

**WASSERVERSORGUNG
STADT KAUFBEUREN**

LANDKREIS OSTALLGÄU

**Hydrogeologisches Gutachten zum
Wasserschutzgebiet
der Brunnen Ebenhofen**

Weiterführende Untersuchungen

Teil 1: Vorschlag zum Wasserschutzgebiet

Vorhabensträger:

Städt. Wasserwerk Kaufbeuren
König-Rudolf-Straße 1
87600 Kaufbeuren

Verfasser:

HyGeMo - Partnerschaft für Hydrogeologie und Modellrechnung in der Wasserwirtschaft
Dipl.-Geol. Dr. Klaus März und Math.-Geogr. Dr. Jürgen Schaar
Degersheim, am Bücklein 5
91719 Heidenheim

AZ 06125

Stand 05.11.2008

HyGeMo - 91719 Heidenheim-Degersheim

Partnerschaft für Hydrogeologie und Modellrechnung in der Wasserwirtschaft
Dipl.-Geol. Dr. Klaus März und Math.-Geogr. Dr. Jürgen Schaar
Degersheim, am Bücklein 5, 91719 Heidenheim, Tel. 09833/777, Fax 989315

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Vorbemerkungen und Aufbau des vorliegenden Gutachtens	1
2. Bestehende Brunnen, Wasserrechte und Wasserschutzgebiete	2
3. Bisheriger Kenntnisstand	4
4. Anlass weiterführender Untersuchungen zur Schutzgebietsabgrenzung	5
5. Grundsätze der Schutzgebietsabgrenzung	7
6. Vorschlag zur Neufestsetzung des Wasserschutzgebietes der Brunnen Ebenhofen	12
6.1 Wasserschutzgebiet innerhalb des im Grundwassermodell betrachteten Gebietes (Modellraum)	12
6.2 Wasserschutzgebiet südlich außerhalb des im Grundwassermodell betrachteten Gebietes (Modellraum)	13
6.2.1 Grundsätzliche Überlegungen	13
6.2.2 Abgrenzung, Gliederung und Bilanzierung des Einzugsgebietes südlich der Wertach	16
6.2.3. Denkbare Schutzgebiets-Abgrenzung über die Strömungszeiten	19
6.2.4 Aufgliederung des Brunnenwassers in verschiedene Anteile	20
6.2.5 Ermittlung der Zustromwahrscheinlichkeiten im westlichen Teil Hauptkiesrinne HKR-W	23
6.2.6 Austauschprozesse im Grundwasserbegleitstrom der Wertach südlich der Modellgrenze (GWS)	27
6.2.7 Abgrenzung des Gesamtschutzgebiets südlich des Modellrands	28
6.3 Anpassung an Flurstücksgrenzen	28
7. Auflagenkatalog	29
8. Verwendete Unterlagen und Literatur	31
8.1 Spezielle Unterlagen über das Untersuchungsgebiet	31
8.2 Allgemeine Literatur	36

Anlagenverzeichnis zu Teil 1

- | | | |
|----------|--|--------------|
| Anl. 1 | Übersichtslageplan Wasserschutzgebietsvorschlag für die Brunnen Kaufbeuren-Ebenhofen und den Brunnen Biessenhofen-Ebenhofen, bestehende Wasserschutzgebiete Brunnen Biessenhofen-Altdorf und Grundwassererkundungsgebiet Ebenhofen sowie Grundwasservorranggebiete
Plangrundlage: TK 25 | M 1: 25.000 |
| Anl. 2 | Plan 1: Lageplan Wasserschutzgebietsvorschlag für die Brunnen Kaufbeuren-Ebenhofen und den Brunnen Biessenhofen-Ebenhofen sowie bestehendes Wasserschutzgebiet Biessenhofen-Altdorf
Plangrundlage digitale Flurkarte | M 1: 10.000 |
| Anl. 2 | Plan 2: Lageplan Wasserschutzgebietsvorschlag für die Brunnen Kaufbeuren-Ebenhofen und den Brunnen Biessenhofen-Ebenhofen sowie Wasserschutzgebietsvorschlag für die Br. Biessenhofen-Altdorf
Plangrundlage digitale Flurkarte | M 1: 10.000 |
| Anl. 3 | Unterlagen zur Abgrenzung einer gemeinsamen Schutzzone für die Brunnen Ebenhofen und Altdorf südlich der Wertach | |
| Anl. 3.1 | Plan: Grundwasserströme in den Kiesrinnen
(Plangrundlage TK 25) | M 1: 10.000 |
| Anl. 3.2 | Tabelle Fließschema für die Anteile an den Entnahmen aus den Brunnen Kaufbeuren/Ebenhofen und Altdorf | |
| Anl. 3.3 | Tabelle der Koordinaten für die Zustromwahrscheinlichkeitsgrenzen in der HKR-W) | |
| Anl. 3.4 | Plan: Ermittlung der Zustromwahrscheinlichkeitsgrenzen in der HKR-W, Plangrundlage TK 25 | M 1: 10.000 |
| Anl. 3.5 | Plan: Ableitung der Schutzgebietsgrenzen südlich außerhalb des Modellraums, Plangrundlage TK 25) | M. 1: 10.000 |
| Anl. 4 | Vorschlag für den Auflagenkatalog zur Schutzgebietsverordnung | |

1. Vorbemerkungen und Aufbau des vorliegenden Gutachtens

Das vorliegende Gutachten bezieht sich auf die Brunnen Ebenhofen I, II, III und V der Stadt Kaufbeuren und den Brunnen Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen. Brunnen Kaufbeuren-Ebenhofen IV ist außer Betrieb genommen. Das Gutachten ist in drei Teile unterteilt:

Teil 1: Wasserschutzgebietsvorschlag

Teil 2: Grundwassermodellrechnungen

Teil 3: ergänzende Aufschlussresultate

Der hier vorliegende **Teil 1** enthält

- die Lagepläne mit dem Schutzgebietsvorschlag,
- eine Übersicht über die bestehenden Wasserrechte und bisher festgesetzten Wasserschutzgebiete,
- die Begründung der vorgeschlagenen Schutzgebietsgrenzen, aufbauend auf dem Gutachten vom 12.12.2002 /6/ sowie den Teilen 2 und 3 des vorliegenden Gutachtens und einen Vorschlag für den Auflagenkatalog, außerdem ein Verzeichnis der verwendeten Unterlagen.

Teil 2 enthält

die Ergebnisse der Grundwassermodellrechnungen mit Erläuterung sowie die aus den Modellrechnungen abgeleiteten Einzugsgebiets- und 50-Tage-Flächen, jedoch noch ohne Anpassung an Flurstücksgrenzen.

Teil 3 enthält

die Ergebnisse der nach Fertigstellung des Gutachtens vom 12.12.2002 /6/ durchgeführten Geländeerkundungen und sonstigen neuen Untersuchungsergebnisse.

Wie noch erläutert wird, muss das Einzugsgebiet der Brunnen Ebenhofen im Zusammenhang mit dem Einzugsgebiet der Brunnen Altdorf betrachtet werden bzw. es ist großräumig von einem gemeinsamen Einzugsgebiet auszugehen. Auf der Basis der Modellrechnungen und sonstigen in diesem Gutachten dokumentierten Untersuchungsergebnisse und der weiter oben aufgeführten älteren Gutachten wird ein gesondertes Gutachten zum Wasserschutzgebiet der Brunnen Altdorf (nicht Bestandteil dieses Gutachtens) erarbeitet. Es schließt südöstlich an das Wasserschutzgebiet der Brunnen Ebenhofen an bzw. überlagert sich mit diesem bereichsweise. Südlich der Wertach/westlich von Marktoberdorf wird ein gemeinsames Wasserschutzgebiet Zone IIIB für die Brunnen Ebenhofen und die Brunnen Altdorf vorgeschlagen.

Unabhängig von dem hier vorgeschlagenen Wasserschutzgebiet für die Brunnen Ebenhofen besteht das am 01.06.1990 festgesetzte Wasserschutzgebiet für das Grundwassererkundungsgebiet Ebenhofen. Es dient dem langfristigen Schutz des Grundwasservorkommens ebenso wie die im Rahmen des neuen Regionalplans Allgäu aus dem Jahr 2007 neu festgesetzten Grundwasservorranggebiete im Geisenrieder Tal und im Wertachtal östlich von Ebenhofen.

2. Bestehende Brunnen, Wasserrechte und Wasserschutzgebiete

Nachstehende Angaben zu bestehenden Brunnen, Wasserrechten und Wasserschutzgebieten sind größtenteils bereits im Gutachten des Büros Boden und Wasser vom 12.12.2002 /6/ zum damaligen Stand enthalten, werden aber zum besseren Gesamtverständnis nachstehend nochmals aufgeführt.

Vorhandene Brunnen

Das Städtische Wasserwerk Kaufbeuren betreibt südlich von Ebenhofen 4 Brunnen des Pumpwerkes 2 Ebenhofen. Die Brunnen I bis IV wurden im Jahr 1961/62 niedergebracht und 1966 in Betrieb genommen. Brunnen V wurde 1975 gebohrt und 1978 in Betrieb genommen. Brunnen IV wurde 2004 außer Betrieb genommen.

Etwa 150 m nordwestlich vom Brunnen I und nur knapp 100 m südlich der Bebauung von Ebenhofen befindet sich der Schachtbrunnen Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen aus dem Jahr 1946.

Im Jahr 1976 wurden westnordwestlich des Brunnens V im Rahmen des Grundwassererkundungsprogramms in Bayern drei erfolgreiche Bohrungen A, B und C mit Pumpversuchen niedergebracht, die heute als Grundwassermeßstellen Nr. 758, 759 und 760 des Bayerischen Landesgrundwasserdienstes genutzt werden. Das Grundwassererkundungsgebiet ist im Regionalplan /14/ als Grundwasservorranggebiet ausgewiesen (siehe Anlage 1.2). Damit ist in diesem Gebiet der Nutzung zu Zwecken der Wasserversorgung der Vorrang gegenüber anderen Nutzungen eingeräumt worden.

Rd. 450 bzw. 850 m südwestlich des Brunnens V liegen die Höfe Reichenbach (Lorenzbauer) und Wintergerst (Feldwagner), die jeweils einen eigenen Brunnen für ihre Wasserversorgung betreiben. Rd. 900 m nordwestlich des Brunnens V gibt es beim Hof Schmid einen weiteren privaten Brunnen.

Östlich der Wertach betreiben die Fa. Nestlé AG (früher Allgäuer Alpenmilchwerke) und die Gemeinde Biessenhofen je 2 Brunnen für die Wasserversorgung des Milchwerkes bzw. des Ortsteiles Altdorf. Die vier Brunnen liegen im Wertachtal rd. 150 bis 200 m westlich des Ortsrandes von Altdorf.

Bestehende Wasserrechte der öffentlichen Brunnen

Die Wasserableitung aus den Brunnen I bis V der Stadt Kaufbeuren war bis 2006 durch den Bewilligungsbescheid des Landratsamtes Marktoberdorf Nr. II/1297 vom 12.02.1964, geändert durch Bescheid Nr. II/926 vom 09.04.1964 und den Bewilligungsbescheid des Landratsamtes Ostallgäu Nr. MOD-402-642/Fr vom 01.03.1977, geändert durch Bescheid Nr. MOD-402-642-Hd vom 22.11.1977 geregelt /10b/. Danach durften aus den Brunnen I bis IV zusammen 85 l/s, aus Brunnen V 100 l/s sowie aus den Brunnen I bis V zusammen 3.000.000 m³/Jahr an Wasser zutage gefördert und abgeleitet werden. Die Bewilligung war befristet bis zum 31.12.2006.

Mit Bescheid vom 20.02.2007 erteilte das LRA Ostallgäu eine neue Bewilligung, gültig bis zum 31.12.2036. Diese Bewilligung erlaubt eine jährliche Förderung von 3 Mio m³ aus den Brunnen I bis III und V, maximal jedoch 100 l/s Momentanentnahme aus allen Brunnen zusammen.

Die Bewilligung enthält die Auflage, bis Ende 2007 Unterlagen zur Neufestsetzung des Wasserschutzgebietes vorzulegen. Diese Frist wurde anlässlich einer Besprechung mit dem LRA Ostallgäu und dem WWA Kempten am 24.10.2007 zur weiteren Erkundung und Abgrenzung einer potenziellen Schutzzone IIIB im Raum Marktoberdorf bis zum 31.12.2008 verlängert.

Für den Brunnen Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen besteht u.W. eine unbefristete Erlaubnis zur Wasserentnahme gemäß Beschluss des LRA Marktoberdorf vom 05.02.1953 ohne Beschränkung der Entnahme gemäß Art. 19 des Wassergesetzes von 1907 /10b/. Die Unterwasserpumpe leistet 25 l/s.

Für das Wasserschutzgebiet des Grundwassererkundungsgebietes Ebenhofen (vor 2007 im Regionalplan Allgäu auch als Grundwasservorranggebiet ausgewiesen) gibt es bisher mangels Nutzung kein Wasserrecht zur Wasserentnahme. Im Gutachten des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft vom 04.08.1978 /9c/ sind 3,15 Mio m³/a vorgeschlagen worden.

Für den Brunnen Altdorf I der Gemeinde Biessenhofen wurde mit Beschluss des früheren Landratsamtes Marktoberdorf vom 26.09.1957 die wasserrechtliche Erlaubnis zur Wasserförderung von 10 l/s und 120.000 m³/Jahr erteilt /11b/. Die Erlaubnis ist unbefristet. Für den Brunnen Altdorf II der Gemeinde Biessenhofen erteilte das Landratsamt Ostallgäu mit Bescheid vom 29.07.1986 eine Bewilligung zur Wasserförderung von 20 l/s und maximal 130.000 m³/Jahr /10c/. Mit Bescheid vom 31.01.2002 wurde die Jahresfördermenge auf 280.000 m³ erhöht.

Das frühere Landratsamt Marktoberdorf erteilte mit Beschluss vom 12.06.1959, geändert mit Beschluss vom 02.02.1960 die widerrufliche Erlaubnis, aus den beiden Brunnen der Allgäuer Alpenmilchwerke 50 l/s Wasser je Brunnen zu fördern /11a/. Die Jahresförderung ist darüber hinaus nicht beschränkt. Die Erlaubnis ist unbefristet.

Die Förderraten der Privatbrunnen Reichenbach, Wintergerst und Schmid (letzterer mit minimaler Ergiebigkeit und quasi ungenutzt) sind gegenüber den vorgenannten genehmigten Wassermengen unbedeutend.

Bestehende Wasserschutzgebiete

Für die Brunnen I bis V der Stadt Kaufbeuren und den Brunnen Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen ist mit Verordnung des LRA Ostallgäu vom 11.12.1989 ein gemeinsames Wasserschutzgebiet, bestehend aus fünf Fassungsbereichen (Br. I, II+IV, III, V, Br. Ebenhofen), einer gemeinsamen engeren und einer gemeinsamen weiteren Schutzzone festgesetzt worden /10b/.

Für das Grundwassererkundungsgebiet Ebenhofen ist mit Verordnung des LRA Ostallgäu vom 01.06.1990 zur Sicherung der öffentlichen Wasserversorgung der Stadt Kaufbeuren ein Schutzgebiet festgesetzt worden, das westlich an das Schutzgebiet der bestehenden Brunnen Ebenhofen anschließt /10b/. Träger des Schutzgebietes ist die Stadt Kaufbeuren.

Östlich schließt an das Wasserschutzgebiet der Brunnen Kaufbeuren I bis V und des Brun-
nens Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen das gemeinsame Wasserschutzgebiet der
beiden Brunnen des Ortsteiles Altdorf der Gemeinde Biessenhofen an, in dem sich auch die
beiden Brunnen der Fa. Nestlé befinden, bestehend aus einem Fassungsbereich, einer en-
geren und einer weiteren Schutzzone. Es wurde mit Verordnung des Landratsamtes Ostall-
gäu vom 22.07.1986 festgesetzt /11d/.

Das Geisenrieder Tal oberhalb der OAL7 und das Wertachtal im Dreieck zwischen der B12,
der OAL7 und der Wertach sind in der jüngsten Fortschreibung des Regionalplans Allgäu
(16) vom 28.11.2006 als Grundwasservorranggebiet WR77 ausgewiesen.

3. Bisheriger Kenntnisstand

Im Jahr 1991 wurde ein erstes hydrogeologisches Basisgutachten /1/ zu den Brunnen Kauf-
beuren-Ebenhofen, zum Brunnen Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen und deren Ein-
zugsgebiet erstellt. Schon damals zeigte sich, dass das Einzugsgebiet der Brunnen Ebenho-
fen im Zusammenhang mit dem Einzugsgebiet der Brunnen Biessenhofen-Altdorf und Fa.
Nestlé-Altdorf gesehen werden muss.

In den Jahren 1994 bis 1997 fanden Untersuchungen zum Einzugsgebiet der Brunnen Alt-
dorf /3/ statt, die sich zwar auf das Umfeld der Brunnen Altdorf konzentrierten, sich mit geo-
elektrischen Tiefensondierungen /2/ und Grundwasserstandsmessungen aber auch auf das
Gebiet westlich der Wertach erstreckten.

Weitere Untersuchungen fanden in den Jahren 2001-2002 zu den Brunnen Ebenhofen statt.
Deren Ergebnis ist im Gutachten des Büros Boden und Wasser

Hydrogeologisches Gutachten zum Wasserschutzgebiet der Brunnen Ebenhofen vom 12.12.2002 /6/

niedergelegt.

Dieses Gutachten ist Teil der Untersuchungsergebnisse zum Wasserschutzgebiet der Brun-
nen Ebenhofen und wird als bekannt vorausgesetzt. Das vorliegende Gutachten baut darauf
sowie auf den älteren Gutachten vom 05.12.1991 /1/ und 27.03.1997 /3/ auf.

4. Anlass weiterführender Untersuchungen zur Schutzgebietsabgrenzung

Im Gutachten vom 12.12.2002 /6/ ist auf der Grundlage des damaligen Kenntnisstandes bereits ein Schutzgebietsvorschlag erarbeitet worden. Im Zuge der Diskussion mit dem WWA Kempten im Anschluss an die Antragskonferenz zur Neuerteilung der Bewilligung für die Grundwasserentnahme aus den Brunnen Ebenhofen am 25.07.2006 ergab sich, dass folgende Aspekte noch weiter zu untersuchen waren:

Konstruktion der Grundwassergleichen, Ermittlung der Anstrombereiche einzelner Brunnen

Schon im Gutachten vom 12.12.2002 /6/ wurde das Ziel verfolgt, das Wasserschutzgebiet und insbesondere die engere Schutzzone so klein wie möglich zu halten.

Wegen der begrenzten Anzahl von Grundwasseraufschlüssen war es jedoch noch nicht möglich, die Zustromanteile aus dem Wertachtal einerseits und dem Geisenrieder Tal andererseits so klar abzugrenzen, dass sie einzelnen Brunnen oder Brunnengruppen hätten zugeordnet werden können. Für den Vorschlag zum Wasserschutzgebiet mussten daher relativ großzügige Sicherheitszuschläge gewählt werden. Zudem war es noch nicht möglich, die Zuflussanteile aus dem Wertachtal und dem Geisenrieder Tal voneinander abzugrenzen.

Ein Aspekt dazu war, dass die im Grundwassergleichenplan vom 29.05.2002 (siehe Anl. 1.3, Plan 1 zum Gutachten vom Dez. 2002) dargestellten Grundwassergleichen durch Interpolation zwischen den gemessenen Grundwasserständen konstruiert wurden. Auf diese Weise ist nicht auszuschließen, dass Isolinien bereichsweise zu sehr über die Rinnenstrukturen im Untergrund hinweginterpoliert werden. Es zeigte sich, dass es besser wäre, die Rinnenstrukturen (Ränder, Kiesbasis, unterschiedliche Durchlässigkeiten) bei der Konstruktion der Grundwassergleichen stärker zu berücksichtigen. Andererseits standen für eine rein zeichnerisch - konstruktive Berücksichtigung der Rinnenstrukturen in den Grundwassergleichen nicht ausreichend viele Grundwasseraufschlüsse zur Verfügung und diese lassen sich aus Kostengründen auch nicht beliebig vermehren.

Die Antragskonferenz am 25.07.2006 zeigte, dass das Ziel, vor allem die engere Schutzzone auf keinen Fall zu groß bemessen - ohne Zuschläge infolge nicht ausreichender Kenntnisse - noch stärker zu verfolgen war.

Man kam daher zu der Überzeugung, dass die Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen Grundwasserzu- und -abstrom, Grundwasserneubildungsrate, Tiefenlage der Kiesbasis, unterschiedlichen Durchlässigkeiten, Brunnenentnahmen und eventuell einer Wechselwirkung der Wertach mit dem Grundwasser den Einsatz untergrundhydraulischer Modellrechnungen ("Grundwassermodell") erforderte, um so das Ziel eines noch genauer oder besser als bisher abgesicherten und begründeten Schutzgebietsvorschlages zu erreichen.

Ziel der Modellrechnungen war es, Zonen unterschiedlicher Durchströmung der Rinnen (hohe Durchströmung im Zentrum, geringere Durchströmung an den Flanken, zu vernachlässigende Durchströmung außerhalb der Rinnen) abzugrenzen und diese Unterschiede möglichst als Begründung der Begrenzung der Zone III zu nutzen. Ein solches Kriterium erschien besser begründbar als die bisher bereichsweise als Kriterium herangezogene 5m-Isopache

der Grundwassermächtigkeit. Auf der Grundlage entsprechend angepasster Grundwasser-
gleichen sollten Zustrombereiche zu den einzelnen Brunnen abgegrenzt werden.

Südlicher Rand der Zone III im Wertachtal

Im Gutachten vom Dez. 2002 wurde der südliche Rand der Zone IIIB entlang der Wertach
gezogen. Hier waren allerdings die Kenntnisse über den Untergrund noch gering, weshalb
sich nicht hinreichend abgesichert beurteilen ließ, ob die Wertach dort in das Grundwasser
einspeist oder ob sie von Südsüdosten her unterströmt wird oder ob das Grundwasser
hauptsächlich von Südwesten her ca. Wertach-parallel zuströmt. Zur Klärung dieser Frage
wurden ergänzende geoelektrische Messungen festgelegt und im September 2006 durchge-
führt (siehe hierzu Teil 3 zum vorliegenden Gutachten). Ergänzend zu den geoelektrischen
Messungen wurden vom WWA Kempten an vier Tagen mit Niedrigwasserabfluss zwischen
dem 17.10.2006 und 28.01.2008 Abflussmessungen an der Wertach zwischen der OAL 7
und der B12 durchgeführt (siehe dazu Teil 3 zum vorliegenden Gutachten).

Für die Abgrenzung des Wasserschutzgebietes Geisenrieder Tal, das in den Wasserschutz-
gebietsvorschlag im Gutachten vom 12.12.2002 teilweise einbezogen war, und wo ebenfalls
nur wenige Daten zu Verfügung stehen, wurden keine weiteren Untersuchungen als erforder-
lich angesehen, da hier anders als im Wertachtal im Regionalplan ein Grundwasservorrang-
gebiet festgelegt werden konnte.

Die Grundwassermodellrechnungen (siehe Teil 2 zum vorliegenden Gutachten) ergaben,
dass der Zustrom zu den bestehenden Brunnen Kaufbeuren I bis III und V und zum Brunnen
Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen aus Kiesrinnen im Wertachtal (jedoch nicht ohne
weiteres gleichzusetzen mit dem heutigen Lauf der Wertach) erfolgt. Die berechnete Fließ-
zeit vom Modellrand im Wertachtal (etwa entlang der Kreisstraße OAL 7 zwischen Immenho-
fen und westlich Ennenhofen bis zum Brunnen V beträgt nur etwa 4 Monate. Daraus ergab
sich die Frage, inwieweit das Wasserschutzgebiet über den Modellrand im Wertachtal hinaus
weiter nach Süden ausgedehnt werden muss.

Da dieser Bereich westlich von Marktoberdorf im Rahmen des Gutachtens aus 2002 /6/ nicht
speziell im Hinblick auf das Wasserschutzgebiet der Brunnen Ebenhofen untersucht und von
den darauf aufbauenden Modellrechnungen nicht erfasst wurde, wurden hier im August 2007
weitere geoelektrische Messungen und Rammkernsondierungen durchgeführt. Darüber hin-
aus wurden aus Unterlagen der Stadt Marktoberdorf, des WWA Kempten und des Büros
GeoUmweltTeam Marktoberdorf weitere Informationen über den Untergrund zusammenge-
tragen und ausgewertet. Die Höhen aller im Raum zwischen Marktoberdorf und der Wertach
erreichbaren Grundwasseraufschlüsse wurden soweit noch erforderlich eingemessen und
Ende März/Anfang April 2008 eine Stichtagsmessung der Grundwasserstände durchgeführt.
Am 23.10.2007 wurden die Abflüsse und Leitfähigkeiten im Schmölzbach gemessen sowie
am 01.04.2008 die Leitfähigkeiten in der Wertach. Vom WWA Kempten wurden an vier ver-
schiedenen Tagen mit Niedrigwasserabflüssen Abflussmessungen an der Wertach durchge-
führt (siehe hierzu Kap. 6.2 und Teil 3).

5. Grundsätze der Schutzgebietsabgrenzung

Die Grundsätze zur Abgrenzung von Wasserschutzgebieten sind in der DVGW-Richtlinie W 101 /25/ niedergelegt. Danach wird ein Wasserschutzgebiet üblicherweise in 3 Zonen wie folgt unterteilt, wobei zur Bemessung generell von der wasserrechtlich genehmigten Entnahme auszugehen ist.

Fassungsbereich (Zone I, auf den Plänen als WI bezeichnet)

Der Fassungsbereich soll den Schutz der unmittelbaren Umgebung der Fassungsanlage gewährleisten. Die Mindestausdehnung des Fassungsbereiches beträgt 10 m allseitig ab der Wasserfassung. Üblicherweise sind im Fassungsbereich alle Nutzungen außer der Wassergewinnung untersagt.

Engere Schutzzone (Zone II, auf den Plänen als WII bezeichnet)

Die engere Schutzzone dient dem Schutz vor mikrobiologischen Beeinträchtigungen des Grundwassers. Sie soll so bemessen werden, dass das Grundwasser vom Rand der engeren Schutzzone bis zur Fassungsanlage mindestens 50 Tage benötigt. Man geht hierbei von der Erfahrung aus, dass Bakterien in der Regel nach dieser Zeit abgestorben sind. Für Viren gilt das allerdings nicht ohne weiteres.

Bei der Berechnung sind gemäß DVGW W101 neben Art und Anzahl der Wassergewinnungsanlagen auch die zeitliche und räumliche Variation der Zuflussrichtung und des abgesenkten Grundwasserspiegels zu berücksichtigen. Für die Bemessung der Zone II bei stark schwankenden Grundwasserständen soll die Zone II für unterschiedliche hydraulische Verhältnisse ermittelt und für die Abgrenzung die Umhüllende verwendet werden.

Weitere Schutzzone (Zone III, auf den Plänen als WIII bezeichnet)

Die weitere Schutzzone soll bis zum Rand des Einzugsgebiets einer Trinkwassergewinnungsanlage reichen. Oberirdisch dort hinein entwässernde Flächen können zusätzlich einbezogen werden. Die weitere Schutzzone dient dem Schutz vor schwer abbaubaren chemischen Verunreinigungen. Sie kann in eine Zone 3A und eine Zone 3B unterteilt werden. Der Bemessung sollen die langfristig mittleren hydrologischen Verhältnisse zugrundegelegt werden.

Das in Bayern verfolgte Konzept bei der Bemessung von Wasserschutzgebieten, das im Merkblatt 1.2/7 des Bayerischen Landesamtes für Umwelt vom Oktober 2007 /20/ formuliert ist, geht anders als die DVGW-Richtlinie nicht generell davon aus, dass das gesamte Grundwasser-Einzugsgebiet als Wasserschutzgebiet ausgewiesen wird, sondern nimmt aufbauend auf dem überall geltenden allgemeinen Grundwasserschutz *"eine stärkere Differenzierung vor, indem es den natürlichen Schutz durch die Grundwasserüberdeckung und den Grundwasserleiter bei der Festlegung der Außengrenze des Wasserschutzgebietes in Rechnung stellt"*....

Weiter heißt es *"Während die unterstromige und stromseitliche Begrenzung des Wasserschutzgebietes weitgehend mit der des Grundwasser-Einzugsgebietes zusammenfallen (Randstromlinie), ist dies für die oberstromige Grenze nur dann erforderlich, wenn überall besonders sensible Untergrundverhältnisse erhöhte Vorsorgen verlangen"*.

Bei der Entscheidungsfindung, welche Flächen als Wasserschutzgebiet auszuweisen sind, sind nach dem Merkblatt "vor allem folgende Kriterien von Bedeutung:

- *Bedeutung einer Einzugsgebietsteilfläche für den Schutz der Trinkwassergewinnung (Risikozone)*
- *Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung*
- *Schutzfunktion des Grundwasserleiters (Ausbildung, Verweilzeit, Fließstrecke)*

Das Gesamteinzugsgebiet wird in **Risikozone** mit unterschiedlicher Schutzbedürftigkeit (hoch/mittel/gering) gegliedert. Dabei sind zu berücksichtigen:

- *signifikante und großräumige Inhomogenitäten des GwLeiters bezüglich seiner petrographischen/ faziellen sowie tektonischen Ausprägung*
- *die Wahrscheinlichkeit, mit der von einer bestimmten Fläche aufgrund hydrologisch bedingter Fließrichtungsänderungen oder der Wirksamkeit lokaler Vorfluter ein Zustrom zur Wasserfassung erfolgt,*
- *Mischungsvorgänge und Schadstoffverdriftung aufgrund der hydrodynamischen Dispersion im GwLeiter,*
- *signifikant und großräumig unterschiedliche Überdeckungsverhältnisse (Quellhorizonte, Stockwerksgliederung),*
- *Anteil und Verweildauer isotopenhydrologisch unterschiedlicher Zustromkomponenten, z.B. aufgrund einer Gliederung des Grundwasserleiters in Teilstockwerke (Verweildauer der einzelnen Zustromkomponenten im Untergrund in den verschiedenen erschlossenen GwHorizonten bis zum Erreichen der Wasserfassung) oder Zustrom von Uferfiltrat,*
- *Bilanzanteil und hydrogeologische Anbindung oberirdischer Zuspeisungsbereiche oder strukturgeologisch abgegrenzter Einheiten. "*

Von hoher Schutzbedürftigkeit ist auszugehen, wenn die Wahrscheinlichkeit einer Zuspeisung mit > 50 % anzusetzen ist (Chance 1:1), von mittlerer Schutzbedürftigkeit bei einer Wahrscheinlichkeit zwischen 25 und 50 % und von geringer Schutzbedürftigkeit bei einer Wahrscheinlichkeit von < 25 % (Chance 1:3). Teilbereiche des GwEinzugsgebiets, die nur bei extremen, sehr seltenen hydrologischen Situationen im Zustrombereich liegen und weit von der Wassergewinnung entfernt sind, weisen eine geringere Schutzbedürftigkeit auf.

Hinsichtlich der Grundwasserüberdeckung wird davon ausgegangen, "dass bereits bei mittlerer Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung Schadstoffe weitgehend zurückgehalten werden.... Daher erscheint auch bei einheitlich mittlerer Schutzfunktion der GwÜberdeckung noch keine Ausweisung großflächiger Wasserschutzgebiete erforderlich

...

Bei ungünstigerer Beschaffenheit der Grundwasserüberdeckung muss die erforderliche Schutzwirkung des Untergrundes also durch eine äquivalente Fließzeit im Grundwasserleiter gewährleistet sein".

Bei Porengrundwasserleitern wie sie im vorliegenden Fall gegeben sind, wird bei einer Entfernung einer Einzugsgebietsteilfläche von mehr als 3 Jahren von geringer Schutzbedürftigkeit ausgegangen, sofern nicht die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung schon bei geringeren Fließzeiten im Aquifer zur Einstufung "geringe Schutzbedürftigkeit" führt.

Eine zusätzliche Risikoabstufung in der Bewertung der Schutzbedürftigkeit wird für Porengrundwasserleiter mit höheren Grundwasserfließgeschwindigkeiten von mehr als 5 m / Tag ab einer Entfernung von etwa 5 km ab der Wassergewinnungsanlage eingeführt. Das hat im vorliegenden Fall Bedeutung, weil sich z.B. für den Brunnen 5 aus den Grundwassermodellrechnungen (Entfernung vom Modellrand = ca. 2.200 m, Fließzeit ca. 120 Tage) eine Fließgeschwindigkeit von etwa 18 m / Tag ergibt.

Erhöhte Vorsorgen in noch weiterer (> 5 km) Entfernung werden nur noch in Bereichen hoher Schutzbedürftigkeit (Zuspeisungswahrscheinlichkeit > 50 %) und sehr geringer Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung als notwendig angesehen.

Im ersten Schritt ist das Gesamteinzugsgebiet in Risikozonen mit hoher, mittlerer und geringer Schutzbedürftigkeit zu untergliedern. Bereiche mit geringer Schutzbedürftigkeit scheiden aus der weiteren Betrachtung aus.

Im vorliegenden Fall kann innerhalb des im Grundwassermodell ermittelten Zustrombereichs von sehr hoher Zuspeisungswahrscheinlichkeit ausgegangen werden; quasi das gesamte den Brunnen zufließende Grundwasser strömt hier. Hieraus ergibt sich also hohe Schutzbedürftigkeit.

Zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung (GLA-Fachberichte Nr. 13, 1995 /24/) sind die Bodenarten, Art und Mächtigkeit der Schichten in der ungesättigten Zone oberhalb der Grundwasseroberfläche und die Sickerwassermenge anhand der Grundwasserneubildung zu beurteilen (daneben wären noch schwebende Grundwasserstockwerke mit Quellen und artesischen Druckverhältnissen im Aquifer zu berücksichtigen, was aber im vorliegenden Fall nicht relevant ist).

Zur Ermittlung der Gesamtschutzfunktion werden die genannten Einzelparameter nach dem folgenden Algorithmus miteinander verknüpft:

$$S = [B + \text{Summe}(G_i * m_i)_{i=1 \text{ bis } n}] * W + Q + D$$

S = Ergebnis - Schutzfunktion als Punktzahl, die zu werten ist (s. Tab. 7 /24/)

B = Schutzfunktion des Bodens (nach Tabelle 3 /24/)

G_i = Gesteinsspezifische Schutzfunktion jeder Schicht i (Tabelle 4 /24/)

m_i = Mächtigkeit der Schicht i (nur Anteil über Grundwasser)

W = Faktor für Sickerwasserrate (Tabelle 6 /24/)

Q = Zuschlag schwebende GW-Stockwerke mit Quellen (hier nicht zutreffend)

D = Zuschlag für artesischen Druckverhältnisse (hier nicht zutreffend)

Nach den erreichten Punktzahlen wird die Gesamtschutzfunktion in Klassen eingeteilt:

Tabelle 1 Gesamtschutzfunktion (Tabelle 7 in /24/)

Gesamtschutzfunktion	Gesamtpunktzahl S	Größenordnung der Verweildauer des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung
sehr hoch	> 4000	> 25 Jahre
hoch	> 2000 - 4000	10 - 25 Jahre
mittel	> 1000 - 2000	3 - 10 Jahre
gering	> 500 - 1000	mehrere Monate bis ca. 3 Jahre
sehr gering	≤ 500	wenige Tage bis etwa 1 Jahr

Im vorliegenden Fall ergeben sich die Punktzahlen wie folgt:

Boden / nutzbare Feldkapazität

Außerhalb des Talbodens des Wertachtales stehen Kiese der Niederterrasse an. Diese Bereiche umfassen den größten Teil des Zustromgebietes der Brunnen Ebenhofen.

Hier ist von mittel- bis flachgründigen Braunerden und Rendzinen, teils auch voll entwickelten Braunerden auszugehen. Im Talboden des Wertachtales herrschen Aueböden vor /18/.

Nach der bodenkundlichen Kartieranleitung /23/, Tabelle 60, ist Braunerden eine mittlere nutzbare Feldkapazität von 140 - 220 mm zuzuordnen. Zur Ermittlung der Schutzfunktion wird dieser (nach Tabelle 3 /24/) eine Punktzahl von B = 250 zugeordnet.

Gesteinsspezifische Schutzfunktion der ungesättigten Zone

Das im Grundwassermodell ermittelte Einzugsgebiet befindet sich in der Hauptkiesrinne. Im Untergrund über dem Grundwasser steht also Kies, teils sandiger Kies, an. Dieser wird (nach Tabelle 4 /24/) mit 10 Punkten je Meter bewertet. Stellenweise mögen Sandlinsen eingeschaltet sein, die mit 25 bis 50 Punkten je Meter zu bewerten wären; andererseits gibt es auch grobe Kiese mit Steinen wie sie beispielsweise im Brunnen V erbohrt wurden. Insgesamt wird daher eine Punktzahl von 25 je Meter als angemessen angesehen.

Die Schichtmächtigkeit oberhalb der Grundwasseroberfläche beträgt auf der Niederterrasse (oberstromig Brunnen V) etwa 6 bis 12 m, hier für die Berechnung der Schutzfunktion mit pauschal mit 10 m angenommen.

Die Punktzahl für die ungesättigte Zone beträgt somit rd. $G = 10 * 25 = 250$.

Sickerwasserrate

Die mittlere Grundwasserneubildungsrate wird mit 11,5 l/s*km² angesetzt, was rd. 370 mm pro Jahr entspricht /1/, /3/, /6/. Der Faktor für die Sickerwasserrate (Tabelle 6 /24/) beträgt somit $W = 0,75$. Die Gesamtpunktzahl der Schutzfunktion ergibt sich also zu

$$S = (B + G) * W$$

$$S = (250 + 250) * 0,75 = 375$$

Diese Punktzahl entspricht einer "sehr geringen Schutzfunktion", der in Tabelle 7 /24/ eine Verweildauer des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung von wenigen Tagen bis

etwa 1 Jahr zugeordnet ist. Auch wenn man den Schichten in der ungesättigten Zone wegen eventueller schluffiger Einlagerungen im Kies der Hauptkiesrinne noch etwas höhere Punktzahlen zuordnet, kommt man nicht über 1000 Punkte für die Gesamtpunktzahl. Die Bewertung wäre somit bestenfalls "geringe" anstatt "sehr geringe" Schutzfunktion.

Das Merkblatt 1.2/7 /20/ führt für "geringe Schutzfunktion", also zwischen den Punktzahlen 500 und 1000 einen Abminderungsfaktor ein, mit dem die Fließzeit von 3 Jahren, ab der bei Porengrundwasserleitern von geringer Schutzbedürftigkeit auszugehen ist, abgemindert werden kann. Er ist wie folgt definiert:

$$f = (1500 - S) / 1000$$

Der Abminderungsfaktor beträgt danach bei 500 Punkten = 1, also keine Abminderung und bei 1000 Punkten = 0,5, d.h. Abminderung der 3 Jahre auf die Hälfte = 1,5 Jahre.

Resumée aus den Betrachtungen zur Zuspeisungswahrscheinlichkeit und zur Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung:

Im vorliegenden Fall ist der im Grundwassermodell ermittelte Zustrombereich wegen sehr hoher Zuspeisungswahrscheinlichkeit als Wasserschutzgebiet auszuweisen. Aus der sehr geringen oder bestenfalls geringen Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung kann sich bestenfalls eine Abminderung der für die grundwasseroberstromige Begrenzung des Wasserschutzgebiets anzusetzenden Fließzeit von 3 Jahren auf die Hälfte, also 1,5 Jahre, ergeben. Das Wasserschutzgebiet endet nach dieser Definition daher nicht am südlichen Modellrand, bis zu dem eine Fließzeit von etwa 4 Monaten ermittelt wurde.

Bei der berechneten Fließgeschwindigkeit v_a von etwa 18 m pro Tag würde, wenn sich in grundwasseroberstromiger Richtung nichts ändert, bereits eine Fließzeit von 1,5 Jahren einer Entfernung von fast 10 km entsprechen. Hier kann dann möglicherweise die Begrenzung auf 5 km herangezogen werden, wenngleich im Merkblatt 1.2/7 daran die Bedingung einer Zuspeisungswahrscheinlichkeit von < 50 % und mindestens "geringe" Schutzfunktion geknüpft ist. Wie erläutert, ist aber eher unwahrscheinlich, dass beides erfüllt ist, was letztlich zur Ausweisung einer Zone IIIA bis 5 km Entfernung und einer Zone IIIB für das restliche Einzugsgebiet führen würde. Dies erscheint im vorliegenden Fall kaum umsetzbar.

Die Grenzen des Wasserschutzgebietes wurden in dem vom Grundwassermodell abgedeckten Bereich unmittelbar aus dessen Berechnungsergebnissen abgeleitet. Näher darauf eingegangen wird in Kap. 6.1. Da sich wie erläutert gezeigt hatte, dass das Einzugsgebiet mit vergleichsweise hohen Grundwasserfließgeschwindigkeiten über den Modellraum nach Süden hinaus reicht, wurden für den Bereich südlich der Wertach weitere über die Modellrechnungen hinausgehende Untersuchungen vorgenommen. Die daraus abgeleiteten erweiterten Grenzen der Schutzzone IIIA für die Brunnen Ebenhofen und einer Schutzzone IIIB gemeinsam mit den Brunnen Altdorf sind in Kap. 6.2 erläutert.

Generelles Ziel bei der Bemessung des Wasserschutzgebietes war es, die Schutzgebietsfläche, insbesondere der engeren Schutzzone (Zone III), so klein wie möglich zu halten.

6. Vorschlag zur Neufestsetzung des Wasserschutzgebietes der Brunnen Ebenhofen (Zonen I bis IIIA) und einer gemeinsamen Schutzzone IIIB für die Brunnen Ebenhofen und Altdorf

6.1 Wasserschutzgebiet innerhalb des im Grundwassermodell betrachteten Gebietes (Modellraum)

Mittels der in Teil 2 beschriebenen Grundwassermodellrechnungen wurden die Zustromgebiete der Brunnen Kaufbeuren-Ebenhofen und des Brunnens Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen bei verschiedenen Grundwasserständen sowie unterschiedlichen Betriebszuständen der Brunnen, insbesondere bei den genehmigten Jahresentnahmen, ermittelt. Niedrigwasserstände mussten in die Bemessung auch der Zone IIIA einbezogen werden, weil sich gezeigt hatte, dass die Grundwasserfließzeiten vom Modellrand bis zu den Brunnen nur einige Monate betragen und über einige Monate auch Niedrigwasserstände vorkommen können. Im vorliegenden Fall betragen die Grundwasserstandsschwankungen bis über 5 m (siehe Teil 3, Anlage 1.4). Damit sind die Vorgaben der DVGW-Richtlinie W101 zur Berücksichtigung stark schwankender Grundwasserstände ausreichend erfüllt.

Das Grundwassermodell Ebenhofen - Altdorf umfasst sowohl den Grundwasserzustrom zu den Brunnen Ebenhofen als auch zu den Brunnen Altdorf und die Entnahmen aus beiden Brunnengruppen.

Wie in Teil 2 erläutert, wurden um die bei verschiedenen Grundwasserständen und Betriebszuständen ("Rechenfälle") berechneten Zustromgebiete bzw. 50-Tage-Linien die Umhüllenden konstruiert. Dabei zeigte sich, dass Lage und Grenzen des Gesamtzustromgebietes zu den verschiedenen Brunnen sowie die Fließgeschwindigkeiten hauptsächlich durch die natürlichen Untergrundverhältnisse mit hohen Durchlässigkeiten in den Kiesrinnen sowie die Lage der Brunnen, aber nur wenig von der Höhe der Förderung aus den Brunnen und den Grundwasserständen abhängig sind.

Die Umhüllende um die Zustromgebiete kennzeichnet unter Einbeziehung eines Zuschlages zur Berücksichtigung der Dispersion das Gesamt-Einzugsgebiet der Brunnen Ebenhofen bei unterschiedlichen Grundwasserständen und Betriebszuständen. Die Umhüllenden sowie das Gesamteinzugsgebiet innerhalb des Modellraumes und die Gesamt-50-Tage-Fläche sind aus Teil 2, Anlage 3, Plan 1 und 2 ersichtlich.

Für die Brunnen Ebenhofen ergab sich aus den berechneten Stromlinien, dass das Grundwasser entlang der Hauptkiesrinne in relativ eng begrenzten "Schläuchen" aus dem Wertachtal zuströmt. Die zu den Brunnen Ebenhofen führenden Stromlinien erreichen den Modellrand nur dort, wo die Hauptkiesrinne im Südwesten auf den Modellrand stößt. Das ist südöstlich von Geisenhofen etwa entlang der OAL 7 bis zum Schmölzbach (auf der TK25 namenloser Bach) nordwestlich von Ennenhofen. Die geringe Breite der Zustromschläuche ergibt sich hauptsächlich aus den hohen Durchlässigkeiten im Aquifer.

Die in Teil 2, Anlage 3, Plan 1 und 2 dargestellte Umhüllende der Zustromgebiete zuzüglich des Dispersionszuschlages wird bezogen auf den Modellraum nördlich der Wertach als Grenze des Wasserschutzgebietes Zone IIIA (innerer Teil der weiteren Schutzzone), die Umhüllende der 50-Tage-Flächen als Grenze des Wasserschutzgebietes Zone II (engere Schutzzone) vorgeschlagen.

Angesichts des weitgehend ebenen Geländes erscheint innerhalb des Modellraumes eine Einbeziehung zusätzlicher Flächen oberirdischer Einzugsgebiete nicht erforderlich.

6.2 Wasserschutzgebiet südlich außerhalb des im Grundwassermodell betrachteten Gebietes (Modellraum)

6.2.1. Grundsätzliche Überlegungen

Mit dem Grundwassermodell Ebenhofen-Altendorf wurde das Einzugsgebiet der Brunnen I, II, III und V Kaufbeuren sowie des Brunnens Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen innerhalb des Modellraums berechnet. Aus verschiedenen relevanten Entnahmeszenarien wurde eine Umhüllende der einzelnen Einzugsgebiete ermittelt, die alle Flächen umfasst, die in das Einzugsgebiet fallen können. Aus dieser Umhüllenden wurden unter zusätzlicher Einbeziehung von Dispersion Grenzen für ein Schutzgebiet erarbeitet (s. Kap. 6.1), das eine engere Schutzzone (Zone II) sowie eine weitere Schutzzone Zone III A umfasst.

Die Berechnungen im Grundwassermodell zeigten, dass die Fließzeiten vom südlichen Modellrand - etwa entlang der OAL 7 - bis zu den Brunnen recht gering sind. Bezogen auf den wichtigsten Brunnen V sind sie nur sehr wenig vom Brunnenbetrieb und vom Grundwasserstand abhängig und betragen etwa 4 Monate. Dies betrifft den südlichen Modellrand im Bereich der Wertachau westnordwestlich von Ennenhofen, wo das mit dem Modell berechnete Einzugsgebiet oberstromig an den Modellrand grenzt. Hier tritt auf einer Strecke des Modellrands östlich und westlich der Wertach innerhalb einer hochdurchlässigen Kiesrinne Grundwasser mit einer Rate von 208 l/s bei mittleren Wasserverhältnissen (Rechenfälle RF01 und RF02) bzw. 156 l/s bei Niedrigwasserverhältnissen (alle Rechenfälle bei Niedrigwasser) aus dem südlich angrenzenden Raum in das Gebiet des Grundwassermodells ein. Ein je nach Betrachtungsfall unterschiedlicher Teil dieses Grundwasserzustroms gelangt mit Strömungszeiten in der Größenordnung von ca. 4 Monaten in die Brunnen Kaufbeuren/Ebenhofen. Das Schutzgebiet muss daher noch weiter nach Süden über den Modellrand hinaus reichen.

In erster Näherung kann für diesen Zustrom aus dem Süden in das Modellgebiet wie in Teil 3 erläutert und dargestellt (Anl. 2.1, Plan 1 zu Teil 3) der Rand der eiszeitlichen Schmelzwasserschotter gegen Grundmoräne und Molasse als Einzugsgebietsgrenze im Osten und Süden verstanden werden. Im Westen stellt etwa die Wertach (Westrand der Wertachtalau) nach Süden bis auf die Höhe von Thalhofen die Grenze des Einzugsgebietes im weiteren Sinne dar. Weiter südlich ist eine Abgrenzung im Norden und Westen mit den derzeit verfügbaren Daten nicht möglich. Dies ist auch für die Schutzgebietsabgrenzung nicht weiter erforderlich, da ab diesem Bereich die 5 km Abstandsgrenze von den Brunnen/Ebenhofen erreicht wird.

In Teil 3 ist erläutert, dass das südlich der Wertach bzw. im Raum Marktoberdorf nach Norden abströmende Grundwasser wie folgt zu unterteilen ist. Da die entsprechenden Begriffe nachstehend vielfach verwendet werden, werden hierfür Kurzbezeichnungen eingeführt:

HKR	Hauptkiesrinne, welche das westliche Stadtgebiet von Marktoberdorf und einen schmalen Streifen im Osten des heutigen Wertachtals (östlich von Weibletshofen) umfasst
HKR-W	Abschnitt der Hauptkiesrinne westlich der Schmölzbachquelle, aus dem das Grundwasser in den Grundwassermodellraum übertritt
HKR-E	Abschnitt der Hauptkiesrinne östlich der Schmölzbachquelle, aus dem das Grundwasser hauptsächlich in den Schmölzbach übertritt und aus dem nur ein kleiner Teil in den Grundwassermodellraum gelangt. HKR-E ist von HKR-W durch eine Stromlinie getrennt (siehe Teil 1, Anl. 3.1 und Anl. 2.1, Plan 1 und Teil 3)
GWS	Grundwasserbegleitstrom der Wertach südlich der Modellgrenze in der heutigen Wertachtalaue westlich von Weibletshofen. In der Anlage 3.1 wurde der GWS bis etwa an den Südrand von Thalhofen gezeichnet, obwohl seine genaue randliche Begrenzung im südlichen Bereich nicht sicher nachweisbar ist. Den grundsätzlichen Verlauf dürfte die Darstellung jedoch treffen. Dieser südliche Abschnitt ist jedoch, wie noch zu zeigen sein wird, für die Schutzgebietsermittlung unerheblich.
WMH	Weibletshofer Molassehochgebiet
GMK	Grenzlinie zum Modellraum innerhalb der Kiesrinne(n)
GMK-W	westlicher Teil der Grenzlinie GMK, Zustrom aus dem Grundwasserbegleitstrom der Wertach GWS
GMK-E	östlicher Teil der Grenzlinie GMK, Zustrom aus dem westlichen Teil der Hauptkiesrinne HKR-W

In dem Bereich von etwas mehr als je 1 km oberstromig und unterstromig der GMK findet nach den vom WWA Kempten mitgeteilten Ergebnissen von Abflussmessungen in der Wertach (Teil 3, Anlage 3 und zugehörige ergänzende Plausibilitätsrechnungen im Grundwassermodell, Teil 2, Text-Kap. 5 und Anlage 4) ein Wasseraustausch zwischen Grundwasser und Wertach statt, der sich abschnittsweise als Zustrom ins sowie als Abstrom aus dem Grundwasser darstellt.

Im folgenden ist zu klären welchen Raum das Einzugsgebiet der Brunnen Kaufbeuren nach Oberstrom außerhalb des Modellraums umfasst und welche Teile davon unter Einbeziehung von Zustromwahrscheinlichkeiten und dem Austausch mit Wertachwasser noch als Schutzgebiet auszuweisen sind.

Zuvor sind noch einige Anmerkungen über die Verknüpfung der Modellrechnungsergebnisse mit den Untersuchungen der Grundwasserströme südlich des Modellraums erforderlich:

Für die Ermittlung der Weiteren Schutzzone soll grundsätzlich von mittleren Grundwasserverhältnissen /25/ ausgegangen werden. Dabei ist für Berechnungen die genehmigte Jahresentnahme in den betroffenen Brunnen anzusetzen. Dies bedeutet für den vorliegenden Fall, dass für Schutzgebietsabgrenzung die Ergebnissen des Rechenfalls 2 (genehmigte Entnahmen in allen Brunnen bei mittleren Grundwasserverhältnissen) im Vordergrund stehen. Die entsprechende äquivalente Dauerentnahme aus den Brunnen Kaufbeuren-Ebenhofen einschließlich Brunnen Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen ist ca. 99 l/s.

Wie in Kap. 6.2.4 (Pkt. 4) erläutert, ist zusammen mit den Brunnen Altdorf, deren Grundwasserströmungsverhältnisse ebenfalls mit dem Grundwassermodell Ebenhofen-Altdorf berechnet wurden (siehe gesondertes Gutachten zum Wasserschutzgebiet der Brunnen Altdorf), eine gemeinsame weitere Schutzzone W III B erforderlich. Der Grundwasserstrom zu den Brunnen Altdorf unterscheidet sich z. T. jedoch in den einzelnen Rechenfällen abhängig von der angesetzten Brunnenentnahme stärker als das bei den Brunnen Ebenhofen der Fall ist. So erhöht sich der Zustromanteil am östlichen Rand der Hauptkiesrinne über den südlichen Modellrand bei Entnahme der genehmigten Mengen von 39 l/s bei mittleren Grundwasserverhältnissen (Rechenfall 2) auf 48 l/s mit erhöhtem Einzugsgebietsflächenanteil bei Niedrigwasserverhältnissen (Rechenfall 5b). Da ein Niedrigwasserzustand mit einer Dauer in Größenordnung der relativ geringen Fließzeit von nur wenigen Monaten vom Modellrand bis zu den Brunnen vorkommen kann und sich dabei das Einzugsgebiet der Brunnen Altdorf weiter nach Westen über die Schmolzbachquelle hinaus ausdehnt, muss dieser Fall in die Schutzgebietsermittlung für den Anteil der Brunnen Altdorf mit einbezogen werden, was durch Ansatz der Zustromrate von 48 l/s aus dem Rechenfall 5b erfolgt.

Bei der Quantifizierung der Grundwasserströme südlich des Modellraums war die Eintrittsmenge in das Grundwasser im S eine maßgeblich mitbestimmende Zahl. Diese beträgt im maßgeblichen Rechenfall 2, wie auch im Eichfall = Rechenfall 1 (tatsächliche Brunnenentnahme im Mai 2002), rund 208 l/s. In den Berechnungsansätzen für die Abgrenzung der Zone III B (s. die folgenden Kapitel) gehen davon 99 l/s, abzüglich eines Grundwasserneubildungs- und Wertachwasser-Anteils in die Brunnen Ebenhofen und 48 l/s abzüglich eines Wertachwasser-Anteils in die Brunnen Altdorf (die Grundwasserneubildung ist hier in der Zustromrate 48 l/s - wegen des für die Brunnen Altdorf erforderlichen anderen Berechnungsverfahrens - bereits eingerechnet).

Für die Betrachtungen zur Ermittlung des erforderlichen Wasserschutzgebiets Zone IIIB südlich außerhalb des Modellraums wurden die Ende März/Anfang April 2008 gemessenen Grundwasserstände zugrundegelegt (siehe Grundwassergleichenplan Teil 3, Anlage 2.1, Plan 1 und Teil 3, Tabelle in Anlage 2.5). Wie die in Teil 3, Anlage 2.6 beigefügte Grundwasserstandsganglinie der Meßstelle BORAG P4 in Marktoberdorf-Geisenried (Landesgrundwasserdienst Nr. 13143) zeigt, waren die Grundwasserstände zu diesem Zeitpunkt bezogen auf den Meßzeitraum seit 2001 weder besonders niedrig noch besonders hoch, können also ebenso wie die im Modellraum den vorgenannten Rechenfällen 1 und 2 zugrundegelegten Wasserstände vom 29.05.2002 als mittlere hydrologische Verhältnisse im Sinne der DVGW-Richtlinie W101 betrachtet werden.

6.2.2 Abgrenzung, Gliederung und Bilanzierung des Einzugsgebiets südlich der Wertach

Da nach den bisherigen Überlegungen zur Schutzgebietsabgrenzung für die Brunnen Ebenhofen auf der Grundlage der Grundwassermodellrechnungen eine Erweiterung des Schutzgebiets über den Modellrand hinaus nach Süden erforderlich ist, müssen die mit dem Grundwasserisolinienplan und den Untergrunderkundungen nachgewiesenen Grundwasserströme (siehe Teil 3 und Teil 2, Anlage 3.1) auf ihre Bedeutung für den Zustrom zu den Brunnen Ebenhofen untersucht werden. Hierzu sind im nächsten Arbeitsschritt die einzelnen vorgefundenen Grundwasserströme abzugrenzen, darzustellen und zu bilanzieren.

1) Abstrom in der Hauptkiesrinne (HKR)

Aus den verfügbaren Informationen wurde für den gesamten Grundwasserstrom der Hauptkiesrinne, also für die Summe aus HKR-W und HKR-E (s. o.), die Strömungsmenge abgeschätzt. Hierzu waren Informationen über den k_f -Wert, das Grundwassergefälle, die Grundwassermächtigkeit und die Breite des Grundwasserstroms erforderlich. Die verfügbaren Daten zum k_f -Wert wurden geprüft und bezüglich ihrer Verwendbarkeit für die Berechnung der Strömungsmenge in der Hauptkiesrinne bewertet:

- a) Entnahmebrunnen Wärmepumpenanlage Fendt
(Bezeichnung = F5EBr in Teil 3, Anl. 2.5)
lt. Angabe GUT /15/: $K_f = 2 \cdot 10^{-2}$ m/s
(abgeleitet aus einem Pumpversuch mit 10,7 l/s, dabei Absenkung 9 cm. Allerdings erfolgte gleichzeitig eine Einleitung in den Schluckbrunnen (F4SBr) mit einer Aufhöhung von 5 cm. Der k_f -Wert ist damit zwar wenig gesichert, erscheint aber plausibel). Nahezu derselbe K_f -Wert wird von Schulmeister 1994 /14a, S. 49/ mit $1,7 \cdot 10^{-2}$, für den Kiesgrubenbereich Thalhofen zitiert, resultierend allerdings nur aus Korngrößenanalysen.
- b) Grundwassermeßstellen BORAG P1 bis P4 /13c/
(BoP1 bis BoP4 in Teil 3, Anlage 2.5, südwestlich außerhalb des Grundwassergleichensplans Teil 3, Anl. 2.1, Plan 1)
B1: $4,1 \cdot 10^{-3}$ m/s, B2: $13,5 \cdot 10^{-3}$ m/s, B3: $9,6 \cdot 10^{-3}$ m/s
- c) Notbrunnen Schulzentrum Marktoberdorf /14/
(NBrMo(A107) in Teil 3, Anl. 2.1, Plan 1 und Anl. 2.5)
2 cm Absenkung bei $10,08 \text{ m}^3/\text{h} = 3,36 \text{ l/s}$
ergibt $k_f = \text{hoch}$, aber nicht zahlenmäßig auswertbar
- d) Hauptkiesrinne im Modellraum
 $5 \cdot 10^{-2}$ bis $8 \cdot 10^{-2}$ m/s im Modell
- e) Pumpversuche GM 758 bis 760 knapp außerhalb des am höchsten durchlässigen Bereichs in der Hauptkiesrinne im Modellraum /9c/:
5 bis $6 \cdot 10^{-3}$ m/s

Die verfügbaren Untersuchungsergebnisse ergaben somit k_f -Werte von ca. $4 \cdot 10^{-3}$ bis $8 \cdot 10^{-2}$ m/s. Der k_f -Wert von $2 \cdot 10^{-2}$ m/s aus dem Entnahmehrunden Fendt liegt etwa in der Mitte der verschiedenen Ergebnisse und der Messpunkt liegt zudem ca. zentral im Gebiet der HKR. Dieser k_f -Wert erscheint daher als geeignet für weitere Berechnungen und wird als Grundlage für weitere Überlegungen verwendet.

Die Breite B der Hauptkiesrinne beträgt auf Höhe der Messstelle F4SBr (Fendt Schluckbrunnen) ca. 900 m. Die Kiesbasis liegt bei 20 m u. Gelände, was etwa 707 m ü. NN entspricht. Die Grundwasserhöhe liegt hier bei ca. 717 m ü. NN, woraus sich 10 m grundwassererfüllter Kies ergeben und $M = 10$ m anzusetzen ist. Das Grundwassergefälle zwischen der 718 m und der 716 m Isolinie ergibt sich zu $i = 2 \text{ m} / 1475 \text{ m} = 0,00136$. Damit errechnet sich die Grundwasserströmungsmenge Q_{HKR} zu:

$$\begin{aligned} Q_{HKR} &= k_f \cdot i \cdot B \cdot M \\ Q_{HKR} &= 2 \cdot 10^{-2} \text{ m/s} \cdot 0,00136 \cdot 900 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} \\ Q_{HKR} &= 245 \text{ l/s.} \end{aligned}$$

Die Breite des westlichen Teils der Hauptkiesrinne HKR-W beträgt auf Höhe der Messstelle F4SBr 300 m (Rinnenrand bis Trennstromlinie, s. Anl. 3.1). Das ist ein Drittel der Gesamtbreite von 900 m. Die in der HKR-W strömende Grundwassermenge ist damit zu

$$\begin{aligned} Q_{HKR-W} &= 245 \text{ l/s} / 3 \\ Q_{HKR-W} &= 82 \text{ l/s} \end{aligned}$$

anzunehmen. Somit verbleibt für den östlichen Teil der Hauptkiesrinne HKR-E östlich der Trennstromlinie eine Grundwasserströmung

$$Q_{HKR-E} = 163 \text{ l/s.}$$

Von den 163 l/s in der HKR-E treten im Bereich Schmölzbach ca. 14 l/s in den Grundwassermodellraum über; also verbleiben 149 l/s, die der Schmölzbach abführt. Gemessen wurden am 23.10.2007 etwa 100 l/s Abfluss im Quellbereich (Teil 3, Anlagen 3.1 und 3.6). An der ehemaligen Ziegelei bis zur Mündung in die Wertach waren es einschließlich etwa 30 l/s aus einem Grundwasser-Entwässerungskanal der Stadt Marktoberdorf etwa 140 l/s. Angesichts der erheblichen Messunsicherheiten passt das in der Größenordnung zu den vorgenannten 149 l/s (seitens des WWA Kempten wurden am 10.10.2007 weiter unterstromig mehrere 100 l/s geschätzt, was den Trend der Überlegungen stützt, s. Teil 3, Anl. 3.2, S. 9).

2) Abstrom im Grundwasserbegleitstrom der Wertach südlich der Modellgrenze (GWS)

Mit den Vorgaben für die Grundwasserströmungsmengen in den beiden Ästen der Hauptkiesrinne HKR lässt sich die Strömungsmenge im Grundwasserbegleitstrom der Wertach südlich der Modellgrenze (GWS) abschätzen. In das Modell strömen in den Rechenfällen 1 und 2 - d.h. bei mittleren Grundwasserverhältnissen sowohl bei den tatsächlichen Entnah-

men vom Mai 2002 als auch bei den höheren genehmigten Entnahmen - westlich vom Schmölzbach über die GMK 208 l/s. Nach Abzug von 82 l/s in der HKR-W verbleiben noch

$$Q_{GWS} = 126 \text{ l/s}$$

für den GWS, die westlich der Hauptkiesrinne HKR zuströmen. Eine Schätzrechnung bestätigt diese Strömungsmenge im GWS:

Die Rinnenbreite im Bereich des Profils M (Teil 3, Anl. 2.2) von der Wertach nach Osten bis zum westlichen Rand der Hauptkiesrinne beträgt 650 m. Die Mächtigkeit des grundwassererfüllten Kieses kann hier im Durchschnitt mit etwa 5 m angenommen werden. Der k_f -Wert ist unbekannt, kann als grobe Annahme mit $5 \cdot 10^{-3}$ m/s geschätzt werden. Das Gefälle zwischen den Grundwasserisolinien 720 m und 716 m (siehe Teil 3, Anlage 2.1, Plan 1) errechnet sich bei 560 m Entfernung der Isolinien zu $i = 4 \text{ m} / 560 \text{ m} = 0,0071$. Daraus ergibt sich

$$Q = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0071 \cdot 650 \cdot 5$$

$$Q = 115 \text{ l/s}$$

Das ist dieselbe Größenordnung, wie sie sich oben aus der Differenz zwischen Modellzustrom und HKR-W-Strömung mit 126 l/s ergibt. Die ermittelten 126 l/s Grundwasserströmung im GWS werden damit als plausibel angesehen.

3) Aufteilung des Zustroms in das Grundwassermodell von Süden her

Der südliche Zustrom in das Grundwassermodell im Bereich der Wertachau (über die Grenzlinie zum Modellraum GMK) beträgt wie bereits erläutert in den Rechenfällen 1 und 2 = 208 l/s. Daraus stammt im wesentlichen der Zustrom in die Brunnen Ebenhofen. Er teilt sich entsprechend den obigen Berechnungen auf in

126 l/s (60,6%) aus dem Grundwasserbegleitstrom der Wertach GWS und
82 l/s (39,4 %) aus dem westlichen Teil der Hauptkiesrinne HKR-W.

Da diese Zuströme bei den weiteren Überlegungen z. T. getrennt betrachtet werden müssen, wird auch die zugehörige Übertrittslinie GMK in einen westlichen Abschnitt GMK-W, über welchen das Grundwasser aus der GWS in das Modell zutritt und einen östlichen Abschnitt GMK-E, über welchen das Grundwasser aus dem westlichen Teil der Hauptkiesrinne der HKR-W in das Modell zutritt, unterteilt.

Das bedeutet, dass sowohl Teile der HKR-W, nämlich das Gebiet westlich der Trennstromlinie in der Hauptkiesrinne, wie auch Teile der GWS, des Grundwasserbegleitstroms in der Wertachau, Wasserschutzgebiet werden müssten. Das etwa ab 750 m südlich des Modellrands zwischen GWS und HKR-W liegende Molassehochgebiet um Weiblethshofen WMH kann jedoch außerhalb des Schutzgebiets bleiben. Im weiteren ist zu klären, wie weit das Schutzgebiet nach Süden über den Modellrand hinaus reichen muss.

6.2.3. Denkbare Schutzgebiets-Abgrenzung über die Strömungszeiten

Vom Modellrand bis zu den Brunnen Kaufbeuren beträgt die Fließzeit des Grundwassers weniger als ein Jahr. Es muss daher zunächst geprüft werden, welche Strömungsgeschwindigkeiten in den beschriebenen beiden Zustrombereichen HKR-W und GSW zum südlichen Modellrand in der Wertachau herrschen und ob über die hieraus resultierenden Fließzeitabstände eine oberstromige Schutzgebietsabgrenzung möglich ist. Gemäß Merkblatt 1.2/7 des Bayerischen Landesamtes für Umwelt /20/ wäre dies bei der drei-Jahres-Isochrone gegeben. Andernfalls wäre ggf. die 5-km-Grenze gültig.

Hauptkiesrinne-West (HKR-W):

Das Grundwassergefälle (siehe Grundwassergleichen im Grundwassergleichenplan Teil 3, Anlage 2.1, Plan 1) ist ziemlich einheitlich wie im Bereich Fendt und beträgt $i = 0,00136$. Der k_f -Wert wurde wie erläutert mit $2 \cdot 10^{-2}$ m/s angesetzt. Für den durchflusswirksamen Hohlraumanteil n_f kann 0,2 angesetzt werden (siehe z.B. /9c/). Daraus errechnet sich die Abstandsgeschwindigkeit $v_a = (k_f \cdot i) / n_f = 2 \cdot 10^{-2} \cdot 0,00136 / 0,2 = \text{ca. } 12 \text{ m / Tag}$. Die Entfernung der Kiesgruben östlich Thalhofen bis zum Modellrand nahe der OAL7 beträgt ca. 3 km. Bis zum Brunnen Kaufbeuren V sind es nochmals rd. 2 km. 3 km Entfernung bei einer Abstandsgeschwindigkeit von 12 m/Tag ergeben rd. 250 Tage Fließzeit. Zusammen mit den rd. 4 Monaten vom Modellrand bis zum Brunnen V sind das weit weniger als 3 Jahre. Es würde also ggf. die 5-km Regel /20/ für die oberstromige Grenze des WSG gelten. Das wäre für die HKR-W bis knapp südöstlich Thalhofen (s. Teil 1, Anl. 3.1).

Grundwasserbegleitstrom der Wertach südlich der Modellgrenze (GWS):

Die Entfernung entlang der Grundwasser-Stromlinien vom Pegel Thalhofen bis zur OAL 7 beträgt etwa 2,4 km. Der Höhenunterschied zwischen der 722 m und der 714 m Isolinie = 8 m (siehe Grundwassergleichen im Grundwassergleichenplan Teil 3, Anlage 2.1, Plan 1). Daraus errechnet sich das Grundwassergefälle i zu $8 / 2400 = 0,00333$. Bei $k_f = 5 \cdot 10^{-3}$ m/s und $n_f = 0,2$ ergibt sich $v_a = 3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} \cdot 0,0033 / 0,2 = 7 \text{ m/Tag}$. Bei 2400 m Entfernung sind das 342 Tage. Also würde ggf. auch hier die 5-km Regel greifen. Das wäre für den GWS ab dem Brunnen Kaufbeuren V eine Strecke bis westlich von Thalhofen (s. Anl. 3.1).

Aufgrund der obigen Abschätzungen müsste somit ohne Anwendung der nachstehend beschriebenen weiteren Überlegungen für beide Zustromkomponenten HKR-W und GWS die 5-km Regel zur Anwendung kommen, was eine Ausdehnung des Schutzgebiets nach Süden bis ca. nach Thalhofen zur Folge hätte. Die jeweiligen 5-km-Entfernungslinien sind in Teil 1, Anlage 3.1, eingetragen.

Bei vorgenannten Berechnungen sind jedoch die aus Abflussmessungen an der Wertach abzuleitenden Wechselwirkungen des Grundwassers mit der Wertach noch nicht berücksichtigt. Dies können zu einer Verkürzung des Wasserschutzgebiets südlich des Modellraums in Grundwasser-oberstromiger Richtung führen.

Wegen der unterschiedlichen hydrogeologischen Bedingungen der beiden Grundwasserzuströmungskomponenten HKR-W und GWS, die den Grundwassereintritt über die GMK in den Modellraum im Bereich der Wertachau bilden, sind die Flächen dieser beiden Zuströmungskomponenten bezüglich weiterer Überlegungen zum Wasserschutzgebiet getrennt und mit unterschiedlichen Ansätzen zu bearbeiten. Es müssen die tatsächlichen Anteile der in den Brunnen Ebenhofen entnommenen Mengen an den beiden Zuströmungskomponenten, die Zuströmwahrscheinlichkeiten (siehe Anlagen 2 und 3 zum Merkblatt 1.2/7 /20/ des LfU), die vor allem bei größeren Entfernungen von den Brunnen wesentlich zum tragen kommen, sowie der Austausch zwischen Grundwasser und Wertach in die Ermittlung der Schutzgebietsgrenzen mit einbezogen werden.

6.2.4 Aufgliederung des Brunnenwassers in verschiedene Anteile

Das Grundwasser, das in die Brunnen Kaufbeuren gelangt, stammt nicht ausschließlich aus den beiden in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Zuströmbereichen HKR-W und GWS. Es gibt auch einen Anteil an Grundwasserneubildung auf den Zuströmflächen sowie einen Anteil an Wertachwasser, das sich im GWS-Bereich mit dem dort strömenden Grundwasser austauscht, aber auch im südlichen Bereich innerhalb des Grundwassermodellraums mit dem dortigen Grundwasser durch beidseitigen Austausch vermischt. Im folgenden werden diese Prozesse quantitativ erfasst. Die Ergebnisse der beschriebenen quantitativen Aufteilung der den Brunnen zukommenden Grundwasserströme sind in der Anlage 3.2 in einer Tabelle schematisch zusammengefasst und in der Anlage 3.1 im Plan dargestellt.

1) Einbeziehung der Grundwasserneubildung

Für Berechnungen im Rahmen einer Schutzgebietsermittlung sind die genehmigten Entnahmemengen zugrunde zu legen. Dies ist im vorliegenden Fall der Brunnen Kaufbeuren-Ebenhofen die Gesamtentnahmerate von 3 Mio m³/Jahr (= durchschnittlich 95,129 l/s), welcher noch 3,9 l/s für den Brunnen Biessenhofen-Ebenhofen hinzuzurechnen (tatsächliche Entnahme Mai 2002, keine Jahresentnahme festgesetzt) sind.

Für die weiteren Berechnungen ist demnach von einer Gesamtentnahmerate von 99 l/s auszugehen. Im zugrunde zu legenden Rechenfall 2 ergibt sich für die Brunnen Ebenhofen eine Grundwasserneubildungsfläche innerhalb des Modellraums von 0,71 km². Unter Verwendung der Grundwasserneubildungsrate von 11,5 l/s* km² errechnet sich eine Neubildung von 8,1 l/s innerhalb des Modellraums. Damit stammen nur

$$Q = 99,0 \text{ l/s} - 8,1 \text{ l/s} = \mathbf{90,9 \text{ l/s}}$$

des in den Brunnen Ebenhofen gemäß Genehmigung förderbaren Grundwassers tatsächlich aus dem Bereich südlich des Modellraums (s. Anlage 3.2).

2) Einbeziehung der Wechselwirkung mit der Wertach im Modellraum

Des Weiteren wurde durch mehrfache Messungen des WWA Kempten ein Wasseraustausch im Gebiet zwischen Modellrand bei der OAL7-Brücke und der B12-Brücke aufgezeigt (siehe Teil 3, Anlage 3). Da die gemessenen Zu- und Abströme im betrachteten Gebiet bei den vier einzelnen Messkampagnen unterschiedlich ausfielen, wurde ein Mittelwert für die Austauschrate zwischen Wertach und Grundwasser mit 28 Prozent errechnet. Die Austauschrate wird dazu definiert als Zustrom aus der Wertach ins Grundwasser (l/s) geteilt durch den Grundwasserstrom (l/s). Zur Absicherung der Berechnung wurde die Fehlertoleranz des Messgerätes von 5 % in die Mittelwertsberechnung einbezogen, indem der einseitige Fehlertoleranzwert von 2,5 % des jeweiligen Messwerts subtrahiert wurde. Die Austauschrate ist damit nicht überschätzt und liegt somit auf der sicheren Seite bezüglich des Grundwasserschutzes.

Das bedeutet, dass das Grundwasser nach Passage des betroffenen Bereichs zwischen OAL7-Brücke und etwa Höhe B12-Brücke im südlichen Modellraum im Mittel einen Anteil von etwa 28 % Wertachwasser enthält. Das entspricht bei einer Zutrittsmenge über den südlichen Modellrand (über die GMK) von 208 l/s einer anteiligen Menge von 58 l/s Wertachwasser im Grundwasser. Dementsprechend liegt der Anteil an Grundwasser aus den beiden Zustromkomponenten HKR-W und GWS nördlich der B12-Brücke bei $208 \text{ l/s} - 58 \text{ l/s} = 150 \text{ l/s}$. Umgekehrt hat die Wertach in diesem Gebiet die entsprechende Menge 58 l/s Grundwasser aufgenommen.

Setzt man die 28 % Wertachwasser auf die nach Abzug der Grundwasserneubildungsmenge (s.1.) verbliebenen 90,9 l/s an, die aus dem Gebiet südlich des Modellraums in den Brunnen Ebenhofen ankommen, so ergeben sich

$$Q = 90,9 \cdot (1 - 0,28) \text{ l/s} = 65,4 \text{ l/s},$$

die tatsächlich an **Grundwasser aus dem Gebiet südlich des Modellraums**, also aus der HKR-S und aus dem GWS, **bei genehmigter Entnahme in den Brunnen Ebenhofen** ankommen (s. Anlage 3.2).

3) Anteile der Zustromgebiete an der Gesamtentnahme

Die im Bereich der Wertachaue in das Grundwassermodell zuströmende Grundwassermenge von 208,2 l/s (Rechenfall 2) verteilt sich zu 60,6 % auf den Bereich GWS und zu 39,4 % auf die HKR-W (s. Kap. 6.2.2). Im südlichen Zutrittsbereich in das Grundwassermodell ist durch die Austausch-Wirkung der Wertach keine eindeutige Zuordnung möglich, welches Wasser aus welchem der beiden Zustromgebiete wo in das Modell unterstromig des Wertachgebiets strömt. Daher ist die Menge an Grundwasser, die aus jedem der beiden Zustromgebiete bei genehmigter Entnahme von 3 Mio m³/a = 95,129 l/s in den Brunnen Kaufbeuren ankommt, mittels der beiden Prozentsätze zu berechnen. Damit kommen bei genehmigter Entnahme aus dem

$$\begin{aligned} \text{GWS} &= 65,4 * 60,6 \% = 39,6 \text{ l/s und aus der} \\ \text{HKR-W} &= 65,4 * 39,4 \% = 25,8 \text{ l/s} \end{aligned}$$

in den Brunnen Ebenhofen an. Das sind bezogen auf die Gesamtentnahmemenge von 99 l/s aus dem

$$\begin{aligned} \text{GWS} &= 40,0 \% \text{ und aus der} \\ \text{HKR-W} &= 26,1 \% \end{aligned}$$

Der Rest verteilt sich auf Grundwasserneubildung und Wertachwasser (s. Anlage 3.2).

4) Einbeziehung der Brunnen Altdorf (je 2 Brunnen Gemeinde Biessenhofen und Fa. Nestlé)

Die Einzugsbereiche der Brunnen Ebenhofen und Altdorf südlich des Modellraums bzw. in diesem Gebiet bereits südlich der Wertach überschneiden sich weitgehend. Es ist insbesondere durch die Wirksamkeit der Wertach im Kiesrinnenbereich des südlichen Modellrands keine eindeutige Zuordnung einzelner Flächen südlich des Modellraums zu einer der Brunnengruppen möglich. Daher muss südlich des Modellraums eine gemeinsame Schutzzone III B für die Brunnen Ebenhofen und Altdorf eingerichtet werden.

Aus diesem Grund muss auch für die in den Brunnen Altdorf insgesamt genehmigte Förderate von rd. 110 l/s eine Aufgliederung der strömenden Grundwassermengen wie bei der obigen Darstellung für die Brunnen Ebenhofen erfolgen. Wie die Berechnungen für die Brunnen Altdorf (siehe gesondertes Gutachten zum Wasserschutzgebiet der Brunnen Altdorf) zeigten, ist das am (Süd-)Ostrand der Kiesrinne gelegene Zustromgebiet der Brunnen Altdorf stärker von den Förderraten und Grundwasserständen abhängig als das Zustromgebiet der Brunnen Ebenhofen. Wie schon in Kap. 6.2.1 angesprochen, reicht das Zustromgebiet der Brunnen Altdorf bei niedrigen Grundwasserständen weiter nach Westen über die Schmölbachquelle hinaus als bei mittleren Grundwasserständen. Wegen der kurzen Fließzeiten von nur einigen Monaten bis zu den Brunnen muss daher der Fall Niedrigwasserstände in die Betrachtung einbezogen werden. Für die folgenden Berechnungen ist somit der ungünstigste Rechenfall 5b maßgeblich.

Eine diesbezügliche Auswertung der Modellrechnungen ergibt einen Anteil von 47,6 l/s (rd. 48 l/s) Grundwasser aus dem südlichen Modellgebiet im Bereich der Wertachau, der in die Brunnen Altdorf gelangt (von den 56,8 l/s im Hauptzustrom - siehe gesondertes Gutachten zum Wasserschutzgebiet der Brunnen Altdorf - kommen 9,2 l/s über einen 450 m langen Abschnitt entlang des Schmölbachs und der Rest von 47,6 l/s aus der HKR-W). In dieser Strömungsmenge ist aufgrund des erforderlichen Auswerteverfahren - im Unterschied zu den Brunnen Ebenhofen - die Grundwasserneubildung bereits in Abzug gebracht. Der Rest der genehmigten Gesamtentnahme kommt von den Nebenzuströmen und aus der Grundwasserneubildung.

Die 47,6 l/s teilen sich auf in 28 % oder 13,5 l/s Wertachwasser und 72 % oder 34,6 l/s aus der HKR-W und dem GWS (s. Punkt 2). Diese 34,6 l/s aus den südlichen Zuströmen teilen sich wiederum auf in 60,6 % oder 21,0 l/s aus der GWS und 39,4 % oder 13,6 l/s aus der HKR-W. Der Anteil Grundwasser, der bei Entnahme der genehmigten Mengen in den Brun-

nen Altdorf von 110,3 l/s aus der HKR-W kommt beträgt also 13,6 l/s. Die hier kurz dargestellte Aufteilung der den Brunnen Altdorf und Nestle zuströmenden Grundwassermengen ist in der Anlage 3.2 in einer Tabelle schematisch dargestellt.

In der Anlage 3.1 ist die Aufteilung der Grundwasserströme und ihrer Anteile, die in die beiden Brunnengruppen Ebenhofen und Altdorf gelangen, in einem Plan mit Zahlenangaben (absolute Mengen in l/s und Prozentanteile) zusammenfassend enthalten. Die absoluten Mengen sind in fetter Schrift, die Kurzbezeichnungen mit Prozentangaben in Normalschrift gehalten. Analoge Werte (z. B. Wertachwasseranteile in den Ebenhofener und in den Altdorfer Brunnen) sind in gleichen Farben dargestellt. Alle Wertangaben sind dort auf Null Kommastellen gerundet angegeben. Zusammen mit der Tabelle in der Anlage 3.2 wird damit der komplexe Sachverhalt der vorangegangenen Erläuterung veranschaulicht.

6.2.5 Ermittlung der Zustromwahrscheinlichkeiten im Westteil der Hauptkiesrinne HKR-W

An der Grenzlinie zum Grundwassermodell, etwa an der OAL7, tritt der Grundwasserstrom der HKR-W über die Grenzlinie GMK-E in das Grundwassermodell ein. Auf den letzten ca. 800 m an seiner Westgrenze vor Eintritt in den Modellraum und auf der gesamten östlichen Grenzlinie bis südöstlich von Thalhofen wird die HKR-W durch Trennstromlinien von den benachbarten Grundwasserbereichen (im Westen der GWS und im Osten die HKR-E) getrennt. Diese Trennstromlinien können zwar methodisch aus dem Grundwasserisolinienplan relativ genau aus der Lage der Grundwasserisolines abgeleitet werden, ihre konvektive Wirksamkeit wird jedoch durch Dispersionsvorgänge überlagert.

Der Grundwasserisolinienverlauf kann gerade auf den letzten ca. 800 m durch die Wechselwirkungen mit der Wertach im Westen und mit dem Schmölbach im Osten variieren. Damit können je nach hydrogeologischer Situation temporär unterschiedliche Bedingungen für die lokale Grundwasserströmung herrschen, die sich unterschiedlich auf den Isolinienverlauf und die Strömungslinien, also auch die Trennstromlinien auswirken. Diese Effekte verstärken die Dispersion, so dass für die Einzugsgebietsabgrenzung in diesem Bereich ein sehr hoher Dispersionswinkel angesetzt werden muss. Damit erscheint es angezeigt, für die HKR-W den Aspekt der Zuspisungswahrscheinlichkeiten, die im Besonderen von der Dispersion abhängen, in die Ermittlung der Schutzgebietsgrenzen mit einzubeziehen. Dies wird im Merkblatt 1.2/7 /20/ für Schutzgebiete mit Grenzen entlang von Trennstromlinien angeregt und in der dazugehörigen Anlage 2 dargestellt. Die Vorgehensweise kann hier analog für die HKR-W angewandt werden. Zur Ermittlung der Zustromwahrscheinlichkeitsgrenzen erscheint im vorliegenden Fall der Ansatz eines hohen (s. o.) Dispersionswinkels $\alpha/2$ von 12 Grad angemessen. Dieser Dispersionswinkel weicht von dem im Modellraum angesetzten Winkel von 5 Grad deutlich ab. Im Modellraum sind die Grundwasserverhältnisse weitaus besser bekannt und mittels geohydraulischer Methoden unter Verwendung der Grundwasserströmungsgesetze flächendeckend berechnet. Für den Bereich südlich des Modells konnten jedoch lediglich aus dem Grundwasserisolinienplan abgeleitete Strömungsgrenzen verwenden-

det werden, was als Ausgleich der möglichen Variationen einen höheren Dispersionswinkel erfordert.

Mit den Vorgaben

- Dispersionswinkel $\text{Alpha}/2 = 12 \text{ Grad (s. o.)}$,
- Durchlässigkeitsbeiwert $k_f = 1,6 * 10^{-2} \text{ m/s}$ als Mittelwert aus den Durchlässigkeiten der HKR-W weiter südlich und des angrenzenden Randbereichs im Grundwassermodell,
- Grundwassergefälle $i = 0,0077$ ($2 \text{ m} / 260\text{m} = 0,0077$ im Übergangsbereich) und
- Grundwasserleitmächtigkeit im Mittel $M = 9 \text{ m}$ aus lokaler Kiesbasis (705,5 m NN im Mittel auf der zugrundezulegenden Breite) und Grundwasserstand (714,5 m NN) berechnet und
- Durchströmungsmenge $Q_w = 82 \text{ l/s}$, wie in Kap. 6.2.2 (Ziff. 1) für die HKR-W berechnet

ergibt sich die Breite des Grundwasserstroms im Grenzbereich $B = 74 \text{ m}$, wie sie aus dem Isolinenplan nahezu identisch abzuleiten ist (s. Teil 1, Anl. 3.1 und Teil 3, Anl. 2.1, Plan 1) und wie sie der Grenzlinie GMK-E entspricht. Diese in sich hydraulisch stimmigen Vorgaben wurden in das Excel-Berechnungsprogramm für Zustromwahrscheinlichkeitsgrenzen des Bayerischen Landesamts für Umwelt eingegeben (Anlage 3 zum Merkblatt 1.2/7 /20/).

Für die Wahrscheinlichkeitsberechnung sind im vorliegenden Fall jedoch einige Besonderheiten zu beachten. Die hohe Dispersion ist zwar auf beiden Seiten der HKR-W, also entlang der Trennstromlinien zum GWS und zur HKR-E, wirksam. Auf der Westseite führt die Dispersion jedoch lediglich zu einem Austausch von strömendem Grundwasser mit dem GWS, das ohnehin ebenfalls in den Modellraum eintritt. Daher liegt für den Bereich dieser Trennstromlinie eine quasi-100%-Zustromwahrscheinlichkeit vor. Dies gilt auch weiter nach Oberstrom, wo der Grundwasserleiter entlang des Weibletshofer Molassehochs endet und kein nennenswerter Grundwasseraustausch an dieser Grenze besteht. Die Wahrscheinlichkeitsbetrachtung ist daher nur für die Trennstromlinie nach Osten, also zur HKR-E hin durchzuführen. Für diese halbseitige Wahrscheinlichkeitsberechnung ist die Mittellinie auf die Trennstromlinie nach W (zum GWS), bzw. weiter im S auf die Grenzlinie zum Weibletshofer Molassehoch zu legen (s. Teil 1, Anl. 3.4). Die oben genannten Eingabedaten sind dabei zu modifizieren, indem die Durchströmungsmenge und die Breite des Grundwasserstroms verdoppelt angesetzt werden müssen, da das Programm (in /20/) für eine beidseitig symmetrische Betrachtung konzipiert ist, hier jedoch nur die östliche Hälfte zu berechnen ist. Die Berechnung wird dann standardmäßig für einen doppelt so breiten Grundwasserströmungsbereich (mit doppelter Strömungsmenge und angenommener Dispersion nach beiden Seiten) durchgeführt. Es werden jedoch nur die Ergebnisse der östliche Seite zur HKR-E hin verwendet, was den geometrischen Vorgaben (s. o.) entspricht.

Das Programm ermittelt aus den genannten Eingabedaten Koordinaten von sinnvollen Einzelpunkten der Zuspisungswahrscheinlichkeitsgrenzen, die linear verbunden die entsprechenden Grenzlinien ergeben. Die mathematischen Details zur Berechnung der Zuspisungswahrscheinlichkeitsgrenzen sind im Anhang 3 des Merkblattes 1.2/7 /20/ dargestellt.

sungswahrscheinlichkeitsgrenzen sind aus der Anlage 2 des Merkblatts 1.2/7 /20/ zu entnehmen. Es wurden Punkte für die Zuspisungswahrscheinlichkeiten 95,45 %, 90 %, 80 %, 70 %, 60 % und 50 % berechnet. Geringere Wahrscheinlichkeitsniveaus waren, wie sich weiter unten zeigt, nicht zu berücksichtigen. In der Anlage 3.3 zu Teil 1 sind die aus den obigen Vorgaben berechneten Koordinaten der Zustromwahrscheinlichkeitsgrenzen in tabellarischer Form zusammengestellt.

Die Koordinaten sind so zu interpretieren, dass die X-Werte die Entfernung von der Grundlinie G des "kritischen Dispersionsdreiecks" (S. 3 der Anlage 2 in Merkblatt 1.2/7 /20/), also der GMK-E darstellen. Auf der Mittellinie, die im vorliegenden Fall entlang der Trennstromlinie zum GWS bzw. auf der Grenzlinie zum Weibletshofer Molassehoch verläuft (s. o.), nimmt die Wahrscheinlichkeitsdichte für die Durchströmung der GMK-E ihr Maximum an. Das heißt, dass entlang dieser Linie die höchste Wahrscheinlichkeit für die Durchströmung der GMK besteht. Weiter nach Osten wird die Durchströmungswahrscheinlichkeit bei gleichem Abstand von der GMK-E geringer. Für eine Abgrenzung des Schutzgebiets nach Süden mittels der Zustromwahrscheinlichkeiten sind daher die Abstände von der GMK-E auf dieser Mittellinie die Maximalwerte für das jeweilige Wahrscheinlichkeitsniveau. In der Anlage 3.4 sind daher die Abstandspunkte ("X-Stern-Werte") der erforderlichen Wahrscheinlichkeitsniveaus auf der Mittellinie markiert. Für alle Punkte östlich eines solchen Abstandspunkts sind damit bei gleichem Abstand von der GMK-E geringere Zustromwahrscheinlichkeiten gegeben. Eine Linie gleicher Zustromwahrscheinlichkeit durch die GMK-E verläuft daher immer von der Mittellinie ausgehend in einem Bogen nach NE bis N und schließlich auf den Ostrand der GMK-E zu. In der Anlage 3.4 ist die für die Schutzgebietsabgrenzung wichtige 52 % - Linie dargestellt. Diese 52 % - Linie entspricht der 25 % Wahrscheinlichkeit für das Eintreffen in den Brunnen Ebenhofen oder Altdorf, wie weiter unten gezeigt wird.

Die dargestellte 52 % Zustromwahrscheinlichkeitsgrenze besagt, dass eine Volumeneinheit Grundwasser innerhalb (nordwestlich) dieser Grenze mit mindestens der Wahrscheinlichkeit von 52 % über die Grenzlinie GMK-E, in das Grundwassermodell eintritt.

Die berechneten Zustromwahrscheinlichkeitsgrenzen müssen nun auf die Ermittlung der Schutzgebietsgrenzen in der HKR-W, insbesondere für die dortige Grenze der gemeinsamen Zone III B für die Brunnen Ebenhofen sowie Altdorf angewandt werden. Hierzu ist zu beachten, dass von den 82 l/s, die aus der HKR-W über die GMK-E in den Modellraum eintreten, aufgrund der Wertach-Wechselwirkung mit dem Grundwasser und der Grundwasserneubildung nur 25,8 l/s in die Brunnen Ebenhofen gelangen (s. Kap. 6.2.4). Der Anteil, der in die Brunnen Altdorf gelangt, macht 13,6 l/s aus (s. Kap. 6.2.4). Insgesamt gelangen also von den 82 l/s

$$Q_{Br} = 25,8 \text{ l/s} + 13,6 \text{ l/s} = \mathbf{39,4 \text{ l/s}}$$

in die Brunnen Ebenhofen oder Altdorf. Dies ist ein Anteil von 48 %.

Das heißt, dass das in der HKR-W strömende Grundwasser mit 48 % Wahrscheinlichkeit in die Brunnen Kaufbeuren oder Altdorf/Nestle gelangt. Da nach der Wahrscheinlichkeitstheorie Wahrscheinlichkeiten in Folge multiplikativ zu verknüpfen sind, müssen die den oben berechneten Zustromwahrscheinlichkeitsgrenzen zugehörigen Wahrscheinlichkeitsniveaus

(95,45 %, 90 %, 80 % ...) mit 48 % multipliziert werden, um die Wahrscheinlichkeiten für den Eintritt in die Brunnen Kaufbeuren oder Altdorf/Nestle anzugeben. In der folgenden Tabelle 2 sind die beiden Gruppen von Wahrscheinlichkeitsniveaus zusammengestellt.

Tab. 2: Gegenüberstellung der Wahrscheinlichkeitsniveaus für den Übertritt über die GMK und das Eintreffen in den Brunnen Kaufbeuren oder Altdorf/Nestle

Wahrscheinlichkeit des Übertritts über die GMK	Wahrscheinlichkeit des Eintreffens in den Brunnen KF oder AD/Ne
95,45 %	45,8 %
90 %	43,2 %
80 %	38,4 %
70 %	33,6 %
60 %	28,8 %
52 %	25,0 %
50 %	24,0 %
40 %	19,2 %
30 %	14,4 %
25 %	12,0 %
20 %	9,6 %
10 %	4,8 %

Nach dem Merkblatt 1.2/7 /20/ kann von einer "geringen Schutzbedürftigkeit" ausgegangen werden, wenn die Wahrscheinlichkeit unter 25 % liegt. Das bedeutet, dass die Grenze für die gemeinsame Zone III B des Schutzgebiets entlang der 25 % Grenze der Wahrscheinlichkeit des Eintreffens in den Brunnen Kaufbeuren oder Altdorf/Nestle zu ziehen ist. Diese 25 % Grenzlinie der Wahrscheinlichkeit des Eintreffens in den Brunnen Kaufbeuren oder Altdorf/Nestle entspricht der 52 % Grenzlinie der Wahrscheinlichkeit des Übertritts über die GMK-E in das Grundwassermodell (s. Tab. 1).

In der Anlage 3.4 ist die berechnete 52 % Wahrscheinlichkeitsgrenze des Übertritts über die GMK-E in das Grundwassermodell eingetragen. Sie entspricht der 25 % Wahrscheinlichkeitsgrenze des Eintreffens in den Brunnen Kaufbeuren oder Altdorf/Nestle. Grundwasser von außerhalb, das heißt südöstlich dieser Grenze gelangt mit einer Wahrscheinlichkeit von weniger als 25 % in die Brunnen Kaufbeuren oder Altdorf/Nestle. Damit aber ist laut Merkblatt 1/2.7 /20/ von einer "geringen Schutzbedürftigkeit" für diese Flächen auszugehen. Daher konnte diese Linie als Grenze des für eine Zone III B fachlich erforderlichen Bereichs verwendet werden. Sie verläuft von der Schmölbachquelle nach S und dann in einem Bogen nach SW bis kurz vor der Verbindungsstraße Ennenhofen - Weibletshofen beim Rand zum Weibletshofer Molassehoch. Von da an verläuft die Grenze des fachlich erforderlichen Bereichs für eine Zone III B weiter nach NW entlang des Rinnenrands bis zur Wertach. Für den Bereich links (nördlich/westlich) der Wertach gelten für die Wasserschutzgebietsgrenzen andere Begründungen (s. u.). Vom Quellpunkt des Schmölbachs ab nach Osten

dient der Verlauf des Schmölzbachs als Südgrenze der gemeinsamen Zone III B bis etwa 150 m östlich der Ziegelei, wo dann eine mit dem Modell berechnete Strömungslinie bis zur Wertach die Grenze bildet.

6.2.6 Austauschprozesse im Grundwasserbegleitstrom der Wertach südlich der Modellgrenze (GWS)

Auf der westlichen Seite strömt Grundwasser aus dem Gebiet GWS über die Grenzlinie GMK-W in das Einzugsgebiet der Brunnen Kaufbeuren innerhalb des Grundwassermodells. Das Grundwasser dieses Bereichs GWS unterliegt einer Wechselwirkung mit der Wertach, die in mehreren Schleifen über fast die gesamte Breite dieses Grundwasserstroms fließt. Es kommt dabei je nach Lage, eventuell auch aktueller Wasserführung und aktuellem Grundwasserstand, zu Abströmen aus dem Grundwasser in die Wertach, wie auch Eintritten von Wertachwasser ins Grundwasser (s. Tabellen 1 und 2 im Text zu Teil 3). Es erscheint daher angemessen, das Schutzgebiet in diesem Bereich nach Südwesten lediglich bis zur ersten Wertachschleife auszudehnen (s. Teil 1, Anlagen 3.4 und 3.5). Weiter südlich würden besondere Schutzmaßnahmen für das Grundwasser durch die Wertachwechselwirkungen überlagert, so dass solche Schutzmaßnahmen für die Brunnen Ebenhofen oder Altdorf nicht mehr angemessen wären.

In der Anlage 3.4 ist der Bereich abgegrenzt, der innerhalb des Grundwasserbegleitstroms der Wertach südlich der Modellgrenze GWS aus hydrogeologischen Gründen in das Schutzgebiet einzubeziehen ist. Er reicht im Nordnordwesten bis an die Grenze der Wertachau, im Südwesten bis zur ersten Wertachschleife, dann entlang der Wertach nach Südwesten bis etwa zur Nordspitze des Molassehochgebiets um Weiblethofen, wo er an die Schutzgebietsflächen innerhalb der Hauptkiesrinne West HKR-W angrenzt. Dort verläuft die Grenze von der Nordspitze des Weiblethofer Molassehochs entlang am Rinnenrande entlang nach Süden bis fast zur Verbindungsstraße Ennenhofen- Weiblethofen und dann weiter nach Nordosten und Norden bis zur Schmölzbachquelle ab dort am Schmölzbach entlang nach Osten bis 150 m östlich der ehemaligen Ziegelei und von dort nach Norden bis zur Wertach.

Die Austauschprozesse zwischen Wertach und dem Grundwasser sind jedoch auch weiter Wertach-abwärts fast bis zur B12-Brücke der Wertach wirksam. Es kann daher der Verlauf der Wertach insgesamt als hydraulisch wirksame Grenzlinie zwischen den Zonen III A der Brunnen Ebenhofen und der Brunnen Altdorf und der gemeinsamen Zone III B bewertet werden. Die Zonen III A Ebenhofen bzw. Altdorf reichen damit bis zur Wertach und schließen diese in den betroffenen Bereichen noch mit ein. Die Gebiete, die innerhalb der oben dargestellten III-B Grenzlinien südlich der Wertach liegen, fallen in die für Brunnen Ebenhofen und Altdorf gemeinsame Zone III B.

6.2.7. Abgrenzung des Gesamtschutzgebiets südlich des Modellrands

In den Kapiteln 6.2.1 bis 6.2.6 wurden die fachlichen Grundlagen zu einer Schutzgebietsabgrenzung für die Brunnen I, II, III und V Kaufbeuren-Ebenhofen und Biessenhofen-Ebenhofen sowie die Brunnen Altdorf für den Bereich südlich des Modellraums dargelegt und eine dafür geeignete Fläche ermittelt (Teil 1, Anlage 3.4). Hierzu wurde für das Gebiet südlich des Modellraums ein Grundwasserisolinienplan erarbeitet (Teil 3, Anl. 2.1, Plan 1). Auf dessen Grundlage wurden die maßgeblichen Zustrombereiche abgegrenzt und diese im Detail bilanziert und bezüglich der Erfordernis zur Einbeziehung in das Schutzgebiet untersucht. Dabei kamen Überlegungen zur Wechselwirkung zwischen Wertach und Grundwasser, die Grundwasserneubildung und seitliche Grundwasserzuströme (nur für die Brunnen Altdorf) innerhalb des Einzugsbereichs der Brunnen sowie Zustromwahrscheinlichkeiten unter Berücksichtigung von Dispersion an Trennstromlinien zum Tragen.

Auf der Grundlage der wie beschrieben ermittelten, fachlich erforderlichen Flächen für ein Schutzgebiet südlich des Modellraums (Teil 1, Anlage 3.4) wurde eine Abrundung der Zone III A nach Süden für die Brunnen Ebenhofen sowie eine für die Brunnen Ebenhofen und die Brunnen Altdorf gemeinsame Schutzgebietszone III B abgegrenzt. Die entsprechenden Teilflächen südlich außerhalb des Modellraums sind in Teil 1, Anlage 3.5 dargestellt.

Angesichts des weitgehend ebenen Geländes erscheint eine Einbeziehung zusätzlicher Flächen oberirdischer Einzugsgebiete nicht erforderlich.

6.3 Anpassung an Flurstücksgrenzen

Bei der Anpassung der nach hydrogeologischen Aspekten ermittelten Schutzgebietsgrenzen an Flurstücksgrenzen ist zu berücksichtigen, dass einerseits Flächen, die für den Schutz einer öffentlichen Wassergewinnungsanlage nicht erforderlich sind, nicht in ein Wasserschutzgebiet einbezogen werden dürfen; andererseits muss ein Wasserschutzgebiet auch vollziehbar sein. Das bedeutet, dass die Grenzen der einzelnen Zonen im Gelände ohne besondere Maßnahmen wie Vermessung nachvollziehbar sein müssen. Sie können daher die Flurstücke nicht beliebig durchqueren.

Bei der Anpassung an die Flurstücksgrenzen wurde grundsätzlich so vorgegangen, dass Flurstücke, die von den hydrogeologisch ermittelten Grenzen geschnitten werden, ganz in die jeweilige Schutzzone einbezogen wurden, sofern das angesichts der Größe der Flurstücke vertretbar erschien. Bei allzu großen Flurstücken und hierbei besonders bei der engeren Schutzzone mit ihren erhöhten Auflagen wurden aber auch Flurstücke durchschnitten. Dabei wurden auch Ergebnisse von Gesprächen zwischen dem Städt. Wasserwerk Kaufbeuren und den betroffenen Grundstückseigentümern und Pächtern berücksichtigt.

Das gesamte Wasserschutzgebiet ist in Teil 1, Anlage 1 im großräumigen Überblick M 1: 25.000 sowie in Teil 1, Anlage 2, Plan 1 (nur WSG Ebenhofen) und Plan 2 (WSG Ebenhofen und Altdorf) auf der Grundlage der digitalen Flurkarte im Maßstab 1: 10.000 dargestellt.

Die im Lageplan gewählte Grenzziehung ist ein Vorschlag des Gutachters. Unter Berücksichtigung des Grundsatzes, dass die gewählten an Flurstücksgrenzen angepassten Schutzgebietsgrenzen nicht innerhalb der nach hydrogeologischen Kriterien ermittelten Schutzgebietsgrenzen (im Modellraum sind das die in Teil 2, Anlage 3, Plan 1 und 2 dargestellten "Umhüllenden der Zustromgebiete zuzüglich des Dispersionszuschlages" bzw. der Umhüllenden der 50-Tage-Flächen, südlich des Modellraums die in Anlage 3.4 dargestellte "hydrogeologisch erforderliche Fläche") verlaufen dürfen, kann im Zuge des Schutzgebietsverfahrens weiter abgewogen werden, inwieweit größere Flurstücke ganz oder nur teilweise in die Zone II oder III einbezogen werden sollen.

7. Auflagenkatalog

In Anl. 4 zu Teil 1 ist ein Entwurf für einen Auflagenkatalog, **Stand 06.11.2008**, beigefügt.

Es hat sich gezeigt, dass es Landwirte gibt und gab, die in der vorgeschlagenen engeren Schutzzone Bio-Landwirtschaft betreiben oder bis vor kurzem betrieben. Aus der Sicht des Gutachters ist es grundsätzlich zu begrüßen, wenn die Landwirtschaft gerade im Wasserschutzgebiet auf biologische Weise betrieben wird. Andererseits kommt das gemäß dem bayerischen Musterauflagenkatalog üblicherweise vorzusehende Verbot der Gülleausbringung und Beweidung je nach Flächenanteil in der engeren Schutzzone einem Verbot der Bio-Landwirtschaft nahe. In bisher ca. 40-jährigem Betrieb gab es nach Auskunft des Städt. Wasserwerks Kaufbeuren ohne Verbot einer Gülleausbringung und Beweidung, die bisher bis an den Zaun der Fassungsbereiche betrieben werden, keine Probleme in mikrobiologischer Hinsicht.

Deshalb wurde der Auflagenkatalog in Anpassung an die örtlichen Verhältnisse so formuliert, dass er eine Gülleausbringung in der engeren Schutzzone unter der Voraussetzung erlaubt, dass die Gülle in einer Biogasanlage hygienisiert wird. Dem Gutachter ist zwar bewusst, dass geeignete Biogasanlagen derzeit (noch ?) nicht ohne weiteres zur Verfügung stehen, jedoch kann auch so in der Zukunft eine Verbesserung der bisherigen Verhältnisse erreicht werden, ohne Bio-Landwirtschaft in der engeren Schutzzone de facto verbieten zu müssen.

Im Vergleich zum Bayerischen Musterauflagenkatalog ist für die engere Schutzzone und die Schutzzone IIIA zusätzlich ein Verbot des Umbruchs von Dauergrünland aufgenommen worden, da die Grünlandnutzung bei den hohen Grundwasserfließgeschwindigkeiten für das Grundwasser gegenüber Ackernutzung einen besseren Schutz bietet. Gegenüber der aktuellen Nutzung stellt das soweit momentan bekannt keine Änderung dar.

Sofern in der vom Landratsamt zu erlassenden Verordnung wie vorgeschlagen die Ausbringung von hygienisierter Gülle in der engeren Schutzzone erlaubt wird, sollte sicher gestellt werden, dass die Grünlandnutzung in der engeren Schutzzone auch künftig bestehen bleibt und nicht auch noch umgebrochen wird. Da die Einstufung Dauergrünland möglicherweise nur für die Wiesen in der Wertachau, nicht aber für die Flächen auf der Niederterrasse westlich der Bahn zutrifft, wird für den Fall, dass die Ausbringung hygienisierter Gülle erlaubt wird, vorgeschlagen, in der engeren Schutzzone den Umbruch von Grünland generell, nicht nur von Dauergrünland, zu untersagen.



(Dr. Jürgen Schaar)



(Dr. Klaus März)

8. Verwendete Unterlagen und Literatur

8.1 Spezielle Unterlagen über das Untersuchungsgebiet

Nachstehend sind nur die Unterlagen aufgelistet, die für das vorliegende Gutachten unmittelbar verwendet wurden. Hinsichtlich weiterer Unterlagen wird auf die Gutachten /1/ und /3/ verwiesen.

- /1/ BÜRO BODEN UND WASSER, Aichach:
Hydrogeologisches Gutachten zu den Brunnen I bis V des Pumpwerkes 2 Ebenhofen der Stadt Kaufbeuren und zu deren Einzugsgebiet. - 05.12.1991
- /2/ GEOLOG CH. FUß / W. HEPP, Ingenieurbüro für Geophysik und Geologie, Starnberg:
Untersuchungsbericht zu geoelektrischen Tiefensondierungen nach der Methode von Schlumberger zum Projekt Wasserschutzgebiet der Gemeinde Biessenhofen und der Allgäuer Alpenmilchwerke sowie der Stadt Kaufbeuren, Brunnen bei Altdorf und Ebenhofen, Landkreis Ostallgäu. - 12.10.1995
- /3/ BÜRO BODEN UND WASSER, Aichach:
Hydrogeologisches Gutachten zum Einzugsgebiet und zum Wasserschutzgebiet der Brunnen Altdorf - unter Berücksichtigung des Einzugsgebietes der Brunnen Kaufbeuren-Ebenhofen und des Brunnens Ebenhofen der Gemeinde Ebenhofen sowie der Ergebnisse von Aufschlussbohrungen der Fa. Dachser. - 27.03.1997
- /4/ BÜRO BODEN UND WASSER, Aichach:
Hydrogeologisches Gutachten zum Einzugsgebiet und zum Wasserschutzgebiet der Brunnen Altdorf - Nachtrag 1 zum Gutachten vom 27.03.1997 zur Abgrenzung der engeren Schutzzone auf der Grundlage eines Betriebsversuches an den Brunnen Altdorf vom 27.07. bis 29.08.2000.- 29.12.2000
- /5/ BÜRO BODEN UND WASSER, Aichach:
Hydrogeologisches Gutachten zum Einzugsgebiet und zum Wasserschutzgebiet der Brunnen Altdorf - Nachtrag 2 zum Gutachten vom 27.03.1997 und zum Nachtrag 1 vom 29.12.2000 - Stellungnahme zum Schreiben des WWA Kempten vom 03.04.2001, Pumpversuch im Brunnen der Gärtnerei Jung. - 23.05.2001
- /6/ BÜRO BODEN UND WASSER, Aichach:
Hydrogeologisches Gutachten zum Wasserschutzgebiet der Brunnen Ebenhofen mit einem Vorschlag M 1: 10.000 zur Neufestsetzung des Wasserschutzgebietes, noch ohne Auflagenkatalog. - 12.12.2002

- /7/ BÜRO BODEN UND WASSER, Aichach:
Vorschlag zur Neufestsetzung des Wasserschutzgebiets der Brunnen Biessenhofen-
Altdorf - Erläuterungsbericht, Übersichtslageplan M 1: 25.000 und Lageplan
M 1: 2.500 sowie Vorschlag für einen Auflagenkatalog. Der Lageplan M 1:2.500 be-
zieht sich auf die engere Schutzzone und die weitere Schutzzone östlich der Wert-
tack. Über die Notwendigkeit einer weiteren Schutzzone westlich der Wertack für die
Brunnen Altdorf war damals noch nicht abschließend entschieden. Für den Bereich
westlich der Wertack wurde daher nur ein noch nicht flurstücksscharfer Vorschlag
M 1: 25.000 gegeben. - 06.08.2003
- /8/ GEOPHYSIKBÜRO MUNSTERMANN, Industriepark Str. A Nr. 9, 39245 Gommern:
Berichte über geoelektrische Messungen
- /8a/ Bericht über geophysikalische Untersuchungen zur Erfassung des Untergrundes auf
4 Nord-Süd-Profilen (Profile Nr.1 bis 4, 2D - Geoelektrik, Multielektrodenanordnung,
Electrical Resistivity Imaging), 17.12.2001
- /8b/ Überprüfung und teilweise Nachinterpretation von 44 geoelektrischen Tiefensondie-
rungen aus dem Jahr 1995 auf der Grundlage der Ergebnisse der 2D-Messungen
(Bericht vom 17.12.2001) und der seit 1995 neuen Bohraufschlüsse, 14.01.2002
- /8c/ Bericht über geophysikalische Untersuchungen zur Erfassung des Untergrundes auf
1 Nord-Süd-Profil und 2 West-Ost Profilen (Profile 5, 6 und 7, 2D - Geoelektrik, Multi-
elektrodenanordnung, Electrical Resistivity Imaging), 30.04.2002
- /8d/ Überprüfung und teilweise Nachinterpretation von weiteren 34 geoelektrischen Tie-
fensondierungen aus dem Jahr 1995 auf der Grundlage der Ergebnisse der 2D-
Messungen (Bericht vom 30.04.2002) und der seit 1995 neuen Bohraufschlüsse,
04.06.2002
- /8e/ Bericht über geophysikalische Untersuchungen zur Erfassung des Untergrundes auf
weiteren Profillinien Nr. 8 bis 11 (2D - Geoelektrik, Multielektrodenanordnung, Electri-
cal Resistivity Imaging), 09.11.2006
- /8f/ Bericht über geophysikalische Untersuchungen zur Erfassung des Untergrundes auf
weiteren Profillinien Nr. 12 bis 14 westlich von Marktoberdorf (2D - Geoelektrik, Multi-
elektrodenanordnung, Electrical Resistivity Imaging), 20.09.2007

/9/ Unterlagen des STÄDTISCHEN WASSERWERKES KAUFBEUREN:

- a) Lagepläne, Bohrprofile und Brunnenausbaupläne sowie Pumpversuchsdiagramme der Brunnen I bis V Ebenhofen, Bohr- und Pumpversuchsunterlagen weiterer Bohrungen aus den Jahren 1960 bis 1962 und aus 1975
- b) Bewilligungsbescheide des LRA Marktoberdorf bzw. des LRA Ostallgäu vom 12.02.1964, vom 27.02.1964, vom 01.03.1977 und vom 22.11.1977 mit den zugehörigen Antragsunterlagen, Schutzgebietsverordnungen des LRA Ostallgäu für die Brunnen Ebenhofen und den Brunnen Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen vom 11.12.1989 und für das Grundwassererkundungsgebiet Ebenhofen vom 01.06.1990 mit Schutzgebietsgutachten des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft vom 30.11.1981 und Lageplänen
- c) Bericht des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft über das Erkundungsgebiet Kennziffer 16.06 Ebenhofen vom 04.08.1978 mit Anlagen wie Bohrprofile, Ausbaupläne, Pumpversuchsdiagramme, geohydraulische Pumpversuchsauswertungen und Wasseranalysen
- d) Bewilligungsbescheid des LRA Ostallgäu vom 18.01.2007, geändert mit Bescheid vom 20.02.2007 zur Förderung bis 3 Mio m³/a oder 100 l/s insgesamt aus den Brunnen Kaufbeuren-Ebenhofen I, II, III und V, gültig bis 31.12.2036.
- e) BOSCH MARTIN, Krumbach:
Erläuterungen zur geologischen Karte der NE' Umgebung von Marktoberdorf (Molasse/Quartär), mit einer speziellen Darstellung der hydrogeologischen Verhältnisse. -
Diplom-Kartierung und Diplomarbeit am Lehrstuhl für Allgemeine, Angewandte und Ingenieur-Geologie der Technischen Universität München.- 30.06.1999

/10/ Unterlagen der GEMEINDE BIESSENHOFEN:

- a) Beschluss des früheren Landratsamtes Marktoberdorf vom 12.06.1959, geändert mit Beschluss vom 02.02.1960 über die (unbefristete) widerrufliche Erlaubnis, aus den beiden Brunnen der Allgäuer Alpenmilchwerke je 50 l/s Wasser je Brunnen zu fördern.
- b) Beschluss des früheren Landratsamtes Marktoberdorf vom 26.09.1957 über die (unbefristete) wasserrechtliche Erlaubnis zur Wasserförderung von 10 l/s und 120.000 m³/Jahr aus dem Brunnen Altdorf I der Gemeinde Biessenhofen
- c) Bewilligungsbescheid des Landratsamtes Ostallgäu vom 29.07.1986 zur Wasserförderung von 20 l/s und maximal 130.000 m³/Jahr aus dem Brunnen Altdorf II der Gemeinde Biessenhofen, mit Bescheid vom 31.01.2002 geändert auf 280.000 m³/a, beschränkt auf den tatsächlichen Bedarf
- d) Verordnung des Landratsamtes Ostallgäu über das Wasserschutzgebiet in der Gemeinde Biessenhofen (Landkreis Ostallgäu) für die öffentliche Wasserversorgung der Gemeinde Biessenhofen und der Allgäuer Alpenmilch AG, Biessenhofen, vom 22.07.1986

- /11/ Unterlagen der VEREINIGTE WERTACH-ELEKTRIZITÄTWERKE, Kaufbeuren:
- a) Geotechnisches Gutachten des Ing. Büros Dr.-Ing. Georg Ulrich, Leutkirch, vom 10.03.2000 über Untersuchungen zur Dammsanierung der Wasserkraftanlage Altdorf-Ebenhofen (Bohrungen 1/99 bis 24/99)
 - b) Geotechnisches Gutachten des Ing. Büros Dr.-Ing. Georg Ulrich, Leutkirch, vom 14.06.2000 über Untersuchungen zur Dammsanierung der Wasserkraftanlage Altdorf-Ebenhofen (ergänzende Untersuchungen, Bohrungen 01/00 bis 03/00)
 - c) Geotechnisches Gutachten des Ing. Büros Dr.-Ing. Georg Ulrich, Leutkirch, vom 15.11.2000 über Untersuchungen zur Dammsanierung der Wasserkraftanlage Altdorf-Ebenhofen (Rohrvortriebe bei Fluß-km 84+200, Bohrungen 1-2/00 und DPH 1-2/00)
- /12/ Unterlagen des LANDRATSAMTES OSTALLGÄU (Abteilung kommunale Abfallwirtschaft), Marktoberdorf:
Bohrprofile / Ausbaupläne der Grundwassermeßstellen 1, 2, 4 und 5 am Immenhofener See aus dem Jahr 1984, Wasseranalysen und Grundwasserstandsdaten
- /13/ Unterlagen des WASSERWIRTSCHAFTSAMTES KEMPTEN und des LANDRATSAMTES OST-ALLGÄU, Marktoberdorf:
- a) Wasserspiegel- und Abflussdaten der Wertach, Pegel Thalhofen und Biesenhofen
 - b) Flurkartenausschnitt Ebenhofen-Altdorf M 1: 5.000, Stand vor der Regulierung der Wertach (Stand ca. 1930)
 - c) diverse Unterlagen über Grundwasseraufschlüsse, Erlaubnisbescheide und Bohrprofile
- /14/ Unterlagen der STADT MARKTOBERDORF:
- a) DR. RIETZLER & HEIDRICH GMBH, Marktoberdorf:
Untersuchung des Fremdwasserzutritts in das Kanalsystem der Stadt Marktoberdorf.- 31.12.1994
Erstellt von WALTER SCHULMEISTER als Diplomarbeit am Institut für Allgemeine und Angewandte Geologie der Ludwig-Maximilians-Universität München
 - b) Schlussbericht des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, München Nr. 24-4445.5-OAL/M über die durchgeführte Vorsorgemaßnahme Nr. III - Schulzentrum nach dem Wassersicherstellungsgesetz in der Stadt Marktoberdorf, Landkreis Ostallgäu.- 15.02.2002, mit Lageplan M 1: 1.000 vom 20.03.1997, Bohrprofil/Brunnenausbauplan und Wasseranalyse vom 05.08.2000

- /15/ GEOUMWELTEAM, Marktoberdorf:
Informationen über diverse Bohraufschlüsse im Bereich Marktoberdorf, 21.09.2007
- /16/ BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (ehem. BAYER. GEOLOGISCHES LANDESAMT):
Bohrprofile aus dem Bohrarchiv auf den Messtischblättern 8129 Kaufbeuren (Nr. 7, 74, 75, 76, 77 und 78) und 8229 Marktoberdorf (Nr. 3, 16, 17, 46, 61, 62, 66, 67, 68, 69, 70 und 74)
- 17/ SCHOLZ, H.:
Geologie und Landschaftsgeschichte von Marktoberdorf und seiner Umgebung.-
mit einer geologischen Übersichtskarte (nach Kartierungsübungen),
M ca. 1: 55.555, veröffentlicht im Marktoberdorfer Geschichtsbuch,
Allgäuer Zeitungsverlag GmbH Kempten 1992

8.2 Allgemeine Literatur

- /18/ BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (ehem. BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT), München:
Bodenkundliche Übersichtskarte von Bayern M 1: 500.000, 1955
- /19/ BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (ehem. BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT), München:
Die Grundwasserneubildung in Bayern, berechnet aus den Niedrigwasserabflüssen der oberirdischen Gewässer. - Informationsberichte LfW, Heft 3/87
- /20/ BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, München:
Merkblatt Nr. 1.2/7, Wasserschutzgebiete für die öffentliche Wasserversorgung - Teil 1: Wasserschutzgebiete als Bereiche besonderer Vorsorge - Aufgaben, Bemessung und Festsetzung. - Stand 01. Juni 2007
- /21/ BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN, München:
Arbeitshilfe - Musterverordnung für Wasserschutzgebiete in Bayern, vom 06.06.2003
- /22/ BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE, Hannover:
Geologische Übersichtskarte M 1:200000, bearbeitet von W. ZACHER und H. SCHOLZ, 1983
- /23/ BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE, Hannover und Geologische Landesämter, Arbeitsgruppe Boden:
Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage 1994
- /24/ Diepolder, G. W., München:
Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung, Grundlagen-Bewertung-Darstellung in Karten.- GLA (ehem. BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT) Fachberichte Nr. 13 1995
- /25/ DVGW-Richtlinie W 101, Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete, I. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser.- Bonn, Juni 2006
- /26/ DEUTSCHE BUNDESREGIERUNG:
Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 21.05.2001 (Trinkwasserverordnung), in Kraft getreten am 01.01.2003

- /27/ BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR / FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR
DAS STRASSENWESEN, Köln:
Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsge-
bieten.- Ausgabe 2002,
eingeführt durch Bekanntmachung der Obersten Baubehörde im Bayerischen
Staatsministerium des Innern vom 18.06.2003, Gz IID9-43410-003/00
- /28/ BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR / FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR
DAS STRASSENWESEN, Köln:
Hinweise für Maßnahmen an bestehenden Straßen in Wasserschutzgebieten.- Aus-
gabe 1993, eingeführt durch Schreiben des Bundesministeriums für Verkehr vom
06.02.1996, StB 26/38.67.03/7 Va 96
- /29/ LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER, Hamburg:
Richtlinien über Wasserrecht und Eisenbahnen des Bundes.- Stand Oktober 2000