

**WASSERVERSORGUNG**  
**GEMEINDE BIESSENHOFEN, Ortsteil Altdorf**  
**und**  
**FA. NESTLÉ, ALLGÄUER ALPENMILCHWERKE, Biessenhofen**  
**LANDKREIS OSTALLGÄU**

**Hydrogeologisches Gutachten zum Einzugsgebiet und zum Wasser-  
schutzgebiet der Brunnen Altdorf**

Unter Berücksichtigung des Einzugsgebietes der Brunnen Kaufbeuren-Ebenhofen und des Brunnens Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen sowie der Ergebnisse von Aufschlußbohrungen der Fa. Dachser

**Vorhabensträger:**

Gemeinde Biessenhofen  
Füssener Straße 12,  
87640 Biessenhofen

Fa. Nestlé Deutschland AG  
Füssener Straße 1  
87640 Biessenhofen

Städt. Wasserwerk Kaufbeuren  
Tänzelfestweg 15  
87600 Kaufbeuren

Fa. Josef Dachser GmbH & Co.  
Kaufbeurener Straße 112, 87616 Marktoberdorf

**Verfasser:**

Büro Boden und Wasser  
St.-Martin Straße 11  
Untermauerbach, 86551 Aichach

AZ 93162/94146

27.03.1997

---

**Boden und Wasser**

**86551 Aichach**

Büro für Hydrogeologie, angewandte Geologie und Wasserwirtschaft  
Untermauerbach, St.-Martin Straße 11 - Tel. 08251/7224 - Fax 51104  
Zweibüro Hüssingen 73 - 91747 Westheim - Tel. 09082/90850 - Fax 90851  
Dipl.-Geol. Robert Hurler - Dipl.-Geol. Dr. Klaus März - Math.-Geogr. Dr. Jürgen Schaar

<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
1.	Allgemeines	1
1.1	Aufgabenstellung	1
1.2	Durchgeführte Untersuchungen, Grundwasseraufschlüsse und Datenlage	2
2.	Ergebnisse der Bestandsaufnahme	3
2.1	Angaben zu den Brunnen Altdorf	3
2.2	Angaben zu weiteren Wassergewinnungsanlagen und Grundwasseraufschlüssen	5
3.	Ergebnis der hydrogeologischen Erhebungen und Untersuchungen	6
3.1	Hydrogeologischer Überblick	6
3.2	Beschreibung des Grundwasserleiters	8
3.3	Lage der Grundwasseroberfläche	11
3.3.1	Generelle Angaben	11
3.3.2	Spezielle Untersuchungsergebnisse im Nahbereich der Brunnen Altdorf	16
3.4	Grundwasserstandsschwankungen	17
3.5	Klimadaten und Grundwasserneubildung	18
3.6	Untergrundhydraulische Daten	20
4.	Wasserqualität	22
4.1	Generelle Zusammensetzung des Grundwassers im Untersuchungsgebiet	22
4.2	Zeitliche Variation der Wasserzusammensetzung	26
4.3	Zeitlicher Gang der Wassertemperaturen	26
5.	Zusammenfassende Aussagen zum Einzugsgebiet und Vorschlag für Änderungen an der Abgrenzung der Wasserschutzgebiete der Brunnen Altdorf und der Brunnen Ebenhofen der Stadt Kaufbeuren und der Gemeinde Biessenhofen	27
6.	Weitere Empfehlungen	32
7.	Verwendete Unterlagen und Literatur	33
7.1	Spezielle Unterlagen über das Untersuchungsgebiet	33
7.2	Allgemeine Literatur	35

## Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen:

- Tabelle 1.1** Wichtigste technische Daten der Brunnen Altdorf 1 und 2 der Gemeinde  
Blatt 1: Biessenhofen und der Brunnen 1 und 2 der Allgäuer Alpenmilchwerke,  
Werk Biessenhofen  
Blatt 2: Weitere Höhenmessungen am 08.02.1995
- Tabelle 1.2** Erbohrte Schichten in den Brunnen Altdorf I und II der Allgäuer Alpen-  
(1 Blatt) milchwerke und im Brunnen Altdorf II der Gemeinde Biessenhofen
- Tabelle 2.1** Gelände- und Meßpunkthöhen, Bohrtiefen; Kiesmächtigkeiten und Ruhe-  
Grundwasserspiegelhöhen der Brunnen des Pumpwerkes 2 Ebenhofen  
der Stadt Kaufbeuren, des Brunnens Ebenhofen, der Brunnen Altdorf der  
Gemeinde Biessenhofen und der Allgäuer Alpenmilchwerke sowie der um-  
liegenden Grundwassermeßstellen  
Blatt 1: Aufschlüsse links (westlich) der Wertach  
Blatt 2: Aufschlüsse rechts (östlich) der Wertach
- Tabelle 2.2** Diverse Wasserspiegelhöhen, Abflußdaten und sonstige Höhenangaben  
Blatt 1: Wasserspiegelhöhen an Oberflächengewässern und Abflußdaten der Wer-  
tach in der weiteren Umgebung der Brunnen Ebenhofen und Altdorf (über-  
nommen aus dem Gutachten zum Einzugsgebiet der Brunnen Ebenhofen der Stadt Kauf-  
beuren vom 05.12.1991 /8/, Höhen gemäß Nachmessung der Meßpunkthöhen der Brun-  
nen am 08.02.1995 teilweise korrigiert)  
Blatt 2: Sonstige Ergebnisse von Höheneinmessungen, Stand 31.10.1991
- Tabelle 2.3** Ergebnisse von nicht zu Brunnen oder Grundwassermeßstellen ausgebauten  
Bohrungen nach Unterlagen des Städt. Wasserwerkes Kaufbeuren  
und aus dem Bohrarchiv des Bayerischen Geologischen Landesamtes  
(GLA), Wasserspiegel aus verschiedenen Jahren, Ansatzhöhen zum Teil  
nicht gesichert.  
Blatt 1: Aufschlüsse links (westlich) der Wertach  
Blatt 2: Aufschlüsse rechts (östlich) der Wertach
- Tabelle 2.4** Ergebnisse der geoelektrischen Messungen zur Kiesbasis und zur Grund-  
wasseroberfläche  
Die Tabelle ist aus dem Bericht der Fa. Geolog (siehe Anlage 5) entnommen und durch  
das Büro Boden und Wasser mit einer Interpretation der geoelektrischen Meßdaten als  
Kiesbasis, gut leitende Einlagerung oder Grundwasseroberfläche sowie Höhenkorrektur-  
ren wegen unterschiedlicher Höhen aus der topografischen Karte M 1: 5.000 und aus der  
Vermessung ergänzt.  
Die in Tabelle 2.4 angegebenen Daten dienten neben den Bohrergebnissen und Messun-  
gen der Wasserspiegel in Brunnen und Grundwassermeßstellen zur Konstruktion der  
Pläne der Grundwasseroberfläche (Anlage 2.1), der Kiesbasis (Anlage 2.3) und der  
Grundwassermächtigkeit (Anlage 2.4).

## Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen:

**Tabelle 3.1** Grundwasser-Stichtagsmessungen am 21./22.10.1994

Blatt 1 - 3: Erläuterungen

Blatt 4 u. 5: Meßergebnisse

**Tabelle 3.2** Langjährige Extremwerte der Ruhegrundwasserstände an den Brunnen  
Blatt 1: und Grundwassermeßstellen im Raum Ebenhofen - Aldorf und Vergleich  
mit den Wasserständen vom 30.10.1991 und vom 22.10.1994

Blatt 2: Gegenüberstellung von (Ruhe-) Grundwasserspiegelhöhen am  
22.10.1994, 14.12.1994, 08./09.02.1995 und 22.10.1996

**Tabelle 4** (1 Blatt) Wasserförderung aus den Brunnen Aldorf der Gemeinde Biessenhofen  
und der Allgäuer Alpenmilchwerke und ergänzende Angaben zur Wasser-  
förderung aus den Brunnen I bis V des Pumpwerkes 2 Ebenhofen der  
Stadt Kaufbeuren sowie des Brunnens Ebenhofen der Gemeinde Bies-  
senhofen

**Tabelle 5** Ergebnisse von Pumpversuchen und geohydraulische  
Auswertungsergebnisse

Blatt 1 u. 2: Brunnen Aldorf, 23, GM Da1 bis GM Da3 (Auswertung der Wasserspiegelab-  
senkung in den Brunnen bzw. abgepumpten Grundwassermeßstellen ohne zusätzliche  
Meßstellen zur Grundwasserstandsbeobachtung)

Blatt 1: Auswerteergebnisse

Blatt 2: Auswerteformeln

Blatt 3: Zusammenstellung geohydraulischer Auswertungsergebnisse von den  
Pumpversuchen in den Brunnen II bis V des Pumpwerkes 2 Ebenhofen  
der Stadt Kaufbeuren, vom Brunnen Ebenhofen der Gemeinde Biessen-  
hofen und der Versuchsbrunnen A, B und C (heute Grundwassermeßstel-  
len 758, 759 und 760 des Landesgrundwasserdienstes) im Grundwasser-  
vorranggebiet Ebenhofen (übernommen aus dem Gutachten zum Einzugsgebiet der  
Brunnen Ebenhofen der Stadt Kaufbeuren vom 05.12.1991 /8/)

Blatt 4 - 7 Ergebnisse des Pumpversuches an den Brunnen Aldorf der Gemeinde  
Biessenhofen und der Fa. Nestlé vom 22.10. bis 30.10.1996

Blatt 4: Übersicht über Wasserspiegel und Fördermengen

Blatt 5: Hochrechnung der Wasserspiegel der am 22.10.1996 nicht beobachteten  
Meßstellen in der Umgebung der Brunnen Aldorf aus den generellen Ruhewas-  
serspiegeldifferenzen zwischen dem 22.10.1994 und dem 22.10.1996

Blatt 6: Berechnung der 50-Tage-Entfernungen im Umkreis der Brunnen Aldorf  
für die tiefsten Wasserstände am 30.10.1996, ausgehend von der  
Isoliniendarstellung in Anlage 2.2, Plan 2

Blatt 7 Berechnung von Transmissivität, Durchlässigkeitswert und durchflußwirksamem  
Hohlraumanteil, aus den Pumpversuchsdaten räumliche Auswertung nach  
COOPER & JACOB

## Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen:

- Tabelle 6** Chemische und mikrobiologische Wasserqualität
- Blatt 1: Brunnen Altdorf I und II der Allgäuer Alpenmilchwerke, nach Analysen aus 1986 bis 1994
- Blatt 2: Brunnen Altdorf I der Gemeinde Biessenhofen, nach Analysen aus 1985 bis 1994
- Blatt 3: Brunnen Altdorf II der Gemeinde Biessenhofen, nach Analysen aus 1985 bis 1994
- Blatt 4: Brunnen Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen, nach Analysen aus 1985 bis 1991
- Blatt 5: Zusammenstellung der wichtigsten Analyseergebnisse von den Brunnen I bis V des Pumpwerkes 2 Ebenhofen der Stadt Kaufbeuren und von weiteren im potentiellen Einzugsgebiet Ebenhofen/Altdorf gelegenen Hausbrunnen und Meßstellen, Probenahme am 25.10.1990 (J1 bis J5 am 31.07.1990, Brunnen Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen am 19.02.1991) (Tabelle übernommen aus dem Gutachten zum Einzugsgebiet der Brunnen Ebenhofen der Stadt Kaufbeuren vom 05.12.1991 /8/)
- Blatt 6: Zusammenstellung von Analyseergebnissen einer Stichtagsbeprobung am 09./10.1995 von den Brunnen Altdorf, dem Brunnen Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen, den Brunnen Kaufbeuren - Ebenhofen I, IV, V, den Grundwassermeßstellen GM 21 bis 23, Da1 bis Da3, dem Austritt des Mühlbächles, dem offenen Grundwasser nordwestlich der Brunnen Altdorf und dem Hausbrunnen der ehemaligen Sägemühle Altdorf
- Blatt 7: Jahresniederschläge und Entwicklung der Nitratkonzentration im Wasser der Brunnen Ebenhofen und Altdorf (Stadt Kaufbeuren, Gemeinde Biessenhofen, Allgäuer Alpenmilchwerke)

## Abbildungen:

- Abb. 1** Vorstellung (Prinzipskizze) über die Gestalt des Grundwasserleiters in Ebenhofen - Altdorf

## Anlagenverzeichnis

### Anlage 1    **Übersichtspläne**

- |     |  |             |
|-----|--|-------------|
| 1.1 | Geologisch/geomorphologische Übersichtskarte<br>(nach der Karte von H. SCHOLZ aus dem<br>Marktoberdorfer Geschichtsbuch) | M 1: 25.000 |
| 1.2 | Übersichtslageplan   | M 1: 25.000 |
| 1.3 | Übersichtsgrundwassergleichenplan, Stand 31.10.1991<br>ergänzt nach Daten vom 22.10.1994                                 |             |
| 1.4 | Übersichtsplan Kiesmächtigkeiten   | M 1: 25.000 |

### Anlage 2    **Isolinienpläne des engeren Untersuchungsgebietes zur Grundwasser- seroberfläche und zur Basis des Kiesgrundwasserleiters**

- |     |  |            |
|-----|--|------------|
| 2.1 | Grundwassergleichenplan Ruhezustand 22.10.1994<br>(mit Berücksichtigung der geoelektrischen Meßergebnisse vom Sept. 1995)  | M 1: 5.000 |
| 2.2 | Grundwassergleichenpläne zum Pumpversuch an den<br>Brunnen Altdorf vom 22.10. bis 30.10.1996,<br>nähere Umgebung der Brunnen Altdorf<br>Plan 1: Quasi Ruhezustand 22.10.1996, 13.00 Uhr<br>Plan 2: Tiefste Absenkung 30.10.1996, 13.00 Uhr | M 1: 5.000 |
| 2.3 | Isolinienplan der Basis des Kiesgrundwasserleiters<br>(auf der Grundlage von Bohrergebnissen und nach den geo-<br>elektrischen Meßergebnissen vom September 1995)  | M 1: 5.000 |
| 2.4 | Isolinienplan der Grundwassermächtigkeit über der<br>Basis des Kiesgrundwasserleiters<br>(auf der Grundlage der Pläne Anlage 2.1 und Anlage 2.3)   | M 1: 5.000 |

### Anlage 3    **Hydrogeologische Profile**

- |     |   |
|-----|---|
| 3.1 | West-Ost Profil Ruderatshofen - Altdorf   |
| 3.2 | Nord- Süd Profil N - S: Da1 - Da3 - GMS 759 - VB4 - B 8129/81 und<br>Nord - Süd Profil Br. Altdorf A - A':<br>Wertach - S9 - GM 24 - Brunnen Altdorf - GM 35 - GM 36 - S2 - GM 21 |

### Anlage 4    **Aufschlußergebnisse**

Bohrprofile, Schichtenverzeichnisse und Klarpumpprotokolle der im August/September 1994 eingerichteten Grundwassermeßstellen

GM 21 Altdorf,	Da 1 (Fa. Dachser)
GM 22 Altdorf,	Da 2 (Fa. Dachser)
GM 23 Altdorf	Da 3 (Fa. Dachser)

Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse der im September/Okttober 1996 eingerichteten Grundwassermeßstellen GM 24 bis GM 38 Altdorf

## **Anlage 5 Ergebnisse geoelektrischer Messungen vom September 1995**

Die Fa. GEOLOG, Starnberg, hat im Untersuchungsgebiet insgesamt 110 geoelektrische Tiefensondierungen durchgeführt. Der vollständige Bericht vom 12.10.1995 mit allen Sondierkurven (ein Ordner voll) liegt bei der Gemeinde Biessenhofen und beim Büro Boden und Wasser in je einer Ausfertigung vor.

Dem vorliegenden hydrogeologischen Gutachten sind daraus beigefügt:

- Text mit zusammenfassender Tabelle der Meßergebnisse
- Erläuterung zur Meßmethodik
- Übersichtsplan M 1: 5.000 mit der Lage der geoelektrischen Tiefensondierungen und den wichtigsten Daten zur Kiesbasis und zum Grundwasser (Anlage 1 zum Bericht der Fa. GEOLOG)

Die Anlagen 2 (Modell- und Meßkurven, Schichtmodelle) und 3 (Datensätze mit numerischen Angaben über die Meß- und Modellkurven sowie der äquivalenten Modelle) zum Bericht der Fa. Geolog sind nur im gesonderten vollständigen Meßbericht enthalten.

## **Anlage 6 Grundwasserstandsganglinien zum Pumpversuch an den Brunnen Altdorf vom 22. - 30.10.1996 und Pumpversuchsauswertung**

### **6.1 Grundwasserstandsganglinien in m ü. NN**

- Plan 1: Brunnen Altdorf I (AD1) und II (AD2) der Gemeinde Biessenhofen  
Brunnen Altdorf I (AA1) und II (AA2) der Fa Nestlé (Allgäuer Alpenmilchwerke)  
Grundwassermeßstelle AAP1 neben Brunnen AA1  
Summe der Grundwasserförderung aus allen vier Brunnen
- Plan 2: Grundwassermeßstellen GM 21 bis GM 38  
Summe der Grundwasserförderung aus allen vier Brunnen

### **6.2 Ganglinien der Grundwasserabsenkung in m unter Ruhewasserspiegel**

- Plan 1: Brunnen Altdorf I (AD1) und II (AD2) der Gemeinde Biessenhofen  
Brunnen Altdorf I (AA1) und II (AA2) der Fa Nestlé (Allgäuer Alpenmilchwerke)  
Summe der Grundwasserförderung aus allen vier Brunnen
- Plan 2: Grundwassermeßstellen GM 24 bis GM 35, GM 37  
Summe der Grundwasserförderung aus allen vier Brunnen

## **Anlage 7 Vorschlag zur Neuabgrenzung der Wasserschutzgebiete Altdorf (Gemeinde Biessenhofen und Fa. Nestlé) sowie Ebenhofen (Stadt Kaufbeuren und Gemeinde Biessenhofen)**

## 1. Allgemeines

### 1.1 Aufgabenstellung

Die Gemeinde Biessenhofen und die Allgäuer Alpenmilchwerke (Fa. Nestlé AG, Werk Biessenhofen) betreiben im Wertachtal südlich des Ortsteiles Altdorf der Gemeinde Biessenhofen vier rd. 20 m tiefe Brunnen. Die zwei nördlichen Brunnen versorgen mit einer Jahresförderung von etwa 1.300.000 m<sup>3</sup> seit 1957/58 die Allgäuer Alpenmilchwerke, die beiden südlichen Brunnen, die in den Jahren 1957 bzw. 1985 errichtet wurden, mit einer Jahresförderung von rd. 335.000 m<sup>3</sup> den Ortsteil Altdorf der Gemeinde Biessenhofen mit Trinkwasser (Anlagen 1.2 und 2).

Die Brunnen Altdorf weisen mit rd. 25 bis 28 mg/l eine Nitratkonzentration auf, die zwar weit unter dem Grenzwert von 50 mg/l, aber doch im Bereich des oder knapp über dem Richtwert der Trinkwasserverordnung liegt. Die Gemeinde Biessenhofen bemüht sich, durch Ausgleichszahlungen an die Landwirte, die Flächen im Wasserschutzgebiet bewirtschaften, die Düngung und den Nitratreintrag ins Grundwasser zu begrenzen. Allerdings wurde nach Auskunft der Gemeinde beobachtet, daß offenbar auf den unmittelbar südlich an das Wasserschutzgebiet der Brunnen Altdorf angrenzenden Flurstücken um so mehr Gülle oder Jauche ausgebracht wird. Diese Beobachtung und die - für Allgäuer Verhältnisse - relativ hohen Nitratkonzentrationen waren Anlaß für Bestrebungen der Gemeinde Biessenhofen, das Wasserschutzgebiet möglichst um die nördlich der B16 im Zwickel zwischen den Wasserschutzgebieten der Brunnen Altdorf und der Brunnen Kaufbeuren - Ebenhofen gelegenen Flächen zu erweitern, um zu intensive Düngung unterbinden zu können.

Voraussetzung für eine fachlich fundierte Abgrenzung eines Wasserschutzgebietes ist die Abgrenzung des Einzugsgebietes der Brunnen. Mit einem entsprechenden Gutachten wurde das Büro Boden und Wasser von der Gemeinde Biessenhofen mit Schreiben vom 21.06.1994 beauftragt.

Da in der Umgebung der Brunnen Altdorf keine Grundwassermeßstellen existierten, wurde vereinbart, zunächst durch zwei bis drei Grundwassermeßstellen die Grundwasserfließrichtung zu klären und dann zu entscheiden, ob und welche weiteren Untersuchungen zur Abgrenzung des Einzugs- und Wasserschutzgebietes erforderlich sind. In die Beurteilung sollten die hydrogeologischen Erkenntnisse einbezogen werden, die aus dem vom Büro Boden und Wasser für das Städt. Wasserwerk Kaufbeuren zu den Brunnen Kaufbeuren - Ebenhofen erarbeiteten Gutachten vom 05.12.1991 ableitbar sind.

Da das Büro Boden und Wasser im Sommer 1994 auch von der Fa. Dachser, Marktobendorf, einen Auftrag für ein hydrogeologisches Gutachten zu einem geplanten Kiesabbau westlich der bestehenden Kiesgrube westlich von Ebenhofen erhielt, das potentielle Einflüsse des Kiesabbaues auf die Brunnen Kaufbeuren - Ebenhofen beurteilen soll, wurden auch hier drei Grundwassermeßstellen eingerichtet.

Die sechs neuen Grundwassermeßstellen brachten einige zusätzliche Erkenntnisse, die zeigten, daß ohne die Gesamtschau aller Aufschlußdaten keine zuverlässige Beur-

teilung der Einzugsgebiete möglich wäre. In weiteren Untersuchungsschritten wurden im Herbst 1995 geoelektrische Messungen und im Herbst 1996 im Nahbereich der Brunnen Altdorf 15 weitere flache Grundwassermeßstellen eingerichtet.

Die Untersuchungsergebnisse werden in Abstimmung mit der Gemeinde Biessenhofen, den Allgäuer Alpenmilchwerken, dem Städt. Wasserwerk Kaufbeuren und der Fa. Dachser in einem gemeinsamen Gutachten dargelegt, das sowohl für die Gemeinde Biessenhofen und die Allgäuer Alpenmilchwerke als auch für die Fa. Dachser (hier mit dem Untersuchungsstand 17.03.1995) verwendet und auch dem Städt. Wasserwerk Kaufbeuren zur Verfügung gestellt wird. Es stellt zum Teil eine Fortschreibung des Gutachtens für das Städt. Wasserwerk Kaufbeuren vom 05.12.1991 /8/ dar.

Wir bedanken uns an dieser Stelle beim Städt. Wasserwerk Kaufbeuren, das es ermöglichte, auch für die im Auftrag der Gemeinde Biessenhofen und der Fa. Dachser durchgeführten Untersuchungen an den Brunnen und Meßstellen der Stadt Kaufbeuren Messungen durchzuführen und diese auch mit eigenem Personal unterstützt hat.

## **1.2 Durchgeführte Untersuchungen, Grundwasseraufschlüsse und Datenlage**

Zusätzlich zu den schon im Rahmen der Erarbeitung des Gutachtens vom 05.12.1991 für das Städt. Wasserwerk Kaufbeuren /8/ zusammengetragenen Informationen wurden im Sommer 1994 im Auftrag der Gemeinde Biessenhofen die Grundwassermeßstellen GM 21 bis GM 23 südlich von Altdorf und im Auftrag der Fa. Dachser die Grundwassermeßstellen Da 1 bis Da 3 nordwestlich von Ebenhofen eingerichtet (Ergebnisse siehe Anlage 4). Die neuen Grundwassermeßstellen wurden bezogen auf die vorhandenen Brunnen höhenmäßig eingemessen. Neben der Auswertung der Daten der Brunnen Altdorf der Gemeinde Biessenhofen und der Allgäuer Alpenmilchwerke /1, 2/ wurden die Ergebnisse von weiteren etwa 20 Bohrungen entlang der B16 und B12 rechts der Wertach beim Bohrchiv des Bayerischen Geologischen Landesamtes /5/ erhoben (Anlage 4.2).

Gegenüber dem Gutachten von 1991 /8/ gibt es eine neuere geologische Karte, die von H. SCHOLZ /12/ nach den Ergebnissen von Kartierungsübungen am Institut für Geologie der TU München zusammengestellt und im Marktoberdorfer Geschichtsbuch veröffentlicht wurde. Diese Karte wurde auf die topografische Karte M 1: 25.000 übertragen und für das vorliegende Gutachten herangezogen (Anlage 1.1).

Am 22.10.1994 wurden an allen bekanntgewordenen Grundwasseraufschlüssen Wasserspiegel-Stichtagsmessungen im Ruhe- und Betriebszustand der Brunnen durchgeführt. Die Ergebnisse sind für den Ruhezustand 22.10.1994 (nachmittags) in einem Grundwassergleichenplan (Anlage 2.1) dargestellt. Im Grundwassergleichenplan und in den Tabellen 2.1 bis 2.3 sind alle bekanntgewordenen Brunnen, Grundwassermeßstellen und sonstigen Grundwasseraufschlüsse eingetragen.

Da die Stichtagsmessung zeigte, daß sehr geringe Wasserspiegelunterschiede für die Ermittlung der Grundwasserfließrichtung entscheidend sein können, wurden die Meßpunkthöhen aller Brunnen und der drei Grundwassermeßstellen des Bayerischen Landesgrundwasserdienstes am 08./09.02.1995 nachgemessen. Die Nachmessung erforderte aber nur geringe Korrekturen an den Meßpunkthöhen der Brunnen.

Am 09./10.03.1995 wurden von den Brunnen Altdorf und Ebenhofen und den neuen Grundwassermeßstellen Proben für zeitgleiche chemische Analysen gezogen.

Die Ergebnisse der 6 Grundwassermeßstellen vom Sommer 1994 gaben Anlaß zur Vermutung, daß glaziale oder spätglaziale Rinnenstrukturen für die Grundwasserbewegung im Untergrund von entscheidender Bedeutung sind und den Brunnen Altdorf wahrscheinlich im Gegensatz zur bisherigen Annahme, die der Schutzgebietsausweitung zugrunde liegt, von Süden her nur wenig Wasser zuströmt. Da angesichts der erheblichen Größe des Einzugsgebietes der Brunnen Altdorf und Ebenhofen eine weitere Klärung allein durch Bohrungen einen viel zu hohen Aufwand verursacht hätte, wurden in den Wasserschutzgebieten Altdorf und Ebenhofen, teilweise auch etwas darüber hinaus, durch die Fa. GEOLOG, Starnberg, im September 1995 insgesamt 110 geoelektrische Tiefensondierungen durchgeführt. Damit war es möglich, die Rinnenränder näher einzugrenzen, Pläne der Kiesbasis und der Grundwassermächtigkeit zu erarbeiten und den Ruhe-Grundwassergleichenplan vom 22.10.1994 dort weiter abzusichern, wo keine Grundwasseraufschlüsse zur Verfügung stehen.

Im Nahbereich der Brunnen Altdorf blieben allerdings hinsichtlich der Abgrenzung des Wasserschutzgebietes noch Fragen offen, weshalb hier im Herbst 1996 nach Abstimmung mit dem WWA Kempten 15 weitere flache Grundwassermeßstellen im näheren Umfeld der Brunnen niedergebracht und ein 8-tägiger gemeinsamer Pumpversuch an allen vier Brunnen gefahren wurde.

Auf der Grundlage dieser Daten werden nunmehr ein Vorschlag zur Neubemessung des Wasserschutzgebietes der Brunnen Altdorf gegeben und Modifikationen des Wasserschutzgebietes der Brunnen Ebenhofen (Stadt Kaufbeuren und Gemeinde Biessenhofen) empfohlen.

Alle erhobenen Daten und Meßergebnisse sind im Anhang in einer Reihe von Tabellen (siehe Tabellenverzeichnis) zusammengestellt.

## **2. Ergebnisse der Bestandsaufnahme**

### **2.1 Angaben zu den Brunnen Altdorf**

Wie schon erwähnt, betreiben die 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. Die geringsten Abstände zur westlich gelegenen Wertach betragen zwischen rd. 170 m und 230 m. Für die vier Brunnen ist mit Verordnung des Landratsamtes Ostallgäu vom 22.07.1986 ein gemeinsames Wasserschutzgebiet, bestehend aus einem Fassungsgebiet, einer engeren und einer weiteren Schutzzone festgesetzt.

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. Die Jahresförderung ist darüber hinaus nicht beschränkt. Die Erlaubnis ist unbefristet.

Die tatsächliche Wasserförderung betrug in 1993 = 1.298.000 m<sup>3</sup>/Jahr .

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 m<sup>3</sup>/Jahr erteilt. Die Erlaubnis ist unbefristet.

Die tatsächliche Wasserförderung lag in 1993 bei 27.285 m<sup>3</sup>/Jahr.

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 m<sup>3</sup>/Jahr.

Die tatsächliche Wasserförderung betrug in 1993 = 308.023 m<sup>3</sup>/Jahr. Sie übersteigt die bewilligte Förderung um rd. das zweieinhalbfache.

Die Wasserverluste in Altdorf betragen nach den Aufzeichnungen der Gemeinde in 1993 = 53,8 % und sind damit außerordentlich hoch.

Für die Brunnen der Allgäuer Alpenmilchwerke liegen keine Angaben zu den Wasserverlusten vor.

Im einzelnen sind die Fördermengen in Tabelle 4 aufgelistet.

Die vier Brunnen sind rd. 20 bis 22,5 m tief und fördern Wasser aus quartärem Kies. Die Basis des Grundwasserleiters bildet die Obere Süßwassermolasse, die in Tiefen zwischen 17 m (Brunnen Altdorf II Gemeinde Biessenhofen) und 21,5 m (Brunnen II Allgäuer Alpenmilchwerke) ansteht. Einzelheiten zu den technischen Daten und zu den erbohrten Schichten sind in Tabelle 1.1 angegeben.

Die tatsächlichen Pumpenleistungen betragen nach den Meßergebnissen bei der Stichtagsmessung am 21./22.10.1994 und während des Pumpversuches vom 22.-30.10.1996 in den Brunnen Altdorf I und II der Allgäuer Alpenmilchwerke insgesamt rd. 80 l/s, im Brunnen Altdorf II der Gemeinde Biessenhofen rd. 18,3 l/s (siehe Tabelle 3.1, Blatt 1) und im Brunnen Altdorf I der Gemeinde Biessenhofen rd. 9 l/s (siehe Tabelle 5, Blatt 4).

## **2.2 Angaben zu weiteren Wassergewinnungsanlagen und Grundwasser- aufschlüssen**

Westlich der Wertach betreibt die Stadt Kaufbeuren im Ortsteil Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen fünf Brunnen mit einer Gesamtförderung von bisher rd. 1.000.000 m<sup>3</sup> pro Jahr, die aber in 1993/1994 auf 650.000 m<sup>3</sup>/a zurückging, und die Gemeinde Biessenhofen einen Brunnen zur Wasserversorgung des Ortsteiles Ebenhofen mit einer Förderung von rd. 140.000 m<sup>3</sup> pro Jahr.

Für alle genannten Brunnen sind Wasserschutzgebiete, bestehend aus Fassungsbereichen, engeren und weiteren Schutzzonen festgesetzt. Hinzu kommt noch ein Wasserschutzgebiet für das im Grundwassererkundungsprogramm Bayern erkundete Grundwasser westlich der Brunnen Kaufbeuren - Ebenhofen, das auch im Regionalplan /11/ als Grundwasservorranggebiet ausgewiesen ist. Dieses Wasserschutzgebiet schließt westlich und südwestlich an das Wasserschutzgebiet der Brunnen Kaufbeuren - Ebenhofen an. Eine Wassergewinnung erfolgt dort bisher nicht.

In der Umgebung der Brunnen Altdorf bestand bisher nur knapp nördlich des Brunnens I der Allgäuer Alpenmilchwerke eine Grundwassermeßstelle P1. Im Zuge der Untersuchungen für dieses Gutachten wurden im Sommer 1994 bzw. im Herbst 1996 die in Kap. 1.2 schon genannten Grundwassermeßstellen GM 21 bis GM 23 bzw. GM 24 bis GM 38 eingerichtet (siehe Anlage 4).

Die Siedlung nordwestlich der Brunnen Altdorf ist in einer alten Wertachschleife errichtet. Deren Verlauf sieht man noch auf der Flurkarte. Der alte Flußlauf wurde größtenteils aufgefüllt. An einer Stelle findet sich aber ein Teich, in dem offenkundig Grundwasser aufgeschlossen ist.

Im Bereich der Brunnen Ebenhofen des Städt. Wasserwerkes Kaufbeuren existieren noch einige Grundwassermeßstellen. Südöstlich des Brunnens IV liegt ein rd. 4 m tiefer Weidebrunnen, Viehtränke genannt. Westlich und östlich des Brunnens V befindet sich je eine Grundwassermeßstelle. Weitere Grundwassermeßstellen (Rammpegel), die im Zuge der Errichtung der Brunnen I bis IV und im Bereich der Brunnen in Altdorf eingerichtet worden waren, existieren nicht mehr.

Im Hinblick auf das für die Fa. Dachser zu erarbeitende Gutachten wurden westlich von Ebenhofen die auch schon erwähnten drei Grundwassermeßstellen Da1 bis Da3 eingerichtet.

Darüber hinaus existieren in der weiteren Umgebung die Hausbrunnen Lorenzbauer und Feldwagner, ein Weidebrunnen des Hofes Feldwagner in der Nähe der Mündung des (meist trockenen) Firgenbaches in die Wertach, vier Meßstellen am Immenhofener See, der Brunnen Geisenhofen, drei Brunnen an der Kläranlage Marktoberdorf und zwei Meßstellen an der B 472 bei Thalhofen (zwei weitere im Bereich des Kieswerkes Schmid bei Thalhofen existieren nicht mehr). Von diesen Aufschlüssen sind nur die Meßpunkthöhen, die ungefähren Geländehöhen und Ergebnisse von Stichtagsmessungen der Wasserspiegel bekannt. Aufschluß bzw. Hinweise über die Höhe der

Grundwasseroberfläche geben schließlich auch die Wasserspiegelmhöhen im Altwasser der Wertach südlich der Brunnen Ebenhofen und das freigelegte Grundwasser in der alten Kiesgrube Schmid südwestlich Ennenhofen. Die Daten finden sich in den Tabellen 2.1 und 2.2. Hilfsweise zur Ermittlung der Höhenlage der Grundwasseroberfläche herangezogen werden können ferner die Ergebnisse der im Rahmen der Erschließung Kaufbeuren/ Ebenhofen niedergebrachten nicht ausgebauten Bohrungen und Daten von wieder verfüllten Bohrungen aus dem Bohrarchiv des Bayerischen Geologischen Landesamtes (zum größten Teil nach Unterlagen des Straßenbauamtes Kempten vom Neubau der B 12/B 16) und die eingemessenen Wasserspiegelmhöhen der Wertach, soweit nach der Gesamtsituation angenommen werden kann, daß sie mit dem Grundwasser korrespondiert.

Es existieren ferner noch der Brunnen Immenhofen südwestlich von Immenhofen und die Quellen der Wasserversorgung von Hattenhofen. Beide beziehen ihr Wasser jedoch nicht aus den quartären Talkiesen, sondern aus Schichtwässern der Moränen, so daß sie in keinem Bezug zum Grundwasser in den Talkiesen stehen und deshalb in den Anlagen und Tabellen auch nicht enthalten sind .

### **3. Ergebnis der hydrogeologischen Erhebungen und Untersuchungen**

#### **3.1 Hydrogeologischer Überblick**

Als Untersuchungsgebiet und Einzugsgebiet im weiteren Sinne wird das Gebiet angesehen, aus dem den Brunnen Altdorf und Ebenhofen entsprechend den geologischen Gegebenheiten Grundwasser zuströmen kann. Im Untersuchungsgebiet sind vereinfacht ausgedrückt im wesentlichen drei verschiedene geologische Einheiten zu nennen. Den tieferen Untergrund bilden feinkörnige Schichten, meist Tone, Mergel und Sande, der Oberen Süßwassermolasse, die dem Tertiär angehört. Der tertiäre Untergrund wurde in den vergangenen Eiszeiten einerseits durch Moränenablagerungen (im wesentlichen Grundmoränen) überdeckt, andererseits lagerten die Schmelzwässer Kiese und Sande, aber auch Seetone ab. In die Moränen, Schotterflächen und teilweise auch bis in den tertiären Untergrund hinein haben sich die Flüsse eingeschnitten. Heute findet man je nach der Morphologie übereinander oder auch nebeneinander den tertiären Untergrund, Moränen, Seetone, Kiesterrassen (die Kiese der jüngsten - Würm - Eiszeit werden als Niederterrassenschotter bezeichnet) und jüngste Talfüllungen, wobei unter den Flußtalauen sowohl alte Kiesrinnen mit mehreren Zehner Metern Mächtigkeit als auch nur geringmächtige Kiese, Schluffe oder Auelehme verborgen sein können. Auch unter den Niederterrassenflächen verbergen sich Kiese und Tone/Schluffe sehr unterschiedlicher Zusammensetzung und Mächtigkeit (Anlage 1.1).

Die Bohrungen im Untersuchungsgebiet und auch weiter nördlich in Richtung Kaufbeuren sowie die geoelektrischen Meßergebnisse haben aber sehr deutlich gezeigt, daß die Mächtigkeit und Zusammensetzung der quartären Sedimente nicht oder nur sehr unvollkommen nach Oberflächenaufschlüssen und der Morphologie, sondern letztlich nur nach Bohrergebnissen oder geophysikalischen Daten beurteilt werden kann.

Das Untersuchungsgebiet beginnt - großräumig gesehen im Süden an der Linie Eichel-  
schwang - Schwenden - Leuterschach - Fechsen, südlich derer bereits die Sand- und  
Mergelsteine und Konglomerate der stratigrafisch unter der Oberen Süßwassermolasse  
liegenden Oberen Meeresmolasse, teilweise überdeckt durch Moränen, an der Erdober-  
fläche anstehen.

Das Untersuchungsgebiet wird durch das Wertachtal geprägt. Westlich von Geisenho-  
fen münden das Geisenrieder Tal von Südwesten her, nördlich von Altdorf-Ebenhofen  
das Kirnachtal von Westen und nordöstlich von Biessenhofen das Geltnachtal von Süd-  
osten her in das Wertachtal ein.

Der Talboden des Wertachtals liegt nordwestlich von Leuterschach (rd. 5 km südwest-  
lich von Marktoberdorf, wo das Wertachtal aus der Molasse in das Vorland austritt) auf  
einer Höhe von rd. 735 m ü.NN und sinkt bis zur Mündung der Kirnach zwischen Eben-  
hofen und Biessenhofen auf rd. 700 m ü.NN ab. Das Geisenrieder Tal wird durch den  
kleinen Firgenbach, der im Moränengelände rd. 2 km westsüdwestlich von Geisenried  
entspringt, entwässert, soweit das Niederschlagswasser nicht unmittelbar in den Unter-  
grund versickert. Ab dem Bereich des Baggersees Immenhofen versickert der Fir-  
genbach. Er führt von hier bis zur Mündung in die Wertach nur bei stärkeren Nieder-  
schlägen, Schneeschmelze etc. Wasser. Das Geisenrieder Tal liegt nördlich Geisenried  
auf einer Höhe von rd. 745 m ü.NN und fällt bis Geisenhofen/Immenhofen, wo es in ei-  
ne weite fast ebene Fläche mündet, auf rd. 720-725 m ü.NN ab, liegt also deutlich hö-  
her als das Wertachtal.

Zwischen dem Geisenrieder Tal und dem Wertachtal erhebt sich ein Moränenrücken,  
der vom Anschluß von Geisenried an die B 472 nach Nordosten bis Geisenhofen zieht,  
bis auf eine Höhe von 758 m ü.NN. Nördlich von Hattenhofen sind unter den Moränen  
die Gesteine der Molasse aufgeschlossen, an deren Grenzfläche zu den Moränen of-  
fenbar die Quellen der Wasserversorgung von Hattenhofen entspringen. Auch sonst  
dürfte in dem Moränenrücken die Tertiäroberfläche relativ hoch liegen.

Im Westen werden das Geisenrieder Tal und das flache Gelände zwischen Immenhofen  
und Ebenhofen bzw. im Süden auch das Wertachtal durch einen Moränenzug etwa ent-  
lang der Linie Ruderatshofen - Hungerberg - Immenhofen - Geisenried - Mucken-Berg -  
Oberthingau begrenzt.

Das Wertachtal wird im Osten und Südosten durch den Moränenzug entlang der Linie  
Kreuzung B12/B16 - B16 bis zur Stadtmitte Marktoberdorf - Fechsen - Leuterschach be-  
grenzt. Im Osten grenzt daran das Geltnachtal an. Innerhalb des Moränenzuges südlich  
der Kreuzung B12/B16 zieht sich eine nur rd. 200 bis 300 m breite Kiesrinne bis etwa 1  
km über den Weiler Weiß hinaus nach Süden /12/. Diese Kiesrinne liegt wie das Gei-  
senrieder Tal ebenfalls deutlich höher als das Wertachtal.

Auch im Bereich des Moränenrückens dürfte, wie auch die Bohrungen an der B12 zei-  
gen, der Molasseuntergrund nur wenige Meter unter der Erdoberfläche anstehen.

### 3.2 Beschreibung des Grundwasserleiters

Als Grundwasserleiter sind im Raum südlich von Ebenhofen und Altdorf im wesentlichen die fluviatilen Talkiese, sei es in den heutigen Tälern oder in alten oberflächlich nicht mehr sichtbaren Rinnen in den Niederterrassen anzusprechen. Die fluviatilen Kiese, wie sie in den Brunnen Ebenhofen und Altdorf erbohrt wurden, zeichnen sich durch relativ groben Kies mit mäßigen Sandanteilen und wenig Schluff/Ton aus.

Das Moränenmaterial ist gegenüber den fluviatilen Kiesen erheblich schlechter sortiert mit einem deutlich höheren Anteil an Sand, Schluff und Lehm, mit eingelagerten Steinen und Blöcken. Auch in den Moränen zirkuliert Grundwasser, doch sind sie gegenüber den fluviatilen Kiesen im allgemeinen deutlich geringer durchlässig, so daß vor allem Grundmoränen zur Grundwasserbewegung nur wenig beitragen. Bereichsweise können aber Rand- und Endmoränen gut durchlässig sein.

Die Wassergewinnungs- bzw. -erkundungsgebiete von Ebenhofen/Altdorf dürften ein würmglaziales Zungenbecken darstellen /3d/. Für diese Einstufung spricht auch das Vorkommen von Seetonen.

Die Mächtigkeit der Kiese läßt sich im Bereich des Grundwassergewinnungsgebietes Ebenhofen/Altdorf und südlich davon bis zur B12 aufgrund vieler Bohrungen von Westen nach Osten wie folgt angeben.

In Schußbohrungen für seismische Messungen südlich und südöstlich von Ruderatshofen wurden bis 20 m Tiefe Grob- bis Mittelkies, bei dem es sich um Moränenmaterial handeln dürfte, und darunter Tonmergel (in der Bohrung GLA 8129/7) bzw. Lehm, Mergel und Ton (in den GLA Schußbohrungen) angetroffen. Das in den GLA-Schußbohrungen erbohrte Material wird im GLA-Gutachten vom 24.05.1976 /3e/ als Schotter bzw. Nagelfluh bezeichnet. Bei Ruderatshofen ist unter den Moränenkiesen lt. Bohrprofil Obere Süßwassermolasse erbohrt worden.

Weiter östlich im Bereich der Erkundungsbohrungen A, B und C (GMS 758 bis 760) /3c/ und der Brunnen Ebenhofen dürfte der sandig-tonige Grundwasserstauer als Seeton zu interpretieren sein. Das Tertiär dürfte nach den Seismik - Ergebnissen erst in einer Tiefe von rd. 70 m unter Gelände, d.h. bei etwa 640 bis 650 m ü.NN anstehen. Die als Tertiäroberfläche interpretierte seismische Geschwindigkeitsunstetigkeit fällt von Westen nach Osten flach ein.

Die größten Kiesmächtigkeiten wurden in der Bohrung A mit 42 m und im Brunnen Kaufbeuren V mit mehr als 41 m (Kiesbasis nicht erreicht) erbohrt. Wie stark die Kiesmächtigkeit auf kurze Entfernung schwanken kann, zeigt die etwas weiter nördlich gelegene Bohrung B mit "nur" 27 m Kies. Nach Osten zu nehmen die Kiesmächtigkeiten bis auf 9,6 m im Brunnen IV ab, jedoch östlich der Wertach in den Altdorfer Brunnen wieder auf rd. 20 m zu. Im Brunnen Ebenhofen beträgt die Kiesmächtigkeit mehr als 10 m (Basis nicht erbohrt). In der Bohrung 7 des Städt. Wasserwerkes am Südrand der Bebauung von Ebenhofen, nördlich der Brunnen II und IV, reicht der Kies lt. Bohrprofil zwar bis 13,55 m. Unterhalb von 5 m ist er aber von Sand- und Tonlagen durchsetzt

und kaum wasserführend. Vielleicht handelt es sich unterhalb von 5 m um Grundmoränenmaterial. Die Versuchsbohrung 7 ließ nur eine Förderung von 3 l/s zu.

Noch weiter nördlich an der Straße Ebenhofen - Ruderatshofen wurden in der ersten Kaufbeurer Versuchsbohrung in diesem Gebiet im Jahr 1960 (VB westlich Ebenhofen) nur 3,5 m Kies erbohrt. Eine ähnlich geringe Kiesmächtigkeit wurde in der Bohrung Da3 mit 4,1 m unter Gelände (davon Sand von 2,7 m bis 4,1 m) festgestellt. Die Kiesbasis an beiden Bohrungen wird als Molasse interpretiert.

In den Bohrungen Da1 und Da2 wiederum, die gegenüber Da3 um rd. 7,5 m höher oberhalb einer Terrassenkante ansetzen, ist die Kiesbasis bis in Tiefen von 17,3 m bzw. 21 m Tiefe nicht erreicht worden.

Südwestlich der Erkundungsbohrungen A, B und C betragen die Kiesmächtigkeiten in den Hausbrunnen Lorenzbauer und Feldwagner mehr als 12 - 14 m (Kiesbasis nicht erbohrt) und in mehreren Bohrungen südlich des Hofes Feldwagner, die im Zuge des Neubaus der B12 abgeteuft wurden, mindestens 10 bis 12 m. Auch hier wurde die Kiesbasis nicht erreicht. Vom Brunnen Geisenhofen liegen keine Informationen über das Bohrprofil vor.

Weiter südwestlich am Immenhofener See stehen mindestens etwa 14 m Kies an, wie die Bohrprofile der Grundwassermeßstellen am Immenhofener See zeigen. Das relativ steile Grundwassergefälle läßt auf nur mäßige Durchlässigkeit schließen.

Südlich des Hofes Feldwagner schwanken die Kiesmächtigkeiten nach den Bohrergebnissen entlang der B 12 erheblich.

In der Bohrung GLA 8229/70 an der Unterführung der Kreisstraße OAL 7 (Marktoberdorf - Ruderatshofen) unter der B12 wurden nur 1,4 m Kies erbohrt. Darunter stehen hier Tonsteine, Schluffsteine und Sandsteine der Oberen Süßwassermolasse an. In den nächsten Bohrungen GLA 8129/74 bis 78 wurde die Kiesbasis bis zu den Bohrendtiefen zwischen 5 m und 12 m nicht erreicht. Hier dürfte eine Rinne von Süden nach Norden ziehen.

Nach Osten zu steht der Molasseuntergrund zwischen den Bohrungen GLA 8129/79 bis 81 bereits wieder in geringen Tiefen zwischen 1,4 m und 4,4 m an. Das paßt zu den Bohrergebnissen der Versuchsbohrungen VB3 und VB4 der Stadt Kaufbeuren aus 1961 im Zwickel zwischen der Bahn und der Wertach (nördlich der B12), in denen auch nur 3,2 bzw. 4 m Kies erbohrt wurden. Die Wertach läuft hier offenbar unabhängig vom Verlauf der alten Kiesrinnen auf einem Molasserücken.

Nach Osten zu reicht der Kies zwischen den Bohrungen GLA 8129/82 und 85 zunächst wieder bis rd. 4,5 m tief, nimmt dann aber im Bereich der Kreuzung B16/B12 auf knapp 2 m bis 3,5 m ab. Hier ist nicht bei allen Bohrungen klar, ob es sich um durchlässigen Kies oder wenig wasserwegsame Grundmoräne handelt. In der neu abgeteuften Bohrung GM 21 wurden bis 2,5 m Kies, darunter bis 3 m ziemlich kiesige Moräne und dann bis zur Endtiefe Seetone erbohrt.

Ab der Bohrung GLA 8129/131 nach Osten bis zur Bohrung GLA 8129/120 wurde in den zwischen 6 m und 21 m tiefen Bohrungen die Kiesbasis nicht erreicht. Das gilt auch

für die Bohrungen GLA 8129/91 und 92 sowie die GM 22. Die GM 23 weist hingegen nur bis in 8,5 m Tiefe Kies auf.

Nach den Ergebnissen der geoelektrischen Messungen lassen sich die Bohrerergebnisse wie folgt interpretieren:

Zischen Geisenhofen und der Wertach zieht eine breite Kiesrinne unter den Höfen Feldwagner und Lorenzbauer nach Norden bis Nordnordwesten etwa zur Grundwassermeßstelle 760. Dort und westlich dieser Grundwassermeßstelle liegt die Kiesbasis mit rd. 675 m ü. NN im gesamten Meßbereich am tiefsten. Von der Grundwassermeßstelle 760 an verschmälert sich die Rinne und zieht sich nach Ostsüdosten über den Brunnen Kaufbeuren V, rd. 200 m südlich an den Brunnen Kaufbeuren III, I, II und IV vorbei bis zu den Brunnen Altdorf. Dabei liegt der Brunnen Altdorf II (Gem. Biessenhofen) schon nahe dem Südrand der Rinne. Wie die Grundwasseraufschlüsse im Nahbereich der Brunnen Altdorf vom Herbst 1996 gezeigt haben, verläuft der Südrand der Rinne zwischen GM 35 und GM 36 hindurch, südlich von GM 37 vorbei in Richtung auf GM 38 bzw. etwas nördlich von dieser. Die Brunnen Allgäuer Alpenmilch liegen ziemlich im Tiefsten der Rinne, die sich dann entlang des Westrandes von Altdorf nach Norden fortsetzt. In dieser Rinne bewegt sich sicherlich die Hauptmenge des Grundwassers. Am Plan der Höhengleichen der Grundwassermächtigkeit (Anlage 2.4) kann man unmittelbar erkennen, daß hier im Untergrund das meiste Grundwasser vorhanden ist.

Eine weitere Rinne in der Kiesbasis könnte sich nordöstlich der Grundwassermeßstelle 759 unter Ebenhofen hindurch nach Nordosten hinziehen. Das ist aber unsicher, da innerhalb der Bebauung von Ebenhofen keine geoelektrischen Messungen möglich waren.

Südlich der Brunnen Altdorf zeigen die geoelektrischen Messungen in Verbindung mit den Wasserspiegelmessungen in den verschiedenen Bohrungen deutlich, daß hier die Grundwassermächtigkeit etwa entlang der B 12 gegen Null geht. Auch zwischen der GM 36 und der B12 dürften Grundwassermächtigkeit und Gebirgsdurchlässigkeiten sehr gering sein (s. Anl. 3.2, N-S Profil A - A'). Östlich der Brunnen Altdorf im zentralen Ortsbereich von Altdorf findet sich ein Rücken in der Kiesbasis, in dem sich offenbar der Lorettoberg (Hügel südlich der Kreuzung B12/B16) im Untergrund nach Norden fortsetzt. Von diesem Rücken fällt die Kiesbasis nach Osten und nach Westen ab.

Weiter nach Süden zu (südlich des auf dem Grundwassergleichenplan M 1: 5.000 dargestellten Bereiches, siehe hier Anlagen 1.2 bis 1.4) stehen erheblich weniger Bohrerergebnisse zur Verfügung. Bohrungen im Geisenrieder Tal zwischen dem Immenhofener See und dem Anschluß der B 472 an die B12 haben 4 bis 6 m kiesiges Moränenmaterial (GLA 8229/68 und 69) bzw. nur kiesigen Schluff (GLA 8229/74) aufgeschlossen. Im Bereich zwischen Geisenried und dem Anschluß der B472 an die B12 wurde teils kein Kies, teils Kies bis mindestens 6 m Tiefe erbohrt.

Auch wenn vom Geisenrieder Tal südwestlich des Immenhofener Sees keine weiteren Bohrerergebnisse vorliegen, kann aus den vorgenannten Bohrerergebnissen, aus dem Übersichtsgrundwassergleichenplan (Anlage 1.3) und aus der Existenz einer ehemaligen

Kiesgrube, in der sich die ehemalige Bauschuttdeponie Ruderatshofen befindet, geschlossen oder zumindest vermutet werden, daß im Geisenrieder Tal südwestlich des Immenhofener Sees zwar sicherlich einige Meter fluviatile Kiese liegen, diese aber wegen ihrer Höhenlage über dem Wertachtal und/oder einer geringeren Durchlässigkeit nur relativ wenig zum Grundwasserumsatz beitragen.

Größere Kiesmächtigkeiten finden sich hingegen wieder im Wertachtal bzw. östlich davon, wie die alte Kiesgrube Schmid mit Asphaltmischwerk zwischen Ennenhofen und Weiblethshofen sowie die derzeitige Kiesgrube Schmid zwischen Engratshofen und Thalhofen (Anlagen 1.2 und 1.4) zeigen. Im Bereich der letzteren betragen die Kiesmächtigkeiten nach Bohrerergebnissen ca. 15 bis 17 m. Die Kiesbasis liegt hier etwa in Höhe des Wertachwasserspiegels. Es kann angenommen werden, daß das Wertachtal mit den begleitenden Niederterrassen nordöstlich Thalhofen insgesamt gesehen erhebliche grundwassererfüllte Kiesmächtigkeiten aufweist. Im einzelnen kann dies aber wegen fehlender Aufschlüsse nicht belegt werden.

### **3.3 Lage der Grundwasseroberfläche**

#### **3.3.1 Generelle Angaben**

Die Grundwassergleichenpläne in den Anlagen 1.3 und 2 zeigen, daß das Grundwasser großräumig gesehen entlang des Wertachtales und des Geisenrieder Tales von Südwesten nach Nordosten strömt. Im einzelnen ergeben sich allerdings erhebliche Unterschiede.

Zwischen Geisenried und Thalhofen ist im Wertachtal eine Grundwasserfließrichtung von Westen nach Osten zu vermuten. Die Fließrichtung biegt dann nördlich von Thalhofen nach Nordosten - etwa parallel zur Wertach - um. Im Bereich der B12 östlich von Geisenhofen ändert sich die Fließrichtung wieder nach Norden bis Nordnordwesten.

Im Geisenrieder Tal im Bereich des Immenhofener Sees - Geisenhofen fließt das Grundwasser im wesentlichen in östliche Richtung.

Zur Darstellung der Grundwasserverhältnisse in der Umgebung der Brunnen Ebenhofen - Altdorf wurde am 22.10.1994 eine Stichtagsmessung an allen bekanntgewordenen Grundwasseraufschlüssen nach Süden bis zur B12 bzw. nach Südwesten bis zur Kreisstraße OAL 7 durchgeführt. (Anmerkung: an drei am 22.10.1994 noch nicht bekannten Grundwasseraufschlüssen nordwestlich und nördlich der Brunnen Altdorf (in den Anlagen 2.1 und 2.2 als GW, MB und SM bezeichnet) wurden die Wasserspiegel am 14.12.1994 bzw. 08./09.02.1995 gemessen. Die Wasserspiegel vom 22.10.1995 konnten daher für diese Meßstellen nur ungefähr aus den Wasserspiegelschwankungen der übrigen Grundwassermeßstellen (Tabelle 3.2, Blatt 2) abgeleitet werden).

Am 22.10.1994 morgens wurden die Wasserspiegel aller Grundwasseraufschlüsse in der weiteren Umgebung der Brunnen Altdorf und Ebenhofen gemessen. Bei dieser Messung waren die Brunnen Altdorf und Ebenhofen seit dem Vorabend mit Fördermengen in Betrieb, die etwa denen bei maximaler Tagesförderung entsprechen. Nach

Abschalten aller Brunnen wurden am 22.10.1994 nachmittags die Wasserspiegel all der Brunnen und Grundwassermeßstellen ein zweites Mal (bei einer Reihe von Meßstellen auch mehrfach) gemessen, bei denen meßbare Absenkungen durch den Brunnenbetrieb möglich erschienen. Die Messungen vom 22.10.1994 nachmittags geben die Ruhewasserspiegel wieder, wie sie im üblichen Betrieb vorkommen können. Absolute Ruhewasserspiegel an allen Brunnen sind nicht erreichbar, da die Brunnen grossenteils nicht über längere Zeit abgeschaltet werden können, ohne die Wasserversorgung zu beeinträchtigen. Diese Frage ist aber wegen der geringen Absenkbeträge und des schnellen Ansteigens der Wasserspiegel nach Abschalten der Pumpen von untergeordneter Bedeutung. Einzelheiten zum Brunnenbetrieb und zum Ablauf der Messungen sind in den Erläuterungen zu Tabelle 3.1 beschrieben.

Aus den am 22.10.1994 nachmittags gemessenen Wasserspiegeln wurde ein Grundwassergleichenplan M 1: 5.000 für den Ruhezustand (Anlage 2.1) konstruiert.

Hilfsweise wurden zur Konstruktion der Isolinien auch Wasserstände verwendet, die zu verschiedenen Zeiten in später wieder verfüllten Bohrungen gemessen wurden. Teilweise sind diese Bohrungen höhenmäßig nicht eingemessen, so daß die Ansatzhöhen aus der topografischen Karte entnommen werden mußten und demgemäß mit Ungenauigkeiten behaftet sind. Grundsätzlich können die Wasserspiegel heute nicht mehr existierender Bohrungen wegen der genannten Ungenauigkeiten und der Wasserspiegelschwankungen im Laufe der Jahre von bis zu etwa 4 m nur als Anhaltswerte verstanden werden.

Bei einem Teil der geoelektrischen Tiefensondierungen war es möglich, aus den Meßdaten neben den Schichtgrenzen im Untergrund auch die Höhe der Grundwasseroberfläche abzuleiten, wenn auch mit gegenüber Grundwassermeßstellen verminderter Sicherheit. Die entsprechenden Sondierpunkte sind mit den aus den Messungen abgeleiteten Grundwasserhöhen in Anlage 2.1 eingetragen. Mit diesen Daten wurde der Grundwassergleichenplan in den Bereichen konstruiert, wo keine Wasserspiegeldaten von Grundwasseraufschlüssen zur Verfügung standen.

Wegen der Unsicherheiten zu den Ansatzhöhen heute nicht mehr existierender Grundwasseraufschlüsse und der geringeren Sicherheit der aus geoelektrischen Meßergebnissen abgeleiteten Wasserspiegelhöhen sowie wegen der bereichsweise weit auseinander liegenden Meßpunkte sind die Isolinien auf den Plänen in solchen Bereichen immer als Interpretation zu verstehen. Das gilt auch für die Linienführung der Grundwassergleichen zwischen den Meßpunkten in den Gebieten, wo die Wasserspiegel unmittelbar gemessen werden konnten. Gesichert sind nur die an den Meßpunkten gemessenen Wasserspiegel! Die Konstruktion erfolgte durch lineare Interpolation, wobei die Linien allerdings geglättet wurden. Aus den Isolinien lassen sich die Höhe der Grundwasseroberfläche in m ü.NN, das Grundwassergefälle und die generelle Grundwasserfließrichtung - senkrecht auf die Isolinien - ableiten.

Wie schon erläutert, zieht eine mit durchlässigem Kies erfüllte Rinne zwischen Geisenhofen und der Wertach unter den Höfen Feldwagner und Lorenzbauer nach Norden,

biegt dann nach Osten um und zieht über den Brunnen Kaufbeuren V und südlich der Brunnen Kaufbeuren I bis IV nach Osten über die Wertach. Hart südöstlich der Brunnen Altdorf biegt sie nach Norden um.

Im Bereich der Bebauung von Altdorf zeigen die geoelektrischen Meßergebnisse eine Art Sattel in der Kiesbasis, wobei allerdings die Grundwassermächtigkeit noch 15 m beträgt. Weiter nach Osten nimmt die Grundwassermächtigkeit wieder zu. Vermutlich besteht hier eine Verbindung zur Kiesfüllung des Geltnachtales.

Vom Zentrum der Rinne im Bereich der Brunnen Ebenhofen - Altdorf nach außen, d.h. im wesentlichen nach Süden und nordwestlich von Ebenhofen nach Norden steigt die Kiesbasis an und nehmen die Kiesmächtigkeiten auf wenige Meter ab. Im zentralen Rinnenbereich sind der Durchlässigkeitswert und die Wasserspiegelschwankungen zwischen nassen und trockenen Zeiten erheblich höher als in den Randbereichen. Wegen der zum zentralen Rinnenbereich abfallenden Kiesbasis und der unterschiedlichen Durchlässigkeit folgt die Grundwasseroberfläche im Randbereich der Rinne angenähert der Basis des Grundwasserleiters. Das Grundwasser strömt zur Rinnenachse hin. Die Grundwassergleichen laufen also hier etwa parallel zur Rinnenachse. Im zentralen Rinnenbereich fließt das Grundwasser im Bereich der Brunnen Ebenhofen - Altdorf entlang der Rinnenachse nach Ost-Nord-Ost. Folglich müssen die Grundwassergleichen in der Rinne etwa Nord-Süd verlaufen. Im Zentrum der Rinnen ist die Grundwasseroberfläche fast eben; an den Rinnenrändern steigt sie vergleichsweise „steil“ an. Insgesamt ergibt sich das dargestellte Bild von Grundwassergleichen wie in einem flachen, von „steilen“ Hängen begrenzten Tal. Diese Vorstellung von den Grundwasserverhältnissen ist in der Abbildung 1 skizzenhaft dargestellt.

Im einzelnen lassen sich die Grundwasserverhältnisse nach den Grundwassergleichenplänen in den Anlagen 1.3 und 2 wie folgt beschreiben:

Nordöstlich von Geisenhofen beginnend deutet sich eine nach Norden reichende Mulde in der Grundwasseroberfläche an, die zwar nördlich des Hofes Feldwagner wegen fehlender Aufschlüsse nicht mehr verfolgt bzw. dargestellt werden kann, sich jedoch weiter im Nordosten im Bereich der Grundwassermessstellen 758, 759 und 760 fortsetzt und sowohl nördlich als auch südlich der Brunnen Kaufbeuren nach Osten umbiegt. Entlang dieser Mulden in der Grundwasseroberfläche dürfte der Hauptgrundwasserabstrom stattfinden.

Auffällig ist das zwischen den Grundwassermessstellen am Immenhofener See und dem Hausbrunnen Feldwagner mit 16 ‰ gegenüber dem weiter nordöstlich gelegenen Gebiet mit 5-10 ‰ erheblich höhere Grundwassergefälle. Es ist zu vermuten, daß der größte Höhenunterschied nahe dem Immenhofener See besteht, wodurch das Gefälle in diesem Bereich noch erheblich höher wäre, was mit den verfügbaren Daten aber nicht konstruierbar ist. Dies ist neben dem schon erwähnten Umbiegen der Grundwasserisohypsen ein weiterer Hinweis darauf, daß zwischen dem Immenhofener See und dem Hof Feldwagner die Basis des Grundwasserleiters stark absinkt und / oder dessen Durchlässigkeit zunimmt. Für eine Zunahme der Durchlässigkeit des Untergrundes im Bereich des Immenhofener Sees spricht auch, daß der Firgenbach hier versickert, währ-

rend er weiter westlich auf der gesamten Strecke ab dem Quellgebiet einen kontinuierlichen Abfluß zeigt. Im Bereich des Hofes Feldwagner liegt die Sohle des am 30./31.10.1991 und am 22.10.1994 hier trockenen Firgenbaches auf einer Höhe von 715,5 m ü.NN, also rd. 12 m über dem Grundwasser. Vor der Mündung in die Wertach liegt die Bachsohle auf 710,1 m ü.NN, liegt also noch fast 1 m über dem Grundwasser. Die Bachsohle und die gesamte Geländemorphologie fallen somit hier entgegen dem Grundwassergefälle ab.

Aus der Konstruktion der Grundwassergleichen ergibt sich ein mit rd. 40 ‰ sehr steiles Grundwassergefälle auch im Bereich der GM 21 und der Kreuzung B12/B16 südlich von Altdorf. Hier folgt die Neigung der Grundwasseroberfläche bei einer ganz geringen Grundwassermächtigkeit von bereichsweise weniger als 1 m ganz offensichtlich der Oberfläche des unter dem Kies liegenden Grundwasserstauers. Prinzipiell dürfte dies für den gesamten Bereich von der B12 bis zu einer ungefähren Linie, die man vielleicht von 100 bis 200 m südlich der Brunnen Kaufbeuren I bis V zur GM 23 ziehen kann, gelten. Wie man an den Ergebnissen der Pumpversuchsauswertungen sehen kann (siehe Tabelle 5), nimmt nicht nur die Grundwassermächtigkeit von der B12 nach Norden zu, sondern auch die Durchlässigkeit.

Auch nordwestlich der Bebauung von Ebenhofen bzw. nördlich der Grundwassermeßstelle 759 ergibt sich aus der Konstruktion der Grundwassergleichen ein relativ steiles Gefälle von 20 ‰, das durch die Morphologie der Oberfläche des Grundwasserstauers bedingt ist. Auch hier gibt es erhebliche Unterschiede in der Durchlässigkeit. Von den drei Bohrungen Da1 bis Da3 ist sie am höchsten in der Bohrung Da2, die am nächsten am Rinnentiefsten liegt, schon eine Zehnerpotenz geringer in der Bohrung Da1 und nur noch minimal in der Bohrung Da3, in der beim Klarpumpen ebenso wie in der GM 21 auch bei der geringen Fördermenge von 0,2 l/s kein Beharrungszustand erreicht werden konnte (siehe Tabelle 5).

Nach den vorliegenden Aufschlußergebnissen scheint es zwar so, als ob die Oberfläche des Grundwasserstauers einigermaßen gleichmäßig zum Rinnenzentrum hin abfällt. Das ist aber wegen der sowohl südlich als auch nördlich der Brunnen Ebenhofen - Altdorf geringen Aufschlußdichte oder auch fehlender Aufschlüsse keineswegs gesichert. Die Oberfläche des Grundwasserstauers kann zum Rinnentiefsten hin auch zunächst sehr flach und ab einer nicht bekannten Linie grabenartig steil abfallen. Das hätte für die Grundwasseroberfläche zur Folge, daß diese beispielsweise zwischen VB3/VB4 und den Brunnen Kaufbeuren Ebenhofen zunächst flacher, dann aber steiler als dargestellt absinken würde. Analog gilt das für den Bereich zwischen Da3 und GM 759 oder zwischen den Brunnen Altdorf und GM 21. Im zweiten Fall würde das "Grundwassertal" entlang der Brunnen Kaufbeuren - Ebenhofen breiter als dargestellt. Die Ergebnisse der geoelektrischen Meßergebnisse haben den Kenntnisstand hierzu zwar bereits erheblich verbessert, im einzelnen würden weitere Bohraufschlüsse aber sicher noch zu Änderungen der Darstellung im Detail führen.

Aus demselben Grund ist auch die Konstruktion der Grundwassergleichen im Dreieck zwischen der Grundwassermeßstelle 759, der Versuchsbohrung westlich Ebenhofen

aus dem Jahr 1960 und dem Brunnen Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen nur als eine den tatsächlichen Verhältnissen angenäherte Interpretation zu betrachten.

Der Wasserspiegel der gestauten Wertach liegt am Kraftwerk Ebenhofen bis zur Stauwurzel an der Brücke der Ortsverbindungsstraße Marktoberdorf - Ebenhofen (Schwabbenstraße) auf einer Höhe von 708,05 m ü. NN. Die Grundwasseroberfläche liegt demgegenüber auf Höhe des Kraftwerkes beim Brunnen IV und der Viehtränke auf knapp 702 m ü. NN, also rd. 6 m unter dem Wertachwasserspiegel. Bei diesen Gegebenheiten kann und wird die Wertach in der gestauten Strecke sicherlich Wasser in den Untergrund abgeben. Andererseits wird die Menge aber nicht als bedeutend eingeschätzt, da Flußsohlen in gestauten Strecken zur Selbstdichtung neigen und außerdem die Kiesmächtigkeiten in dem an die gestaute Wertach nach Süden anschließenden Bereich am geringsten sind (siehe z.B. Versuchsbohrungen VB3 und VB4).

**Insgesamt gesehen, muß der Hauptgrundwasserzustrom nördlich von Thalhofen bis etwa zur Linie Ennenhofen - Geisenhofen entlang des Wertachtals, dann unter der Wertach und der B12 hindurch nach Norden bis zu den Grundwassermeßstellen 758, 759 und 760 oder westlich von diesen, von dort nach Osten wieder zum heutigen Wertachtal hin und unter der Wertach hindurch angenommen werden, so daß auch den Brunnen Altdorf hauptsächlich auf diesem Weg Grundwasser zuströmen dürfte. Aus dem Geisenrieder Tal dürfte entgegen früheren Annahmen kaum Wasser zuströmen.**

Wie SCHAEFER in einem Gutachten vom August 1961 /3d/ beschrieben hat, dürfte sich der Hauptgrundwasserstrom von Ebenhofen bzw. Altdorf nach Biessenhofen in einer schmalen Kiesrinne von weniger als 1000 m Breite dem heutigen Wertachtal folgend fortsetzen. Diese Rinne dürfte sich westlich der Wertach entlang der Bahn und der B16 von Biessenhofen nach Norden fortsetzen. Nicht geklärt ist bis heute, ob ein nennenswerter Teil des Grundwassers von den Grundwassermeßstellen 758 bis 760 aus nach Norden in Richtung Heimenhofen zum Kirnachtal und vielleicht unter dem Kirnachtal westlich des Holdersberges hindurch nach Norden abströmt. Ein Abströmen zwischen dem Holdersberg und dem Moränenzug des Schwesternwaldes westlich von Biessenhofen erscheint, wie auch schon SCHAEFER ausführte, nicht möglich, da hier der Molasseuntergrund zu hoch ansteht.

Ein Beleg dafür, daß die Kiesrinne unmittelbar westlich von Ebenhofen keine Fortsetzung nach Norden hat, sind die minimalen Kiesmächtigkeiten in der Versuchsbohrung westlich von Ebenhofen und in der Grundwassermeßstelle Da3 sowie die in der am nördlichsten gelegenen Bohrung B gegenüber den Bohrungen A und C mit 27 m geringste Kiesmächtigkeit. Wie andererseits die Bohrungen Da 1 und Da 2 zeigen, kann sich aber eine Kiesrinne noch weiter westlich durchaus nach Norden in Richtung Kirnachtal fortsetzen.

### 3.3.2 Spezielle Untersuchungsergebnisse im Nahbereich der Brunnen Altdorf

An den Brunnen Altdorf wurde in der Zeit vom 22.10. bis 30.10.1996 ein Dauerpumpversuch gefahren. Die Summe der Wasserförderung aus allen vier Brunnen betrug 108 l/s. Diese Menge entspricht etwa der genehmigten Wasserförderung, liegt aber etwa doppelt so hoch wie die tatsächliche durchschnittliche Wasserförderung in den letzten Jahren. Den größten Anteil der Förderung hatten im Pumpversuch und haben auch im Normalbetrieb die beiden Brunnen der Fa. Nestlé mit einer Förderleistung von rd. 80 l/s. Der Schwerpunkt der Grundwasserabsenkung lag daher auch im Bereich dieser beiden Brunnen. Die beiden Brunnen der Gemeinde Biessenhofen tragen vergleichsweise wenig zur Grundwasserabsenkung bei Brunnenbetrieb bei.

Zur Beobachtung der Wasserspiegel während des Pumpversuches wurden Ende September/Anfang Oktober 1996 zusätzlich zu den schon 1994 eingerichteten Grundwassermeßstellen GM 21 bis GM 23 weitere 15 Grundwassermeßstellen GM 24 bis GM 38 eingerichtet. Die neuen Grundwassermeßstellen dienen überwiegend nur zur Grundwasserstandsbeobachtung und erreichen mit Tiefen von etwa 4 bis 6 m die Basis des Grundwasserleiters nicht.

Lediglich die Meßstelle GM 38 erreichte mit einer Tiefe von 10 m die Kiesbasis. Sie wurde auch deshalb tiefer gebohrt, weil während des Bohrvorgangs quasi kein Wasser im Bohrloch feststellbar war. Erst über Nacht sammelte sich in der Bohrung etwas Wasser. In dieser Bohrung wurde unter dem Kies eine bindige Grundmoräne angebohrt, eventuell handelt es sich auch schon um Gesteine der Molasse. Die Gebirgsdurchlässigkeit der Moräne ist offenkundig sehr gering.

Die Brunnen Altdorf und die meisten Meßstellen im Umkreis der Brunnen Altdorf zeigen im Ruhezustand am 22.10.1996, 13.00 Uhr, nur minimale Höhenunterschiede der Grundwasseroberfläche zwischen 702,28 und 702,35 m ü. NN. Die Grundwasseroberfläche ist im näheren Umfeld der Brunnen quasi eben (Anlage 2.2, Plan 1).

Sehr deutliche Ausnahmen bilden die Meßstellen GM 21, 23 und 36 mit Wasserspiegelnhöhen von mehr als 706 m ü. NN. Auch die Meßstelle GM 38 paßt mit 702,89 m ü. NN nicht recht in das Bild der sonstigen Meßstellen. Ganz offensichtlich steigt die Grundwasseroberfläche entlang einer Linie, die hart südlich der Meßstellen GM 35 und GM 37 in Richtung auf GM 38 verläuft, „steil“ an. Ursache ist offenkundig ein Anstieg der Kiesbasis. Hier liegt der südliche Rand der Kiesrinne im Untergrund, aus der die Brunnen Altdorf ihr Wasser fördern. Außerdem nimmt die Gebirgsdurchlässigkeit südlich der genannten Linie stark ab. Diese Linie stellt den südlichen Rand des für die Brunnen Altdorf wesentlichen Einzugsgebietes dar. Westlich der Wertach setzt sich der „Steilanstieg“ der Kiesbasis etwa im Bereich des dortigen Altarms der Wertach fort, wobei sein Verlauf dort hauptsächlich durch die geoelektrischen Tiefensondierungen markiert, im einzelnen aber nicht durch Bohrungen nachgewiesen ist. Die im Herbst 1996 neu eingerichteten Grundwassermeßstellen haben somit die schon aus den bisherigen Meßergebnissen gezogene Schlußfolgerung, daß den Brunnen Altdorf von Süden her nur wenig Grundwasser zuströmen kann, untermauert. Der Anstieg der Kiesbasis nach Süden ist noch schärfer ausgeprägt als bisher z.B. in Anlage 2.3 konstruierbar war (siehe N-S Profil A - A' in Anlage 3.2).

Während des Pumpversuches wurden die Wasserspiegel in den Brunnen und in den meisten der Grundwassermeßstellen mittels Drucksonden und Datenloggern quasi kontinuierlich, im übrigen mittels Lichtlot (siehe Tabelle 5, Blatt 4) gemessen. Die Anlagen 6.1 und 6.2 zeigen die Ganglinien.

In dem im Ruhezustand nahezu ebenen Bereich der Grundwasseroberfläche in der näheren Brunnenumgebung breitete sich die Grundwasserabsenkung während des Pumpversuches sehr flach aus. Die Absenkbeträge unter Ruhewasserspiegel in den Meßstellen liegen um 30 bis 35 Zentimeter (Anlage 2.2, Plan 2). Die zu erwartende lineare Beziehung zwischen Absenkung und dem Logarithmus der Entfernung von den Brunnen läßt sich erst erkennen, wenn man die weiter entfernt gelegenen Meßstellen GM 22 und GM 38 (hier etwas unsicher) in die Betrachtung einbezieht (siehe Tabelle 5, Blatt 7). In diesen beiden 720 m bzw. 570 m vom Absenkungsschwerpunkt entfernten Meßstellen war noch eine Absenkung von 6 Zentimetern zu beobachten.

Die Wasserspiegel in den bereits südlich des oben geschilderten „Steilanstiegs“ der Kiesbasis gelegenen Meßstellen GM 21, 23 und 36 haben hingegen überhaupt nicht auf den Pumpbetrieb reagiert. Das zeigt wieder, daß die Flächen südlich des „Steilanstiegs“ nicht oder nur unwesentlich zum Grundwasserzustrom zu den Brunnen Altdorf beitragen.

Aus dem in der näheren Brunnenumgebung etwa West-Ost orientierten südlichen Rinnenrand im Untergrundes und der im Ruhezustand fast ebenen Grundwasseroberfläche ergibt sich, daß sich die Grundwasserabsenkung bei Brunnenbetrieb nach Westen und Osten in ähnlicher Weise ausbreitete. Nach Süden stößt die Grundwasserabsenkung an den „steil“ ansteigenden Rinnenrand und kann sich nicht weiter ausbreiten. Nach Norden ergibt sich eine Untere Kulmination etwa 100 m nördlich des Brunnens AAI, die etwa der bisherigen nördlichen Grenze des Wasserschutzgebietes entspricht.

### **3.4 Grundwasserstandsschwankungen**

Von den Brunnen Kaufbeuren und Ebenhofen sowie den Grundwassermeßstellen 758 (Bohrung A), 759 (Bohrung B) und 760 (Bohrung C) liegen Ergebnisse von regelmäßigen Grundwasserstandsmessungen seit 1961/62 bzw. seit Herstellung der jeweiligen Brunnen oder Meßstellen vor. Von einer Reihe weiterer Meßstellen wurden die Wasserspiegel über längere Zeit in unterschiedlichen Zeiträumen gemessen. Von den Brunnen Altdorf liegen dem Gutachter Daten aus den Jahren 1990 bis 1994 vor. Die Meßzeiträume und Extremwerte der Wasserstände sind in Tabelle 3.2, Bl. 1, aufgelistet. Darüber hinaus stehen mittlerweile Wasserspiegelmessungen in den neuen Grundwassermeßstellen GM 21 bis GM 23 und Da1 bis Da3 einerseits bei niedrigen Grundwasserständen vom 22.10.1994 und 22.10.1996 sowie andererseits einem deutlich höheren Grundwasserstand vom 08./09.02.1995 zur Verfügung (Tabelle 3.2, Blatt 2).

Es zeigt sich, daß die Höhe der Ruhe-Grundwasseroberfläche auf der Niederterrasse (Brunnen Kaufbeuren V, Meßstellen 758-760) bis zu 4,65 m schwankt. Hätte man hier auch den Meßzeitraum seit 1962 wie bei den Brunnen I bis IV zur Verfügung, in dem die tiefsten Wasserstände überwiegend 1972 und die höchsten Wasserstände 1964/1965 registriert wurden, als die vorgenannten Brunnen und Meßstellen noch nicht

existierten, so käme man wohl auf Schwankungsbeträge um 5 m. Zur Wertach hin nehmen die Schwankungsbeträge über 3,72 m (Br. III), 2,49 m (Br. I) und 2,37 m (Br. II) auf 2,35 m (Br. IV) ab. Diese Beobachtung deckt sich mit der allgemeinen Erfahrung, daß die Wasserstandsschwankungen in der Regel mit der Annäherung an den Vorfluter abnehmen. Sie könnte natürlich auch dahingehend interpretiert werden, daß die Wertach durch Einspeisung die Wasserspiegelschwankungen dämpft. Dem ist aber entgegenzuhalten, daß die ausgleichende Wirkung bei einer Einspeisung in größerem Umfang erheblich stärker sein sollte. Andererseits sind die Schwankungsbeträge - wie schon erwähnt - im Zentrum der Kiesrinnen höher als in den Randbereichen.

Aus den Daten der Brunnen Altdorf lassen sich Schwankungsbeträge der Ruhewasserspiegel zwischen 1 und 2 m entnehmen. Langjährig dürften die Wasserspiegelschwankungen denen der Brunnen Kaufbeuren I, II und IV ähnlich sein, also noch um rd. 1 m höher liegen.

Die am 22.10.1994 gemessenen Wasserspiegel unterscheiden sich nur um Zentimeter bis rd. 20 cm von denen am 30.10.1991. Eine Ausnahme bilden die Meßstellen J4 und J5, an denen die Wasserspiegel am 22.10.1994 um rd. 40 cm höher lagen als am 31.10.1991. Im Vergleich zu den langjährig gemessenen Wasserspiegeln liegen die Wasserspiegel vom 31.10.1991/ 22.10.1994 nur um etwa einen halben Meter über den niedrigsten Wasserspiegeln (gemessen in den Brunnen Kaufbeuren), spiegeln also einen recht niedrigen Wasserstand wider. Die am 22.10.1996 im Umfeld der Brunnen Altdorf gemessenen Wasserspiegel lagen etwa 25 cm über denen vom 22.10.1994.

### **3.5 Klimadaten und Grundwasserneubildung**

In Tabelle 7 sind die Jahresniederschläge seit 1961 nach Daten des städtischen Wasserwerkes Kaufbeuren bzw. seit 1991 nach den Daten des Deutschen Wetterdienstes, Station Kaufbeuren, aufgelistet. Sie zeigt Naßjahre mit mehr als 1400 mm Niederschlägen 1965, 1974, 1979, 1981 und 1987 und Trockenjahre mit weniger als 1000 mm Niederschlägen 1961, 1962, 1964, 1971, 1972 und 1991. Die geringsten Niederschläge wurden 1971 und 1991 mit 958 mm bzw. 957 mm, der höchste mit 1646 mm (nach den DWD-Daten in Kaufbeuren 1555 mm) im Jahr 1987 gemessen. Der langjährige Mittelwert liegt nach den Daten des DWD bei 1216 mm. Das in vielen Gegenden besonders trockene Jahr 1976 liegt mit 1259 mm noch über dem Mittelwert.

Die geringsten Niederschläge im Jahr 1971 mit dem darauffolgenden weiteren Trockenjahr 1972 korrespondieren mit den niedrigsten Grundwasserständen im Jahr 1972. Die höchsten Niederschläge 1987 haben nicht zu den höchsten Grundwasserständen geführt. Daran zeigt sich, daß Grundwasserstandsspitzen nicht so sehr durch die Jahresniederschlagssummen, sondern vielmehr durch länger anhaltende Starkregen, meist im Frühjahr, wie z.B. im Jahr 1988, bewirkt werden.

Der mittlere Jahresniederschlag von 1216 mm entspricht einer Niederschlagsspende von rd. 38,5 Litern pro Sekunde und Quadratkilometer. Hiervon versickert der nach Ab-

zug der Verdunstung und des oberirdischen Abflusses verbleibende Teil in das Grundwasser, führt also zur Grundwasserneubildung. Die Grundwasserneubildung kann für Flußgebiete, in denen das Fließgewässer dem Grundwasser als Vorfluter dient, aus den Abflüssen in Niedrigwasserzeiten, in denen der Abfluß nur aus dem Grundwasser stammt, errechnet werden. Die entsprechenden Daten sind vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft für die bayerischen Flüsse veröffentlicht worden /16/.

Danach beträgt die mittlere Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet der Wertach am Pegel Thalhofen 400 mm = 12,7 l/s·km<sup>2</sup> (nach Daten der Jahre 1972 bis 1984), am Pegel Biessenhofen, der auch das Gebiet der Kirnach einschließt, 332 mm oder 10,5 l/s·km<sup>2</sup> (nach Daten der Jahre 1921 bis 1984). Für das Einzugsgebiet der Brunnen Ebenhofen und Altdorf wird nachstehend von einem Gebietsmittelwert von 11,5 l/s·km<sup>2</sup> ausgegangen.

Die niedrigsten Raten der Grundwasserneubildung wurden am Pegel Thalhofen 1983/84 mit 211 mm oder 6,7 l/s·km<sup>2</sup> und am Pegel Biessenhofen 1943/44 mit 109 mm oder 3,5 l/s·km<sup>2</sup> ermittelt. Es gab also noch trockenere Jahre als 1971/72.

Aus der Grundwasserneubildung und der Wasserförderung aus Brunnen läßt sich die Mindestgröße des Einzugsgebietes abschätzen, das zur Erneuerung der geförderten Wassermenge aus den Niederschlägen erforderlich ist.

Nach den in Tabelle 4 angegebenen Daten betrug die jährliche Förderung aus allen Brunnen rd. 2.750.000 m<sup>3</sup>, zuletzt noch rd. 2.400.000 m<sup>3</sup>. Am nordwestlichen Ortsrand von Altdorf entspringt das Mühlbächle, dessen Schüttung - geschätzt - einige Zehner Liter pro Sekunde beträgt. Unter Annahme einer mittleren Schüttung von 20 l/s ergäbe sich ein Jahresabfluß des Mühlbächles von rd. 600.000 m<sup>3</sup>. Dieser ist der Förderung aus den Brunnen hinzuzurechnen. Die Gesamtgrundwasserentnahme im Bereich Altdorf - Ebenhofen beträgt also - ohne Berücksichtigung möglicher, aber unbekannter Grundwasserabflüsse in die Wertach - mindestens rd. 3 Mio m<sup>3</sup>/a oder durchschnittlich 95 l/s.

Bei einer Grundwasserneubildungsrate von etwa 11,5 l/s·km<sup>2</sup> errechnet sich aus der Gesamtgrundwasserentnahme eine Bilanzdeckungsfläche von rd. 95/11,5 = 8,3 km<sup>2</sup>. Es ist also mit einem Gesamteinzugsgebiet mindestens etwa dieser Größe zu rechnen. Setzt man nicht die tatsächlichen, sondern die wasserrechtlich genehmigten Fördermengen an, so ergibt sich die Gesamtförderung (siehe Tabelle 4) wie folgt:

Brunnen Kaufbeuren I bis V:	3 Mio m <sup>3</sup> /a
Brunnen Ebenhofen:	rd. 200.000 m <sup>3</sup> /a
Brunnen Altdorf:	3,4 Mio m <sup>3</sup> /a
Mühlbächle	geschätzt 0,6 Mio m <sup>3</sup> /a
	-----
Summe:	7,2 Mio m <sup>3</sup> /a

Mit dieser Fördermenge, die einer durchschnittlichen Entnahme von rd. 230 l/s entspricht, ergäbe sich eine Bilanzdeckungsfläche von rd. 20 km<sup>2</sup>.

Rechnet man weitere 3,15 Mio m<sup>3</sup>/a hinzu, wie sie im Bericht des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft vom 04.08.1978 für das Grundwassererkundungsgebiet

Ebenhofen als gewinnbar angesehen werden, so kommt man auf rd. 10,35 Mio m<sup>3</sup>/a oder durchschnittlich rd. 330 l/s, also etwa dem dreifachen der derzeitigen tatsächlichen Fördermenge, was einer Bilanzdeckungsfläche von rd. 29 km<sup>2</sup> entspricht. Bezogen auf Trockenjahre würde sich die notwendige Fläche nochmals verdreifachen, so daß die genannten Maximalentnahmen nicht mehr realistisch erscheinen. Die in Kap. 3.1 umschriebene Fläche des großräumigen geologisch möglichen Einzugsgebietes beträgt etwa 25 bis 30 km<sup>2</sup>.

### 3.6 Untergrundhydraulische Daten

Zur Ermittlung der zur Schutzgebietsabgrenzung maßgeblichen Größen wie Entnahmebreite, untere Kulmination (soweit sie in Abhängigkeit von den Untergrundverhältnissen mit den üblichen einfachen Verfahren berechenbar sind) und Abstandsgeschwindigkeit ist neben dem aus Grundwassergleichenplänen entnehmbaren Grundwassergefälle, der Mächtigkeit des Grundwasserleiters und den Fördermengen die Kenntnis des Durchlässigkeitswertes und des durchflußwirksamen Hohlraumanteiles im Grundwasserleiter erforderlich. Beide können aus Pumpversuchen je nach den verfügbaren Daten von während des Pumpversuches beobachteten Grundwassermeßstellen mehr oder weniger genau ermittelt werden.

Im vorliegenden Fall wurden die Pumpversuche in den Bohrungen A, B und C (Grundwassermeßstellen 758, 759 und 760) mit einer größeren Anzahl an Meßstellen gefahren und vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft detailliert ausgewertet /3c/. Für die Pumpversuche in den Brunnen Kaufbeuren II bis V war dies unterschiedlich gut möglich. Die Daten des Brunnens Kaufbeuren I ließen sich nicht sinnvoll auswerten, da im damaligen Pumpversuch die Entnahmemenge zu häufig geändert wurde /8/.

Die Pumpversuche in den Brunnen Altdorf aus der Zeit der Herstellung der Brunnen konnten (mit Ausnahme des Brunnens I der Gemeinde Biessenhofen, von dem keine Pumpversuchsergebnisse vorliegen) nach vereinfachten Verfahren für Brunnen ohne Grundwassermeßstellen ausgewertet werden. Bei den Grundwassermeßstellen GM 22 und GM 23 sowie Da1 und Da2 wurden die beim Klarpumpen gemessenen Daten analog ausgewertet. Die Daten von GM 21 und Da3 waren wegen zu geringer Ergiebigkeit bzw. Durchlässigkeit nicht auswertbar.

Zusätzlich wurden die während des Pumpversuches vom 22.-30.10.1996 an den Grundwassermeßstellen im Umfeld der Brunnen Altdorf gewonnenen Wasserspiegeldaten ausgewertet.

Die der Auswertung der Pumpversuche in den Brunnen Altdorf sowie der neuen Grundwassermeßstellen Da1 bis Da3 bzw. GM 21 bis GM 23 zugrunde gelegten Daten und Formeln sind in Tabelle 5, Blatt 2, die Auswerteergebnisse in Blatt 1 aufgelistet. Die Auswertung des Pumpversuches vom 22.-30.10.1996 ist in Tabelle 5, Blatt 7 dokumentiert. Tab. 5, Blatt 3, enthält eine Zusammenstellung der geohydraulischen Auswerteergebnisse aus dem Gutachten für das Städt. Wasserwerk Kaufbeuren vom 05.12.1991 /8/.

Aus Blatt 3 der Tabelle 5 lassen sich im Raum Ebenhofen die Transmissivität  $T$  zu  $1,2 \cdot 10^{-2}$  (Brunnen II) bis  $1,54 \cdot 10^{-1}$   $m^2/s$  (Bohrung C) und der Durchlässigkeitswert  $k_f$  zu  $1,6 \cdot 10^{-3}$  (Brunnen II) bis  $2,5 \cdot 10^{-2}$   $m/s$  entnehmen. Die mit Abstand höchste Durchlässigkeit liegt beim Brunnen V, die geringste beim Brunnen II vor. Die Transmissivität ist ebenfalls beim Brunnen II am geringsten und in Bohrung C wegen der dort höchsten erbohrten Mächtigkeiten des Grundwasserleiters am höchsten. Die Daten des Brunnens V sind allerdings wenig gesichert, da die Wasserspiegel beim Pumpversuch 1975 durch im Vergleich zu den geringen Absenkungen hohe natürliche Wasserspiegelschwankungen stark beeinflusst wurden. Die ermittelten Werte für  $k_f$  und  $T$  dürften als Höchstwerte zu interpretieren sein.

Abgesehen von Brunnen V wurde im Brunnen IV mit  $7,9 \cdot 10^{-3}$   $m/s$  die höchste Durchlässigkeit ermittelt. Dieser hohe Wert könnte theoretisch aber auch durch Grundwasseranreicherung aus der Wertach vorgetäuscht sein.

Von den Bohrungen Da1 bis Da3 wurden die Daten des Klarpumpens der Meßstellen ausgewertet. Die Ergebnisse sind zwar erheblich weniger zuverlässig als beispielsweise die Ergebnisse von den Bohrungen A, B und C, in denen umfangreiche Versuche durchgeführt wurden, sie können aber doch als Anhaltswerte dienen.

In der Bohrung Da2 (Pumprate 3,0 l/s) wurde mit  $6,6 \cdot 10^{-3}$   $m/s$  eine ähnlich hohe Durchlässigkeit wie in den Bohrungen A, B und C ermittelt. Die Durchlässigkeit nimmt nach Norden und Nordosten stark ab. In Bohrung Da1 (Pumprate 1,0 l/s) beträgt sie mit  $3,4 \cdot 10^{-4}$   $m/s$  nur noch rd. 5 % des Wertes der Bohrung Da2. In Bohrung Da3 (Pumprate 0,2 l/s) schließlich ist sie offenbar nochmals deutlich geringer als in Da1, wobei aber wegen der zu geringen Ergiebigkeit keine aussagekräftigen Pumpdaten gewinnbar waren.

Als Gebietswerte für die Talaue im Bereich der Brunnen I bis IV können Durchlässigkeitswerte von etwa  $2 \cdot 10^{-3}$   $m/s$  und Transmissivitäten um  $2 \cdot 10^{-2}$   $m^2/s$  angesehen werden. Für die Niederterrasse bzw. - wahrscheinlich - den zentralen Rinnenbereich betragen die entsprechenden Werte um mindestens  $5 \cdot 10^{-3}$   $m/s$  bzw.  $1 \cdot 10^{-1}$   $m^2/s$ .

Östlich der Wertach liegen die Durchlässigkeitswerte nach den Ergebnissen der Pumpversuche ohne Grundwassermeßstellen in den Brunnen Altdorf und in der GM 22 (Pumprate 3,0 l/s) mit 2,2 bis  $7,5 \cdot 10^{-3}$   $m/s$  ähnlich hoch wie in den Bohrungen A bis C oder im Brunnen Ebenhofen. Die Auswertung der Ergebnisse des Pumpversuches vom 22.10.-30.10.1996 ergab einen Durchlässigkeitswert von  $k_f = 8,9 \cdot 10^{-3}$   $m/s$ . Dieser Wert wird als am zuverlässigsten betrachtet, da er sich aus den Daten von Grundwassermeßstellen ergibt und wird daher der Bemessung der engeren Schutzzone für die Brunnen Altdorf zugrunde gelegt.

In der schon randlich zur Kiesrinne gelegenen Bohrung GM 23 (Pumprate 0,5 l/s) beträgt der Durchlässigkeitswert mit  $9,5 \cdot 10^{-5}$   $m/s$  nur 4 % des Durchlässigkeitswertes in GM 22. Für GM 21 (Pumprate 0,2 l/s) ist ebenso wie bei der Bohrung Da3 wegen der zu geringen Ergiebigkeit keine Auswertung mehr möglich.

Der durchflußwirksame Hohlraumanteil (Porenanteil) wurde in den Pumpversuchen in den Bohrungen A, B und C und in dort durchgeführten Korngrößenanalysen zu rd. 20 % ermittelt. Dieser Wert kann auch für die Brunnen I bis V in hinreichender Näherung als Gebietswert gelten. Aus den Daten des Pumpversuches vom 22.10.-30.10.1996 an den Brunnen Altdorf wurde ein Hohlraumanteil von 18,9 %, also praktisch derselbe Wert wie westlich der Wertach, abgeleitet.

Für die geringer durchlässigen Randbereiche der Kiesrinne ist zum durchflußwirksamen Hohlraumanteil mangels Pumpversuchen mit Meßstellen, die zur Bestimmung notwendig wären, keine Aussage möglich.

## 4. Wasserqualität

### 4.1 Generelle Zusammensetzung des Grundwassers

Das Wasser der Brunnen Altdorf der Gemeinde Biessenhofen und der Allgäuer Alpenmilchwerke hat nach den vorliegenden Analysen bisher in chemischer Hinsicht immer den Anforderungen der Trinkwasserverordnung entsprochen. Dasselbe gilt (mit einer Ausnahme, soweit mir bekannt: am 18.07.85 lag im Br. Altdorf II der Gem. Biessenhofen die Koloniezahl über 100) auch für die mikrobiologische Wasserqualität, weshalb auf letztere nicht weiter eingegangen wird.

Dieselben Aussagen lassen sich nach den uns bis 1990 vorliegenden Daten auch für die Brunnen des Pumpwerkes 2 der Stadt Kaufbeuren und für den Brunnen Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen treffen.

In chemischer Hinsicht lassen sich zwischen den einzelnen Brunnen und den benachbarten Grundwasseraufschlüssen einige Unterschiede erkennen. In Tabelle 6, Blatt 1 bis 3, sind die Ergebnisse der dem Gutachter vorliegenden chemischen Wasseranalysen der Brunnen Altdorf im einzelnen, in Blatt 4 für den Brunnen Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen aufgelistet. Tabelle 6, Blatt 5 (übernommen aus dem Gutachten für das Städt. Wasserwerk Kaufbeuren vom 05.12.1991 /8/) zeigt die chemische Zusammensetzung der Wässer der Brunnen Kaufbeuren und Ebenhofen, der Hausbrunnen Lorenzbauer und Feldwagner sowie der Grundwassermeßstellen am Immenhofener Baggersee nach Analysen vom 31.07. und 25.10.1990 sowie vom 19.02.1991. In der Tabelle auf Blatt 5 sind die Probenahmestellen entsprechend ihrer Lage von Südwesten nach Nordosten von links nach rechts aufgeschrieben. Entsprechend dieser Reihenfolge wären die Brunnen Altdorf rechts an Blatt 5 anzuschließen. In Tabelle 6, Blatt 6, ist das Ergebnis einer Stichtagsbeprobung an den Brunnen Altdorf und Ebenhofen und den neuen Grundwassermeßstellen am 09./10.03.1995, zusammengestellt.

Von Nordwesten nach Südwesten läßt sich die chemische Wasserzusammensetzung wie folgt beschreiben:

Es zeigt sich, daß die **Gesamtmineralisation** des Wassers und die **Gesamthärte vom Brunnen Feldwagner über den Brunnen V Kaufbeuren in Richtung auf den Brun-**

**nen IV Kaufbeuren** hin, d.h. auch mit Annäherung an die Wertach kontinuierlich abnehmen. (Eine gewisse Ausnahme, die allerdings den Trend nur wenig stört, macht dabei der Brunnen I in der Analyse vom 25.10.1990, nicht aber in der Analyse vom 09.03.1995). Die Abnahme der Mineralisation ist neben der Abnahme der Konzentrationen an Calcium vor allem durch die zur Wertach hin geringeren Konzentrationen an Natrium, Nitrat, Chlorid und Sulfat bedingt. Auch die Phosphatkonzentration nimmt von der Niederterrasse zur Wertach hin ab (nur in den Proben vom 25.10.1990 feststellbar). Diese Unterschiede im Chemismus können vielleicht durch einen großräumig nicht auszuschließenden Einfluß der Wertach auf das Talgrundwasser natürlich bedingt sein, andererseits werden dadurch u.E. die Einflüsse der landwirtschaftlichen Nutzung und Düngung auf das Wasser der Niederterrasse deutlich. Die Niederterrasse ist im Vergleich zur Talaue intensiver landwirtschaftlich genutzt.

Vom Wasser der **Bohrungen A, B und C** liegen Analysen vom 13.12.1976 vor. Das Wasser entspricht in seiner Härte und sonstigen Zusammensetzung etwa dem der übrigen auf der Niederterrasse gelegenen Brunnen, wenngleich wegen der zeitlich unterschiedlichen Probenahme ein unmittelbarer Vergleich nicht möglich ist. Die Nitratkonzentrationen lagen damals zwischen 22,5 und 27,3 mg/l.

Neben den schon genannten Parametern nimmt auch die **Sauerstoffkonzentration** von der Niederterrasse zur Wertach-Talaue hin ab. In der Niederterrasse liegt sie mit 7 bis 10 mg/l bei mehr als zwei Drittel der Sättigungskonzentration. In den Brunnen III und I nimmt sie ab auf knapp 6 mg/l und geht zum Brunnen IV hin auf unter 5 mg/l, in der Analyse vom 25.10.1990 nur 2,6 mg/l, zurück. Aus diesem Grund werden die Wässer der Brunnen Kaufbeuren-Ebenhofen I, II und IV belüftet. Die geringen Sauerstoffkonzentrationen dürften ihre Ursache in vergleichsweise mächtigeren organischen Einlagerungen im Talgrund haben, die zur Sauerstoffzehrung führen. Die geringen Sauerstoffkonzentrationen im Talgrund sind aber sicher auch ein Grund dafür, daß die **Nitratkonzentrationen** wegen des Sauerstoffmangels in der Talaue am geringsten sind.

Vom Brunnen Feldwagner zu den Grundwassermeßstellen am Immenhofener See hin läßt sich nur bei der Nitrat- und Chloridkonzentration noch eine deutliche Tendenz zu einer Zunahme der Konzentrationen nach Südwesten hin feststellen.

Der Brunnen Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen paßt nicht in das geschilderte Bild. Seine Wasserqualität ist ähnlich wie bei den in der Niederterrasse stehenden Brunnen (Hausbrunnen Feldwagner und Lorenzbauer und Brunnen V Kaufbeuren). Dies ist ein Hinweis, daß diesem Brunnen im Vergleich zu den Brunnen I bis IV Kaufbeuren mehr Wasser aus der Niederterrasse zuströmt und unterstützt die Vermutung, daß der Hauptgrundwasserstrom aus der Niederterrasse im Bereich der Bebauung von Ebenhofen in das Wertachtal einmündet. Beim Brunnen I Kaufbeuren entspricht zwar die Wasserhärte dem Wasser der Niederterrasse, doch ist die Sauerstoffkonzentration deutlich niedriger.

Die **Wasserhärte der Brunnen Altdorf** ist mit 21 bis 22 °dH um rd. 1 bis 2 Härtegrade höher als die Wasserhärte der Brunnen in der Niederterrasse westlich der Wertach.

Wenn dieser geringe Unterschied überhaupt interpretierbar ist, muß man einen Wasserzustrom nicht nur von Westen her, sondern aus einem zusätzlichen Einzugsgebiet annehmen. Beim **Natrium und beim Chlorid** scheint es so, als ob der Brunnen Altdorf II der Gemeinde Biessenhofen eine um einige Milligramm höhere Konzentration aufweist als das Wasser der übrigen Altdorfer Brunnen und auch der westlich der Wertach gelegenen Brunnen. Sollte dies mit der Salzstreuung auf der B12 und B16 zusammenhängen, was auch die erhöhten Natrium- und Chloridkonzentrationen in GM 22 und GM 23 als nicht unmöglich erscheinen lassen, wäre das ein Hinweis auf Zustromanteile auch aus Osten.

Beim **Nitrat** (siehe Tabelle 6, Blatt 7) ist im Durchschnitt der Jahre 1985 bis 1995 hinweg in den **Brunnen der Allgäuer Alpenmilchwerke und im Brunnen Altdorf I der Gemeinde Biessenhofen** mit 29 bis 31 mg/l kein signifikanter Unterschied erkennbar. Der **Brunnen II** der Gemeinde Biessenhofen weist im Durchschnitt jedoch mit rd. 25 mg/l eine etwas geringere Konzentration auf. In der Analyse von der Stichtagsbeprobung am 09.03.1995 ist der Unterschied mit 16,9 mg/l gegenüber rd. 25 bis 28 mg/l in den übrigen drei Brunnen noch deutlicher. Ähnlich geringe Konzentrationen gab es im Brunnen II auch in vergangenen Jahren schon öfter, während im Brunnen I nur einmal im Jahr 1987 mit 14,8 mg/l eine ähnlich geringe Konzentration gemessen wurde.

Da auch die Konzentrationen an Natrium und Chlorid im Laufe der Jahre deutlich schwanken, könnte das auf wechselnde Anteile chemisch etwas unterschiedlichen Wassers je nach Brunnenbetriebszustand bei der Probenahme hinweisen. In den mit mehr als 8 mal höheren Entnahmen betriebenen Brunnen der Allgäuer Alpenmilchwerke scheinen die Schwankungen im Chemismus geringer, wenn auch hier weniger Analysendaten vorliegen.

Die im Brunnen Altdorf II in der Probe vom 09.03.1995 doch deutlich geringere Nitratkonzentration scheint kein Zufallsergebnis zu sein, da auch am 14.11.1994 in einer aus dem Ortsnetz Biessenhofen gezogenen Probe (daher in den Tabellen nicht aufgeführt) nur 17,1 mg/l Nitrat gefunden wurden (da hauptsächlich der Brunnen II betrieben wird, dürfte dieses Ergebnis im wesentlichen dem Brunnen II zuzuordnen sein).

Abgesehen von den vorgenannten niedrigeren Werten in den letzten beiden Proben vom Brunnen II sind die um etwa 25 bis 28 mg/l liegenden Nitratkonzentrationen im Wasser der Brunnen Altdorf allerdings um 5 bis 10 mg/l höher als die im Wasser der Brunnen der Niederterrasse westlich der Wertach.

In den Analysenprotokollen von den **Brunnen Altdorf I und II und des Brunnens Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen** bis 1988 finden sich im Vergleich zu später viel höhere Werte der **Oxidierbarkeit**. Auch wenn in den Analysenprotokollen ab 10.05.1988 ausdrücklich angegeben ist "Oxidierbarkeit als O<sub>2</sub>", erscheint doch denkbar, daß diese hohen, oft über dem Grenzwert der TVO liegenden Werte als KMnO<sub>4</sub>-Verbrauch berechnet sind. Diese Werte werden daher nicht interpretiert. Ab 1990 ist die Oxidierbarkeit unauffällig niedrig.

Was Schadstoffe wie **Halogenkohlenwasserstoffe und Pflanzenschutzmittel** betrifft, so waren Pflanzenschutzmittel bisher in keinem der Brunnen oder Meßstellen westlich und östlich der Wertach nachweisbar.

An Chlorkohlenwasserstoffen wurden Trichlormethan und Trichlorethylen in der Meßstelle 5 am Immenhofener See, in den beiden Hausbrunnen und im Brunnen Kaufbeuren V in geringen weit unter dem Grenzwert gemäß TVO liegenden Konzentrationen gemessen. Spuren von CKW sind auch von den Brunnen Feldwagner und Lorenzbauer sowie vom Brunnen Ebenhofen der Gemeinde Biessenhofen bekannt. In den Brunnen I bis IV waren keine Chlorkohlenwasserstoffe nachweisbar. In den Brunnen Altdorf sind uns keine Nachweise von Chlorkohlenwasserstoffen bekannt.

Von den neuen **Grundwassermeßstellen Da1 bis Da3, GM21 bis GM23 und dem Austritt des Mühlbächles** nördlich Altdorf liegt bisher je eine Analyse vom 09./10.03.1995 vor. Die wichtigsten chemisch-physikalischen Kenngrößen und die Nitratkonzentration wurden zusätzlich an dem offenen Grundwasser nordwestlich der Brunnen Altdorf und am Hausbrunnen der ehemaligen Sägemühle nördlich Altdorf bestimmt. Von der Wertach liegt eine Analyse vom 14.11.1994 vor.

Das **Wasser der Wertach** ist mit 14 °dH deutlich weicher als das Wasser der Brunnen sowohl westlich als auch östlich der Wertach. Es unterscheidet sich außerdem in einer höheren Oxidierbarkeit, in einer höheren Eisen- Mangan-, Bor- und Phosphatkonzentration, was bei einem Oberflächenwasser zu erwarten ist, bleibt aber insgesamt abgesehen von der Oxidierbarkeit in hygienisch-chemischer Hinsicht zum Zeitpunkt der Probenahme unter den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung. Die Chloridkonzentration ist mit 3,9 mg/l viel geringer als in allen Brunnen.

**Das zeigt, daß das Wertachwasser keinen nennenswerten Anteil an dem Wasser der vergleichsweise nahe an der Wertach gelegenen Altdorfer Brunnen oder der Brunnen II und IV der Stadt Kaufbeuren haben kann.** Großräumige Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Wertachwasser sind damit aber nicht ausgeschlossen.

Die chemische Zusammensetzung des Wassers aus den Grundwassermeßstellen Da1 und Da2 sowie GM 22 und GM 23 ist insgesamt dem der Brunnen auf der Niederterrasse westlich der Wertach bzw. der Altdorfer Brunnen ähnlich. Die Eisen- und Mangankonzentrationen sind mit Ausnahme von GM 22 zwar deutlich höher als in den Brunnen. Das kann aber damit zusammenhängen, daß aus den Meßstellen außer zum Klarpumpen und zur Probenahme kein Wasser gefördert wird, und wird daher nicht weiter interpretiert. Auffällig sind aber in den Meßstellen GM 22 und GM 23 erhöhte Natrium- und Chloridkonzentrationen, die auf die Salzstreuung auf der nahegelegenen Bundesstraße 16 zurückzuführen sein dürften. Ebenfalls auffällig ist in GM 23 eine Nitratkonzentration von 49,7 mg/l. Hier scheint erwähnenswert, daß sich unweit südlich der Meßstelle ein Güllebehälter befindet.

In den Meßstellen Da3 und GM 21 wirken sich die geringe Grundwassermächtigkeit im Kies und die geringe Durchlässigkeit auch auf den Chemismus aus. So ist in beiden Meßstellen die Sauerstoffkonzentration geringer, Nitrit nachweisbar, in GM 21 die Härte deutlich niedriger, in Da3 Ammonium nachweisbar und die Magnesiumkonzentration

gegenüber der Calciumkonzentration erhöht, in beiden Meßstellen die Eisen- und Mangankonzentration stark erhöht und die Chloridkonzentration auffällig gering.

Das Wasser des Mühlbächles nördlich von Altdorf unterscheidet sich kaum von dem der Brunnen Altdorf.

Das Schwermetall Arsen, das wegen der Müllablagerungen in der ehemaligen Kiesgrube südwestlich anschließend an den Immenhofener See im Grundwasser vermutet werden könnte, wurde bisher weder in den Meßstellen am Immenhofener See noch in den Brunnen in über das natürliche Maß hinausgehenden Konzentrationen (Maximalwert am Immenhofener See für Arsen = 0,001 mg/l) nachgewiesen. In den Meßstellen am Immenhofener See ist nach den vorliegenden Analysen generell keine Grundwasserbelastung, die auf die Müllablagerungen zurückgeführt werden müßte, zu erkennen. Es fällt allerdings auf, daß die Gesamtmineralisation, erkennbar an der elektrischen Leitfähigkeit, in den Jahren seit 1984 ziemlich stark schwankte. Dies ist auf unterschiedliche Konzentrationen von Chlorid, Nitrat und Sulfat sowie wahrscheinlich (nicht untersucht) von Calcium zurückzuführen.

#### **4.2 Zeitliche Variation der Wasserzusammensetzung**

Von den Brunnen Kaufbeuren Ebenhofen liegen viele Daten zu den Nitrat- und Chloridkonzentrationen aus den zurückliegenden Jahren, bei Nitrat zurückreichend bis in die sechziger Jahre, vor. Daraus läßt sich ableiten, daß die höchsten Konzentrationen in den Jahren 1984/85 gemessen wurden. Seither nehmen die Nitrat- und Chloridgehalte insgesamt gesehen wieder ab /8/. Die Vermutung ist naheliegend, daß der Konzentrationsknick ab 1985 durch die Milchkontingentierung, die zu einem geringeren Gülleanfall geführt haben dürfte, bedingt ist. Dieselbe Tendenz, wenn auch weniger deutlich, ist bei den Brunnen Altdorf zu erkennen.

Beim Chlorid ist insbesondere bei den Brunnen Altdorf, etwas weniger deutlich bei den Brunnen Kaufbeuren-Ebenhofen /8/ und beim Brunnen Biessenhofen-Ebenhofen ein Rückgang in den letzten 10 Jahren festzustellen, wenn auch die Konzentrationen schwanken. Vielleicht wirkt sich hier die in den letzten Jahren etwas eingeschränkte Streusalzanwendung auf den Straßen aus. Zusammenhänge der Nitrat- und Chloridkonzentration mit den Variationen der Jahresniederschläge sind nicht erkennbar.

#### **4.3 Zeitlicher Gang der Wassertemperaturen**

Aus dem Zeitraum von 1968 bis 1978 liegen Ganglinien der Wassertemperaturen der Brunnen I bis IV des Pumpwerkes 2 Kaufbeuren nach monatlich mehrmaligen Messungen vor.

Die Temperaturen schwankten beim Brunnen III von 7,8 bis 9,3 °C, beim Brunnen I von 6,2 bis 9,0 °C, beim Brunnen II von 7,5 bis 9,6 °C und beim Brunnen IV von 6,4 bis 10,5°C.

Brunnen IV hat sowohl die größte Temperaturamplitude als auch einen ausgeprägten Jahresgang der Temperatur mit höchsten Werten im Dezember/Januar und niedrigsten Werten im Mai bis Juli. Brunnen II zeigt diesen Jahresgang noch erkennbar. Bei den Brunnen I und III ist kaum noch ein Jahresgang erkennbar. Die den Lufttemperaturen entgegengesetzt verlaufenden Wassertemperaturen bei den Brunnen IV und II sind sicherlich ein Hinweis auf den Einfluß der Schneeschmelze und auf im Vergleich zu den Brunnen I und III schnelleren Grundwasserumsatz. Es fehlen zwar Messungen der Wassertemperaturen der Wertach; da aber angenommen werden kann, daß das Wasser der Wertach im Sommer am wärmsten und im Winter am kältesten ist, kann ein unmittelbarer kurzfristiger Einfluß des Wertachwassers auf das Grundwasser auch aus den Wassertemperaturen nicht geschlossen werden.

Von den Brunnen Altdorf liegen entsprechende Meßreihen nicht vor.

## **5. Zusammenfassende Aussagen zum Einzugsgebiet und Vorschlag für Änderungen an der Abgrenzung der Wasserschutzgebiete der Brunnen Altdorf und der Brunnen Ebenhofen der Stadt Kaufbeuren und der Gemeinde Biessenhofen.**

Aus den Grundwassergleichenplänen der Anlagen 2.1 und 2.2 läßt sich im Bereich der Brunnen Altdorf im Ruhezustand rein konstruktiv eine Grundwasserfließrichtung von Südsüdosten nach Nordnordwesten ableiten. Diese Fließrichtung entspricht exakt derjenigen, die schon im derzeit gültigen Schutzgebietslageplan als "festgestellte Grundwasserströmung" eingetragen ist. Ohne besondere Berücksichtigung der Untergrundverhältnisse südlich der Brunnen, wie sie sich aus den Bohrungen GM 21, GM 23, GM 36 und GM 38 sowie den Bohrungen entlang der B12 ergeben, würde man daraus auf einen Hauptgrundwasserzustrom aus dieser Richtung schließen.

Die Bohrerergebnisse zeigen aber, daß die Kiesgrundwassermächtigkeit nach Süden hin stark (bereichsweise fast bis auf Null) abnimmt. Auch der Durchlässigkeitswert nimmt - jedenfalls nach den Ergebnissen der GM 23, GM 21 und GM 38 - nach Süden um Größenordnungen ab. Man hat daher Schwierigkeiten, die aus den Brunnen Altdorf geförderten und aus dem Mühlbach ablaufenden rd. 2,2 Millionen m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr (entspricht durchschnittlich rd. 70 l/s) mit einem Zustrom nur aus Süden oder Südsüdosten zu erklären. Ein Durchfluß dieser Menge ist zwischen den Bohrungen GM 21 und GLA 8129/87 sicher nicht möglich, da hier die Grundwassermächtigkeit bis nahe Null zurückgeht. Östlich der Linie GM 23 - GM 22 scheint das Grundwasser nach Nordosten zu strömen. Von hier ist daher auch kein Zustrom zu den Brunnen Altdorf möglich. Bei Annahme eines Zustromes aus plus/minus südlicher Richtung bliebe daher nur die - allerdings nicht zu den konstruierten Grundwassergleichen passende - Annahme, daß das Grundwasser zwischen den Bohrungen GLA 8129/82 und GLA 8129/85 (an der B12), wo die Grundwassermächtigkeit etwa 3,5 m (nach Daten vom Frühjahr 1972) beträgt, hindurch strömt. Noch weiter westlich ist ein Zustrom entlang des Wertachtales kaum mehr anzunehmen, da die Grundwassermächtigkeiten in den Bohrungen VB 3 und VB 4 sowie GLA 8129/80 und GLA 8129/81 nur um 1 m liegen.

Zwischen den Bohrungen GLA 8129/82 und 85 kann man den Grundwasserzustrom zum Wertachtal überschlägig wie folgt abschätzen:

Durchstrombreite B:	ca. 700 m
Grundwassermächtigkeit H:	ca. 3,5 m
Grundwassergefälle i (aus dem Grundwassergleichenplan):	ca. 0,025
Durchlässigkeitswert $k_f$ , angenommen wie in GM 23:	$9,5 \cdot 10^{-5}$ m/s

Der Durchfluß ergibt sich daraus zu  $Q = B \cdot H \cdot k_f \cdot i = \text{ca. } 6 \text{ l/s}$ . Diese Menge ist nur ein Bruchteil der tatsächlichen Entnahme von ca. 70 l/s.

Der Durchfluß wäre nur dann zur Erklärung der Entnahme ausreichend, wenn der Durchlässigkeitswert 1 bis zwei Zehnerpotenzen höher, also deutlich höher als  $1 \cdot 10^{-3}$  m/s liegen würde. Nun ist zwar der Durchlässigkeitswert in dem betrachteten Bereich entlang der B12 nicht bekannt. Angesichts der Lage am Rand der Kiesrinne ist aber eine entscheidend höhere Durchlässigkeit als in der Überschlagsrechnung angesetzt höchst unwahrscheinlich.

Die Fläche des Einzugsgebietes südlich der Brunnen Altdorf, die sich bis zur B12, wo die Grundwassermächtigkeiten stark abnehmen, aus den Grundwasserisohypsen ergibt, beträgt bestenfalls zwischen rd. 0,5 und 1 km<sup>2</sup>. Bei einer Grundwasserneubildungsrate von 11,5 l/s·km<sup>2</sup> ergibt sich aus dieser Fläche auch nur eine Grundwasserneubildung von 5 bis 10 l/s. Auch die Summe des errechneten Durchstromes und der Grundwasserneubildung mit zusammen höchstens etwa 15 l/s reichen nicht annähernd aus, die Entnahme von 70 l/s zu erklären.

Der Pumpversuch vom 22.10. bis 30.10.1996 an den Brunnen Altdorf hat gezeigt, daß sich die vom Brunnenbetrieb ausgehende Grundwasserabsenkung nach Süden noch deutlich in den Meßstellen GM 35 und GM 37, nicht mehr aber in der rd. 100 m weiter südlich gelegenen Meßstelle GM 36 beobachten läßt. In GM 36 liegt der Wasserspiegel um rd. 5 m höher als in GM 35. Der „Steilanstieg“ der Grundwasseroberfläche zwischen GM 35 und GM 36 markiert, wie weiter oben schon erläutert, den südlichen Rand der Kiesrinne und gleichzeitig des für die Brunnen Altdorf wesentlichen Einzugsgebietes (siehe N-S Profil A - A' in Anlage 3.2).

Für die Brunnen Altdorf bedeutet das, daß sich deren Einzugsgebiet nicht auf die Flächen südlich der Brunnen und rechts der Wertach beschränken kann. Es dürfte vielmehr ein erheblicher Teil - wahrscheinlich sogar der größte Teil - des Wassers aus Westen kommen. Bei Brunnenbetrieb werden die Brunnen allerdings auch von Osten her angeströmt (Anlage 2.2, Plan 2). Wahrscheinlich bleibt der Zustrom von Osten her im wesentlichen innerhalb der aus Westen kommenden Kiesrinne (siehe Anlagen 2.3 und 2.4). Sicher kann man sich dessen aber wegen der im bebauten Bereich von Altdorf fehlenden Aufschlüsse nicht sein.

## Vorschlag zum Wasserschutzgebiet Altdorf

Nach Norden ergibt sich die Grenze des Einzugsgebietes der Brunnen Altdorf aus der Unteren Kulmination bei Brunnenbetrieb, welche vom nördlichsten Brunnen AAI etwa 100 m nach Norden reicht. Sie entspricht der bisherigen Schutzgebietsgrenze im Norden, welche daher unverändert bestehen bleiben kann.

Die Berechnung der 50-Tage-Entfernungen, die allgemein als Kriterium für die Abgrenzung der engeren Schutzzone herangezogen wird (siehe Tabelle 5, Blatt 6), ergab in verschiedenen Richtungen Entfernungen von rd. 190 m bis 270 m vom Absenkungsschwerpunkt Brunnen AAI/AAll. Entsprechend den berechneten Abständen wird in Anlage 7 ein Vorschlag für die Neuabgrenzung der engeren Schutzzone gegeben.

Im Norden: Im Norden ändert sich, wie schon erwähnt, nichts an der Grenzziehung.

### Im Westen:

Im Westen ergibt sich aus den berechneten Entfernungen eine Grenze der engeren Schutzzone entlang der Wertach. Da westlich der Wertach die engere Schutzzone der Brunnen Ebenhofen anschließt und der Hauptgrundwasserzustrom aus Westen anzunehmen ist, wird vorgeschlagen, die Wertach in die engere Schutzzone einzubeziehen. Das gilt auch deshalb, weil der Vorflutgraben östlich des östlichen Wertachdammes Wasser führt, das aus dem Bereich der B12 stammen kann und verunreinigt sein könnte. Der Grabenausbau sollte möglichst so gestaltet werden, daß innerhalb der engeren Schutzzone kein Wasser versickern kann. Rein formal könnte man natürlich auch eine Grenze entlang der West- oder Ostseite der Wertach zwischen zwei engeren Schutzzonen ziehen, um Zuständigkeitsbereiche abzugrenzen. Im Nordwesten würde es rechnerisch ausreichen, die engere Schutzzone etwa entlang der 702 m Isolinie (siehe Anlage 2.2, Plan 2) zu ziehen. Da das zu einem relativ kleinen Zwickel weiterer Schutzzone zum Kraftwerk hin führen würde, schlage ich vor, das gesamte Flurstück 163 in die engere Schutzzone einzubeziehen.

### Im Süden:

Hier kann die Grenze der engeren Schutzzone meines Erachtens gegenüber dem bisherigen Verlauf weit zurückgenommen werden, sofern die Gemeinde Biessenhofen das will. Die Grenze wird in der Verbindungslinie zwischen den Grundwassermeßstellen GM 36 und GM 37 vorgeschlagen. Diese Grenzziehung wird hauptsächlich wegen der Erkennbarkeit im Gelände gewählt. Im Hinblick auf die 50-Tage-Entfernung könnte man die Grenze auch noch rd. 50 m nördlich der GM 36 ziehen. Ausdrücklich sei aber darauf hingewiesen, daß eine Grenzziehung entlang der Flurstücksgrenze 177/178 nicht möglich ist. Wegen der großen Fläche des Flurstücks 177 muß man dessen Durchschneidung in Kauf nehmen oder die engere Schutzzone weit über das hydrogeologisch notwendige Maß nach Süden bis zum Weg Flur-Nr. 176 ausdehnen.

### Im Osten:

Unmittelbar östlich der Brunnen Altdorf der Gemeinde Biessenhofen kann es bei der bisherigen Grenze der engeren Schutzzone (bei GM 29) bleiben. Weiter nördlich (GM 28) liegt jedoch die bisherige Grenze der engeren Schutzzone deutlich innerhalb der

50-Tage-Linie. Hier muß aus hydrogeologischer Sicht eine Erweiterung um rd. 60 m nach Osten empfohlen werden.

Im Hinblick auf die weitere Schutzzone haben die Messungen an den neuen Grundwassermeßstellen im Oktober 1996 gezeigt, daß zwar bei Ruhegrundwasserverhältnissen östlich der engeren Schutzzone der Brunnen Altdorf auf eine weitere Schutzzone verzichtet werden könnte, bei starkem Brunnenbetrieb aber doch noch ein 150 m bis 200 m breiter Streifen östlich der engeren Schutzzone dem Einzugsgebiet der Brunnen Altdorf zuzurechnen ist. Das führt zur Empfehlung, die Grenze der weiteren Schutzzone hier nicht nur nicht zurückzunehmen, sondern nordöstlich der Meßstellen GM 28 - GM 29 um etwa 150 m bis 200 m auszuweiten.

Bei der Empfehlung, die Grenzen der engeren und weiteren Schutzzone bereichsweise in den bebauten Bereich von Altdorf auszudehnen, bin ich mir natürlich bewußt, daß das bei den betroffenen Grundstückseigentümern auf Widerstand stoßen wird. Es erscheint aber erforderlich, darauf hinzuweisen, daß die Grenzen der engeren und weiteren Schutzzone hier in der Vergangenheit offenbar weniger nach hydrogeologischen Kriterien gezogen, sondern dem bestehenden Rand der Bebauung angepaßt wurden.

Eine Erweiterung des Wasserschutzgebietes nach Süden auf die Flurstücke 218 und 214 bis 216, wie sie anfänglich diskutiert wurde und welche ursprünglicher Anlaß der in diesem Gutachten beschriebenen Untersuchungen war, ist keinesfalls erforderlich.

### **Vorschlag zum Wasserschutzgebiet Ebenhofen der Stadt Kaufbeuren und der Gemeinde Biessenhofen**

Hier schlage ich folgende Änderungen der Schutzgebietsgrenzen vor:

#### Im Süden:

Östlich der Bahnlinie Biessenhofen Marktoberdorf zeichnet die künftige Grenze der engeren Schutzzone im Süden ungefähr die 2 m - Mächtigkeitlinie des Grundwassers nach. Außerhalb dieses Bereiches ist auch wegen der stark abnehmenden Durchlässigkeiten nur noch mit untergeordneter Grundwasserbewegung zu rechnen. Die Grenze der engeren Schutzzone ist hier auch ungefähr mit der Grenze des Einzugsgebietes gleichzusetzen. Somit ist hier eine weitere Schutzzone südlich anschließend an die engere Schutzzone nicht erforderlich. Daraus ergibt sich eine Zurücknahme des Wasserschutzgebietes in nördlicher Richtung.

Wahrscheinlich könnte man die Grenze der engeren Schutzzone bereichsweise sogar noch weiter nach Norden zurücknehmen, etwa bis an den Südrand des Wertachaltarmes. Da die Untergrundverhältnisse dort aber allein aus geoelektrischen Meßergebnissen abgeleitet und nicht durch Bohraufschlüsse abgesichert sind, empfehle ich eine weitere Rücknahme derzeit nicht.

Westlich der Bahnlinie Biessenhofen-Marktoberdorf strömt das Grundwasser in einer breiten Rinne etwa von Süd nach Nord. Die bestehenden Grenzen der engeren Schutzzone sind hinsichtlich der 50-Tage Entfernung reichlich bemessen und sollen meines Erachtens bestehen bleiben. Die Grenzen der weiteren Schutzzonen für die Brunnen Ebenhofen und das Grundwasservorranggebiet Ebenhofen stellen in südlicher Richtung

nicht die Grenze des Einzugsgebietes dar, wie es nach der DVGW-Richtlinie W 101 sein sollte. Sie sind auch nicht unmittelbar hydrogeologisch begründbar. Wie schon im Gutachten vom 05.12.1991 zu den Brunnen der Stadt Kaufbeuren ausgeführt, wäre aus hydrogeologischer Sicht hier eine nach Süden anschließende Schutzzone III B zu fordern. Inwieweit das realisierbar wäre, ist eine andere Frage. Abgesehen von der Frage der Schutzzone IIIB besteht kein Anlaß, die Grenzen des Wasserschutzgebietes in diesem Bereich zu ändern.

#### Im Osten:

Aus hydrogeologischer Sicht sollte eine gemeinsame engere Schutzzone Ebenhofen und Altdorf festgesetzt werden. Im Hinblick auf die Abgrenzung von Zuständigkeitsbereichen zwischen dem Städt. Wasserwerk Kaufbeuren und der Gemeinde Biessenhofen bzw. der Fa. Nestlé kann die Grenze des Wasserschutzgebietes Ebenhofen entlang der Westseite der Wertach wie bisher bleiben. Östlich daran sollte unmittelbar (einschließlich Wertach) das Wasserschutzgebiet Altdorf anschließen.

#### Im Norden:

Hier besteht kein Anlaß zur Änderung der Schutzgebietsgrenzen bzw. gibt es keine neuen Erkenntnisse hierzu.

#### Im Westen:

Im Westen ist das Wasserschutzgebiet reichlich bemessen. Zu einer Änderung der Schutzgebietsgrenzen besteht kein Anlaß. Das gilt allerdings nur unter der Voraussetzung, daß das Wasserschutzgebiet für das Grundwasservorranggebiet Ebenhofen auch weiterhin unmittelbar an das Wasserschutzgebiet der Brunnen der Stadt Kaufbeuren anschließt. Anderenfalls wäre die westliche Grenze der engeren Schutzzone hinsichtlich des Brunnens Kaufbeuren V zu nahe am Brunnen und sollte auf einen Abstand von etwa 500 m vom Brunnen ausgedehnt werden.

Die in Anlage 7 eingetragenen Schutzgebietsgrenzen orientieren sich an den hydrogeologischen Gegebenheiten. Anpassungen an Flurstücksgrenzen wurden bewußt sparsam und nur dort vorgenommen, wo eine Änderung der Schutzgebietsgrenzen vorgeschlagen wird. Bei einer Neufestsetzung sollte man prüfen, ob man nicht auch die bestehenden Grenzen, wo sie grundsätzlich keiner Veränderung bedürfen, an manchen Stellen besser an die Flurstücksgrenzen, die sich im Zuge der Flurbereinigung geändert haben, anpassen sollte. Grundsätzlich würde es natürlich auch nicht schaden, falls man die Schutzgebietsgrenzen dort, wo sie meines Erachtens zurückgenommen werden können, belassen will.

Hinsichtlich der Fassungsbereiche erscheint mir generell kein Anlaß für Veränderungen gegeben. Am Wasserschutzgebiet für das Grundwasservorranggebiet Ebenhofen werden keine Änderungen empfohlen.

Hinsichtlich der Fassungsbereiche erscheint mir generell kein Anlaß für Veränderungen gegeben. Am Wasserschutzgebiet für das Grundwasservorranggebiet Ebenhofen werden keine Änderungen empfohlen.

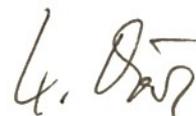
## 6. Zusammenfassung und weitere Empfehlungen

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß die Grundwasserbewegung im Bereich der Brunnen Ebenhofen und Altdorf wesentlich durch Rinnenstrukturen im Untergrund geprägt wird. Entsprechend des im Bereich der Brunnen hauptsächlich West-Ost orientierten Verlaufes der Rinnen können die Grenzen der Wasserschutzgebiete im Süden bereichsweise zurückgenommen werden. Im Bereich der Brunnen Altdorf sind jedoch in westlicher und östlicher Richtung kleinere Erweiterungen zu empfehlen.

Einzelne, insgesamt weniger bedeutende, Fragen ließen sich trotz umfangreicher Untersuchungen noch nicht klären:

Die Ursache der in den Brunnen Altdorf gegenüber den Brunnen westlich der Wertach generell höheren Nitratkonzentration und der wiederum im Brunnen Altdorf II der Gemeinde Biessenhofen gegenüber den drei anderen Altdorfer Brunnen niedrigeren Nitratkonzentration kann noch nicht hinreichend benannt werden. Die schwankenden Nitrat- und auch Chloridkonzentrationen vor allem im Brunnen Altdorf II der Gemeinde Biessenhofen könnten auf unterschiedliche Betriebszustände vor der jeweiligen Probenahme zurückzuführen sein. Um hier weiter zu kommen, wird empfohlen, die Wasserproben zur Untersuchung auf Nitrat und Chlorid künftig unter definierten Betriebsbedingungen, am besten nach einigen Tagen Dauerbetrieb, zu nehmen und über längere Zeit regelmäßig - etwa 1 mal pro Tag - die Wassertemperatur und die elektrische Leitfähigkeit zu messen. Besser wäre aber eine quasi kontinuierliche Messung durch selbstregistrierende Geräte.

In Altdorf sind nach den bisher hier verfügbaren Daten die Wasserverluste mit 53,8 % viel zu hoch. Es wird empfohlen, die Meßeinrichtungen zu überprüfen und zu prüfen, ob nennenswerte Wassermengen abgegeben werden, ohne in den Verkaufszahlen erfaßt zu sein. Sofern sich die hohen Verluste danach bestätigen, müssen Maßnahmen zur Sanierung des Wasserleitungsnetzes ergriffen werden. Das ist aus wasserrechtlicher Sicht auch erforderlich, um die genehmigte Wasserförderung nicht dauernd zu überschreiten (Anmerkung: nach den Unterlagen der Gemeinde sind auch in Ebenhofen die Wasserverluste ähnlich hoch! Für Ebenhofen gilt daher dieselbe Empfehlung zur Kontrolle).



(Dr. Klaus März)

## **7. Verwendete Unterlagen und Literatur**

### **7.1 Spezielle Unterlagen über das Untersuchungsgebiet**

- /1/ GEMEINDE BIESSENHOFEN:  
Informationen über die Brunnen Ebenhofen und Altdorf und die Wasserförderung, Wasserspiegelmessungen, Wasseranalysen, Wasserrechtsbescheide, Schutzgebietsverordnung
- /2/ NESTLÉ AG (Allgäuer Alpenmilchwerke), Kaufbeuren:  
Bohrprofile, Höhenangaben, Wasserspiegeldaten, Wasseranalysen und Fördermengen der Brunnen bei Altdorf
- /3/ 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) Bericht von Prof. Dr. I. SCHAEFER über die hydrogeologischen Verhältnisse um Kaufbeuren, München und Kaufbeuren, August 1961
  - e) Gutachten des Bayerischen Geologischen Landesamtes über refraktionsseismische Messungen im Schotterfeld der Wertach südlich Ebenhofen (Moränengebiet), Lkr. Ostallgäu, Nr. 330a-II/5-913 vom 24.05.1976
  - f) Bericht von Prof. Dr. F. NEUMAIER über Messungen der Filtergeschwindigkeit und Fließrichtung des Grundwassers im Bereich des Grundwasserfeldes Ebenhofen bei Kaufbeuren, München 12.02.1975
  - g) Langjährige Daten über Niederschläge, Wasserstände der Brunnen I bis V und des Brunnens Ebenhofen im Ruhe- und im Betriebszustand, Pumpenleistungen, Förderdaten aus den Jahren 1988 bis 1990, Wasseranalysen unterschiedlichen Umfangs seit 1961 sowie Wassertemperaturen 1968-1978, Wasseranalysen der Hausbrunnen Lorenzbauer und Feldwagner aus 1990

- /4/ Unterlagen des WASSERWIRTSCHAFTSAMTES KEMPTEN:
- a) Wasserspiegel- und Abflußdaten der Wertach, Pegel Thalhofen und Biessenhofen
  - b) Höhenangaben zu den Hausbrunnen Lorenzbauer und Feldwagner, Höhenfestpunkte im Raum Thalhofen, mündliche Angaben zu den Brunnen Geisenhofen und Immenhofen und zum Sickerteich im Geisenrieder Tal, einzelne Unterlagen über die Brunnen Ebenhofen und Altdorf der Gemeinde Biessenhofen, Bohrprofile der Grundwassermeßstellen am Immenhofener See
- /5/ BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT:  
Bohrprofile aus dem Bohrarchiv auf den Meßtischblättern 8129 Kaufbeuren (Nr. 7, 19, 20, 74 bis 92, 120 bis 131) und 8229 Marktoberdorf (Nr. 3, 16, 17, 46, 61, 62, 66, 67, 68, 69, 70 und 74)
- /6/ BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT:  
Haupttabellen der Grundwassermeßstellen 758 (Bohrung A, Sortiernr. 13126), 759 (Bohrung B, Sortiernr. 13127) und 760 (Bohrung C, Sortiernr. 13128), Stand 1990
- /7/ BAYERISCHES LANDESVERMESSUNGSAMT:  
Stereo-Luftbilder M ca. 1:23000, Bildflug 90101/0 vom 30.04.1990, Streifen 6, Bilder Nr. 588, 590 und 592, freigegeben vom Bayerischen Landesvermessungsamt unter der Nr. 1014
- /8/ 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
- /9/ BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE,  
Hannover:  
Geologische Übersichtskarte M 1:200000, bearbeitet von W. ZACHER und H. SCHOLZ, 1983
- /10/ LANDRATSAMT OSTALLGÄU, Marktoberdorf:  
Mündliche Informationen über Altlasten im Untersuchungsgebiet
- /11/ REGIONALER PLANUNGSVERBAND ALLGÄU:  
Regionalplan Region Allgäu (16), Kempten 1986
- /12/ 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
- /13/ STAATLICHES GESUNDHEITSAMT, Marktoberdorf:  
Mündliche Informationen über die Wasserversorgung von Kaufbeuren

/14/ STADT MARKTOBERDORF:  
Informationen über Brunnen an der Kläranlage und über Grundwassermeßstellen  
im Raum Thalhofen

/15/ VEREINIGTE WERTACH-ELEKTRIZITÄTSWERKE, Kaufbeuren:  
Angaben über die Wasserstände an der Wertach am Kraftwerk Ebenhofen

## 7.2 Allgemeine Literatur

/16/ BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, München:  
Die Grundwasserneubildung in Bayern, berechnet aus den Niedrigwasserabflüssen  
der oberirdischen Gewässer.-Informationsberichte LfW, Heft 3/87

/17/ BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT:  
Leitlinien für die Ermittlung der Einzugsgebiete von Grundwassererschließungen  
und für die Konzeption erster Sanierungsmaßnahmen bei Schadstoffbelastungen.-  
München, August 1990. , Neufassung Dezember 1995

/18/ BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND  
UMWELTFRAGEN, München:  
Arbeitshilfe - Musterverordnung für Wasserschutzgebiete in Bayern, vom  
01.07.1994, AZ W112-4532.5-072/90

/19/ BAYER. STAATSMINISTERIEN DES INNEREN UND FÜR ERNÄHRUNG,  
LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, München  
Gemeinsame Bekanntmachung Nr. II B 3-4532.5-0.36 und PI-4500-53 vom  
06.06.1988 (AllMBl Nr. 12/1988, 7531-I, S. 521-528) sowie Nr. II B 3-4532.5-  
047/90 und PI-4500-53 vom 16.06.1990 (AllMBl Nr. 14/1990, S. 539 mit Hinwei-  
sen des Bayer. Staatsministeriums des Inneren zur Verordnung vom 16.06.1990  
mit Anlagen 1 und 2.

/20/ BOLSENKÖTTER et al.:  
Hydrogeologische Kriterien bei der Bemessung von Wasserschutzgebieten für  
Grundwasserfassungen.-  
Geol. Jb. C 36, S. 3-34, Hannover 1984.

/21/ BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR / FORSCHUNGSGESELLSCHAFT  
FÜR DAS STRASSENWESEN:  
Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsge-  
bieten.- Ausgabe 1982, veröffentlicht z.B. im Straßenbau von A-Z

/22/ DEUTSCHER WETTERDIENST, Offenbach:  
Monatliche Witterungsberichte für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland

/23/ DVGW-Richtlinie W 101, Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete, I. Teil:  
Schutzgebiete für Grundwasser.- Eschborn, Februar 1995.

- /24/ DVGW, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches:  
Richtlinien für Wasserschutzgebiete - Bodennutzung und Düngung.-  
Entwurf des Merkblattes W 104, Stand 14.08.1989, Eschborn.
- /25/ DVWK - Schriften, Heft 58/1, Ermittlung des nutzbaren Grundwasserdargebotes.-  
Verlag Paul Parey, 1982.
- /26/ GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG, Freiburg:  
Hydrogeologische Kriterien für die Abgrenzung von Wasserschutzgebieten in Ba-  
den-Württemberg.-  
bearbeitet von E. VILLINGER, Informationen GLA Nr. 2, Mai 1991
- /27/ LANGGUTH, H.-R. und VOIGT, R.:  
Hydrogeologische Methoden.-  
Springer Verlag Berlin-Heidelberg-New York 1980.
- /28/ LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER UND HAUPTVERWALTUNG  
DER DEUTSCHEN BUNDESBahn:  
Richtlinien über Wasserrecht und Bahnanlagen der DB.-  
Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums des Innern vom  
23.11.1991, Nr. II B 3-4505.0-001/91, veröffentlicht im AllMBI 1991, S. 905 ff
- /29/ Richtlinie des Rates vom 15.07.1980 über die Qualität von Wasser für den  
menschlichen Gebrauch (80/778/EWG).-  
Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 229, S. 11-29, 30.08.1980.
- /30/ VAN WAEGENINGH, H.G.:  
a.) Protection of the groundwater quality in porous permeable rocks.-  
S. 111-121  
b.) Overview of the protection of groundwater quality.- S. 150-166  
In MATTHESS-/FOSTER/SKINNER  
Theoretical Background, Hydrogeology and Practice of Groundwater Protection  
Zones.-  
International Contributions to Hydrogeology (Unesco),  
Vol. 6, Verlag Heinz Heise, Hannover 1985
- /31/ Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe (Trink-  
wasserverordnung - TrinkwV).-1986, BGBl. I S. 760., in der Neufassung vom  
05.12.1990,  
BGBl. I S. 2612