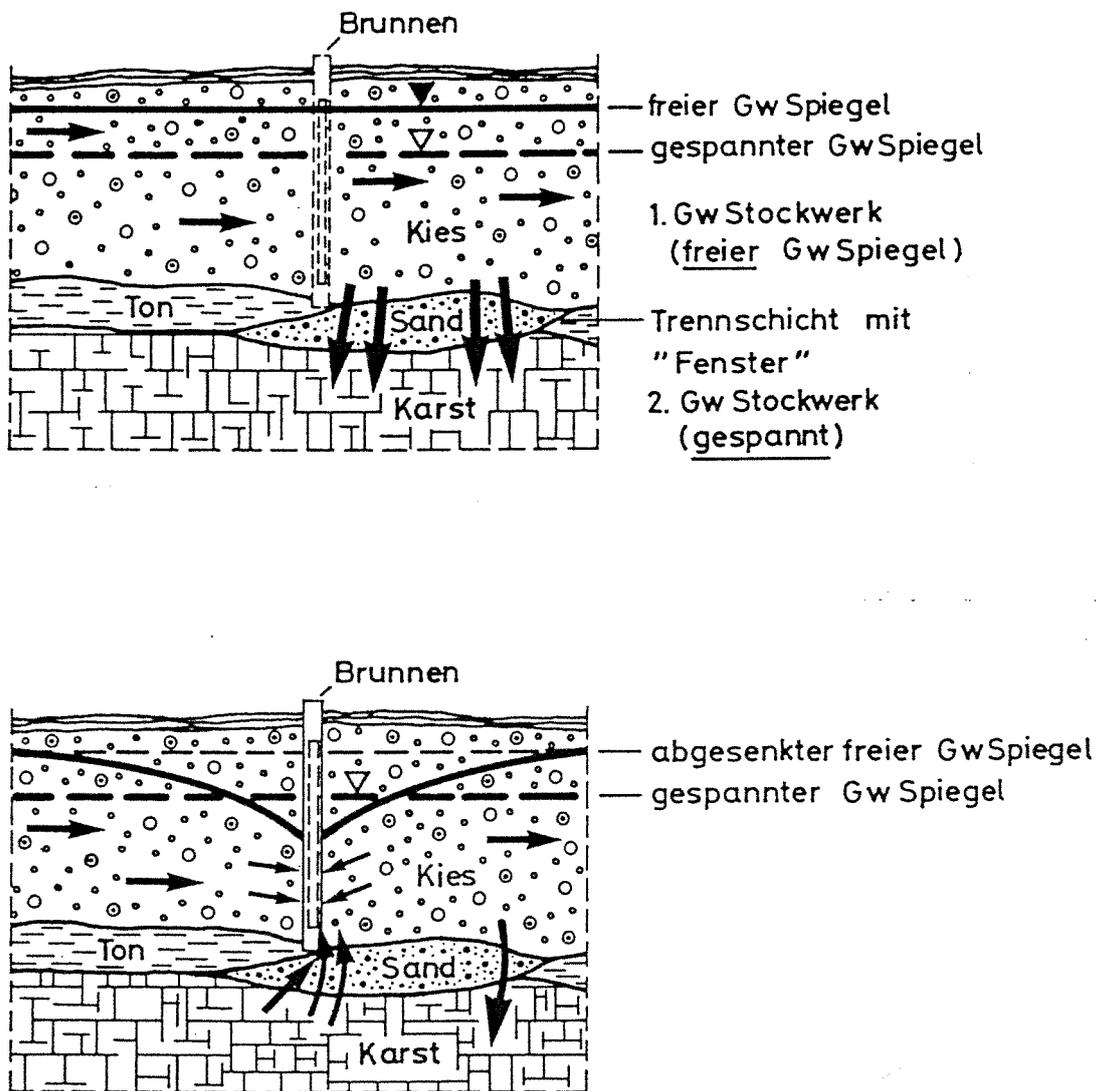


Abb. 5: Ankoppelungsmechanismus infolge GwEntnahme:
 Junges Gw aus dem 1. GwStockwerk dringt ins 2. Stockwerk vor.
 Durch die Entnahme kehrt sich das Druckgefälle um und Gw aus
 dem 2. Stockwerk tritt in das direkt genutzte obere GwStock-
 werk über.

Abb. 6 zeigt eine hydrogeologische Situation, wo das Einzugsgebiet des angekoppelten GwLeiters sogar maßgebend ist für das GwDargebot und die GwQualität im direkt genutzten GwLeiter.

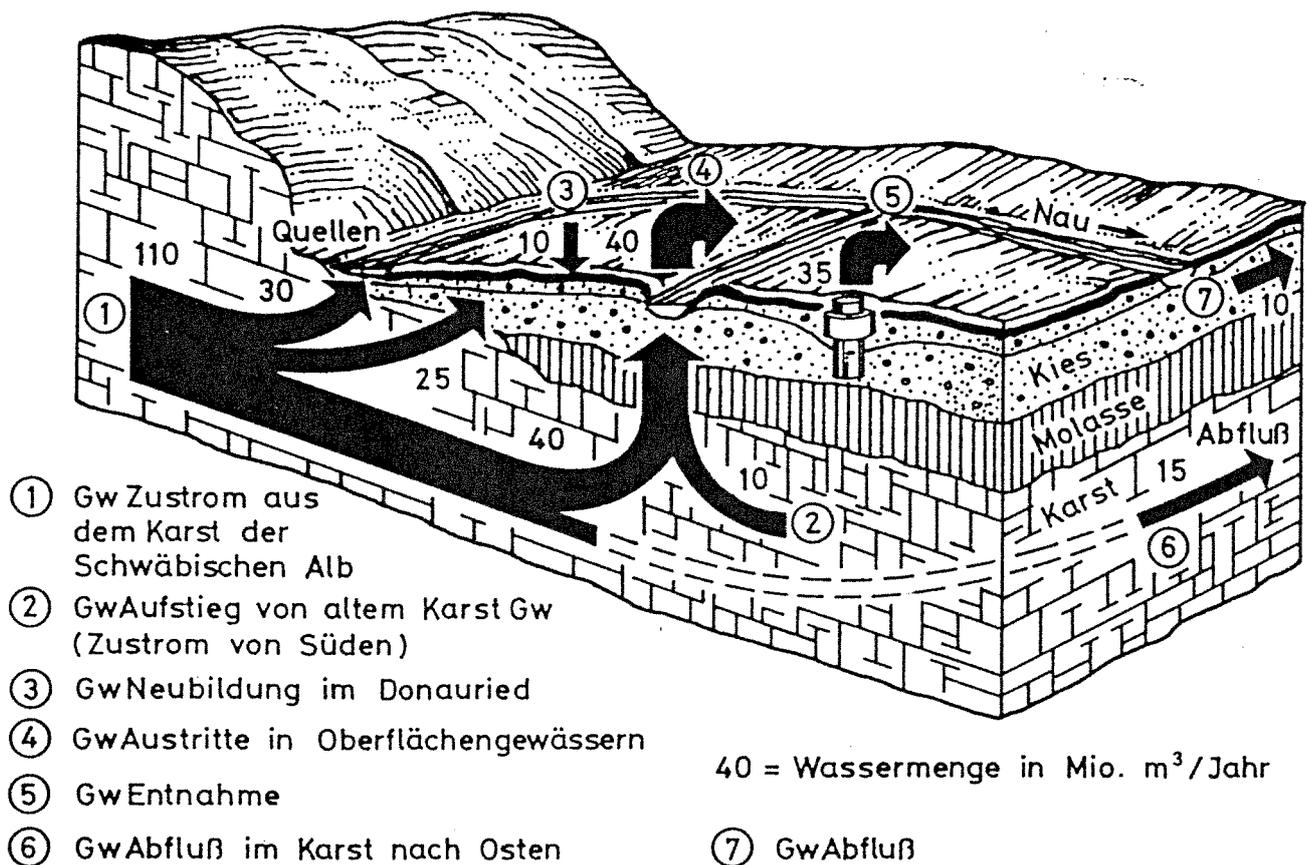


Abb. 6: Grundwasserbilanz für ein Gebiet im Donauried (nach Landeswasserversorgung Stuttgart).

Die Ergiebigkeit und die Belastungssituation im direkt genutzten GwLeiter (Kies) bestimmt sich überwiegend aus der Gw-Neubildung im Einzugsgebiet des angekoppelten GwVorkommens (Karst).

4.2 Grundwasserströmungsverhältnisse

Die Vorgänge im Grundwassersystem lassen sich am besten mit Fließplänen veranschaulichen. Die Gestalt der GwOberfläche bzw. -Druckfläche kann durch GwGleichen dargestellt werden. Die Lotrechten auf die GwGleichen geben das jeweilige maximale Gefälle und damit die theoretische Fließrichtung an. Es ist grundsätzlich anzustreben, die GwStrömungsverhältnisse als GwGleichenplan darzustellen. Selbst bei wenigen GwAufschlüssen (einschl. der Wasserfassungen) kann oft aufgrund einer guten Interpretation der hydrogeologischen Verhältnisse ein GwGleichenplan zumindest qualitativ modelliert werden. Evtl. vorhandene GwAufschlüsse erlauben es, diese Modellvorstellung zu überprüfen und zu kalibrieren sowie an die gemessenen GwStände anzupassen (NN-Höhen). Mit wachsender Anzahl der GwMeßstellen wird nicht nur eine bessere Kalibrierung der GwGleichen möglich, sondern u. U. auch eine konkretere Vorstellung von Streuungen bzw. zeitlichen Änderungen der GwFließrichtungen und -Gefälle. In jedem Fall können aber die GwGleichen nur einen generalisierten Zustand wiedergeben. Da insbesondere bei klüftigen Festgesteinen das Potential- und Strömungsfeld durch die heterogene und anisotrope Struktur des Gebirges z. T. stark differenziert wird, würde eine auch nur annähernd naturgetreue Anpassung ein äußerst dichtes Meßstellennetz erfordern. Der dafür notwendige Aufwand ist meist nicht angemessen.

4.3 Geohydraulische Kennwerte

Die Ermittlung der geohydraulischen Kennwerte eines genutzten GwLeiters wie Durchlässigkeit bzw. Transmissivität, Speicherkoeffizient und spezifische Ergiebigkeit erfolgt bei Bohrbrunnen in der Regel über die Auswertung von Leistungspumpversuchen.

Porengrundwasserleiter können vereinfacht als quasihomogen angesehen werden. Jedoch ist auch bereichsweise mit Inhomogenitäten und Anisotropien zu rechnen, die sich beispielsweise

aus lokalen Unterschieden in der Kornverteilung oder durch Nagelfluhbildungen ergeben. Deutliche Schwankungen von Kennwerten für die einzelnen Brunnen in einem Erschließungsgebiet können auf solche Inhomogenitäten hinweisen. Oft sind sie aber auch auf brunnenbautechnische Ursachen zurückzuführen. Ferner ist es möglich, daß aufgrund vertikaler Permeabilitätsunterschiede auch die verschiedenen Erschließungstiefen der Brunnen für die resultierenden Durchlässigkeitswerte eine Rolle spielen.

Bei Fließzeitberechnungen im Zusammenhang mit der Bemessung von Wasserschutzgebieten sollte auf jeden Fall der Maximalwert zugrunde gelegt werden. Bei der Berechnung von Anstrombereichen für die Ermittlung von GwEinzugsgebieten ist es ausreichend, wenn jeweils die individuellen oder insgesamt gemittelten Werte benützt werden.

Im Gegensatz zu Lockergesteinen sind Festgesteinsaquifere sehr heterogen strukturiert und weisen eine hohe Anisotropie auf. Auch spielt hier die Porendurchlässigkeit allenfalls eine untergeordnete Rolle. Daher können die Auswerteverfahren von Pumpversuchen, die für die Verhältnisse in Lockergesteinen entwickelt wurden, hier nur bedingt angewandt werden. Die ermittelten Kenndaten stellen somit lediglich Vergleichsgrößen dar und bedürfen in Anpassung an die lokalen Verhältnisse einer Überprüfung und Bewertung.

In gewissem Rahmen können auch die Abstandsgeschwindigkeiten und Fließrichtungen des Grundwassers durch Markierungsversuche bestimmt werden. Die Abstandsgeschwindigkeit v_a ist definiert als Quotient aus der Länge der Markierungsstrecke und der Verweilzeit des Tracers zwischen Eingabe- und Nachweisort:

$$v_a = s/t$$

Nach dem Darcy'schen Gesetz kann hieraus der Durchlässigkeitswert k_f berechnet werden:

$$k_f = \frac{v_f}{I}$$

k_f = Durchlässigkeitswert
 v_f = Filtergeschwindigkeit
 I = hydraulisches Gefälle

Für die Berechnung der Filtergeschwindigkeit gilt die Beziehung:

$$v_f = v_a * n_f$$

worin n_f den durchflußwirksamen Hohlraumanteil symbolisiert.

4.4 Geohydraulische und hydrogeochemische Variabilität

Die Schwankungen einzelner chemischer oder hydraulischer Parameter, die im Laufe des Betriebes einer Wasserfassung bzw. zwischen mehreren Wasserfassungen eines Erschließungsgebietes auftreten, können Hinweise auf das Einzugsgebiet geben. Eine deutliche zeitliche hydrogeochemische Variabilität kann beispielsweise ein Indiz für den vermehrten Zustrom aus einem angekoppelten GwLeiter bei langanhaltendem Pumpbetrieb sein.

5 Zusammensetzung und Gestalt des Einzugsgebietes

Das Einzugsgebiet einer GwErschließung kann anhand des GwStrömungsfeldes und unter besonderer Berücksichtigung der strukturellen und topographischen Gegebenheiten abgegrenzt werden. Setzt sich das Einzugsgebiet aus mehreren Komponenten zusammen, so sind zunächst die einzelnen Anstrombereiche zu bestimmen und dann einander zu überlagern. Ferner sind auch die Bereiche zu berücksichtigen, deren Abflüsse nur unvollständig sowie in zeitlich wechselnden Anteilen oder mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit in die Hauptzstrombereiche einspeisen. Die Grenzen der Teileinzugsgebiete und des Gesamteinzugsgebietes sind in einer topographischen Karte darzustellen.

5.1 Fassungsnaher Anstrombereich im genutzten Grundwasserleiter

Der unmittelbare Anstrombereich eines Brunnens weist bei quasihomogenen und mäßig anisotropen GwLeitern eine relativ einfache Geometrie auf, die weitestgehend entnahmeabhängig ist und durch berechenbare Kenngrößen beschrieben werden kann. Maßgebend für das Absenkenfeld ist dabei die ungünstigste Entnahmesituation lt. Bedarf bzw. Wasserrechtsbescheid, wie z. B. ein Monat lang Tageshöchstentnahme im Sommer. Die Tagesspitzenentnahme ist für die Berechnung nicht relevant, da der Absenkungsprozeß ständig instationär bleibt und sich während der täglichen Entnahmepausen wieder umkehrt, so daß sich der zugehörige Anstrombereich gar nicht voll entwickeln kann. Die maximal erreichbare Ausdehnung des Anstrombereiches entspricht in guter Näherung dem quasistationären Zustand nach kontinuierlicher Förderung der höchsten Monatsentnahme.

Bei ausgedehnten Mehrbrunnenanlagen liefert ein nach THEIS berechnetes und mit den natürlichen Verhältnissen überlagertes Absenkenfeld die verlässlichsten Ergebnisse. Aus dem Potentialfeld kann, ausgehend von der Unteren Kulmination und der Entnahmebreite, die theoretische Randstromlinie konstruktiv ermittelt werden. Mit dem Verfahren nach THEIS können auch instationäre Bedingungen oder Aquiferränder (undurchlässiger Talrand, Anreicherungsgrenze bei Uferfiltration) berücksichtigt werden.

Bei sehr einfachen Verhältnissen mit einem Brunnen oder einer eng gruppierten Zweibrunnenanlage kann die Randstromlinie mit Näherungsformeln abgeschätzt werden (Abb. 3).

Aufgrund der Inhomogenitäten und Anisotropien im genutzten GwLeiter sowie der variierenden GwFließrichtungen ist der rechnerische Anstrombereich um einen entsprechenden Betrag (Sicherheitszuschlag) aufzuweiten.

Fossile Reliefs (z. B. Rinnen im GwStauer), Ablagerungsstrukturen und das tektonische Gefüge spielen für die lokalen Gw-Strömungsverhältnisse eine wichtige Rolle und müssen bei der Abgrenzung des Anstrombereiches beachtet werden.

Bei heterogenen und stark anisotropen Verhältnissen ist der Anstrombereich in erster Linie durch die strukturellen Gegebenheiten bestimmt und läßt sich nicht mehr nur anhand der Entnahmemengen und -konfigurationen ableiten. Bei Kluft- und Karstgrundwasserleitern folgt der Anstrombereich i. w. der Geometrie der erschlossenen wasserwegsamem Zone. Die bei Poren-GwLeitern berechenbaren charakteristischen Größen (untere Kulmination, Entnahmebreite) können bei Kluft-GwLeitern allenfalls zur formellen Orientierung dienen, berücksichtigt aber nicht die diskontinuierliche Verteilung der Durchlässigkeit und nur bedingt ihre Richtungsabhängigkeit. Form und geohydraulische Eigenschaften des realen Anstrombereiches sind i. d. R. sehr differenziert ausgebildet. So können besonders wasserwegsame, aber nicht direkt erschlossene Störungs- und Kluftzonen die Entnahmebreite erheblich verändern. Ihre Erstreckung ist aus den regionalgeologischen Verhältnissen abzuleiten, erforderlichenfalls bei einer Folgebearbeitung mit geeigneten Methoden zu erkunden (Geophysik, Luftbildauswertung). Dasselbe gilt für die Ermittlung zuspaisender Rinnenstrukturen, Kluft- oder Störungszonen, die als sekundäre Anstrombereiche anzugliedern sind.

Bei tektonischen Strukturbewertungen sind insbesondere ac-Kluftzonen bzw. -Störungen als hydraulisch wirksam zu betrachten, an denen häufig bc-Strukturen absetzen, die ihrerseits den Anstrombereich direkt erweitern können.

5.2 Abgrenzung anhand von Grundwasserhöhengleichen

Die Vorstellung von den natürlichen Strömungsverhältnissen läßt sich grundsätzlich in Form eines GwGleichenplanes darstellen, ggf. noch gestützt durch gemessene Wasserstände an

GwAufschlüssen sowie an Oberflächengewässern. Bei einem quasi-homogenen GwLeiter wird die konstruierte oder überschlägig ermittelte Randstromlinie senkrecht zu den Isohypsen nach oberstrom bis zur nächsten GwScheide fortgesetzt. Es ist zu prüfen, ob die Wirksamkeit der Wasserscheide(n) zeitlichen Schwankungen unterworfen ist. Den Inhomogenitäten des GwLeiters und der Dispersion der GwStrömung muß durch Angliederung seitlicher Sicherheitsstreifen Rechnung getragen werden. Der Winkel für den Sicherheitszuschlag kann sich dabei an der Streuung der GwFließrichtungen orientieren.

Bei stark anisotropen Verhältnissen werden die Zustrombreite und der seitliche Sicherheitszuschlag vorallem von der geohydraulischen Funktion der direkt erschlossenen und angekoppelten Klüfte bestimmt. Der rechnerische Anstrombereich ist daher an die hydraulischen und tektonischen Gegebenheiten anzupassen.

5.3 Besondere Einflüsse geologischer Gegebenheiten

Der Umgriff eines GwEinzugsgebietes ist eng an die geologischen und tektonischen Gegebenheiten und deren hydraulischen Funktion gebunden. Ausbisse von GwLeitern oder tektonische Störungen mit Barrierewirkung können die Grenzen eines Einzugsgebietes vorgeben. Störungen mit erhöhter Wasserwegsamkeit dagegen stellen u. U. eine hydraulische Verbindung zwischen dem direkt genutzten und dem angrenzenden GwVorkommen her und wirken so aufgrund ihrer Koppelungswirkung auf den Einzugsgebietsumgriff erweiternd. Diese Zuspeisungsbereiche bzw. angekoppelten GwLeiter mit ihren zugehörigen Einzugsgebieten können sowohl in qualitativer als auch quantitativer Hinsicht eine Rolle spielen und sind daher entsprechend zu würdigen (5.4 und 5.6).

5.4 Angekoppelte Grundwasserleiter, Zuspeisungsbereiche

Nach der Ermittlung der Ankoppelungszonen und der Abgrenzung der zugehörigen Teil-Einzugsgebiete können die zugespeisten Wassermengen abgeschätzt werden. Entsprechende Überlegungen sind Voraussetzung für eine Bilanzbetrachtung. Es ist zu beachten, daß Ankoppelungsmechanismen u. U. zeitabhängig durch bestimmte hydrologische Verhältnisse aktiviert und in ihrer Wirkung gesteuert werden können. Der mögliche Einfluß einer GwEntnahme auf die Mobilisierung tieferer GwKomponenten ist bereits unter Ziff. 4.1 erläutert.

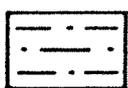
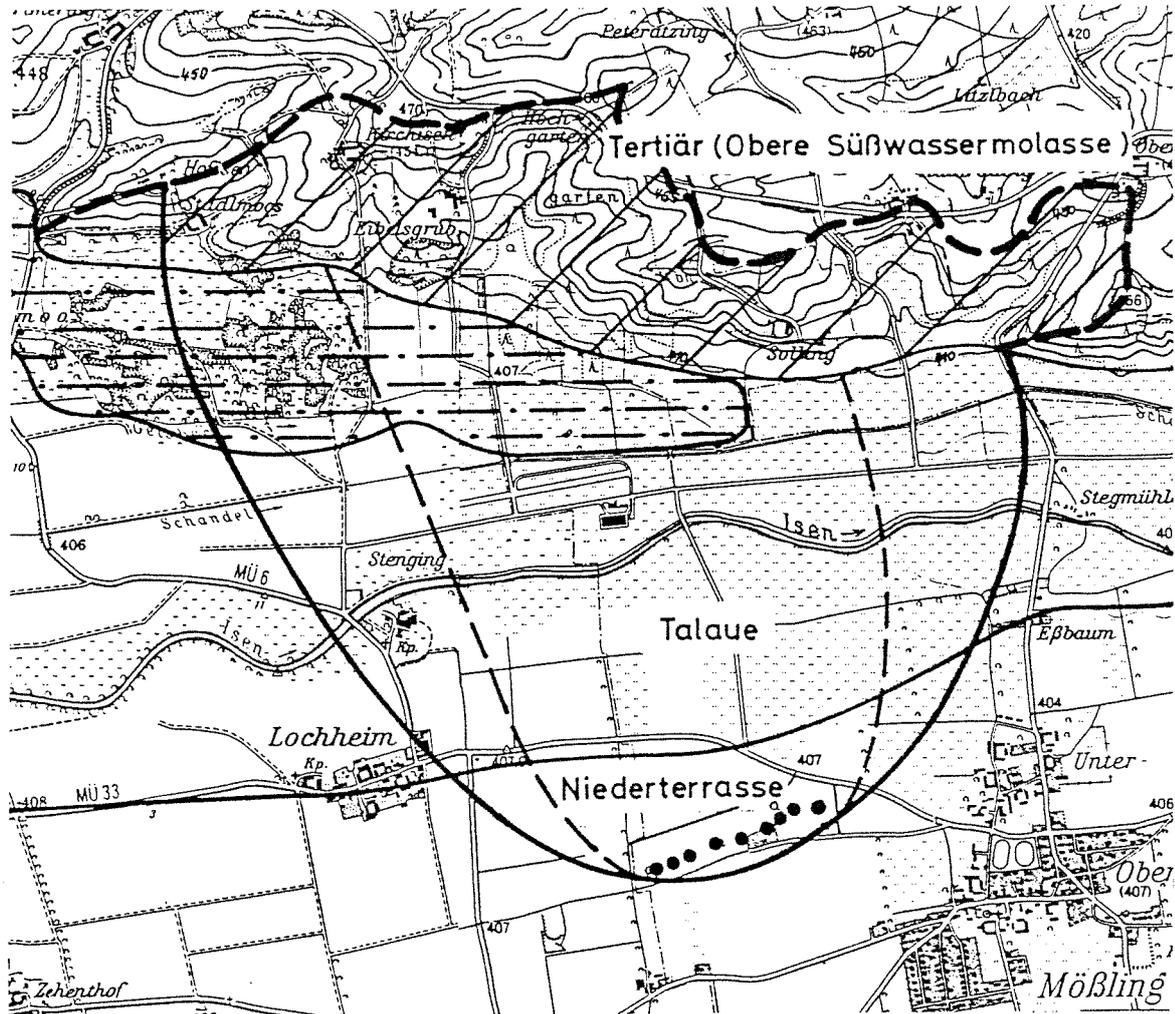
5.5 Bedeutung der oberirdischen Wasserscheiden

Das oberirdische Einzugsgebiet wird durch oberirdische Wasserscheiden begrenzt, deren Verlauf sich aus dem Geländere relief ergibt. Dabei handelt es sich um Bereiche, in denen Niederschlagswasser in Abhängigkeit von der Untergrundbeschaffenheit z. T. sofort versickert, z. T. oberflächennah abfließt und an anderer Stelle versickert.

Die oberirdischen Wasserscheiden können für die Begrenzung des Gesamt-Einzugsgebietes unterschiedliche Bedeutung haben. Entscheidend sind die Untergrundverhältnisse und die Frage, ob die Projektion der oberirdischen Wasserscheide auf den GwLeiter außerhalb (a) oder noch innerhalb (b) des unterirdischen Einzugsgebietes verläuft:

- a) Die oberirdische Wasserscheide ist als Einzugsgebietsgrenze wirksam, wenn auf der der Erschließung zugewandten Seite hinreichend dichte Deckschichten bewirken, daß ein bedeutender Anteil des versickernden Wassers den GwLeiter erst innerhalb des unterirdischen Einzugsgebiets erreicht. Andernfalls bleibt letzteres maßgeblich.
- b) Die oberirdische Wasserscheide ist nur dann als Einzugsgebietsgrenze wirksam, wenn auf der von der Erschließung

abgewandten Seite hinreichend dichte Deckschichten verhindern, daß ein bedeutender Anteil des versickernden Wassers den GwLeiter noch innerhalb des unterirdischen Einzugsgebietes erreicht. Andernfalls ist sie zu vernachlässigen und die nächste, erschließungsferner gelegene Wasserscheide in analoger Weise zu beurteilen.



Niedermoor und anmooriger Boden



Anstrombereich (theoret./aufgeweitet) im genutzten GwLeiter



oberirdische Wasserscheide



angegliedertes, oberirdisches Einzugsgebiet

Abb. 7: Anstrombereich und oberirdisches Einzugsgebiet

In Abb. 7 ist der Verlauf der oberirdischen Wasserscheide auf dem Tertiär eingetragen. Da das Tertiär meist tonig-schluffig ausgebildet ist, kann Niederschlagswasser vorwiegend nur oberflächennah abfließen und erst am Südrand des Hügellandes ins Grundwasser einspeisen. Erfolgt diese Einspeisung innerhalb des ermittelten Anstrombereiches, so ist das dahinterliegende Tertiär dem GwEinzugsgebiet anzugliedern.

Im oben dargestellten Fall (Abb. 7) begrenzt die oberirdische Wasserscheide das Einzugsgebiet im Norden. Das Gebiet koppelt als oberirdisches Einzugsgebiet und als Zuweisungsbereich direkt an den mittels GwHöhengleichen abgegrenzten Anstrombereich im genutzten GwLeiter an.

5.6 Grundwasserneubildungsraten, Bilanzkontrolle

Die Entnahme aus einem Brunnen bzw. die Schüttung einer Quelle muß durch die GwNeubildung in einer Fläche von bestimmter Größe gedeckt sein. Diese errechnet sich aus der Beziehung

F_G = Für die Neubildung erforderliche Fläche [km²]

$$F_G = \frac{Q}{q_E} \quad Q = \text{Entnahme [l/s]}$$

q_E = Mittlere GwNeubildungsrate [$\frac{1}{\text{s} \cdot \text{km}^2}$]

Anhand der - ggf. nach Teilsystemen differenzierten - GwNeubildungsrate ist eine Plausibilitätsprüfung der Größe des abgegrenzten Einzugsgebietes möglich: Der nutzbare Anteil des aus dem ermittelten Einzugsgebiet verfügbaren GwDargebotes muß die geförderte Wassermenge unter allen Bedingungen decken können.

Die nach obiger Gleichung ermittelte Bilanzdeckungsfläche F_G ist allerdings eine rein rechnerische Größe und stellt meist nur eine Teilfläche des realen Einzugsgebietes dar. Zum einen

können Quellaustritte innerhalb des Einzugsgebietes einen Teil des Grundwassers wieder entziehen; zum anderen weist jedes Einzugsgebiet mehr oder weniger große strukturbedingte Unschärfen auf, so daß nicht das gesamte im Anstrombereich neugebildete Grundwasser die Fassung erreicht. Während sich bei Porengrundwasserleitern diese strukturbedingten und dispersiven Aufweitungen meist noch in Form von Saumbereichen vom zentralen Anstrombereich abtrennen und bei der Bilanz ausklammern lassen, ist bei Kluft- und KarstGwLeiter dagegen diese Differenzierung im allgemeinen nicht mehr möglich, so daß der gesamte qualitativ mögliche Anstrombereich auch in die Bilanz einbezogen werden muß.

Da also praktisch nie die gesamte anströmende GwMenge entnommen werden kann, muß ein sog. Erschließungsfaktor angesetzt werden. Dieser ist von der jeweiligen hydrogeologischen Situation abhängig und ist stets kleiner als 1. Werte nahe 1 können bei bestimmten Quelltypen sowie bei Brunnen in flächig ausgedehnten Talgrundwasserleitern (z. B. Münchner Schotterebene) erreicht werden. Der Erschließungsfaktor wird hier in erster Linie nur durch den diskontinuierlichen Pumpbetrieb gedämpft. Brunnen in seitlich begrenzten Talgrundwasserleitern können etwa die Hälfte des anströmenden Grundwassers erschließen. Bei Brunnen in Kluftgrundwasserleitern mit strukturell durchschnittlichen Verhältnissen ist erfahrungsgemäß rund ein Drittel der im ermittelten Einzugsgebiet neugebildeten GwMenge tatsächlich gewinnbar, d. h. der Erschließungsfaktor liegt bei ca. 0,3.

Da wie o. g. bei komplizierteren GwLeitern (Kluft- und Karstbereich) das gesamte qualitativ relevante Einzugsgebiet in die Bilanzbetrachtung einbezogen wird, ergibt sich ein über die ganze Fläche gleich niedriger Erschließungsfaktor. Man kann hier den Begriff des Erschließungsfaktors differenzieren und versuchen, Bereiche unterschiedlicher Zuspeisungswahrscheinlichkeit auszuweisen. In erster Näherung werden wohl die fassungsferneren Bereiche des Einzugsgebietes sowie die angekop-

pelten oberirdischen Zuspeisungsbereiche eine geringere Zuspeisungswahrscheinlichkeit haben. Wenn solche Bereiche in der Zuspeisungswahrscheinlichkeit bzw. in ihrem Anteil am gesamten Erschließungsfaktor geringer bewertet werden, so ergibt sich für den übrigen Teil eine Aufwertung des Erschließungsfaktors.

Diese differenzierte Betrachtung der Teilbereiche des Einzugsgebietes kann auch Anhalte über eine besondere Zufuhr oder Verdünnung von Belastungen liefern und ist damit wichtig für die spätere Bewertung der Maßnahmenbereiche.

Zusammenfassend wird nochmal auf die unterschiedliche Bedeutung des quantitativen und des qualitativen Einzugsgebietes hingewiesen: Das quantitative Einzugsgebiet stellt die Mindestausdehnung der Fläche dar, die für die jeweilige Entnahme zur Deckung der GwBilanz benötigt wird. Diese Bilanzdeckungsfläche umfaßt i. d. R. nur eine Teilfläche des qualitativen Einzugsgebietes. Muß der gesamte qualitativ mögliche Anstrombereich in die Bilanz einbezogen werden, obwohl ein erheblicher Teil des Grundwassers die Wasserfassung gar nicht erreicht bzw. unterirdisch an ihr vorbeifließt, so steht diese Wassermenge weiteren Erschließungen zur Verfügung; d. h. auch quantitative Einzugsgebiete verschiedener Wasserfassungen können sich unter bestimmten Bedingungen überschneiden.

5.7 Konsistenz von Einzugsgebieten und Grundwasserbeschaffenheit

Die mit dem GwEinzugsgebiet ermittelte Herkunft des Grundwassers sollte sich in seiner geochemischen, ggf. auch isotopenhydrologischen Beschaffenheit widerspiegeln. Maßgebend muß nicht unbedingt die Geologie in unmittelbarer Umgebung der Wasserfassung sein. Hinweise auf eine geochemisch heterogene Herkunft können sich aus Variationen der GwBeschaffenheit ergeben. Relevant sind dabei sowohl Unterschiede zwischen mehreren Wasserfassungen untereinander als auch Tendenzen, die sich im Laufe des Betriebes abzeichnen. Desgleichen muß die Ent-

wicklung der Belastungen in plausiblen Zusammenhang mit den Empfindlichkeits- und Gefährdungsverhältnissen im Einzugsgebiet stehen.

6 Bewertung der Belastungsempfindlichkeit und der Gefährdungspotentiale im Einzugsgebiet

Gliederung in Maßnahmenbereiche

Maßgebend für die Schutzwirkung der Deckschichten, insbesondere gegenüber Nitrat, sind die Bodenverhältnisse. Zu deren Beurteilung können evtl. vorhandene Bodenkarten sowie die Reichsbodenschätzung herangezogen werden. In jedem Fall sollen im Rahmen einer Ortseinsicht die örtlichen Verhältnisse erhoben und bewertet werden. Folgende Bodeneigenschaften sind hier relevant:

- Typ, Ausbildung und Mächtigkeit
- organischer Anteil
- Feldkapazität
- Sorptions- und Umsetzungsvermögen gegenüber Wasserinhalts- bzw. Schadstoffen

Dabei sind auch extreme Bedingungen zu berücksichtigen, wie beispielsweise hohe GwNeubildungsraten nach der Schneeschmelze oder nach Starkregenfällen.

Je nach Ausbildung der o. g. Merkmale kann ggf. eine Untergliederung in Abschnitte mit wasserwirtschaftlich unterschiedlicher Relevanz erfolgen. Entscheidend für den Eintrag von PBSM- und Düngemittelrückständen sind die Entwicklungstiefen bzw. Gründigkeiten der Bodeneinheiten und die Durchlässigkeitsverhältnisse. Allgemein steigt das Gefährdungspotential mit der Abnahme der Bodenmächtigkeit und der Zunahme der vertikalen Durchlässigkeit.

Das Einzugsgebiet im unten angeführten Beispiel liegt in einer Schotterebene mit durchlässigen Parabraunerden. Das Gefährdungspotential wurde mit folgenden relativen Empfindlichkeits-

stufen abgeschätzt:

A) Geringe GwGefährdung

Braunerden und Parabraunerden auf Altmoränen und Lößlehmüberdeckungen

- große Entwicklungstiefe (0,6 - 1,0 m)
- mittlere Durchlässigkeitsbeiwerte ($k_f=3 \cdot 10^{-6}$ m/s)
- mittlere bis hohe Sorptionskapazität (bis zu 30 mval/cm²)

B) Mittlere GwGefährdung

Parabraunerden auf jungpleistozänen Schottermoränen und auf Niederterrassenschottern

- mittlere Entwicklungstiefe (0,3 - 0,6 m)
- mittlere bis hohe Durchlässigkeit ($k_f=7 \cdot 10^{-6}$ m/s)
- mittlere Sorptionskapazität (10 - 20 mval/cm²)

C) Hohe GwGefährdung

Pararendzinen und Ackerpararendzinen auf Niederterrassenschottern und in Hanglagen auf jungpleistozänen Schottermoränen

- geringe Entwicklungstiefe (0,2 - 0,5 m)
- hohe bis sehr hohe Durchlässigkeit ($k_f=2 \cdot 10^{-5}$ m/s)
- mittlere bis geringe Sorptionskapazität (1 mval/cm²)

Auf der Grundlage der bodenkundlichen Bewertung können Aussagen getroffen werden, ob die vorhandene Landnutzung grund-

sätzlich standortgemäß ist. Auch zurückliegende Nutzungsänderungen, wie beispielsweise Grünlandumbruch oder Rodungen, können ggf. für die gegenwärtige Belastungssituation mitverantwortlich sein und sind daher zu werten sowie in die Gesamtbeurteilung einzubeziehen.

Der Schadstoffgehalt im Grundwasser setzt sich aus der Summe der flächigen, linienförmigen und punktförmigen Einträge im jeweiligen gesamten Einzugsgebiet zusammen. Die Bedeutung dieser drei Komponenten variiert je nach den örtlichen Verhältnissen:

- Rasch wirkende punktuelle Einträge über undichte Abwasserleitungen, durch Klärgruben, Güllegruben, Feldsilagen etc.
- Längerfristig wirksamer flächenhafter Eintrag durch die Düngung der landwirtschaftlich genutzten Anbauflächen
- Linienförmiger Eintrag über Uferfiltrat

Art, Höhe und Verlauf der bestehenden Belastungen des Grundwassers zeigen, daß ihre Hauptursache in einem flächenhaften Eintrag bei der landwirtschaftlichen Nutzung liegt. Um Maßnahmen zur Reduzierung des flächenhaften Nitrat- und PFSM-Eintrags wirkungsvoll ansetzen zu können, wird das GwEinzugsgebiet anhand der vorhandenen Gefährdungspotentiale und der Landnutzung in Maßnahmegebiete unterteilt, die mit Prioritätsstufen bewertet sind. Diese werden nach geologischen, bodenkundlichen und hydrologischen Kriterien bestimmt.

Abb. 8 zeigt beispielhaft die Gliederung eines GwEinzugsgebietes in Maßnahmenbereiche verschiedener Priorität:

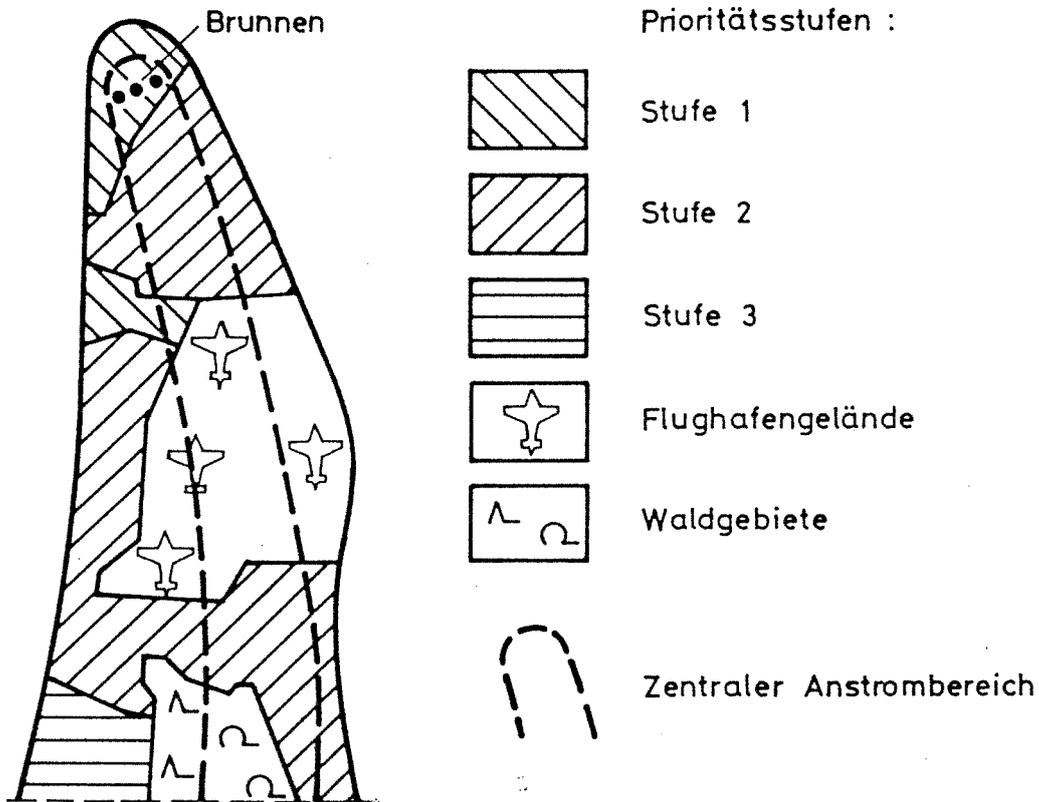


Abb. 8: Gliederung des GwEinzugsgebietes in Maßnahmenbereiche verschiedener Priorität

Maßnahmengebiete der Prioritätsstufe 1:

Landwirtschaftliche Flächen auf geringmächtigen Pararendzinen und Parabraunerden, also hochdurchlässigen Böden im fassungsnäheren Teil des GwEinzugsgebietes sowie überall innerhalb des zentralen Anstrombereiches.

Maßnahmengebiete der Prioritätsstufe 2:

Landwirtschaftliche Flächen auf hochdurchlässigen Böden außerhalb des Anstrombereiches.

Maßnahmenggebiete der Prioritätsstufe 3:

Landwirtschaftliche Flächen auf geringer durchlässigen Böden außerhalb des zentralen Anstrombereiches.

Gefährdungen des Grundwassers durch punktuelle Schadstoffeinträge können hauptsächlich von Industrie- und Gewerbebetrieben, Deponien und Altablagerungen sowie von undichten Abwasserkanälen ausgehen. Aber auch Straßen und Eisenbahnlinien stellen in einem GwEinzugsgebiet u. a. wegen der damit verbundenen Unfallgefahr ein erhöhtes Risiko dar. Ein Ziel des Basisgutachtens ist daher die Erfassung und Bewertung aller für die Fassungsanlage relevanten Gefährdungspotentiale einschließlich der im Schutzgebiet vorhandenen Nutzungskonflikte. Ggf. sind erste Abhilfemaßnahmen aufzuzeigen, um eine ausreichende Wirksamkeit des Wasserschutzgebietes erzielen zu können.

7 Weiteres Vorgehen

7.1 Sofortmaßnahmen

Die in jüngster Zeit zunehmende GwBelastung mit Nitrat und PBSM steht hauptsächlich in Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Nutzung. Der Einsatz von Düngemitteln und PBSM muß daher umgehend auf einen Standard zurückgeführt werden, der den Anforderungen des Allgemeinen Gewässerschutzes entspricht. Die Beachtung der Merkblätter "Wirtschaftsdünger und Gewässerschutz" (Hrsg.: Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten / Oberste Baubehörde im Bayer. Staatsministerium des Innern) sowie "Verminderung der Nitratbelastung des Trinkwassers" und "Integrierter Pflanzenschutz praxisgerecht" (Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau) ist selbstverständliche Voraussetzung hierfür. Besonders wichtig sind eine standortgerechte Bodenkultur, eine bodenschonende Fruchtfolge, eine pflanzenbedarfs- und zeitgerechte Düngung sowie eine konservierende Bodenbearbei-

tung (z. B. tiefe Lockerung nach der Ernte, etwa mit Schichtengrubber, danach sofort stickstofffixierende Zwischenfrucht, kein Pflügen in Herbst und Winter).

Um diese - überall geltenden - Anforderungen des Allgemeinen Gewässerschutzes zumindest innerhalb des ermittelten Einzugsgebietes in wirksame Sofortmaßnahmen umsetzen zu können, sollte umgehend ein Stufenplan zur Sanierung in Angriff genommen werden, der auf umfangreichen Informationsmaßnahmen zum Allgemeinen Gewässerschutz aufbaut und in besonders auswaschungsgefährdeten Bereichen gezielte Erhebungen sowie Beratungs- und Kontrollmaßnahmen erfordert.

Eine für das gesamte Einzugsgebiet erforderliche intensive Beratung durch das Amt für Landwirtschaft ist vorrangig in diesen Bereichen zu beginnen. Ihr Hauptbestandteil sind die Erstellung von Düngeempfehlungen für eine pflanzenbedarfsgerechte Düngung (Dosierung, Zeitpunkte) und Vorgaben für sinnvolle Anpassungen bzw. Verknüpfungen der vorhandenen Betriebsstrukturen (z. B. Gülleausgleich).

Sollten die hierzu notwendigen Erhebungen (Betriebsstrukturanalysen, Nährstoffbilanzen) nicht vom Amt für Landwirtschaft durchgeführt werden können, so wäre ein geeignetes Institut oder Fachbüro hiermit zu beauftragen.

Die Bodenuntersuchungen (z. B. Nmin-Methode) in Frühjahr und Herbst für Bedarfsermittlung und Erfolgskontrolle zur Düngung sollten bereits von Anfang an im gesamten Einzugsgebiet erfolgen, wenn auch schwerpunktmäßig in den besonders auswaschungsgefährdeten Bereichen. Die Beratung auf ihrer Grundlage ist sobald als möglich auf das gesamte Maßnahmenggebiet auszudehnen.

Wo Nmin-Untersuchungen nicht geeignet erscheinen, um den Nährstoffbedarf der Pflanzen zu ermitteln, ist zu prüfen, welche

Früchte unter diesen Standortbedingungen sinnvoll und ohne generelle GwGefährdung angebaut werden können (vgl. § 1a Abs. 2 Düngemittelgesetz). Die Düngung ist auf möglichst viele Einzelgaben zu verteilen.

Folgende Maßgaben für die landwirtschaftliche Nutzung sind beispielsweise bei mittleren Bodenverhältnissen als wirkungsvoll hinsichtlich einer Nitrat- und PBSM-Reduzierung im Grundwasser anzusehen:

- kein Grünlandumbruch, keine unvermittelte Flächenstilllegung
- Vermeidung von offenem Ackerboden durch Anbau von Zwischenfrüchten (jedoch keine Leguminosen-Reinbestände) mit Aberntung oder möglichst später Einarbeitung (Späterherbst bis Winter, am besten im Frühjahr)
- Gülleausbringung nur zur Vegetationszeit und nur in kleinen Gaben
- keine organischen oder mineralischen Dünger (insbes. N-Dünger) auf abgeernteten Flächen ohne unmittelbar folgenden Zwischenfruchtanbau
- Beachtung des Schadschwellenprinzips beim Einsatz von PBSM
Keine Anwendung von PBSM mit W-Auflage
- Bewirtschaftungsvereinbarungen zwischen Landwirten und Gemeinde über Nutzungsänderungen zur Extensivierung sowie ggf. zur Begrenzung des Viehbesatzes
- Führen einer Schlagkartei zur Dokumentation und als Beurteilungsgrundlage für künftige Maßnahmen

Diese Maßgaben sollten über ein Informations- und Beratungsprogramm allen Landwirten im Einzugsgebiet nahegebracht werden.

Um eine Anwendung grundwassergefährdender Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM) im GwEinzugsgebiet zu verhindern, kann bei der Kreisverwaltungsbehörde eine Anordnung entsprechend § 6 Abs. 1 Satz 5 PflSchG beantragt werden. In das Anwendungsverbot sind außer den PBSM mit W-Auflage auch alljene Mittel einzubeziehen, von denen einer oder mehrere Wirkstoffe zur Versickerung neigen (z. B. auch der sog. Atrazin-Ersatzstoff Terbutylazin). Nach Erhebung aller im Einzugsgebiet eingesetzten PBSM durch das Amt für Landwirtschaft ist das erschlossene Grundwasser auf diese Mittel sowie ihre Abbauprodukte zu untersuchen. Das o. g. Anwendungsverbot ist dann auf alle hierbei festgestellten PBSM auszudehnen.

Neben den Maßnahmen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen ist die im Einzugsgebiet liegende Bebauung hinsichtlich einer geordneten Abwasserbeseitigung sowie auf etwaige undichte Abwasserleitungen oder Güllegruben zu untersuchen. Bei Industrie- und Gewerbebetrieben ist die Lagerung grundwassergefährdender Stoffe zu kontrollieren.

7.2 Bewertung der ermittelten Einzugsgebietsgrenzen

Die Wirksamkeit von Sanierungsmaßnahmen setzt ein ausreichend verlässlich abgegrenztes Einzugsgebiet voraus. Der ermittelte Grenzverlauf ist hinsichtlich der gestellten Anforderungen zu bewerten. Dabei sind gesicherte Bereiche und unscharfe Zonen differenziert aufzuzeigen. Bestehen Zweifel, ob vorhandene Unschärfen hinnehmbar sind, so ist der Aufwand für eine Präzisierung der Einzugsgebietsgrenzen gegen die Durchführung von Abhilfemaßnahmen in einem sehr großzügig bemessenen Einzugsgebiet abzuwägen. Bestehende oder geplante konkurrierende Nutzungen (z. B. Straßenbau oder Industrieansiedlung) können eine besondere Präzision der Abgrenzung erfordern. In einem Waldge-

biet dagegen sind wegen der geringen Nutzungskonflikte i. d. R. auch größere Unschärfen hinnehmbar.

7.3 Bewertung des bestehenden Schutzgebietes

Aufgrund der hinzugewonnenen Informationen über die Boden- und GwVerhältnisse kann das bestehende Wasserschutzgebiet neu beurteilt werden. Insbesondere ist zu prüfen, ob die Orientierung des Schutzgebietes mit der ermittelten GwFließrichtung übereinstimmt bzw. ob der Umgriff der Schutzzonen W I, II und III ausreichend bemessen ist. Aus hydrogeologischen Gründen kann es erforderlich sein, außerhalb des bisherigen Schutzgebietes liegende sensible Bereiche, die generell eine erhöhte Vorsorge erfordern, in eine weitere Schutzzone B einzubeziehen (z. B. bei Karstgrundwasserleitern). Auch zur Beschleunigung und besseren Kontrollierbarkeit einer Sanierung ist ggf. die Ausweisung einer Zone W IIIB anzustreben. Bei einer besonders hohen Sanierungsdringlichkeit können die sensitivsten Areale des Einzugsgebietes für den Zeitraum der Sanierung in eine weitere Schutzzone B einbezogen werden. Die notwendigen Anforderungen erstrecken sich dort auf Handlungen mit einschlägigem Gefährdungspotential: Für diese wird verlangt, daß die Verträglichkeit mit dem Allgemeinen Gewässerschutz kontinuierlich nachgewiesen wird und jederzeit kontrollierbar sein muß. Hier ist jedoch der zeitliche und verwaltungsmäßige Aufwand für das u. U. sehr umfangreiche Schutzgebietsverfahren gegen den erzielbaren Effekt abzuwägen. Ob sich aus allen Nutzern eines GwEinzugsgebietes durch optimale Information, Kommunikation und Abstimmung rasch eine hinreichend effektive Aktionsgemeinschaft entwickeln kann oder ob eine Schutzgebietsverordnung eingesetzt werden soll, hängt von den jeweiligen individuellen örtlichen Verhältnissen ab und ist im Einzelfall zu entscheiden.

Neben den Schutzzonen sind auch die festgesetzten Schutzanordnungen zu bewerten. Zur Gestaltung des Schutzgebietskatalogs ist in der "Musterverordnung für Wasserschutzgebiete" eine auf

durchschnittliche Gegebenheiten abgestellte Arbeitshilfe enthalten. Die Verbote, Beschränkungen und Duldungspflichten nach § 19 Abs. 2 WHG müssen jedoch im Einzelfall auf die hydrogeologischen Gegebenheiten individuell abgestimmt sein. Im Falle einer Sanierung eines bestehenden Schutzgebietes ist der Verbotskatalog auch dem konkreten Sanierungsbedarf und dem Sanierungsziel anzupassen. Dabei ist zu beachten, daß Wasserschutzgebiete nicht primär einem besseren Vollzug des Allgemeinen Gewässerschutzes dienen, sondern über dessen Belange dezidiert hinausgehen, um in der Nähe von Wassergewinnungsanlagen erhöhte Vorsorgen zu gewährleisten. Schutzgebietsverordnungen betreffen also grundsätzlich Handlungen und Einrichtungen, deren latentes Gefährdungspotential zwar nicht dem Allgemeinen Gewässerschutz entgegensteht, speziell in der Nähe von Wassergewinnungsanlagen jedoch meistens ein besonderes Risiko darstellt und die deshalb dort eingeschränkt oder ganz verboten werden müssen.

Akkumulierende anthropogene Dauerbelastungen im Grundwasser können nur infolge Nichtbeachtung des Allgemeinen Gewässerschutzes auftreten. Zu dessen genereller Durchsetzung ist das Mittel der Schutzgebietsverordnung nicht geeignet. Allenfalls bei einer drohenden Grenzwertüberschreitung können als Sofortmaßnahme belastungsgefährdete Bereiche befristet in das Schutzgebiet mit seinen erhöhten Vorsorgemaßnahmen einbezogen werden. Bei hoher Nitratbelastung kann auch ein befristetes Düngeverbot im unveränderten Schutzgebiet in Frage kommen, um durch Dämpfung von Belastungsspitzen eine schnellstmögliche Senkung kritischer Werte zu erzielen.

7.4 Zusatzuntersuchungen

Spezielle Frage- oder Problemstellungen erfordern für eine Präzisierung des Einzugsgebietes ggf. weitergehende Maßnahmen. Mit Hilfe von Zusatzuntersuchungen ist i. d. R. eine genauere Eingrenzung von Belastungen bzw. eine detailliertere Bewertung der Belastungsempfindlichkeit möglich. Es ist jedoch in jedem

Fall kritisch abzuwägen, ob eine Präzisierung angesichts des oft hohen Zeit- und Kostenaufwandes effektiv ist im Vergleich zu Investitionen in Informations- und Beratungsmaßnahmen.

Bei einem umfangreicheren Untersuchungsprogramm ist vorher eine Arbeitskonzeption zu erstellen, in der der Methodeneinsatz und der Arbeitsaufwand im Verhältnis zum gewünschten Ziel begründet werden soll.

Um eine sachgerechte Durchführung des Maßnahmenprogramms zur Sanierung zu gewährleisten, empfiehlt es sich, dieses von einem geeigneten Institut oder Fachbüro betreuen zu lassen. Zu dessen Aufgaben gehören:

- laufende Auswertung der hinzugewonnenen Informationen (Untersuchungs- und Meßergebnisse)
- Fortschreibung der bisherigen Befunde und Interpretationen
- Anpassung des Maßnahmenprogramms (einschl. Untersuchungen und Messungen) entsprechend den hinzugekommenen Erkenntnissen
- Überwachungsmaßnahmen zur Einhaltung der Anforderungen des allgemeinen Gewässerschutzes sowie der Schutzgebietsverordnung in Zusammenarbeit mit der technischen Gewässeraufsicht
- Koordinierung und Dokumentation der landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Beratungsmaßnahmen
- Erstellung jährlicher Zwischenberichte

8 Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

Zitierte bzw. verwendete Literatur thematisch geordnet:

- * Frühere Gutachten und Stellungnahmen des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft
- * Gutachten Dritter (Fachbüros, Institute)
- * Schriftverkehr
Wasserrechtliche Bescheide - Grundwasserentnahme
- Festsetzung des Schutzgebietes
- * Regionalgeologische Veröffentlichungen
- * Schriftenreihe bzw. Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft
- * Fachliteratur

Verzeichnis der Anlagen

Folgende Pläne und thematischen Karten sollten im Basisgutachten enthalten sein:

- a) Lageplan, Schutzgebiet
- b) Geologische Übersicht
- c) Bohrprofile
- d) Strukturkarte
- e) Grundwasserhöhengleichen
- f) Profilschnitte mit Darstellung der hydrogeologischen Verhältnisse
- g) Oberirdisches Einzugsgebiet, Quellaustritte
- h) Grenzen des Grundwassereinzugsgebietes,
Gliederung in Maßnahmenbereiche gestaffelter Priorität

D ORGANISATORISCHE HINWEISE, ANLAGEN

Im Interesse eines schnellstmöglichen Arbeitserfolges ist anzustreben, möglichst rasch zu dem qualitativ relevanten und in Prioritätszonen gegliederten GwEinzugsgebiet zu gelangen. Es hat sich bewährt, grundsätzlich immer zunächst die vorhandenen oder leicht gewinnbaren Informationen in Form eines Basisgutachtens auszuwerten. Damit ist im allgemeinen bereits eine erste Abgrenzung und Bewertung des GwEinzugsgebietes möglich. Erfahrungsgemäß reicht dies für die Konzeption der dringlichsten Sanierungsmaßnahmen aus. Bei guter Datenlage kann mit dem Basisgutachten sogar ein umfassenderes Sanierungsprogramm entwickelt werden.

Aus dem Basisgutachten ergibt sich aber auch, ob bzw. welche Zusatzuntersuchungen notwendig sind. Nur auf dessen Grundlage läßt sich ein Untersuchungsprogramm gezielt konzipieren und können evtl. Anträge auf Zuwendungen durch die Wasserwirtschaftsverwaltung fachlich beurteilt werden.

Sind weitergehende Untersuchungen erforderlich, soll das Basisgutachten neben einer ersten Abschätzung des Einzugsgebietes und einer Konzeption von Sofortmaßnahmen

- die nötigen Anforderungen an eine weitere Präzisierung der Einzugsgebietsgrenzen bzw. der Belastungsempfindlichkeit darlegen,
- eine angemessene Arbeitskonzeption entwickeln
- und eine Aufwandsprognose (Zeit/Kosten) ermöglichen.

Bei der Arbeitskonzeption ist die Verhältnismäßigkeit des geplanten Aufwandes zum gewünschten Ziel zu beachten. Methodeneinsatz und Arbeitsaufwand sind gegenüber dem Auftraggeber zu begründen.

Die Ermittlung von GwEinzugsgebieten entsprechend den hier erläuterten "Leitlinien" gewährleistet weitgehend, daß alle

verfügbaren Informationen ausgeschöpft und ein übermäßiger Aufwand vermieden werden. Eine einheitliche methodische und inhaltliche Struktur der Arbeiten ist aber auch hilfreich, um bei Ihrer Beurteilung einen möglichst einheitlichen Maßstab anlegen zu können.

Bei der Auftragserteilung ist darauf hinzuweisen, daß die Arbeiten gemäß den "Leitlinien" durchgeführt werden. Das Muster-schreiben (Anl. 1) gibt dem Auftraggeber eine Formulierungshilfe für ein Auftragsschreiben bzw. für die Einholung eines Angebotes. Damit ist sowohl für den Auftraggeber als auch für das Fachbüro der Arbeitsumfang klar definiert. Da i. d. R. zunächst jedoch nur der Aufwand für die Recherchen und eine übersichtsmäßige Wertung kalkuliert werden kann, ist im Vorfeld lediglich eine Kostenschätzung möglich. Es darf zwar vorausgesetzt werden, daß dem Fachbüro bekannt ist, ob für das Untersuchungsgebiet bedeutsame geologische und bodenkundliche Karten sowie wichtige regionalgeologische Veröffentlichungen vorliegen, die Ausbeute an weitergehenden Informationen ist hingegen meist zur Angebotsabgabe noch nicht abzusehen.

Auffällig ist, daß die Kostenschätzungen verschiedener Fachbüros für ein Basisgutachten oft erheblich differieren. Kritisch sind unrealistisch billige Pauschalangebote zu betrachten. Nach den seit 1989 gewonnenen Erfahrungen waren derartige Gutachten meist erst nach zusätzlich in Rechnung gestellten Ergänzungen brauchbar.

Sollte sich trotz gewissenhafter Recherche erst im Laufe der Arbeiten ergeben, daß brauchbares Material in größerem Umfang vorhanden ist, so bleibt dessen detaillierte Auswertung grundsätzlich einem zweiten Schritt ("Weitergehende Untersuchungen") vorbehalten. Eine direkte Einarbeitung in das Basisgutachten ist allerdings dann erforderlich, wenn dies einen erheblich früheren und qualifizierteren Einsatz der Sanierungsmaßnahmen verspricht. In diesem Fall sind der dem Ziel angemessene Mehraufwand und die sich ergebenden Vorteile dem

Auftraggeber zu erläutern und die zu erwartende Kostenmehrung für das Basisgutachten zu regeln.

Die folgenden Daten und Informationen sind im allgemeinen bereits vorhanden oder mit vergleichsweise geringem Aufwand zu beschaffen und daher für das Basisgutachten grundsätzlich zu erheben:

Beim Wasserversorgungsunternehmen (Auftraggeber), ggf. mit dessen Erlaubnis auch bei Behörden (Landratsamt, Gesundheitsamt, Wasserwirtschaftsamt):

- * Ausdehnung und Charakteristika des Versorgungsgebietes (ggf. Lageplan)
- * Schutzgebietslageplan (1 : 5000 bzw. 1 : 2500)
- * Wasserrechtliche Bescheide (Datum, Laufzeit, genehmigte Jahresentnahme, max. Tagesentnahme, Entnahmekonfiguration bei Mehrbrunnenanlagen)
- * Tatsächliche Entnahmen in den letzten Jahren
- * Bedarfsentwicklung und -prognose
- * Wasserbeschaffenheit (GwTyp bei der Erschließung, bes. bedeutsame Inhaltsstoffe);
ggf. Änderungen der geochemischen Beschaffenheit im Laufe des Betriebes (kurz- und langfristig)
- * Qualitative Belastungen: Art, Höhe, zeitliche Entwicklung (Ganglinie)
- * Pumpversuchsdaten/Quellschüttungsmessungen; Ruhewasserspiegel (NN+m)

- * Ausbaupläne mit NN-Höhen
Bei Brunnen Schichtprofile, bei Quellen Deckschichten
- * Angaben über in der Umgebung vorhandene GwAufschlüsse
(priv. Wasserversorgungen, Kühl- und Brauchwasserbrunnen
etc.): Eigentümer, Lage, ggf. Schichtprofil und Ausbau,
Schüttung bzw. Entnahme mit entspr. Absenkung, Ruhewasser-
spiegel
(Hinweise auch bei LRA, Gesundheitsamt, WWA)
- * Geologische Gutachten zur GwErschließung und zum
Schutzgebiet
- * Angaben über bisher erfolgte Sonderuntersuchungen
(Chemie, Geophysik, Isotopenhydrologie, Tracerversuche)
- * Frühere Abschätzung des Einzugsgebietes
(Lageplan und Beschreibung)
- * Stand der Abwasserbeseitigung im weiteren Umfeld der Was-
sergewinnungsanlage, insbes. oberstromig des Wasserschutz-
gebietes.
(Hinweise auch beim WWA)
- * Vorhandene und geplante Deponiestandorte, Altablagerungen
(Hinweise auch beim LRA und WWA)
- * Anlagen bzw. Betriebe mit wassergefährdenden Stoffen
(auch z. B. KFZ-Werkstätten)

Beim Landkreis:

- * Ergebnisse der im Rahmen einer Standortsuche für eine
Hausmülldeponie durchgeführten hydrogeologischen Untersu-
chungen

Beim Wasserwirtschaftsamt:

- * Weitere Wasserfassungen, insbes. der öffentl. Wasserversorgung
- * GwMeßstellen/-meßnetze (auch nichtöffentlicher Träger); Pegel
- * Kenntnisse aus Altlastenerhebungen

Bei der Ortseinsicht:

- * Geologische Aufschlüsse
- * Übersicht über Besiedlung und Flächennutzung im Umfeld der Wasserfassungen, insbes. im Wasserschutzgebiet; Prüfung auf Veränderungen gegenüber den Angaben im Schutzgebietslageplan und Topograph. Karte; Zurückliegende Nutzungsänderungen (Rodung, Grünlandumbruch);
- * Objekte und Nutzungsarten mit besonderem GwGefährdungspotential
- * Übersicht über die wichtigsten Bodenarten und -typen und ihre Verbreitung (1 : 25 000)
- * Stichtagsmessung der GwStände an den Wasserfassungen sowie an geeigneten Hausbrunnen und GwMeßstellen (sofern mit vertretbarem Aufwand möglich)

Sammlung und Wertung geologischer und hydrogeologischer Informationen:

- * Geologische, hydrogeologische und bodenkundliche Karten
- * Regionalgeologische Veröffentlichungen

- * unveröffentlichte Spezialarbeiten
(Bayer. Geologisches Landesamt, Universitätsinstitute)
- * Schichtprofile aus Bohraufschlüssen
- * Geohydraulische Kennwerte aus Pumpversuchen in benachbarten Bereichen
- * GwStände/Ganglinien aus Meßstellen/Meßnetzen öffentlicher und privater Träger
(Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, Wasserwirtschaftsämter, Wasserkraft-Gesellschaften, Rhein-Main-Donau-AG u. a.)
- * Angaben über GwFließrichtung und -gefälle, ggf. GwGleichchenpläne
- * Klimatologische und hydrologische Daten
(zur Abschätzung der GwNeubildung sowie zur Korrelation mit GwStänden und ggf. zeitlichem Gang der GwBeschaffenheit)

Wird ein belastetes Grundwasservorkommen von mehreren Wasserversorgern mit ähnlichen Problemen genutzt, empfiehlt sich bei der Sanierung ein gemeinsames Vorgehen. Die Bildung eines Interessenverbandes aus den betroffenen Wasserversorgern stellt eine sinnvolle Einrichtung zum Schutz der Trinkwasservorräte dar. Kostensenkung bei Gemeinschaftsprojekten, Erfahrungsaustausch bei Sanierungsarbeiten und ein größeres Gewicht bei der schrittweisen Sanierung des Einzugsgebietes sind nur einige Vorteile eines solchen Zusammenschlusses.

Musterschreiben für Wasserversorgungsunternehmer
zur Angebotseinholung bzw. Auftragserteilung

.....

Ermittlung des Grundwassereinzugsgebietes unserer Wasserfassung(en)

- Anlagen:
- 1) Leitlinien für die Ermittlung der Einzugsgebiete von GwErschließungen und für die Konzeption erster Sanierungsmaßnahmen bei Schadstoffbelastungen (Stand 1995)
 - 2) Lagepläne 1 : 5 000 und 1 : 25 000
 - 3) Brunnenausbaupläne
 - 4) Pumpversuchsdaten
 - 5) Entwicklung der Nitrat- und/oder PSM-Gehalte

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir beabsichtigen die Sanierung des Grundwasser-Einzugsgebietes unserer Wasserfassungen Brunnen .../Quelle(n) ... im Erschließungsgebiet Hierzu müssen die Grenzen des GwEinzugsgebietes ermittelt werden.

Wir/beauftragen sie mit der/bitten um eine Kostenschätzung für die/Erstellung eines entsprechenden Basisgutachtens gemäß den o. g. Leitlinien des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft (Stand 1995). Der erforderliche Leistungsumfang kann aus der Inhaltsgliederung abgeleitet werden. Bezüglich weiterer benötigter Daten und Unterlagen sowie zur Vereinbarung eines termins für die Ortseinsicht bitten wir Sie, sich mit Herrn/Frau, Tel., in Verbindung zu setzen.

Mit freundlichen Grüßen

.....

Ablaufschema für die Sanierung nitrat- bzw. PSM-belasteter Trinkwassergewinnungsanlagen

Hydrogeologisches Fachbüro erarbeitet Basisgutachten gemäß Leitlinien (Ermittlung des GwE + Konzeption erster Sanierungsmaßnahmen)

Sobald GwE und Maßnahmenbereiche (ggf. nach Dringlichkeit gegliedert) bekannt:

- a) WVU organisiert Aufklärungsveranstaltungen + Beratungen zur "Ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung" bzw. "Guten fachlichen Praxis" (rechtliche und allg. fachliche Maßgaben) Einbindung von LRA, WWA und AfL
- b) ggf. Auftrag für weitergehende hydrogeologische Untersuchungen zur Präzisierung des GwE (meist jedoch nicht erforderlich)

Landwirtschaftlich kompetentes Fachbüro erarbeitet Konzeption zur gezielten grundwasserverträglichen Anpassung der Landbewirtschaftung

- a) Erhebung der Böden (auch Auswertung der Reichsbodenschätzung) und Nutzungsarten/Fruchtfolgen; Bewertung hinsichtlich GwGefährdungsrisiken
- b) Analyse und Bewertung der Betriebsstrukturen/Nährstoffbilanzen
- c) Entwicklung eines Maßnahmenprogramms, strukturiert in Teilpakete

Umsetzung des Maßnahmenprogramms (Verträge über Maßnahmenpakete) "freiwillige finanzielle Anreize"

Überwachung, Auswertung und Fortschreibung des Maßnahmenprogramms

Literaturhinweise

Nachfolgend werden Veröffentlichungen genannt, die allgemeine oder regional bedeutsame Informationen enthalten. Die Literaturliste ist thematisch geordnet. Die Nummern beziehen sich auf die Kapitel des "Inhalts- und Gliederungsschemas zum hydrogeologischen Basisgutachten" (Teil C).

ALLGEMEINE ERHEBUNGEN

2.4 Grundwassermeßstellen

Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): Verzeichnis der Grundwassermeßstellen in Bayern - Grundwasserstand - Stand Februar 1985. - München 1985.

2.5 Klimatische und hydrologische Daten

Bayer. Arbeitsgemeinschaft für Raumforschung (Hrsg.):
Übersichtskarte der Grundwässer.- Bearbeitet von GRAHMANN,
R. & WUNDT, W.; in: Deutscher Planungsatlas, Bd. V
"Bayern"; Bremen-Horn 1960.

Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): Schriftenreihe
Heft 2: Mittlere jährliche Verdunstungshöhe 1931-1960.
Karte von Bayern im Maßstab 1:500 000 mit Erläuterungen.
KERN, H. - München 1975.

Schriftenreihe Heft 13: Das natürliche Grundwasserdargebot.
KÖPF, E. & ROTHASCHER, A. - München 1980.

Informationsbericht 5/87 (Teil 1): Grundwasserentnahmen
und andere aktuelle Themen der Wasserversorgung. München
1987.

Informationsbericht 8/87: Die Grundwasserneubildung in Bayern. ROTHASCHER, A. - München 1987.

KNOCH, K.: Klimaatlas von Bayern. - Bad Kissingen 1952.

WUNDT, W.: Die Kleinstwasserführung der Flüsse als Maß für die verfügbaren Grundwassermengen. - Forsch. z. dt. Landeskd., 104, 1958.

2.6 Wasserbeschaffenheit

Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): Informationsbericht Gewässerbeschaffenheit in Bayern - Fließgewässer. - München 1984, 1985.

Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): Schriftenreihe Wasserwirtschaft in Bayern Heft 28: Grundwasser - Menge und Beschaffenheit des Grundwassers in Bayern. - München 1994.

GEOLOGISCHE ERHEBUNGEN

Die vom Bayer. Geologischen Landesamt herausgegebenen Geologischen Karten, Bodenkarten, Geologica Bavarica und Fachberichte sind in einer Broschüre zusammengestellt (Bezug über das BGLA, München).

3.2 Lagerungsverhältnisse, Strukturen/Tektonik

HUBER, B.: Der Einfluß des Trennflächengefüges auf die Grundwasserströmung in Kluftgrundwasserleitern. - Diss. Univ. Würzburg, Würzburg 1991.

HYDROGEOLOGISCHE BEURTEILUNG

Regional bedeutende Arbeiten mit Modellcharakter

- für Nordbayern (Maineinzugsgebiet):

Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): Schriftenreihe
Heft 7: Das Mainprojekt - Hydrogeologische Studien zum
Grundwasserhaushalt und zur Stoffbilanz im Maineinzugsge-
biet. ANDRES, G. & GEORGOTAS, N. - München 1978.

- für Südbayern (Molassebecken):

Informationsbericht 8/83: Untersuchung zum Grundwasser-
haushalt des Tiefenwassers der Oberen Süßwassermolasse
durch Grundwasseraltersbestimmung. ANDRES, G. & EGGER, R.
- München 1983.

4.2 Grundwasserströmungsverhältnisse

Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): Schriftenreihe
Heft 20: Grundwassergleichenkarte von Bayern 1 : 500 000.
ANDRES, G. & WIRTH, H. - München 1985.

4.3 Geohydraulische Kennwerte

Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): Informationsbe-
richt 5/85: Trinkwasserschutzgebiete. - München 1986.