HYDROGEOLOGISCHES GUTACHTEN

ZUM
ANTRAG AUF ERTEILUNG DES WASSERRECHTES
UND ANPASSUNG DES WASSERSCHUTZGEBIETES

BRUNNEN IV ANDECHS

Wassergewinnung Vierseenland gKU
Mitterweg 3
82211 Herrsching

erstellt im September 2018
mit Änderungen vom November 2018
durch

B Büro für
G Geotechnik und
U Umweltfragen

Dr. Schott &
Dr. Straub
GbR

- **Beratung**
- **Gutachten**
- **Planung**
- **Sanierung**

Ingenieurbüro und Sachverständige für
Angewandte Geologie / Hydrogeologie

Glatzer Straße 5, 82319 Starnberg

Tel.: 08151-6805, Fax: 08151-21845

e-mail: BGU-Sta@t-online.de
Internet: www.bgu-schott.de

INHALTSVERZEICHNIS

VERZEICHNIS ANLAGEN 4

VERZEICHNIS ANHANG 7

1 VORGANG, VERANLASSUNG 8
1.1 VORHABENSTRÄGER UND ENTWURFSVERFASSER 8
1.2 ZWECK DES VORHABENS 8
1.3 VORANGEGANGENE UNTERSUCHUNGEN 9
1.4 VORLIEGENDE UND VERWENDETE UNTERLAGEN 10

2 LAGE UND BESCHREIBUNG DES BRUNNENS 15
2.1 LAGE, GEOGRAFIE, HÖHENANGABEN 15
2.2 TECHNISCHE BESCHREIBUNG 16
2.3 ERGEBNISSE VON TV-UNTERSUCHUNGEN 17
2.4 ERGEBNISSE DER GEOPHYSIKALISCHEN BOHRLOCHUNTERSUCHUNG 18
2.5 BENACHBARTE WASSERFASSUNGEN, GW-MESSTELLEN, BOHRUNGEN 18

3 WASSERFÖRDERUNG, -VERTEILUNG, -VERBRAUCH 20
3.1 BISHER GENEHMIGTE ENTNAHMEMENGEN 20
3.2 ENTWICKLUNG DER WASSERFÖRDERUNG 20
3.3 WASSERVERTEILUNG 22
3.4 WEITERE BEZUGSMÖGLICHKEITEN VON TRINKWASSER 22
3.5 WASSERVERBRAUCH UND -VERLUSTE 22
3.6 ZUKÜNFTIGER WASSERBEDARF 23

4 ANGABEN ZUR GEOLOGIE UND HYDROGEOLOGIE 25
4.1 GEOLOGISCHER ÜBERBLICK 25
4.2 LOKALE GEOLOGISCHE SITUATION 26
4.2.1 GEOLOGISCHES PROFIL DES BRUNNENS 26
4.2.2 GEOLOGISCHE BEFUNDE DER WEITEREN BOHRUNGEN 27
4.3 GRUNDWASSER-LEITER UND -STAUER 28
4.4 VERBREITUNG DER DECKENSCHOTTER 30
4.5 GEOELEKTRISCHE MESSUNGEN 30
4.6 MORPHOLOGIE DES GW-STAUERS (OSM) 32
4.6.1 HAUPT-GW-STAUER (OSM, StOK2) 32
4.6.2 HANGENDER GW-STAUER (StOK1) 33
4.7 GRUNDWASSER-FLIESSRICHTUNG UND -GEFÄLLE 34
4.7.1 DECKENSCHOTTER-AQUIFER 34
4.7.2 HANGENDES GW-STOCKWERK 36
4.8 SCHWANKUNGEN DER GW-SPIEGEL 38
4.8.1 DECKENSCHOTTER-AQUIFER 38
4.8.2 HANGENDES GW-STOCKWERK 41
4.9 AQUIFER-MÄCHTIGKEIT, GW-DRUCKFLÄCHE 43
4.10 PUMPVERSUCHE, GEOHYDRAULISCHE KENNWERTE 44
4.10.1 PUMPVERSUCHE 44
4.10.2 BERECHNUNG DER GEOHYDRAULISCHEN KENNWERTE 46
4.10.3 NUTZBARER PORENRAUM, ABSTANDSGESCHWINDIGKEIT 49
4.11 BODENUNTERSUCHUNGEN 50
4.12 GRUNDWASSER-NEUBILDUNG 51

5 WASSERBESCHAFFENHEIT . . . 52
5.1 BRUNNEN IV . . . 52
5.1.1 PHYSIKALISCH-CHEMISCHE PARAMETER . . . 54
5.1.2 SPURENSTOFFE . . . 54
5.1.3 SCHWANKUNGEN AUSGEWÄHLTER PARAMETER . . . 54
5.2 GRUNDWASSER-MESSTELLEN . . . 55
5.3 HYDROCHEMISCHE PUMPVERSUCHE . . . 57
5.4 MIKROBIOLOGISCHE PARAMETER . . . 58

6 GRUNDWASSER-EINZUGSGEBIET . . . 60
6.1 ALLGEMEINES . . . 60
6.2 ANSTROMBEREICH . . . 60
6.2.1 ZUGRUNDEGELEGTE ENTNAHMEMENGEN . . . 61
6.2.2 ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN . . . 62
6.3 ZUSPEISUNGSBEREICH . . . 64
6.4 BILANZKONTROLLE . . . 64
6.5 BERECHNUNG DER HORIZONTALEN 50-TAGE-LINIE . . . 65
6.6 BEWERTUNG DER DECKSCHICHTEN . . . 65

7 VORSCHLAG EINES WASSERSCHUTZGEBIETES . . . 69
7.1 KRITERIEN FÜR DIE BEMESSUNG DES WASSERSCHUTZGEBIETES . . . 69
7.2 ÜBERPRÜFUNG DES BESTEHENDEN WASSERSCHUTZGEBIETES . . . 71
7.3 VORSCHLAG ZUR ANPASSUNG DES WASSERSCHUTZGEBIETES . . . 72

8 KONKURRIERENDE NUTZUNGEN IM WASSERSCHUTZGEBIET . . . 74
8.1 ÜBERBLICK . . . 74
8.2 LAND- UND FORSTWIRTSCHAFTLICHE NUTZUNG . . . 75
8.3 KIESGRUBEN, ALTABLAGERUNGEN . . . 75
8.4 STRASSEN, SONSTIGE VERKEHRSWEGE . . . 76
8.5 BESIEDELUNG, BEBAUUNG, ABWASSER . . . 77
8.5.1 GEWERBEGEBIET ROTHENFELD . . . 77
8.5.2 WEITERE NUTZUNGEN AUSSERHALB DES WSG . . . 78
8.6 OBERFLÄCHENGEWÄSSER . . . 79

9 BEURTEILUNG DER WIRKSAMKEIT DES WASSERSCHUTZGBIETES . . . 79

10 NATURSCHUTZFACHLICHE BELANGE . . . 80

11 VERBOTSKATALOG . . . 80

12 BEANTRAGUNG DES WASSERRECHTES . . . 81
12.1 WASSERENTNAHMEMENGEN . . . 81
12.2 AUSWIRKUNGEN AUF DRITTE . . . 81

13 VERWENDETE LITERATUR . . . 82

ANLAGEN 1-18 (s. Anlagenverzeichnis, S.4)

ANHANG (s. Verzeichnis Anhang, S.7)

VERZEICHNIS DER ANLAGEN:

1) Übersichtspläne:
1a) Übersichtslageplan 1:25.000 auf Topographischer Karte;
1b) Lageplan auf Höhenflurkarte 1:10.000;
1c) 3D-Geländedarstellung (o.Maßstab);
1d) Übersichtsplan Versorgungsgebiet; 1:50.000;

2) Detailpläne:
2a) Lageplan auf Luftbild 1:5.000 (Brunnen, GW-Meßstellen, Bohrungen);
2b) Lageplan Fassungsbereich 1:1.000;
2c) Br. IV - Brunnenhaus - Grundriß und Schnitte 1:50;

3) Datenblätter:
3a-1) Brunnen, GW-Meßstellen und, Bohrungen
3a-2) GW-Meßstellen, Bohrungen - Bereich Rothenfeld;
3b-1) GW-Spiegel 1994-2013 (Stichtagsmessungen);
3b-2) GW-Spiegel 2013-2016 (Stichtagsmessungen);
3b-3) GW-Spiegel 2017-2018 (Stichtagsmessungen);

4) Ausbaupläne und Schichtenprofile:
4a) Brunnen IV, M = 1:333 / 1:50;
4b-1) GW-Meßstelle VB (Rekonstruktion, vor Rückbau), M = 1:333 / 1:50;
4b-2) GW-Meßstelle VB (Verfüllplan nach Rückbau), M = 1:333 / 1:50;
4c) GW-Meßstelle P1, M = 1:333 / 1:50;
4d) GW-Meßstelle P2, M = 1:333 / 1:50;
4e) GW-Meßstelle P3, M = 1:100 / 1:25;
4f) GW-Meßstelle P4, M = 1:200 / 1:25;
4g) GW-Meßstelle P5, M = 1:100 / 1:50;
4h) GW-Meßstelle P6, M = 1:333 / 1:50;
4i) GW-Meßstelle P7, M = 1:100 / 1:50;
4j) Bohrung B1 (verfüllt), M = 1:100 / 1:25;
4k) GW-Meßstelle P8 / B2, M = 1:100 / 1:25;
4l) GW-Meßstelle P9 / B3, M = 1:100 / 1:25;
4m) GW-Meßstelle P10 / B4, M = 1:100 / 1:25;
4n) GW-Meßstelle P11 / B5, M = 1:100 / 1:25;
4o) GW-Meßstelle P12 / B6, M = 1:100 / 1:25;

5) Hydrogeologische Karte und Profilschnitte:
5a) Hydrogeologische Karte 1:10.000;
5b) Hydrogeologische Profilschnitte A-A', B-B' (Anl.5b-1) und C-C' mit Legende (Anl.5b-2), M = 1:10.000/1:500;

6) Darstellung der Tertiäroberfläche:
6a) Höhenlinienplan Tertiär-OK (2. GW-Stauer), 1:25.000 (versch. Interpolationsverfahren);
6b) 3D-Blockbild Tertiär-OK (2. GW-Stauer), M = 1:25.000 / 1:2.500 (10-fach überhöht);
6c) Höhenlinienplan OK 1. GW-Stauer (StOK1), 1:10.000;

7) GW-Gleichenpläne (und GW-Mächtigkeit):

7a) GW-Gleichenpläne 1:25.000 (Deckenschotter) - Stichtagsmessungen vom 24.11.94 (Anl.7a-1), 30.09.10 (Anl.7a-2), 30.06.13 (Anl.7a-3), 30.07.13 (Anl.7a-4), 07.02.15 (Anl. 7a-5) und 15.06.16 (Anl.7a-6);
7b) GW-Gleichenpläne 1:10.000 (hangendes GW) - Stichtagsmessungen vom 04.06.13 (Anl.7b-1), 14.06.13 (Anl.7b-2), 01.10.13 (Anl.7b-3) und 15.06.16 (Anl.7b-4);
7c) GW-Gleichen 1:10.000 (hangendes GW) - Stichtagsmessungen vom 17.7.2017 (7c-1) und 17.08.2017 (7c-2);
7d) Höhe GW-Druckfläche über GW-Stauer 1:10.000 (hangendes GW-Stockwerk, GW-Spiegel am 17.8.2017);

8) Verlaufsdiagramme GW-Spiegel Deckenschotter (Brunnen und GW-Meßstellen):

8a) alle Brunnen und GW-Meßstellen, 1994-2016;
8b) Br.IV - Tages-Maxima + Niederschlag 06/2009-06/2016 (m. Handmessungen P1+ P2);
8c) GW-Meßstelle P1 - Tageswerte und Einzelmessungen P1 und P2, 3/2013-6/2016;
8d) Br.IV und GW-Meßstellen P1 und P6 - Tageswerte 01/2014-06/2016 (mit Einzelmessungen P2);
8e) Br.IV - Max.- und Min.-Wasserstände (RWS/BWS) und Niederschlag, Mai-Juli 2013;
8f) P1 und P2 - Tageswerte und Kontrollmessungen P1, Einzelmessungen P2, 03/2013-03/2014;
8g) P1 und P2 - Tageswerte P1, Einzelmessungen P2, 05-07/2013;

9) Verlaufsdiagramme GW-Spiegel hangendes GW-Stockwerk + Deckenschotter (2013 und 2017-18):

9a) hangendes GW - GW-Meßstellen P3, P4, P5, RP1, RP2, 1-3/2013;
9b) hangendes GW - GW-Meßstellen P3, P4, P5, P7, RP1, GWB, 5-11/2013;
9c) Deckenschotter - GW-Meßstellen Br.IV, P1, P2, P6, Br.R und BS2, 5-11/2013;
9d) hangendes GW - GW-Meßstellen P8 - P12 (07/2017-08/2018);
9e) hangendes GW - GW-Meßstellen P3, P4, P7 (07/2017-08/2018);
9f) Deckenschotter - GW-Meßstellen P1, P2, P6, BS2, B3A (07/2017-08/2018);

10) Brunnen IV: Ruhe- und Betriebswasserspiegel:

10a) Tageswerte (Min-Max): 1.8.- 31.10.2012;
10b) 15-Min.-Werte: 12.- 14.12.2012 mit Förderleistung Pumpe;

11) Berechnung geohydraulischer Kennwerte, Q/s-Diagramme:

11a) Br.IV, Erst-PV 13.- 17.8.1987 (k_f -Wert nach DUPUIT);
11b) Br.IV, GWM VB, Erst-PV 13.- 17.8.1987 (k_f -Wert nach THIEM-DUPUIT)
11c) GWM P1, Erst-PV 23.- 27.11.1992 (k_f -Wert nach BABUSCHKIN, DUPUIT);
11d) GWM P2, Erst-PV 11.- 12.10.1994 (k_f -Wert nach DUPUIT);
11e) GWM P6, Kurz-PV 30.7.2013 mit PV-Diagramm (k_f -Wert nach BABUSCHKIN, DUPUIT);
11f) GWM P3, Kurz-PV 01.12.2011 mit PV-Diagramm (k_f -Wert nach DUPUIT);
11g) GWM P7; Kurz-PV 14.6.2013 mit PV-Diagramm (k_f -Wert nach DUPUIT);
11h) GWM P8, Kurz-PV 27.9.2017 mit PV-Diagramm (k_f -Wert nach DUPUIT);
11i) GWM P9, Kurz-PV 27.9.2017 mit PV-Diagramm (k_f -Wert nach DUPUIT);
11j) GWM P10; Kurz-PV 28.9.2017 mit PV-Diagramm (k_f -Wert nach DUPUIT);
11k) GWM P12; Kurz-PV 28.9.2017 mit PV-Diagramm (k_f -Wert nach DUPUIT);

12) Bodenuntersuchungen:

12a) GW-Meßstelle P3: 2 Kornverteilungen nach DIN 18123;
12b) GW-Meßstelle P4: 4 Kornverteilungen nach DIN 18123;
12c) GW-Meßstelle P4: 1 Durchlässigkeitsversuch (Dreiaxialtechnik);
12d) GW-Meßstelle P5: 4 Kornverteilungen nach DIN 18123;
12e) GW-Meßstelle P6: 3 Kornverteilungen nach DIN 18123;
12f) GW-Meßstelle P12: Kornverteilung n. DIN 18123;

13) Wasseranalysen:

13a) Brunnen IV: Tabellarische Zusammenstellung der jährlichen Untersuchungen 1999-2016 (Auszug) mit Verlaufsdiagramm;
13b) Brunnen IV: Ionenbilanzen (31.8.09, 23.8.10, 10.9.12, 10./11.10.12, 31.1.13, 21.7.14, 27.4.15, 5.4.16);
13c-1) Ionenbilanzen: tiefe GW-Meßstellen: P1 u. P2 (4.4.12), P6 (30.7.13) und flache GW-Meßstellen P3 (1.12.11, 23.1.13), P4 (23.1.13), P7 (14.6.2013) und Schöpfprobe VB (10.9.12);
13c-2) Ionenbilanzen: flache GW-Meßstellen: P3 (23.1.13), P4 (23.1.13), P7 (14.6.13), P8 (28.9.17), P9 (28.9.17), P10 (28.9.17), P12 (28.9.17);
13d) Verlaufsdiagramme Br.IV 10/1998 - 11/2010: vor Ort-Parameter (Anl. 13d-1: T, pH, eLf; Anl. 13d-2: Nitrat-Werte mit el. Leitfähigkeit; Anl. 13d-3: PSM-Analysen / Atrazin und Desethylatrazin);
13e) Verlaufsdiagramme: Br.IV 10/1998 - 11/2010 (Anl. 13e-1: Nitrat-Werte mit el. Leitfähigkeit; Anl. 13e-2: Nitrat-Werte mit Summe-PSM, Anl. 13e-3: Niederschlag und Temperatur);
13f) Balkendiagramme: Analysenvergleich Br.IV - GW-Meßstellen;
13g) Verlaufsdiagramm: Anstieg Nitrat-Werte nach Anlauf Brunnenpumpe;
13h) Balkendiagramm: Br. IV - Hydrochemischer Pumpversuch 1.10.2013;
13i) Verlaufsdiagramm: Br.IV - Trübung und Niederschläge 2009-2013;.

14) Datenblätter geohydraulische Berechnungen, Br.IV - Andechs:

14a) Berechnung des Anstrombereiches;
14b) Berechnung der horizontalen 50-Tage-Linie (L50);

15) GW-Einzugsgebiet 1:10.000 (auf hydrogeologischer Karte);

16) WSG-Vorschlag auf Digitaler Flurkarte 1:5.000;

17) Plan Gefährdungspotentiale 1:25.000 (mit Synopse altes und neues WSG);

18) Vorschlag zur Schutzgebietsverordnung mit Verbotskatalog.

VERZEICHNIS ANHANG:

A) Bericht zur: Wasserschutzgebietsberatung im WSG Andechs, 16.6.2012 (aus \32\);

B) GW-Meßstelle P3: Prüfbericht Nr. 360437/2 der Probe vom 1.12.2011 (aus \a5\);

C) GW-Meßstellen P1 und P2: Prüfbericht Nr. 377741 der Proben vom 4.4.2012 (aus \a6\);

D) Br.IV vor und nach Verfüllung VB (Probenahmen: 10.9.12 und 10.10.12) und Schöpfprobe VB (Probenahme: 10.9.12): Prüfberichte Nr. 411990 und 411182 (aus \a7\);

E) GW-Meßstellen P3 undP4 (Probenahme: 23.1.13): Prüfberichte Nr. 452639 (= aus \a8\);

F) Nitratmessungen und chemisch-technische Analyse: Br. IV nach Einschalten, PN 31.1.2013, 6 Prüfberichte Nr. 454566 (aus \a9\);

G) GW-Meßstelle P7 (Probenahme: 14.6.13): Prüfbericht Nr. 498068 (aus \a10\));

H) GW-Meßstelle P6 (Probenahme: 30.7.13): Prüfbericht Nr. 506173-293070 (aus \a11\);

I) Br.IV - hydrochemischer Pumpversuch 1.10.2013, 5 Prüfberichte Nr. 522742-321210-1214 (aus \a12\);

J) Hydrogeologische Bewertung der der geoelektrische Profilmessungen im Rothenfelder Forst - GW-Einzugsgebiet des Brunnen IV Andechs, Wassergewinnung Vierseenland (aus \30\) mit: Untersuchungsbericht über geophysikalische Erkundungen zum Projekt Rothenfelder Forst, 2.6.2016 (aus \29\);

K) Naturschutzfachliche Bewertungen:

K1 - FFH-Verträglichkeitsabschätzung Gebiet 8033-371 für Wasserentnahme Brunnen IV Andechs bei Frieding des Zweckverbands Großräumige Wasserversorgung im Landkreis Starnberg (aus \33\);

K2 - Allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls zur Umweltverträglichkeitsprüfung (gemäß §3c S. 1 UVPG) - Grundwasserentnahme aus dem Brunnen IV Andechs bei Frieding auf der Fl.Nr. 1827/3 Gemeinde Andechs (aus \37\);

L) L1 - Lageplan1:5.000; L2 - Profilschnitt; L3 - Bohrprofile B1-B6 (aus \gr1\);

M) GW-Meßstellen P8, P9, P10 und P12 (Probenahme: 28.9.17): Prüfberichte Nr. 1320328-4657219 bis - 467222 (aus \a15\);

N) Bericht: Bestandserhebung und -bewertung, Gewerbegebiet Rothenfeld (aus \38\);

O) Grundstücksverzeichnis der Flurstücke im Wasserschutzgebiet (aus \39\).

1 VORGANG, VERANLASSUNG

1.1 VORHABENSTRÄGER UND ENTWURFSVERFASSER

Vorhabensträger: Wassergewinnung Vierseenland gKU
Michael Muther, Verwaltungsratsvorsitzender
Hermann Doblinger, Vorstand
Mitterweg 3, 82211 Herrsching

Entwurfsverfasser: Dr. rer.nat. Thomas Schott
Büro für Geotechnik und Umweltfragen
BGU - Dr.Schott & Dr.Straub GbR
Glatzer Straße 5, 82319 Starnberg

1.2 ZWECK DES VORHABENS

Der Brunnen IV Andechs (**Br. IV**) im Bereich des Rothenfelder Forsts, der ursprünglich von der Gemeinde Andechs errichtet und betrieben wurde, ist heute in die Wassergewinnung Vierseenland (vorm.: Zweckverband zur Großräumigen Wasserversorgung Landkreis Starnberg / ZWS) eingegliedert. Er liegt im Süden des Versorgungsgebietes und stellt, als einziger Brunnen in diesem Bereich ein wichtiges Standbein der Wasserversorgung dar.

Die gehobene wasserrechtliche Erlaubnis des LRA Starnberg vom 23.5.1989 (s.\6\, Kap.1.4) war am 31.12.2009 ausgelaufen.
Da in den vergangenen Jahren ab 2010 zahlreiche notwendige Maßnahmen und langwierige Untersuchungen v.a. auch zur Ermittlung des GW-Einzugsgebietes für den Brunnen (Haupt-GW-Leiter und hangendes GW-Stockwerk) durchgeführt werden mussten (s. Kap.1.3), wurde die wasserrechtliche Erlaubnis wiederholt erteilt (s. \23\,\28\: beschränkte Erlaubnis bis 31.12.2016).

Das hiermit vorgelegte Hydrogeologische Gutachten dient als Erläuterungsbericht für das wasserrechtliche Verfahren zur erneuten Genehmigung der Grundwasser-Entnahme aus dem Br. IV und zur Anpassung des vorhandenen Wasserschutzgebietes (WSG).

Die Unterlagen wurden gemäß der Verordnung über Pläne und Beilagen in wasserrechtlichen Verfahren (WPBV) vom 13. März 2000 zusammengestellt.

1.3 VORANGEGANGENE UNTERSUCHUNGEN

Mit Sachstandsbericht vom 13.12.2011 (= \22\) wurden die ersten Ergebnisse einer Bestandsaufnahme und der Errichtung von 2 neuen GW-Meßstellen (P3 und P4) präsentiert.

In Übereinstimmung mit den Auflagen des Bescheides zu \23\ wurden insgesamt 3 weitere Zwischenberichte durch den Unterzeichner erstellt, in denen der jeweilige Untersuchungsstand sowie eine vorläufige Bewertung der Ergebnisse wiedergegeben ist und weiterführende Arbeiten und Maßnahmen vorgeschlagen wurden:

Im 1. Zwischenbericht vom 29.5.2012 (= \24\) wurden die bislang vorliegenden Erkenntnisse zusammengestellt und hydrogeologisch bewertet. Hierbei zeichnete sich ab, dass das von Br.IV genutzte Grundwasser-Vorkommen entgegen den früheren Begutachtungen (s. \9\, \12\-\14\) Zuläufe aus einem höheren, hangenden GW-Stockwerk erhält und eine ältere Versuchsbohrung (VB) im Fassungsbereich einen hydraulischen Kurzschluss verursachte. Es wurden daher Sanierungsmaßnahmen und weitere Untersuchungen nötig.

Im 2. Zwischenbericht vom 15.3.2013 (= \25\) wurde der Stand der Untersuchungsergebnisse dargestellt (Rückbau/Verfüllung VB, Errichtung GW-Meßstelle P5, Bodenuntersuchungen, Messung von GW-Spiegeln, Wasseranalysen). Zur Bestimmung der GW-Fließrichtung in den beiden GW-Stockwerken war die Errichtung von 2 weiteren GW-Meßstellen nötig.

Der 3. Zwischenbericht vom 31.7.2013 (= \26\) stellt den Fortgang der Untersuchungen und deren Ergebnisse seit April 2013 dar und ergänzt somit die bereits vorliegenden Berichte. Die Dokumentation und Ergebnisauswertung zu den beiden neuen Bohrungen / GW-Meßstellen P6 (tief) und P7 (flach) ist diesem Bericht zu entnehmen. Ebenfalls wurden die Befunde erster Messungen der GW-Stände im hangenden und Haupt-GW-Stockwerk vorgestellt.

Am 19.10.2016 wurde das hydrogeologische Gutachten für das wasserrechtliche Verfahren als Erstfassung zur Vorprüfung und Abstimmung mit den Behörden erstellt (= \34\). Mit Schreiben vom 29.11.2016 nahm das LRA Starnberg hierzu Stellung (= \35\) und bat um Überarbeitung bzw. Ergänzung der Unterlagen. Nachdem sich ein deutliches Konfliktpotential zwischen der Ausweisung des neuen WSG und der vorhandenen Bestandsnutzung (Gewerbegebiet Rothenfeld) abzeichnete, wurden durch das WWA Weilheim die Einrichtung weiterer GW-Meßstellen und hydrogeologische Untersuchungen in diesem Bereich als notwendig erachtet. Nach Klärung der Grundstücksfragen erfolgten die Geländearbeiten von Juli bis September 2017. Der Untersuchungsbericht wurde im Januar 2018 (= \36\) vorgelegt.
Zu der seitens des LRA geforderten Bestandserhebung im Gewerbegebiet Rothenfeld wurden Erhebungsbögen erstellt und für jedes der verkauften bzw. bebauten Grundstücke mit Angaben seitens der Gemeinde Andechs und der AWA-Ammersee versehen. Der Auswertebericht hierzu liegt seit Ende August 2018 vor (= \38\).

Die Ergebnisse der vorangegangenen Untersuchungen werden in diesem Gutachten nochmals näher beschrieben und bewertet.

1.4 VORLIEGENDE UND VERWENDETE UNTERLAGEN

Amtliche Schreiben und Bescheide, Gutachten, Berichte:

\1\ Wasserversorgung des Klosters Andechs: Schlussgutachten zur eigenen Grundwasserschließung.- Bayer. Landesamt f. Wasserversorgung und Gewässerschutz, München, 31.5.1698;

\2\ Antrag auf Einleitung des wasserrechtlichen Verfahrens, Bewilligung der Ableitung von Grundwasser zur Wasserversorgung der Gemeinde Andechs, Tiefbrunnen 4.- IB Fritz Kleis, München, 15.4.1988;

\3\ Wasserversorgung der Gemeinde Andechs, Brunnen IV, Schreiben an die Gemeinde Andechs.- WWA München, 1.8.1988;
mit Lageplan und Vermessungsskizzen, Ruhewasserspiegel der Brunnen Seewiesen, Rothenfeld und Gde. Andechs (Br.IV) bezogen auf m ü.NN (6.7.88).- WWA München, 12.7.1988;

\4\ Schussgutachten zur Grundwassererschließung Brunnen IV mit Schichtenprofil Brunnenbohrung (7.8.87).- Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft, 7.11.1988;

\5\ Gutachten im wasserrechtlichen Verfahren, Zutagefördern von Grundwasser und Festsetzung Wasserschutzgebiet, Gemeinde Andechs, Brunnen IV.- Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft, 14.12.1988;

\6\ Vollzug der Wassergesetze: Gehobene Erlaubnis zur Entnahme von Grundwasser aus dem Brunnen IV bei Frieding.- LRA Starnberg, 23.5.1989 (Az. Nr. 412.3-ban);

\7\ Wasserversorgung Andechs, Brunnen IV, Schreiben an die Gemeinde Andechs bzgl. GW-Meßstellen.- Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft, 20.9.1989;

\8\ Aktenvormerkung Nitratbelastung im Wasser von Brunnen IV.- Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft, 3.7.1990;

\9\ Konzept zur qualitativen Sicherung der Grundwasservorkommen im Einzugsgebiet des Brunnen IV / WV Erling-Andechs - Durchführbarkeitsstudie.- IB Watec GmbH, 26.7.1990;

\10\ Stellungnahme zum Einfluss der Bodennutzung auf das Grundwasser durch das staatl. Gut Rothenfeld der JVA Landsberg a. Lech (ENTWURF).- Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft, 13.9.1990;

\11\ Schreiben an die Gemeinde Andechs: Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerschutzes, hier: erhöhte Nitratwerte und Pestizidspuren im Grundwasser aus dem Brunnen IV.- JVA Landsberg, 22.1.1992;

\12\ Studie zur Festlegung des Grundwassereinzugsgebietes für den Brunnen IV und die Versuchsbohrung Pegel 1 der Gemeinde Andechs sowie Schlussbericht zur VB Pegel 1.- IGwU, Markt Schwaben, 2.5.1995 (= Anlage 5.1 zu \13\ + \14\);

\13\ Antrag auf Erlaubnis zur Entnahme von Grundwasser aus der Versuchsbohrung P1 und Ausweisung eines gemeinsamen Wasserschutzgebietes für den Brunnen IV und die Versuchsbohrung P1, Erläuterungsbericht mit Anlagen.- IB IGwU, Markt Schwaben, 18.5.1995 (gesonderter Ordner);

\14\ Antrag auf Neuausweisung des Trinkwasserschutzgebietes für den Brunnen IV der Gemeinde Andechs mit Erläuterungen und Anlagen 1-6.- IGwU, Markt Schwaben, 25.4.1997;

\15\ Vollzug der Wassergesetze: Neufassung des Wasserschutzgebietes für den Brunnen IV.- Schreiben des LRA Starnberg, 11.7.1997;

\16\ Vollzug der Wassergesetze: Festsetzung eines Wasserschutzgebietes für den Brunnen IV (Fl.-Nr. 1827/3), Gmkg. Frieding mit Gutachten im wasserrechtlichen Verfahren (Entwurf).- WWA München, 9.9.1997;

\17\ Verordnung über das Wasserschutzgebiet Andechs (Brunnen IV) ..... m. Lageplan 1:5.000.- LRA Starnberg, 3.11.1997 (Amtsblatt Nr. 45: 6.11.1997);

\18\ Änderungsverordnung über das Wasserschutzgebiet Andechs (Brunnen IV).- LRA Starnberg, 18.7.2003 (Amtsblatt Nr. 28, 25.7.2003);

\19\ Wasserversorgung Andechs.- Schreiben WWA Weilheim mit Abbildungen zur Entwicklung der Parameter Nitrat, Atrazin und Desethylatrazin, 23.2.2004;

\20\ Gutachtliche Stellungnahme: Br. Rothenfeld, Prüfung einer Erhöhung der Entnahmemengen .- BGU - Dr.Schott & Dr.Straub GbR, Starnberg, 23.2.2009;

\21\ Aktenvermerk zur Besprechung am 29.11.2011.- WWA Weilheim, 30.11.2011;

\22\ Sachstandsbericht: Brunnen IV Andechs (bei Rothenfeld): Neubeantragung der wasserrechtlichen Genehmigung, Überprüfung GW-Einzugsgebiet und Wasserschutzgebiet.- BGU - Dr.Schott & Dr.Straub GbR, Starnberg, 13.12.2011;

\23\ Bescheid: Zulassung zum vorzeitigen Beginn der Grundwasserentnahme nach § 17 WHG aus dem Brunnen IV Andechs.- LRA Starnberg, 26.1.2012 (Az.Nr. 412);

\24\ Zwischenbericht zur Überprüfung des Grundwasser-Einzugsgebietes für den Brunnen IV Andechs, ZV Großräumige Wasserversorgung Landkreis Starnberg.- BGU - Dr.Schott & Dr.Straub GbR, Starnberg, 29.5.2012 (Az.Nr. BGU-ZWSR02-05/12);

\25\ 2. Zwischenbericht zu den weiteren Arbeiten 2012/13 für den Brunnen IV Andechs (Verfüllung Versuchsbohrung VB, Errichtung GW-Meßstelle P5, Wasseranalysen, Messung von GW-Spiegeln), ZV Großräumige Wasserversorgung Landkreis Starnberg.- BGU - Dr.Schott & Dr.Straub GbR, Starnberg, 15.3.2013 (Az.Nr. BGU-ZWSR03-03/13);

\26\ 3. Zwischenbericht zu den laufenden Untersuchungen für den Brunnen IV Andechs (Errichtung GW-Meßstellen P6 und P7, Wasseranalysen, Messung von GW-Spiegeln), ZV Großräumige Wasserversorgung Landkreis Starnberg.- BGU - Dr.Schott & Dr.Straub GbR, Starnberg, 31.7.2013 (Az.Nr. BGU-ZWSR04-07/13);

\27\ Erläuterungsbericht zur Erteilung einer beschränkten wasserrechtlichen Erlaubnis für den Brunnen IV Andechs, ZV Großräumige Wasserversorgung Landkreis Starnberg.- BGU - Dr.Schott & Dr. Straub GbR, Starnberg, 17.9.2013 (Az.Nr. BGU-ZWSR05-09/13);

\28\ Vollzug der Wassergesetze: beschränkte Erlaubnis zur Grundwasserentnahme aus dem Brunnen IV Andechs auf dem Grundstück Fl.-Nr. 1827/3, Gemarkung Frieding, Gemeinde Andechs zur Wasserversorgung der Ortsteile Erling und Machtlfing der Gemeinde Andechs.- LRA Starnberg, 1.12.2013 (Az. Nr. 412.11.5);

\29\ Untersuchungsbericht über geophysikalische Erkundungen zum Projekt Rothenfelder Forst.- Fa. Geolog GmbH, Augsburg, 2.6.2016 (s. Anhang J);

\30\ Hydrogeologische Bewertung der der geoelektrische Profilmessungen im Rothenfelder Forst - GW-Einzugsgebiet des Brunnen IV Andechs, Wassergewinnung Vierseenland.- BGU - Dr.Schott & Dr. Straub GbR, Starnberg, 13.6.2016 (Az.Nr. BGU-ZWSRGE01-06/16) (= Anhang J);

\31\ Niederschlags-Summen und Lufttemperatuten - Station Nr. 80 Rothenfeld.- Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft /LfL);

\32\ Bericht zur: Wasserschutzgebietsberatung im WSG Andechs.- Peter Zimmermann, AELF Weilheim, erh. m. e-mail 16.6.2012 (= Anhang A);

\33\ FFH-Verträglichkeitsabschätzung Gebiet 8033-371 für Wasserentnahme Brunnen IV Andechs bei Frieding des Zweckverbands Großräumige Wasserversorgung im Landkreis Starnberg.- Terrabiota Landschaftsarchitekten, Starnberg, 1.2.2014 /26.11.2018 (= Anhang K1);

\34\ Hydrogeologisches Gutachten zum Antrag auf Erteilung des Wasserrechtes und Anpassung des Wasserschutzgebietes, Brunnen IV Andechs.- BGU - Dr.Schott & Dr.Straub GbR, Starnberg, 19.10.2016 (Az.Nr. BGU-ZWSR06-10/16);

\35\ Vollzug der Wassergesetze: Antrag auf Erteilung einer gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis zur Trinkwasserentnahme aus dem Brunnen IV Andechs sowie Anpassung des Wasserschutzgebietes "Frieding" (Brunnen IV Andechs).- Schreiben des LRA STA an die Wassergewinnung Vierseenland, 29.11.2016;

\36\ Untersuchungsbericht zur Errichtung der GW-Meßstellen P8 - P12 - Wasserschutzgebiet Brunnen IV Andechs.- BGU - Dr.Schott & Dr.Straub GbR, Starnberg, 18.01.2018 (Az.Nr. BGU-ZWSR06b-01/18);

\37\ Allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls zur Umweltverträglichkeitsprüfung (gemäß §3c, S.1, UVPG) - Grundwasserentnahme aus dem Brunnen IV Andechs bei Frieding auf der Fl.Nr. 1827/3 Gemeinde Andechs.- Terrabiota Landschaftsarchitekten, Starnberg, 23.1.2017 / 26.11.2018 (= Anhang K2);

\38\ Auswertebericht: Bestandserhebung und -bewertung, Gewerbegebiet Rothenfeld.- BGU - Dr.Schott & Dr.Straub GbR, Starnberg, 28.08.2018 (Az.Nr. Sch/ZWSR06c) (= Anhang N);

\39\ Grundstücksverzeichnis nach § 12 WPBV - AWA Ammersee gKU, pdf-Datei, erhalten m. e-mail 12.9.2018 (= Anhang O);

Gewerbegebiet Rothenfeld:

\gr1\ Baugrunderkundung Gewerbegebiet Rothenfeld (Untersuchungsbericht mit Lageplan, Profilschnitt und Bohrprofilen B1-B5 / 21.9.1999; Bohrprofil B6 / 14.1.2000).- Crystal Geotechnik, Utting, erh. m. e-mail Wassergewinnung Vierseenland, 5.9.2017 (s.a. Anhang L);

\gr2\ B-Plan: Erste Änderung des Bebauungsplans Nr.16 Gewerbegebiet Rothenfeld" betreffend I. und II. Bauabschnitt (Textteil).- Architektin V. Winzinger, 17.03.2009 (https://geolis.lk-starnberg.de);

\gr3\ Stellungnahme: Gewerbegebiet Rothenfeld, Gemeinde Andechs - Entwässerung Tagwasser.- BGU - Dr.Schott & Dr.Straub GbR, Starnberg, 30.07.2009 (Az.Nr. Sch/ ADXGR01);

\gr4\ Untersuchungsbericht zu den Bodenuntersuchungen - Tagwasserbeseitigung Gewerbegebiet Rothenfeld, Gemeinde Andechs.- BGU - Dr.Schott & Dr.Straub GbR, Starnberg, 23.09.2009 (Az.Nr. BGU-ADXGR02-09/09);

\gr5\ Untersuchungsbericht: Gewerbegebiet Rothenfeld, Gemeinde Andechs - Sickerversuche am 21.10.2009 .- BGU - Dr.Schott & Dr.Straub GbR, Starnberg, 22.10.2009 (Az.Nr. Sch/ ADXGR03);

\gr6\ Vollzug der Wassergesetze; Überarbeitung und Anpassung des Trinkwasserschutzgebietes "Frieding (Brunnen IV Andechs)" - Derzeitiger Bestand an wassergefährdenden Stoffen im bestehenden Gewerbegebiet Rothenfeld der Gemeinde Andechs.- Schreiben LRA Starnberg, 2.1.2018 (Az. 412.11.5);

\gr7\ Bestandserhebung - Gewerbegebiet Rothenfeld / potentielle Wassergefährdungen. - 26 Erhebungsbögen und 2 pdf-Dateien mit Angaben zur Bestandsnutzung (mit Einträgen durch die Gemeinde Andechs und die AWA-Ammersee), erhalten mit e-mail AWA-Ammersee vom 23.7.2018;

Kartenmaterial:

\k1\ TK 25 - Topographische Karte 1:25.000.- Landesamt für Vermessung Bayern (TopMaps);

\k2\ DFK - Digitale Flurkarte.- erhalten mit e-mail AWA-Ammersee, 7.9.2018;

\k3\ HFK - Höhenflurkarten 1:5.000, Blatt SW 9-12, 9-13, 8-12, 8-13, 7-12, 7-13.- Bayer. Landesvermessungsamt (erh. über Gde. Andechs);

\k4\ Geognostische Karte von Bayern 1:100.000 - Teilblatt 1:25.000, 734 Herrsching.- Knauer (1929/31), Bayer. Geol. Landesamt, München (LfU);

\k5\ GK200 - Geol. Karte 1:200.000, Blatt 8726 Kempten.- Bayer. Geol. Landesamt München (LfU);

\k6\ GK25 - Geol. Karte 1:25.000, Blatt Herrsching (JERZ, 1993).- aus MEYER & SCHMIDT-KALER (1997);

\k7\ BK50 - Standortkundl. Bodenkarte 1:50.000, Blatt L 8132 Weilheim i.OB.- Bayer. Geol. Landesamt München (LfU);

\k8\ Bestandslageplan 1:1.000 - Wasserversorgung Gemeinde Andechs, Notverbundleitung mit dem WVV Starnberg (BA 1998).- Büro f. Rohrleitungsbau P. Westphal, Augsburg, 12/1998 (erhalten mit e-mail AWA-Ammersee, 8.5.2012);

\k9\ Luftbild mit Flurgrenzen (Auszug).- BayernAtlas, 2018;

\k10\ Übersichtskarte Versorgungsgebiet Wassergewinnung Vierseenland gKU.- Internet-Download (http://www.wassergewinnung-vierseenland.de/versorgungsgebiet/uebersichtskarte.html);

Brunnenpläne, Schichtenprofile, Pumpversuche, Brunnenuntersuchungen:

\b1\ **Brunnen Rothenfeld**, M = 1:100 “Rohrfilterbrunnen erstellt 1944-1947".- Fa. Joh. Brechtel, München, 7.3.1965;

\b2\ **Brunnen Kloster Andechs**, M = 1:200.- Fa. Gebr. Abt KG, Mindelheim, 31.1.1968;

\b3\ **Versuchsbohrungen VB1-VB3**, Kloster Andechs, 1972 (verfüllt).- aus Watec 1990 (= \9\: Anh. 3);

\b4\ **Bohrung VB**: Schlussrechnung der Fa. Eckart Bohrungen GmbH, Landshut, 3.12.1985.- Gemeinde Andechs (Ordner “Kämmerei Br.IV”);

\b5\ **Brunnen IV:**
- Ausbauplan und Pumpversuchsdiagramm, M = 1:50/1:100:.- Fa. Aufschläger, Simbach/Inn, 9.10.1987 bzw. IB Watec GmbH, Markt Schwaben, aus GA Watec 1990 (\9\);
- Bohrprofil Brunnen IV, M = 1:200.- Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft, München, 7.8.87 (aus \4\);

\b6\ **GW-Meßstelle P1** - Gemeinde Andechs, Brunnenausbauplan und Pumpversuchsdiagramm M = 1:25/1:500.- Eckart Bohrungen GmbH, Landshut, 10.12.1992;

\b7\ **GW-Meßstelle P2** im Rothenfelder Forst, Gemeinde Andechs, Brunnenausbauplan und Pumpversuchsdiagramm M = 1:10 / 1:250.- Fa. Eckart Bohrungen GmbH, Landshut, 25.10.1994;

\b8\ **Wasserversorgung Andechs, Notverbundleitung und Gesamtkonzept** (Vorentwurf): Lagepläne 1:25.000, Grundriss und Schnitte Brunnenhaus.- IB Dippold & Gerold, Germering, 26.6.1998 und 27.8.2002;

\b9\ **GW-Meßstellen P3 und P4** - ZV Starnberg, M = 1:100 / 1:20 bzw. 1:200 / 1:20.- Fa. Abt Wasser- und Umwelttechnik GmbH, Mindelheim, 05.12.2011;

\b10\ **Bohrung VB (Verfüllskizze) und GW-Meßstelle P5** - ZV Starnberg, M = 1:200 bzw. 1:100.- Fa. Terrasond, Günzburg, 15.- 19.9.2012;

\b11\ **Brunnen IV - GW-Stände** 1.8.- 31.10.2012 und 12.- 14.12.2012.- Excel-Datensätze, Josef Scherer Elektroanlagen GmbH, 86511 Schmiechen;

\b12\ **Bohrung / GW-Meßstelle P7**, Bj. 06/2013, M = 1:75/1:20.- Fa. Abt, Mindelheim, 19.6.2013;

\b13\ **Bohrung / GW-Meßstelle P6**, Bj. 07/2013, M = 200.- Fa. Terrasond, Günzburg, 24.7.2013;

\b14\ **Brunnen IV - GW-Stände** 1.5.- 29.7.2013.- Excel-Datensätze, Josef Scherer Elektroanlagen GmbH, 86511 Schmiechen;

\b15\ Brunnenberichte zu den **TV-Untersuchungen an Brunnen IV und GWM VB** vom 7.3.2012.- Fa. BRG, Buch am Erlbach, 7.3.2012;

\b16\ Brunnenbericht zur **TV-Untersuchung an Brunnen IV** vom 1.10.2013.- Fa. BRG, Buch am Erlbach, 1.10.2013;

\b17\ Kurzbericht zu den **geophysikalischen Bohrlochmessungen, Andechs Brunnen 4**.- Fa. BLM, NL München, 31.10.2013;

\b18\ Angaben zu **GW-Ständen** (erhalten mit e-mails vom 8., 10. und 21.6.2016):
- Br.IV (Tages-Maxima 6/2009-6/2016).- Datei MaxPegel Br Andechs.xlsx;
- P1 (Tageswerte 7-9/2010 und 3/2013-6/2016).- Datei P1_Wasserstand_2010- 2016.txt;
- P6 (Tageswerte 1/2014-6/2016).- Datei P6_Wasserstand_2014-2016.txt;
- P2 (3 Einzelmessungen 3/2015-6/2016).- Datei P2_Wasserstandsmessung.xlsx;

\b19\ Angaben zu Wasserförderung und -verbrauch etc..- e-mails AWA-Ammersee, 11.6.2012, 17.9.2013, 9.6.2016, 25.8.2016, 23.10.2017;

\b20\ Ausbau- und Verfüllpläne der **Bohrungen B1-B6** (= GW-Meßstellen P8-P12; Bj. 07/2017, M = 1:75/1:20).- Fa. BauGrund Süd, Bad Wurzach, 31.7.2017 (e-mail);

\b21\ Aufzeichnungen der **Pumpversuche** an den **GW-Meßstellen P8, P9, P10 und P12**.- Fa. BauGrund Süd, Bad Wurzach, 31.7.2017 (e-mails 17. und 20.10.2017);

Wasseranalysen:

\a1\ Br.IV: Zusammenstellung von Wasseranalysen, Dezember 1997 - April 2000.- Labor Dr.Blasy - Dr.Busse, Eching a.A; Datei “Andechs.B4.Dez 97 - Apr 00.pdf” (erh. m. e-mail ZWS, 24.2.2010);

\a2\ Br.IV: Zusammenstellung von Wasseranalysen, Februar 2000 - Mai 2005.- Labor Dr.Blasy - Dr.Busse, Eching a.A.; Datei “Andechs.B4.Feb 00 - Mai 05.pdf” (erh. m. e-mail ZWS, 24.2.2010);

\a3\ Br.IV: Zusammenstellung von Wasseranalysen, August 2005 - August 2009.- Labor Dr.Blasy - Dr.Busse, Eching a.A.; Datei “Andechs.B4.Aug 05 - Aug 09.pdf” (erh. m. e-mail ZWS, 24.2.2010);

\a4\ Br.IV: Zusammenstellung von Wasseranalysen, 1998 - 2010.- Labor Dr.Blasy - Dr.Busse, Eching a.A.; Datei “Andechs-Brunnen4-1998-2010.xls” (erh. m. e-mail von ZWS, 17.2.2011);

\a5\ GW-Meßstelle P3: Prüfbericht Nr. 360437/2 der Probe vom 1.12.2011.- Labor Dr.Blasy - Dr.Busse, Eching a.A., 14.12.2011 (= Anhang B);

\a6\ GW-Meßstellen P1 und P2: Prüfbericht Nr. 377741 der Proben vom 4.4.2012.- Labor Dr.Blasy - Dr.Busse, Eching a.A., 12.4.2012 (= Anhang C);

\a7\ Br.IV vor und nach Verfüllung VB (Probenahmen: 10.9.12 und 10.10.12) und Schöpfprobe VB (Probenahme: 10.9.12): Prüfberichte Nr. 411990 und 411182.- Labor Dr.Blasy - Dr.Busse, Eching a.A., 12.9.2012 u. 16.10.2012 (= Anhang D);

\a8\ GW-Meßstellen P3 undP4 (Probenahme: 23.1.13): Prüfberichte Nr. 452639.- Labor Dr.Blasy - Dr.Busse, Eching a.A., 28.1.2013 (= Anhang E);

\a9\ Nitratmessungen und chemisch-technische Analyse: Br. IV nach Einschalten, PN 31.1.2013, Prüfberichte Nr. 454566.- Labor Dr.Blasy - Dr.Busse, Eching a.A., 2.2.2013 (= Anhang F);

\a10\ GW-Meßstelle P7 (Probenahme: 14.6.13): Prüfbericht Nr. 498068.- Labor Dr.Blasy - Dr.Busse, Eching a.A., 1.7.2013 (= Anhang G);

\a11\ GW-Meßstelle P6 (Probenahme: 30.7.13): Prüfbericht Nr. 506173-293070.- Labor Dr.Blasy - Dr.Busse, Eching a.A., 6.8.2013 (= Anhang H);

\a12\ Br.IV - hydrochemischer Pumpversuch 1.10.2013, 5 Prüfberichte Nr. 522742-321210-14.- Labor Dr.Blasy - Dr.Busse, Eching a.A., 8.10.2013 (= Anhang I);

\a13\ Br. IV - Aufzeichnungen der Trübungsmessungen.- J. Scherer Elektroanlagen GmbH, 86511 Schmiechen, Datei: “Bericht Trübung 2009-2013.xls” (erh. v. e-mail v. 25.10.2013);

\a14\ Br.IV - Zusammenstellung von Wasseranalysen, Juli 2014 - April 2016.- Labor Dr.Blasy - Dr.Busse, Eching a.A (erh. m. e-mail AWA-Ammersee, 23.9.2016);

\a15\ GW-Meßstellen P8, P9, P10 und P12 (Probenahme: 27./28.9.17): Prüfberichte Nr. 1320328-4657219 bis - 467222.- Labor Dr.Blasy - Dr.Busse, Eching a.A., 6.10.2017 (= Anhang M).

2 LAGE UND BESCHREIBUNG DES BRUNNENS

Die nachfolgenden Angaben basieren im wesentlichen auf den in Kapitel 1.4 genannten Unterlagen und Untersuchungen.

2.1 LAGE, GEOGRAFIE, HÖHENANGABEN

Der 1987 errichteten Brunnen 4 (= **Br.IV**) befindet sich 3,2 km nordöstlich der Ortsmitte von Erling, etwa auf halber Strecke zwischen Frieding im Norden und dem Klostergut Rothenfeld (JVA) im Süden, auf einer Geländehöhe (= GOK) von rund 670 mNN.
Seine Lage wird in den Plänen der Anlage 1 und 2 dargestellt.
Die kürzeste Entfernung zum nächsten größeren Vorfluter, dem Ammersee (mittl. Wsp. 533 mNN) im Osten, beträgt rund 3,4 km.
Zwischen Ammersee und dem Brunnen verläuft etwa auf der Höhe des Klosterberges Andechs beginnend die Kiental-Schlucht nach Norden. Hier hat sich der Kienbach bis zu 70 m tief in das umgebende Gelände eingeschnitten.
Der Brunnen liegt am nördlichen Rand des Rothenfelder Forstes im Bereich der Lokalität "*Eingegrabene Wiesen"*. Nach Osten, Norden, Westen und Südwesten schließen sich Felder an, die überwiegend landwirtschaftlich (tw. extensiv, tw. ackerbaulich) genutzt werden.
Das Gelände der Einebnungsfläche zwischen Rothenfeld und Frieding ("Rothenfelder Schotterflur") ist mit rund 1,5-2 % relativ flach nach Norden geneigt. Östlich und westlich davon steigen die bewaldeten, meist Süd/Nord-verlaufenden Moränenhügel bis auf über 700 mNN an. Sie bilden, wie in Anlage 1c gezeigt wird, eine U-förmige Wallstruktur, die nach Süden geöffnet ist, und zeichnen so einen ehemaligen Gletscherlobus nach. Im Norden auf Höhe der Kiesgrube Frieding wird der Scheitelpunkt des Walles durchbrochen. In dieser Richtung hatte der Abfluss des Schmelzwassers stattgefunden.

Der Brunnen befindet sich auf Flur-Nr. 1827/3 der Gmkg. Frieding in einem eingezäunten, ca. 40 m • 33 m messenden Fassungsbereich (s. Anl.2b).

Brunnen, geografische Daten (s.a. Anl.3a):

Objektkennzahl:	4110 8033 00029
Flur-Nummer:	1827/3, Gmkg. Frieding, Gde. Andechs
Koordinaten (Gauß-Krüger):	R 4441590 / H 5316990 (bestimmt m. GPS, ± 3 m)
Höhe Messpunkt - **MPOK** [mNN]:	668,25 mNN (MPOK = Peilrohr-Öffnung Brunnenkopf) 668,55 mNN (MPOK = OK PVC-Rohraufsatz)
OK Brunnendeckel:	668,17 mNN
Gelände-Höhe - **GOK** [mNN]:	670,46 (aus \4\)

2.2 TECHNISCHE BESCHREIBUNG

Eine textliche Beschreibung des Brunnenbauwerks ist dem Schlussgutachten des BLfW (s. \4\) zu entnehmen. Diesem liegt auch ein Brunnenausbauplan mit Schichtenprofil bei. Dieser basiert auf dem Original-Ausbauplan der Fa. Aufschläger vom 9.10.1987 (s. \b5\).

Der Ausbauplan des Brunnens wird in Anlage 4a gezeigt.

Brunnen, technische Daten:

Endteufe:		56,0	**(alle Angaben in m u.GOK)**
Bohrverfahren:	Trockenbohrung (vermutl. m. Seilgreifer)		
Bohrdurchmesser:	von	0,0 - 24,6	1.200 mm
	von	24,6 - 56,0	900 mm
Brunnenausbau:	von	- 0,24 - 2,64	Brunnenvorschacht, Beton
	von	2,64 - 2,84	Schachtsohle (Beton)
	von	2,34 - 2,80	Flansch Brunnenkopf, Stahl, DN 1000
	von	2,6 - 24,6	Sperrohr, Stahl, DN 914 x 10 mm
	von	24,5 - 24,6	Fußflansch
	von	2,6 - 40,6	Aufsatzrohr, Hagusta, DN 500
	von	40,6 - 50,6	Filterrohr, Schlitzbrücke, Hagusta, DN 500
	von	50,6 - 56,6	Sumpfrohr, Hagusta, DN 500
	von	56,5 - 56,6	Bodenkappe, Hagusta, DN 500
(Hagusta-Rohre = Stahl, kunststoff-beschichtet)			
	von	2,4 - 50,6	Peilfilter, PVC, DN 60 x 6 mm
Abdichtung:	von	2,8 - 23,0	"Erstarrungston"
	von	23,0 - 24,5	"Kies-Sand-Polster"
Filterkies:	von	2,8 - 56,0	Filterkies, Körnung 4 - 8 mm (Kalk, Rundkorn)
GW-Spiegel:		40,75	(10.8.1987)
U-Pumpe:	von ca.	52,5 - 53,5	
nach \5\:	Unterwasserkreiselpumpe 50 kW, drehzahlgesteuert Förderleistung 5 - 30 l/s bei H = 97 m		
Typenschild im Brunnenhaus:	Hersteller / Typ:		EMU K86-5, Bj. 1989
(und auf Pumpe)	Leistung:		Q = 30 l/s bei H = 9,5 bar und 41,5 kW / 380 V

Der Brunnen ist nach den vorliegenden Planunterlagen (3.3.1988, s.\2\; bzw. 26.6.1998, s.\b8\) in einem Brunnenhaus mit begehbarem, betonierten Brunnenvorschacht (ca. 3 m tief) untergebracht und mit einem Stahl-Brunnenkopf (DN 1000) verschlossen.

2.3 ERGEBNISSE VON TV-UNTERSUCHUNGEN

Am 7.3.2012 wurde am **Brunnen IV** und der im Fassungsbereich daneben liegenden GW-Meßstelle **VB** (ehem. Versuchsbohrung) je eine Untersuchung des Brunneninneren mittels TV-Kamera durch die Fa. BRG im Beisein des Unterzeichners ausgeführt (s. \b15\).
Da an Br. IV der Brunnenkopf nicht geöffnet werden konnte, wurde eine Spezialkamera durch die Peilöffnung im Brunnendeckel eingeführt. Die Kamera erreichte die Endteufe des Brunnens jedoch nicht, da bei 39 m u.OK Brunnenkopf (BrOK) eine Flanschverbindung der Pumpensteigleitung nicht passierbar war.
Nach Ausbau der Brunnenpumpe wurde am 1.10.2013 die Kamerabefahrung wiederholt (s. \b16\).

- Ergebnisse GW-Meßstelle VB (s. Anl.4b-1):

Bei der TV-Untersuchung ergaben sich eindeutige Hinweise auf einen temporär v.a. nach stärkeren Regenfällen erfolgenden Zutritt von Grundwasser aus einem oberflächennahen höheren GW-Stockwerk ab ca. 4 m u.GOK (vgl. \24\).
Zur Beseitigung dieses hydraulischen Kurzschlusses wurde die Meßstelle VB im September 2012 rückgebaut (s. Kap.2.5).

Ergebnisse Brunnen IV:

- Die Pumpensteigleitung hing nicht zentral im Brunnenrohr, sondern z.T. sehr nahe an der Brunneninnenwand. Der Brunnenausbau ist möglicherweise nicht ganz lotrecht. Die Gefahr der Bildung von Scheuerstellen oder Rohrabplatzungen ist gegeben, sofern die Pumpensteigleitung und die Brunnenpumpe nicht zentriert eingebaut werden und an der Brunneninnenwand anschlagen.

- Die gemessenen Tiefen (OK Filterrohr = 38,35 m u.BrOK-Flansch, OK Sumpfrohr = 48,35 m u.BrOK-Flansch) entsprachen in etwa den im Ausbauplan (s. Anl.4a) angegebenen Werten von 40,60 m u.GOK bzw. 50,60 m u.GOK.

- Der Ruhewasserspiegel wurde am 7.3.2012 bei 38,33 m u.MPOK (bzw. 629,92 mNN), am 1.10.2013 bei 36,70 m u.BrOK-Flansch (631,44 mNN) erreicht.

- Die blaue Kunststoff-Ummantelung des Stromkabels ließ ab ca. 36 m u.BrOK (ca. 632 mNN) schwarze und braune Beläge erkennen, die nicht näher zugeordnet werden konnten.

- Das Brunneninnere wies über dem Wasserspiegel Rostablagerungen an den Rohrstößen auf (vermutl. Späne vom Abschneiden des obersten Brunnenrohres), ist jedoch soweit erkennbar nicht nennenswert beschädigt.

- Auch im wassererfüllten Bereich waren in den Filterschlitzen bräunliche Ablagerungen (“Feinsedimente”) sichtbar, die nach unten zunehmen.

- Auffallend war bei der TV-Untersuchung am 1.10.2013 auch der “*fädrige Bewuchs*” in den Filterschlitzen bei 44,3 m u.BrOK.

- Auf der Brunnensohle war eine ca. 0,5 m starke Auflandung vorhanden, in der sich zahlreiche abgelöste Gummiteile (vermutlich Kabelbinder) erkennen ließen.

2.4 ERGEBNISSE DER GEOPHYSIKALISCHEN BOHRLOCHUNTERSUCHUNG

Am 1.10.2013 erfolgten anschließend an die TV-Untersuchung geophysikalische Bohrlochmessungen zur Untersuchung der Dichtheit des Brunnen-Sperrohres, einem Nachweis der Sperrohr-Tiefe und einer Zuflussprofilierung.
Nach diesen Untersuchungen, die im Kurzbericht der Fa. BLM (s. \b17\) dokumentiert sind, endet das Brunnen-Sperrohr bei rund 22 m unter BrOK bzw. 24,3 m u.GOK. Die Abdichtung der Sperrohrstrecke mit Ton wird als weitgehend homogen bewertet. Die Kiesstrecke im Vollrohrbereich oberhalb des Wasserspiegels wird als ungesättigt bis trocken bezeichnet und lässt somit keine Rückschlüsse auf einen Wasserzufluss von oben zu.
Auch die hydrodynamischen Messungen (Zuflussprofil) ergaben keine Hinweise auf vertikale Fließbewegungen.
Die Hauptmenge des in den Brunnen zufließenden Wassers stammt aus der tieferen Hälfte der Filterrohrstrecke (ca. 75 %). Dieses heterogene Anströmungsbild kann darauf zurückgeführt werden, dass im oberen Teil des verfilterten Bereichs der Nagelfluh-Anteil in den Kiesen höher ist (vgl. Anl.4a).
Somit lässt sich zusammenfassend festhalten, dass die geophysikalische Bohrlochmessungen keinen Hinweis auf eine Umläufigkeit oder Fehlstellen in der Brunnenabdichtung bzw. im Sperrohrbereich ergeben haben.

2.5 BENACHBARTE WASSERFASSUNGEN, GW-MESSTELLEN, BOHRUNGEN

Die Lage der benachbarten Brunnen, GW-Meßstellen und Bohrungen ist aus Anlage 1a+b und 2a ersichtlich. Ihre geografischen Daten können Anlage 3a (Datenblätter/Tabellen) entnommen werden. Die Ausbaupläne und Schichtenprofile der GW-Meßstellen im Bereich Br. IV / Rothenfeld liegen in Anlage 4ff. bei.

Unmittelbar neben Br.IV in dessen Fassungsbereich 9 m von diesem entfernt (s. Anl.2b) befand sich ursprünglich die GW-Meßstelle **VB**, die vor dem Brunnenbau (1987) als Versuchsbohrung bis auf 64,5 m u.GOK abgeteuft worden war (1985). Da diese Meßstelle einen hydraulischen Kurzschluss aufwies (s. Kap.2.3), wurde sie im September 2012 rückgebaut (s.a. \25\). Hierzu wurde sie nach Beseitigung der Auflandung und Desinfektion zunächst von der Sohle bis 25 m u.GOK mit Quarz-Filterkies aufgefüllt, anschließend überbohrt und bis 24,3 m u.GOK mittels Tonsperre und Dämmer abgedichtet, wie an Anlage 4b-2 dargestellt.

Im Zuge der weiteren hydrogeologischen Untersuchungen für den Br.IV waren bereits in den Jahren 1992 und 1994 die Meßstellen **P1** (76 m Bohrtiefe, Abdichtung bis 56 m) und **P2** (61 m Bohrtiefe, Abdichtung bis 44 m) niedergebracht worden (s. Anl.4c+d).

Die beiden 2011 errichteten GW-Meßstellen **P3** und **P4** erschließen die Kiese des oberen, hangenden GW-Leiters bis zu einer Tiefe von 9-10 m u.GOK (Anl.4e+f).
Die GW-Meßstelle **P5** (s. Anl.4g) wurde 2012 im Zuge der Arbeiten an der VB im Brunnen-Fassungsbereich eingerichtet, um nahe am Brunnen die Möglichkeit zur Untersuchung des hangenden GW-Leiters zu erhalten (Wasserqualität, GW-Stand, GW-Fließrichtung i.V.m. mit GWM P3 und P4).
Um die GW-Fließrichtung in den beiden GW-Stockwerken (Haupt-GW-Leiter und hangendes Stockwerk) bestimmen zu können, war es nötig je eine weitere flache und tiefe GW-Meßstelle zu errichten, was im Juni/Juli 2013 geschehen ist:
Die tiefe Bohrung **P6** (58,5 m tief, abgesperrt bis 49,5 m u.GOK) liegt am weitesten westlich und ergänzt die beiden vorhandenen tiefen Meßstellen P1 und P2 (s. Anl.4h).
Die flache GW-Meßstelle **P7** (Bohrtiefe: 16 m) erschließt wasserführenden Kies zwischen 13,7 und 15,2 m u.GOK (s. Anl.4i).

Es liegen zudem die Ergebnisse weiterer Bohrungen vor (hier nicht im einzelnen dargestellt):

- Br.R - Brunnen JVA Rothenfeld (Bj. 1947);
- Br.K - Brunnen Kloster Andechs (Bj. 1968);
- VB1K, VB2K, VB3K - ältere Versuchsbohrungen 1-3, Kloster Andechs (Bj. 1972);
- B1A, B3A, BS1-6, B1S, B2S - Bohrungen und GW-Meßstellen Kiesgruben Frieding und Spornritt (Gde. Andechs, 2006-2011);
- WWT - Erdwärmesondenbohrungen Gewerbegebiet Rothenfeld (Bj. 2012).

Max-Planck-Institut Seewiesen (MPI):
- Br.M1 + M2 - Brunnen MPI Seewiesen;
- Br. Ma - alter Brunnen MPI Seewiesen (Bj. 1965);
- PÖC028 - GW-Meßstelle Seewiesen (Bj. 2005).

Gewerbegebiet Rothenfeld (s.a. Anl.3a-2):
Zur Beurteilung der **oberflächennahen, hydrogeologischen Verhältnisse** im Bereich des Gewerbegebietes Rothenfeld und nördlich davon wurden im Zuge eines weiteren Bohrprogrammes im Juli 2017 ingesamt 6 Bohrungen (**B1-B6**, s. Anl. 4j-o) mit einer Teufe von max. 16 m niedergebracht. Von diesen wurden 5 als GW-Meßstellen (**P8-P12**) ausgebaut.
Aus den Jahren 1999-2000 liegen zudem in \gr1\ die Bohrprofile von 6 älteren Baugrundbohrungen (B1-B6, Ø 150 mm, je 6 m tief) im Gewerbegebiet vor, die nachfolgend als **b1g-b6g** bezeichnet werden (s.a. Anhang L). Weitere Baggerschürfe (s. \gr3\) und Kleinbohrungen (**RKS1-4**: an der Nordost-Seite des Gewerbegebiets) wurden 2009 zur Untersuchung der Versickerungsmöglichkeiten niedergebracht (\gr4\, \gr5\). Die Untersuchungsbefunde, die in \36\ ausführlicher dargestellt sind, wurden in das vorliegende Gutachten eingearbeitet.

Eine Zusammenstellung der geologischen Schichtenprofile lässt sich den hydrogeologischen Profilschnitten A-A', B-B' und C-C' der Anlage 5b entnehmen (vgl. Kap.4.2.2).

Die Andechser Brunnen im Schwellmoos (außer Betrieb) sowie die zur Trinkwasserversorgung genutzten Quellen (Alexander- und Blumenschein-Quelle) liegen bereits westlich des tief eingeschnitten Kientales (vgl. Anl.5b-1, Profil A-A') und stehen somit nicht in einem erkennbaren Zusammenhang mit dem GW-Vorkommen von Br. IV.

3 WASSERFÖRDERUNG, -VERTEILUNG, -VERBRAUCH

3.1 BISHER GENEHMIGTE ENTNAHMEMENGEN

Nach dem Erst-Bescheid von1989 (s. \6\) sowie der aktuell gültigen beschränkten Erlaubnis (s. \28\) sind folgende Entnahmemengen genehmigt.

Tab.1: Br. IV - Andechs - derzeit genehmigte Entnahmemengen

Q_{max}	maximal kurzzeitig	[l/s]	30
$Q_{d\text{-}max}$	maximal täglich	[m³/d]	2.200
$Q_{a\text{-}max}$	maximal jährlich	[m³/a]	260.000

Das zutage geförderte Grundwasser dient der Trinkwasserversorgung (einschließlich Löschwasserbereitstellung).

3.2 ENTWICKLUNG DER WASSERFÖRDERUNG

Nach Angaben der Gemeinde Andechs bzw. des Vorhabensträgers wurden für die Jahre 1995-2005 bzw. 2008-2016 die in Tabelle 2 aufgelisteten Fördermengen gemessen.
Die Erfassung der Fördermengen erfolgt mittels Wasserzähler am Brunnenkopf. Dieser überträgt die Messwerte zunächst über eine Datenleitung zur Drucksteigerung, von wo wiederum eine Funkübertragung an das Leitsystem erfolgt. Der Zählerstand wird zusätzlich einmal im Monat abgelesen.
Nach den vorliegenden Daten betrug die maximale Monatsentnahme $Q_{mt\text{-}max}$ = 31.500 m³ (bzw. 11,7 l/s) und die maximale Tagesentnahme $Q_{d\text{-}max}$ = 1.545 m³/d (bzw. 18 l/s).
Der Wert vom 1.9.2014 mit 2.870 m³/d entspricht einer Förderleistung von 33,2 l/s, d.h. die im Brunnen eingebaute U-Pumpe ist hierbei offensichtlich den ganzen Tag durchgelaufen.

Tab.2: Auflistung der Fördermengen, Brunnen IV - Andechs (aus \b19\)

Jahr	**Jahres-Fördermenge**	**max. monatl. Förderung Q_{mt-max}**		**max. tägl. Förderung Q_{d-max}**	
	Q_a [m³/a]	[m³]	(Monat)	[m³]	(Datum)
1995	211.365				
1996	178.175				
1997	178.353				
1998	213.161				
1999	171.773				
2000	155.356				
2001	194.006				
2002	167.116				
2003	209.018				
2004	181.952				
2005	120.341				
Ø 1995-2005	**180.056**				
2008	189.889				
2009	210.461				
2010	138.548	16.701	Dez	1.545	(21.12.10)
2011	134.912	12.794	Mai	658	(23.08.11)
2012	139.356	14.915	Mai	777	(11.12.12)
*2013**	*(100.496)*	19.444	Jun	913	(18.06.13)
*2014**	*(147.113)*	27.435	Sep	2.870	(01.09.14)
2015	309.581	31.501	Jul	1.434	(06.08.15)
2016	315.151	30.379	Jul	1.399	(29.03.16)
Ø 2008-2016	**205.414**				

*: "*Brunnen wg. Verkeimung teilweise außer Betrieb (08/2013 bis 07/2014)*"

Für 2015 und 2016 überschritt die Jahresentnahme die genehmigte Menge, da nach Angabe des Vorhabensträgers die beiden Andechser Quellen (s. Kap. 3.4) nicht am Netz waren.

3.3 WASSERVERTEILUNG

Nach Angaben aus \b8\ und \k10\ wird das Wasser vom Brunnen über eine GG-Leitung (DN 200) nach Südwesten zur ca. 2004 errichteten Reserve (DPW: Tiefbehälter, 500 m³ mit Drucksteigerung) nahe des Klosterbrunnens (Br.K, s. Anl.1a) geführt und von dort ins Ortsnetz von Erling und Machtlfing eingespeist (vgl. Anl.1d). Eine weitere, neuere Rohrleitung (Notverbundleitung, PE-HD DN 200) wurde vom Brunnen nach Süden zur Kreisstraße STA 3 verlegt und verläuft ab dort entlang der Straße nach Nordosten. Auf halbem Weg nach Landstetten zweigt eine Rohrleitung (DN 400) nach Süden zum HB Seebuchet (726,1 mNN, V = 1.000 m³) zwischen Aschering und Seewiesen ab. Die Hauptleitung verläuft über Landstetten nach Norden in Richtung Frieding / Drößling und wird weiter nördlich auf das Pumpwerk bzw. den HB Unering (658 mNN, V = 5.000 m³) geführt. Hier speisen auch die Brunnen des nördlichen Versorgungsgebietes ein (Br. I-III im Unterbrunner Holz, Br. V+VI Hochstadt) und Br. Mamhofen (STA). Nördlich von Landstetten zweigt noch eine Versorgungsleitung nach Osten zu den Ortschaften Perchting und Maising ab.

3.4 WEITERE BEZUGSMÖGLICHKEITEN VON TRINKWASSER

Aus dem Brunnen IV Andechs werden die südlichen Teile des Versorgungsgebietes (nur die Ortsteile Erling, Machtlfing) über das vorhandene Rohrnetz beliefert. Das nördliche Versorgungsgebiet (inkl. OT Frieding, MPI Seewiesen und Gewerbegebiet Rothenfeld) erhält sein Trinkwasser aus den nördlich gelegenen Brunnenanlagen (Br.I-III, V+VI und Mamhofen).
Da die beiden Versorgungsgebiete über eine Rohrleitung miteinander verbunden sind, ist bei Ausfall des Br. IV eine Versorgung der OT Erling und Machtlfing möglich. Das Wasser aus Brunnen IV kann andererseits ebenfalls zu einer Teilversorgung (v.a. Hochzone) des übrigen Versorungsgebietes verwendet werden. Der Brunnen IV trägt somit zu einer Erhöhung der Versorgungssicherheit bei.
In das gemeindliche Wassernetz (OT Erling) wird zusätzlich Wasser aus dem Quellgebiet zwischen Erling und Herrsching eingespeist (Alexander- und Blumenschein-Quelle). Die Quellschüttung ist jedoch relativ gering und für eine Vollversorgung nicht ausreichend (s. Kap.3.6).

3.5 WASSERVERBRAUCH UND -VERLUSTE

Nach den in \b19\ vorliegenden Angaben und Berechnungen ergeben sich die in Tabelle 3 aufgelisteten Wasserverbrauchs-Zahlen sowohl für die durch den Br.IV versorgten Andechser Gemeindeteile Erling und Machtlfing, als auch für das gesamte Versorgungsgebiet der Gemeinde (inkl. Gewerbegebiet Rothenfeld und OT Frieding). Diese verhalten sich wie 1:1,13.

Die Wasserverluste wurden ebenfalls für das gesamte Gemeindegebiet Andechs ermittelt, also inkl. Gewerbegebiet Rothenfeld und OT Frieding, die eigentlich nicht zum Versorgungsgebiet des Br.IV gehören. Die prozentualen und die spezifischen realen Wasserverluste sind aber auf Erling und Machtlfing übertragbar. Zur Senkung der aktuell hohen Wasserverluste wurden Ende 2015 / Anfang 2016 drei Messzonen mit kontinuierlicher Verbrauchsmessung (Nachtminimum) eingerichtet, die eine frühe Erkennung, Lokalisierung und Reparatur von Rohrbrüchen ermöglichen sollen. Zudem fand im Sommer 2015 eine Rohrnetzüberprüfung durch eine externe Leckortungs-Firma statt.

Tab.3: Zahlen zum Wasserverbrauch und -bedarf in der Gemeinde Andechs (aus \b19\)

	Rohrnetz-einspei-sung ges.	**Verkauf Erling + Machtlfing**	**ges. Verkauf Gde. Andechs inkl. Frieding**	**Gesamt-verluste° (Q_V)**	**reale Was-serverluste (Q_{VR})**		**spez. realer Wasserver-lust (q_{VR})**
Jahr	[m³]	[m³]	[m³]	[m³]	[m³]	[%]	[m³/(h • km)]
2011	414.010	317.728	359.987	54.023	39.989	9,7	0,149
2012	443.878	349.237	395.828	48.050	32.995	7,4	0,123
2013	479.787	376.107	422.785	57.002	41.041	8,6	0,153
2014	510.621	393.621	443.697	66.924	49.345	9,7	0,183
2015	485.201	371.843	420.291	64.910	50.117	10,3	0,186
Ø	**466.699**	**361.707**	**408.518**	**58.182**	**42.697**	**9,1**	**0,159**
2047*	*500.000*	*396.000*	*448.000*	*52.000*	*30.000*	*6,0*	*0,112*

°: Wasserverluste f.d. ges. Gemeindegebiet (inkl. Gewerbegebiet Rothenfeld und OT Frieding)
**: Prognosewerte (s. Kap.3.6)*

Der spezifische reale Wasserverlust ($q_{VR} = Q_{VR}/(8.760 \bullet L_n)$) wurde nach dem DVGW Arbeitsblatt W 392 errechnet, wobei eine Rohrnetzlänge von L_N = 30,7 km angesetzt wird.
Nach DVGW W 392 (s.d. Tab.4) sind für den ländlichen Raum die in Tabelle 3 angegebenen Werte für q_{VR} mit >0,10 m³/(km • h) als "*Hohe Wasserverluste*" zu bezeichnen.

3.6 ZUKÜNFTIGER WASSERBEDARF

Nach Angaben der Gemeinde (e-mail v. 10.10.2016) war laut amtlichen Angaben (Amtsblatt STA) in den letzten 30 Jahren ein Bevölkerungszuwachs von rund 900 Einwohnern zu verzeichnen, also etwa 30 Einwohner/Jahr (Stand 31.12.2015: 3.527 Einwohner).

Die Gemeinde geht derzeit von einer ähnlichen Entwicklung aus, wie in der Vergangenheit aus, so dass im Gemeindebereich Andechs im Jahr 2047 möglicherweise max. 4.500 Einwohner (= E) mit Trinkwasser versorgt werden müssten.

Nach Angaben des BayLfU (Landesamt für Umwelt) liegt "*der spezifische Wasserverbrauch in Bayern (Haushalt und Kleingewerbe) mit 130 l/(E*d) etwas über dem Bundesdurchschnitt (121 l/(E*d). Dies kann u.a. auf die stellenweise große Anzahl an landwirtschaftlichen Betrieben sowie auf den Tourismus zurückzuführen sein*" (Quelle: http://www.lfu.bayern.de/wasser/trinkwasserversorgung_oeffentlich/trinkwasserverbrauch/index.htm).

Der künftige spezifische Wasserverbrauch wird als leicht rückläufig bis etwa gleichbleibend angenommen, da die Möglichkeiten zur Einsparung von Wasser ausgeschöpft zu sein scheinen. Folglich wäre bei einem Zuwachs von 900 Einwohnern und einem spezifischen Wasserverbrauch von 120 l/(E•d) mit einem Mehrverbrauch von 39.500 m³/a zu rechnen.
Der Vorhabensträger geht davon aus, dass bei den beiden Großabnehmern in Erling (Molkerei und Brauerei) künftig tendenziell ein eher steigender Verbrauch zu erwarten ist. Nach den Angaben aus \b19\ wurde an diese im Mittel der letzten 5 Jahre (2011-2015) pro Jahr 210.000 m³ Wasser verkauft (2014: 240.228 m³, 2015: 216.857 m³).

Zu einer Prognose des Wasserbedarfs für 2047 (s. Tab.3) wurde für die max. zu erwartende Bevölkerungszunahme im Gemeindegebiet der Gesamt-Wasserverkauf mit 448.000 m³/a angesetzt. Bei der Korrektur für die aus dem Br.IV versorgten Gemeindeteile Erling und Machtlfing gegenüber dem gesamten Gemeindegebiet von 1:1,13 (s. Kap.3.5 und Tab.3) errechnet sich ein Prognosewert von rund 396.000 m³/a. Zuzüglich angenommener Gesamt-Wasserverluste von 6 % ergäbe sich somit für 2047 eine benötigte Fördermenge von 420.000 m³/a aus Br.IV.

Der Br.IV Andechs sollte den Gesamtbedarf von Erling und Machtlfing abdecken (auch bei Ausfall der beiden Andechser Quellen, s. Kap.3.4).

Nach dem Bescheid von 13.8.1992 sind derzeit folgende Quellwasserentnahmen genehmigt:

max. kurzzeitig:	5,5 l/s;
max. täglich:	474 m³/d;
max. jährlich:	132.000 m³/a.

Anhand der Wasserentnahmemengen aus dem Br.IV der letzten 20 Jahre (s. Tab.2) ergeben sich rund 185.000 m³/a. Bei Zurechnung der genehmigten Quellschüttung wird somit bereits derzeit eine maximale Jahresentnahme von bis zu 320.000 m³ aus dem Br.IV benötigt.

4 ANGABEN ZUR GEOLOGIE UND HYDROGEOLOGIE

4.1 GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Der Bereich des Rothenfelder Forstes, an dessen Nordrand der Brunnen IV liegt, befindet sich auf dem Andechser Höhenrücken, der zwischen den eiszeitlichen Systemen des Ammersee- und Würmsee-Gletschers als Sporn wirkend die beiden Gletscherzungen geteilt hatte.
Der Andechser Höhenrücken wird großflächig von den Ablagerungen der letzten Vereisungsphase (Würm-Eiszeit, **Quartär**) überdeckt. Im Untergrund finden sich jedoch auch die Ablagerungen der vorangegangenen Eiszeiten (Günz –> Mindel –> Riß).
Aus dem Bereich des Kartenblattes Tutzing auf dem das Untersuchungsgebiet liegt, existiert bislang keine amtliche geologische Karte, weshalb auf Spezialliteratur zurückgegriffen werden musste.
In Anlage 5a (Hydrogeologische Karte 1:10.000) werden die vorliegenden Erkenntnisse aus der Literatur sowie aus den neueren Erhebungen zusammengestellt (s.a. Kap.4.5).

Nach den Kartierungen von KNAUER (s. \k4\) und JERZ (s. \k6\) liegt das Gebiet zwischen Rothenfeld im Süden und Frieding im Norden des Brunnenstandortes im Bereich glazialer Sedimente des Quartär.
Würmeiszeitliche Moränenablagerungen (v.a. "*randliche Wallmoränenzüge*") bilden die bewaldeten Rücken und Hügel südlich von Rothenfeld sowie östlich und westlich der Wald-, Feld- und Wiesenfluren zwischen Rothenfeld und Frieding/Drößling (s.a. Anl.1c). Der dazwischen eingebettete, flache Bereich zwischen Rothenfeld und Frieding wird als **Rothenfelder Schotterflur** (KRAUSE, 2001) bezeichnet. Diese wird von junger Moräne gebildet, in die das abschmelzende Gletschereis Abschmelzschotter entlang von Abflussrinnen und -flächen (Sander) eingelagert hat (*k4\: "Schotter des inneren randlichen Moränenzuges (Söckinger Stufe)*").
Südlich des Waldgebietes "Spornritt" bzw. südlich der Staatsstraße 2067 Erling-Machtlfing beginnt ein Drumlinfeld, in dem zwischen die Drumlins und hügelartigen Moränenreste zahlreiche moorige Feuchtflächen eingelagert sind.

Die älteren Quartär-Ablagerungen, v.a. die hier im Untergrund verbreiteten Deckenschotter (Nagelfluhen) der Mindel-Eiszeit sind im Bereich Rothenfelder Forst an der Geländeoberfläche nicht aufgeschlossen. Sie finden sich erst in der tief eingeschnittenen Schlucht des Kienbaches (Kiental), die nördlich von Erling nach Herrsching zieht (vgl. Anl.5a).

Hier werden auch in deren Liegendem die Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (**OSM, Tertiär**) angeschnitten. Die Oberkante dieser meist als Tonmergel, Schluff oder Feinsand abgelagerten Sedimente liegt im Kiental bei ca. 620-630 mNN.

4.2 LOKALE GEOLOGISCHE SITUATION

4.2.1 GEOLOGISCHES PROFIL DES BRUNNENS

Gemäß dem vorliegenden Schichtenprofil der 56 m tiefen Brunnenbohrung (s. Anl.4a) wurden bei der Brunnenbohrung überwiegend die Glazial-Sedimente des **Quartär** durchteuft. Ab einer Teufe von 50,6 m u.GOK (= 620 mNN) steht die **OSM** in Form von *"schluffigem, braunem und blauem, hartem Ton*" an.
Die oberen Meter werden von sandigem Fein- bis Grobkies aufgebaut, darunter von 7,8-9,1 m u.GOK von stark schluffigem Fein- bis Mittelkies. Es folgt wiederum stark sandiger Kies bis 12,6 m, der von zunehmend schluffigem (lehmigem) Kies und Lehm bis 16,8 m u.GOK unterlagert wird. Die kiesigen Abfolgen stellen die jüngsten, würmeiszeitlichen Bildungen (Abschmelzschotter) dar. Die verlehmten Schichten weisen eine typische Ockerfärbung auf. Sie werden nach den vorliegenden Erfahrungen häufig als zwischeneiszeitliche Verwitterungsbildung über den älteren Deckenschottern angetroffen.
Im Liegenden der lehmigen Verwitterungsschichten wird ab 17,4 m u.GOK (= 653 mNN) erstmals Nagelfluh (= Konglomerat) in 3 m Mächtigkeit verzeichnet. Bis 29,7 m u.GOK werden die durchteuften Serien überwiegend als "*Konglomerat, sandig und schluffig*" beschrieben, wobei schluffige Konglomerate eher ungewöhnlich sind. Zwischen 29,7 und 40,5 m u.GOK lässt sich anhand der Angabe ("*Meißelarbeit*") ebenfalls annehmen, dass hier Nagelfluh durchteuft wurde. Darunter folgen bis zur OSM (s.o.) sandige bis stark sandige, tw. schluffige Kiese. Diese sind ab rund 40-41 m u.GOK wasserführend (= 630 mNN, 10.8.1987).
Es ist davon auszugehen, dass es sich bei den konglomeratischen Schotter-Abfolgen zwischen 17,4 und 50,6 m u.GOK (653-620 mNN) um Mindel-Deckenschotter handelt.

Unmittelbar neben dem Brunnen, in dessen Fassungsbereich lag die vor dem Brunnenbau errichtete **Versuchsbohrung VB**. Von dieser liegt kein Schichtenprofil vor, so dass dem Schichtenprofil in Anlage 4b-1 das des Br. IV zugrunde liegt. Der Ausbauplan wurde anhand der Rechnung der Bohrfirma sowie der Kamerabefahrung vom 7.3.2012 rekonstruiert.
Diese Meßstelle wurde wegen des durch sie erzeugten hydraulischen Kurzschlusses (direkter Zulauf von oberflächennahem Grundwasser in den tieferen Aquifer: s. Kap.2.3) im September 2012 teilrückgebaut und plombiert (vgl. Anl.4b-2).
Im Zuge dieser Arbeiten erfolgte der Neubau der flachen GW-Meßstelle **P5**, ebenfalls im Fassungsbereich (s. Anl.4g). Diese Bohrung wurde zunächst, da kein Grundwasser angetroffen wurde, auf 19,2 m u.GOK abgeteuft und nachdem eine Nagelfluh-Bank erreicht wurde wieder mit Quellton und Dämmer bis 12,2 m Tiefe rückverfüllt. Es wurden eine Stein-Lage (von 8,0-9,2 m u.GOK) sowie eine Kies-Schicht (von 10,6-11,1 m u.GOK) verfiltert.
Wie im Brunnen, der ein ähnliches Schichtenprofil aufweist, wurde über dem Deckenschotter eine auffällige, rotbraun gefärbte Verwitterungslehm-Lage (15,3-17,0 m u.GOK) durchbohrt.

Die Meßstelle P5 ist in der Regel trocken, kann jedoch auch im Zuge von starken Niederschlägen auch eine temporäre GW-Führung aufweisen (4./5.6.2013: s.a. Kap.4.7.2, 4.8.2).

4.2.2 GEOLOGISCHE BEFUNDE DER WEITEREN BOHRUNGEN

Die Schichtenprofile der in Kapitel 2.5 genannten Bohrungen im Umfeld des Br. IV (VB und P1-P7, B1, P8-P12) liegen in Anlage 4b-o bei. Die weiteren Bohrungen (Brunnen, Meßstellen, Versuchs- und Aufschlussbohrungen) werden hier nicht im einzelnen behandelt. Sie sind jedoch in den Lageplänen der Anlagen 1a+b, sowie in der Datentabelle der Anlage 3a dargestellt. Zudem wurden alle Bohrungen mit Ausnahme der Bohrungen bei Seewiesen und an der Kiesgrube Spornritt zur besseren Übersicht in den **hydrogeologischen Profilschnitten A-C** der Anlage 5b-1 und 5b-2 zusammengestellt. Der Verlauf der Schnitte wird in Anlage 1a+1b gezeigt.

Vorab ist anzumerken, dass gerade bei den älteren Bohrungen teilweise Unsicherheiten bzgl. der geologischen Schichtenansprache bestehen, da diese Bohrung zum Teil nicht als Trockenbohrungen sondern als Spülbohrung (P1) bzw. Seilkern-/Lufthebe-Bohrung (P2) abgeteuft wurden. Bei den Versuchsbohrungen VB1K-3K (1972) ist das Bohrverfahren unbekannt und in den vorliegenden Unterlagen liegen teilweise widersprüchliche Schichtenprofile vor (vgl. \9\ bzw. \b3\ und \13\: Anl.5,1, Abb.7).

In den Profilschnitten A-C lassen sich eine starke Gliederung des Untergrundes und heterogene, komplexe geologische Verhältnisse erkennen.
In allen Schnitten sind oberflächennahe Moränenablagerungen (hellgrün: Geschiebelehm, Schluff, kiesig-sandig) vorhanden. Diese nehmen in ihrer Mächtigkeit von den hügeligen Bereichen im Westen (Kiental, Erling) und im Süden (Br. Rothenfeld) nach Osten bzw. Norden zum Br. IV ab und werden von den Würm-Abschmelzschottern der Rothenfelder Schotterflur (hellgelb: Kies, sandig) überdeckt bzw. gehen in diese über. Deutlich erkennbar ist, dass die Würm-Schotter im Bereich um den Br.IV sowie an den Meßstellen-Bohrungen P1 und P3 fast direkt den Mindel-Deckenschottern (gelb: Kies, sandig, tw. zu Nagelfluh verfestigt) aufliegen. Häufig werden die Deckenschotter von einer typisch hellbraun-rötlich gefärbten, 1-2 m mächtigen Lehm-Lage (hellgrau: Sand-Schluff-Ton-Gemisch) überlagert, die als eine zwischeneiszeitlich entstandene Verwitterungsbildung gedeutet wird (Bohrungen Br. IV, P3, P5, P6, P7).

An den Bohrungen P1, P2, P4, P6 sowie den älteren Bohrungen Br. K, VB1K-VB3K ist diese Verwitterungslehm-Lage nicht vorhanden bzw. im Schichtenprofil nicht erkennbar. Hier liegen entweder die Würm-Schotter direkt dem Deckenschotter auf (P1, P2, VB1K) oder die Nagelfluhen sind in Kiese mit einem lagenweise deutlich vorhandenen Feinkornanteil eingebettet.

Letztere werden in Anlage 5b farblich durch eine Rot-Schraffur hervorgehoben ("Bereiche mit höherem Feinkornanteil"). Da hier auch Nagelfluh-Lagen auftreten, dürften diese Ablagerungen älter als Würm sein. Möglicherweise handelt es sich hierbei um Schotter-Moräne der Riß-Vereisung, die auf den Mindel-Deckenschottern abgelagert wurde.
In beiden Fällen ist davon auszugehen, dass der Verwitterungslehm über der ehemaligen Deckenschotter-Oberfläche wieder ausgeräumt wurde, entweder durch abfließendes Schmelzwasser oder durch vorrückende Eismassen.

An den Bohrungen VB1K, P2, P3 und P6 wurden bereits in geringen Bohrteufen Nagelfluhen erbohrt: VB1K: ab 13 m; P2: 10,5-11,4 m; P3: 7,4-10,4 m, P6: 10,2-14,0 m u.GOK. Diese Tiefen entsprechen einem Höhenniveau von 664-674 mNN und übersteigen somit deutlich die OK des Deckenschotters, die im Umfeld des Br.IV unter 655 mNN liegt.
Es wird vermutet, dass des sich hierbei um glazial abgescherte und nach Norden verlagerte Nagelfluh-Schubspäne handelt, die aus einem reliktisch erhaltenen Deckenschotter-Hochbereich um die Bohrung VB1K stammen.

Auffallend ist auch an Bohrung P6 eine sehr tief bei 48,2-50,0 m u.GOK erbohrte Lehm-Schicht über einer darunter folgenden Kies- und Nagelfluh-Folge. Die Kies-Körner in dem Konglomerat sind hier offensichtlich in situ mechanisch zerbrochen, wie dies z.B. unter Auflast eines Eispanzers vorstellbar wäre. Möglicherweise sind die tiefsten Schotter-Abfolgen hier als früh-Mindel- oder Günz-eiszeitlich einzustufen.

Das tiefste hier erbohrte Gestein stellen die Flinz-Ablagerungen der OSM dar (rosa: Ton, Mergel, Feinsand).
Die Oberfläche der OSM, die nur an den tieferen Bohrungen punktuell aufgeschlossen ist, wurde in den Profilschnitten entsprechend der Befunde aus den geoelektrischen Tiefensondierungen (s. Kap.4.5) angepasst.

4.3 GRUNDWASSER-LEITER UND -STAUER

Das Grundwasser (**GW**), das den tieferen Teil der Deckenschotter ausfüllt, ist ungespannt.
Die (Mindel-)Deckenschotter bilden hier einen lokal verbreiteten **Haupt-Aquifer (Haupt-GW-Leiter)**, aus dem neben dem Brunnen IV auch der Br. Rothenfeld (Br.R) und wahrscheinlich auch der Klosterbrunnen (Br.K) ihr Wasser entnehmen.
Als GW-Stauer (StOK2 = 2. GW-Stauer) für dieses GW-Vorkommen fungieren die sehr gering wasserdurchlässigen Ablagerungen der OSM, die am Br.IV ab einer Tiefe von 50,6 m u.GOK bzw. 619,9 mNN einsetzen.

Aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse (u.a. Zulauf von Grundwasser aus höheren Stockwerken in der Bohrung VB, s.a. Kap.2.3; höhere GW-Spiegel in den Bohrungen P3-P5 und P7-P12, s.a. Anl.5b) ist davon auszugehen, dass in den Würm-Kiesen über den Deckenschottern zumindest lokal und zeitweise eine nennenswerte GW-Führung auftritt.
Dieses **hangende GW-Vorkommen** sickert über Leckagen in der stauenden Zwischenschicht (= StOK1, 1. GW-Stauer - hier: Verwitterungslehm und Geschiebelehm) dem tiefer liegenden Haupt-GW-Leiter zu. Auch bei fehlerhaft ausgebauten Bohrungen kann infolge eines hydraulischen Kurzschlusses das hangende Grundwasser in den Deckenschotter-Aquifer gelangen. Dies wird in Anlage 5b anhand blauer Pfeilsignaturen dargestellt.
Im Schichtenprofil von Brunnen IV ist in den Würm-Schottern über den Deckenschottern bzw. deren Verwittungslehm-Auflage kein Grund- oder Schichtwasser beschrieben. Allerdings kann dieses aufgrund seiner lokal nur geringer Mächtigkeit bzw. nur temporären Vorkommens bei trockenen Witterungsverhältnissen zeitweise auch nicht vorhanden sein.
Hierauf wiesen auch die Verhältnisse an der dem Brunnen unmittelbar benachbarten, mittlerweile rückgebauten Meßstelle VB hin, die abhängig von den Witterungsverhältnissen unterschiedlich starke Plätschergeräusche zeigte (starkes Plätschern am 30.9.2010, kein Plätschern bei TV-Inspektion am 7.3.2012 trotz sichtbarem Wasserzutritt).

Bei den vorliegenden Messungen der GW-Spiegel und den weiteren Betrachtungen muss folglich in die verschiedenen GW-Vorkommen (Deckenschotter <–> hangendes GW) unterschieden werden. Bei den Brunnen und GW-Meßstellen, in denen beide GW-Vorkommen miteinander verbunden sind, stellt sich infolge des Zulaufes aus dem oberen GW-Stockwerk im Deckenschotter ein Misch-Wasserspiegel ein, der gegenüber dem unbeeinflussten Wasserstand erhöht ist, wobei der Aufhöhungsbetrag von der Menge des zulaufenden Wassers abhängt.

Tab.4: Zuordnung der Brunnen und GW-Meßstellen zu den GW-Stockwerken

Zuordnung Aquifer, GW-Vorkommen	**Brunnen/Meßstellen**
Deckenschotter-Aquifer:	Br.IV GWM P1, P2 und P6 Br.R (JVA) GWM BS2 und B3A (Kgr. Frieding) Br. MPI alt (Seewiesen)
hangendes GW-Stockwerk (Würm-Schotter):	GWM P3, P4, P5, P7, P8-P12 Br.MPI (1+2 Seewiesen);
hydraulischer Kurzschluss (Misch-Wasserspiegel):	GWM VB (rückgebaut 2012) Br.K

4.4 VERBREITUNG DER DECKENSCHOTTER

Das Vorkommen von Deckenschotter ist im Bereich Rothenfelder Forst und dessen weiterer Umgebung anhand von Aufschlüssen an der Erdoberfläche (v.a. im Kiental), von Bohrungen für die Wassererschließung und für die Kiesgrube südlich von Frieding (s. Kap.2.5) bekannt. Diese können hier mehrere Zehnermeter Mächtigkeit erreichen.

Erstreckung der Deckenschotter:

- nach Süden: bis JVA Rothenfeld und weiter südlich (bis Machtlfing und weiter?);
- nach Westen: bis zum Kiental (Aufschlüsse in der Schlucht) und weiter zum Ammersee-Osthang;
- nach Norden: bis mindestens zur Kiesgrube südl. Frieding (s. Anl.1a);
- nach Osten: bis mindestens GW-Meßstelle P1, möglicherweise auch weiter in Richtung Landstetten / Maising.

Aufgrund des Fehlens geeigneter Bohraufschlüsse liegen über die Verbreitung der Deckenschotter über die o.g. Erstreckung hinaus relativ wenig konkrete Erkenntnisse vor.
Arbeiten von CONRADI (1986) und KRAUSE (2001) haben sich u.a. mit der Auswertung von schußseismischen Bohrprofilen aus den 60-er Jahren beschäftigt.
Demnach dürfte sich das Verbreitungsgebiet der Deckenschotter zumindest bis südlich von Machtlfing erstrecken. Deren Oberkante liegt demnach soweit bekannt bei rund 650 mNN im Norden (Br.IV. Andechs) und bei 700 mNN im Süden (auf Höhe von Machtlfing), ihre Basis (= OSM-Oberfläche) bei 610-630 mNN.

4.5 GEOELEKTRISCHE MESSUNGEN

Um eine verbesserte Kenntnislage der bislang nur durch die Bohrungen punktuell aufgeschlossenen komplexen Untergrund-Situation zu erhalten, wurden im April 2016 geoelektrische Widerstands-Tiefensondierungen durch die Fa. Geolog ausgeführt (s. \29\) und hydrogeologisch ausgewertet (s.\30\ bzw. Anhang J).

Durch die Anordnung der Messungen entlang von 3 West/Ost-verlaufenden Messtrecken (Messprofile G1, G2, G3: s. Anl.5a) konnten 2-dimensionale Schnittbilder (geoelektrische Tomografie) und mittels Extrapolation auch 3-dimensionale Darstellungen der unterirdischen Leitfähigkeitsstrukturen erzeugt werden. Die Messergebnisse wurden bei ihrer Auswertung anhand von vorhandenen Bohrprofilen auf die örtlichen Verhältnisse geeicht und damit auch geologisch aussagekräftig interpretiert.

Von besonderem Interesse waren dabei Vorkommen und Mächtigkeit der bindigen Zwischenschicht (GW-Stauer, StOK1) als Trennschicht zwischen dem hangenden GW-Leiter und dem tiefer liegenden Haupt-GW-Leiter in den Deckenschottern. Ebenfalls sollten Aussagen zur Höhenlage der Oberfläche dieser Zwischenschicht und dem eventuellen Vorhandensein und Verlauf von potentiell vorhandenen, schotterführenden Abflussrinnen auf dieser Schicht gewonnen werden. Letztlich sollte auch versucht werden, das Vorhandensein der Deckenschotter und die Tiefenlage von deren GW-Stauer (StOK2 = Tertiär/OSM) zu klären.

Mittels der durchgeführten Geoelektrik-Messungen können die kleinräumigen Strukturen wesentlich besser aufgelöst werden, als durch die Bohrergebnisse allein. Hierdurch ergeben sich im vorliegenden Fall verbesserte Erkenntnisse zur Verbreitung von oberflächennahen Schotter-Rinnen, die nach den vorliegenden Befunden zumindest temporär nach stärkeren Niederschlägen Grundwasser führen.
Als weiteres Ergebnis zeichnet sich ab, dass die Tertiär-Oberfläche (= GW-Stauer) relativ stark strukturiert ist und wahrscheinlich einen GW-freien bzw. -armen Hochbereich aufweist, der in Südwest/Nordost-Richtung verläuft und den Haupt-GW-Leiter in 2 Teil-Anstrombereiche aufspaltet (s. Kap.4.6.1).
Hinsichtlich der bindigen, wasserstauenden Zwischenschicht zwischen dem hangenden GW-Stockwerk und dem Deckenschotter zeichnet sich in den geoelektrischen Profilen deutlich ab, dass diese zwar im südlichen Profil G3 weit verbreitet und relativ mächtig ist (grüne Farben), jedoch nach Norden hin ausdünnt, d.h. sowohl in ihrer Stärke als auch Bindigkeit abnimmt (Profil G2: orange und gelbe Farben). Am Brunnen und in dessen näherer Umgebung (Meßstellen P3, P5, P7) war die Zwischenschicht messtechnisch nicht mehr auflösbar (Profil G1: rote Farben). Dies macht es sehr wahrscheinlich, dass hier Fehlstellen bzw. hydraulische Fenster vorhanden sind, an denen das Grundwasser aus dem hangenden Stockwerk dem tieferen Deckenschotter-Aquifer zufließt (vgl. Kap.4.7).

Zur Zusammenfassung und grafischen Umsetzung der Messergebnisse wurde in Anlage 5a eine **Hydrogeologische Karte im Maßstab 1:10.000** erstellt. Hierbei wurden zum einen die Ergebnisse älterer Kartierungen (s. \k4\-\k7\) eingearbeitet, als auch die Ergebnisse der Geophysik i.V.m. den bereits vorliegenden Bohrergebnissen verwendet.
Anlage 5a zeigt die **Verbreitung der oberflächennahen Abschmelzschotter (Spätwürm)**, sowohl nach den Erkenntnissen aus \k4\ als auch aus der Geoelektrik. Neben zwei Schotter-Rinnen an der West- und Ost-Seite des Rothenfelder Forstes ist eine dritte Rinne in der Mitte zwischen beiden vorhanden, in der die Bohrung P3 liegt. Östlich von P3 wird der Ost-Rand dieser Rinne in \k7\ von einer Terrassen- bzw. Erosionskante angezeigt (s.a. Anl.5a). Die GW-Fließrichtung, die sich hauptsächlich entlang dieser Schotterrinnen orientiert, ist mit hellblauen Pfeilsignaturen eingezeichnet.

4.6 MORPHOLOGIE DES GW-STAUERS

4.6.1 HAUPT-GW-STAUER (OSM, StOK2)

Den GW-Stauer des Haupt-Aquifers in den Deckenschottern bilden die überwiegend schluffig-tonig-feinsandigen OSM-Ablagerungen (Tertiär, = StOK2, s.a. Anl.3a). In der Regel weist die Tertiär-Oberfläche eine eigene präglaziale Morphologie auf. In den Tiefbereichen (Rinnen und Mulden) des Stauers nimmt die GW-Mächtigkeit zu, daher findet hier der hauptsächliche GW-Abstrom statt. Bereichsweise kann die Tertiär-Oberfläche jedoch auch bis über den GW-Spiegel aufsteigen und dort GW-arme bzw. GW-freie, "trockene" Hochbereiche ausbilden, die dann als hydraulische Barriere wirken.

Obwohl einige Aufschlussdaten aus Bohrungen in der Umgebung sowie die geophysikalischen Messergebnisse vorhanden sind, ist die Kenntnis der Untergrundstrukturen, v.a. der Morphologie des GW-Stauers zwischen Frieding und Rothenfeld unvollständig. Trotz der offensichtlich kleinräumigen Gliederung der GW-Staueroberfläche lassen sich jedoch großräumige Strukturen tendenziell ableiten.
Es wurde versucht, aus den vorhandenen Bohrprofilen in der Brunnen-Umgebung, den (vermutlich weniger genauen) Profilen der Schußseismik-Bohrungen (s. Kap.2.5) sowie den Geoelektrik-Profilschnitten G1-G3 (s. \30\ bzw. Anh.J) ein Bild der Tertiär-Oberfläche zu generieren. Dieses wird in Anlage 6a+b als Höhengleichenpläne bzw. als 3D-Blockbild dargestellt.

Die Konstruktion der Höhengleichenpläne erfolgte mittels Kriging bei linearer Drift, wobei zum einen isotrope Verhältnisse (s. Anl.6a-1) angenommen wurden. Zum anderen wurde von anisotropen Verhältnissen ausgegangen, wobei eine bevorzugte Südwest/Nordost-Richtung (45°) der Untergrundstrukturen angenommen wurde, die in etwa der GW-Fließrichtung im Haupt-Aquifer entspricht (vgl. Kap. 4.7.1). Mit diesem Verfahren wurde ein plausibleres Bild in Anlage 6a-2 erzeugt, das auch dem 3D-Blockbild in Anlage 6b zugrundegelegt wurde.

Nach den Darstellungen der Anlage 6a+b liegt der Br.IV Andechs zwischen 2 höher gelegenen Schwellen im Tertiär die sich nahe P7 im Westen und westlich von P4 befinden (vgl. Anl.2a in \30\ bzw. Anh.J). Die Interpolation mit den Tertiär-Hochbereichen in den südlich gelegenen Geoelektrik-Messprofilen G2 und G3 lässt annehmen, dass die Hochbereiche in Südwest/Nordost-Richtung verlaufen.

Östlich der Meßstelle P4 in Richtung P1 sinkt der GW-Stauer deutlich erkennbar auf Werte um 600 mNN ab (Br. IV: ca. 620 mNN). Diese Tiefzone scheint sich nach den vorliegenden Erkenntnissen in Richtung Südwesten zum Br. Rothenfeld (Br. R: Tt-OK = 622,4 mNN) fortzusetzen. Nördlich des Br. IV zieht der Rinnenverlauf nach Nordosten in Richtung Drößling / Unering (–> "*Drößlinger Rinne*", vgl. KRAUSE, 2001).

Die GW-Meßstelle P2 dürfte am östlichen Rand der Tertiär-Schwelle liegen (vgl. Anl.2b in \30\ bzw. Anh. J) und weist daher hier nur eine relativ geringe GW-Mächtigkeit von 1,5-4,5 m auf. Zu den westsüdwestlich von Br.IV gelegenen Bohraufschlüssen (Br.K, Bohrung VB2K) steigt die Stauer-Oberfläche auf Werte über 630 mNN an, wobei an VB2K wahrscheinlich ein GW-freies Tertiär-Hoch bei rund 635 mNN ausgebildet ist (vgl. Anl.6a+b, Anl.5b-1: Schnitt A-A').

Nach Südosten hin liegt aus dem Bereich Seewiesen das Bohrprofil des alten Brunnens (Br. Ma) vor, der auch in \12\ (IGWU, 1995: s.d. S.29) Erwähnung findet. Demnach wurde in der 67 m tiefen Brunnenbohrung das Tertiär bei 628 mNN (= 51 m u.GOK) angetroffen. Allerdings sind die vorliegenden Angaben tw. widersprüchlich und daher nur mit Einschränkungen verwertbar.

4.6.2 HANGENDER GW-STAUER (StOK1)

Anhand der bereits vorliegenden und neu hinzugewonnenen Bohrergebnisse wurde die Oberkante des oberen, 1. GW-Stauers (s. Kap.4.3) berechnet. Die Werte "*StOK1*" sind der Anlage 3a zu entnehmen.
Aus der Morphologie der Staueroberfläche lassen sich wichtige Erkenntnisse zur Abflussrichtung des hangenden GW-Vorkommens in den Würm-Schottern ableiten.
Die durch die Bohrungen belegten Daten reichen bis an den Süd-Rand des Gewerbegebietes und an der Ost-Seite der Rothenfelder Schotterflur bis zur Straße von Rothenfeld nach Frieding. Bei einem Vergleich der StOK-Höhen zeigt sich, dass zwischen der Bohrung B4 (= GW-Meßstelle P10: StOK1 = 678,6 mNN) und den nur wenig östlich gelegenen Rammkernsondierungen RP2 und RKS4 (Versickerungsuntersuchung für das Gewerbegebiet Rothenfeld) der GW-Stauer um ca. 1 m ansteigt (RP2: 679,6 mNN, RKS4: 679,4 mNN).
Am Ost-Rand der Schotterflur erhebt sich das Gelände zum Moränenrücken im Bereich "Laichberg" weiter bis auf Höhen von über 700 mNN (s. Anl.1b) und bildet so die natürliche Berandung der jüngeren, in die Moränen eingebetteten Spätwürm-Schotter (vgl. Anl.5a).

In Anlage 6c wurde ein Höhenlinienplan des 1. GW-Stauers (StOK1) aus eigenen Bohrdaten generiert. Diese wurden im Gewerbegebiet durch die Baugrundbohrungen b1g-b6g (s. Kap.2.5 und Anhang L) sowie am östlichen Rand durch die Geländehöhen des Moränenwalles und am südwestlichen Rand durch die Geländehöhen entlang der STA 3 ergänzt (Hilfspunkte, "HP..").
Der Verlauf von Rinnenstrukturen lässt sich deutlich erkennen (s. Pfeile). Das Rinnentiefste weist im Gewerbegebiet Rothenfeld eine NN-Höhe von ca. 685 mNN auf und verläuft von dort etwa parallel zur Straße von Rothenfeld nach Frieding in Richtung des Brunnens IV, wo die OK des GW-Stauers eine Höhe um 661-662 mNN aufweist. Eine weitere Rinne deutet sich im Bereich P9 westlich des Gewerbegebiets an.
Das Gefälle der Stauer-OK beträgt bis zu 3 % im südlichen Teil der Rinne (bis GW-Meßstelle P11 und P12) und nimmt dann auf rund 1,3 % zum Brunnen hin ab.

Der dargestellte Rinnenverlauf ergibt eine relativ gute Übereinstimmung mit der in Anlage 5a gezeigten Verbreitung der Abschmelzschotter bzw. der GW-führenden Bereiche in den Würm-Schottern.
Die vorliegenden Befunde werden somit durch die hinzu gewonnenen Ergebnisse (neue Bohrungen 2017 und Baugrund-Untersuchungen 1999/2000 und 2009) bestätigt.

4.7 GRUNDWASSER-FLIESSRICHTUNG UND -GEFÄLLE

Wie in Kapitel 4.3 ausgeführt, bezieht der Brunnen sein Wasser hauptsächlich aus dem **Deckenschotter-Aquifer**, der somit den **Haupt-GW-Leiter** darstellt. Zudem ist davon auszugehen, dass Grundwasser aus dem überlagernden, **hangenden Stockwerk der oberflächennahen Würm-Schotter** in den Deckenschotter einspeist, wobei dieses zum einen über die bereichsweise verbreitete, wasserstauende Zwischenschicht (Geschiebe- und Verwitterungslehm) flächig zusickert (= **leakage**), aber auch, z.B. an hydraulischen Fenstern oder Fehlstellen in der Zwischenschicht, punktuell zufließen kann (**hydraulische Fenster**, vgl. Kap.4.5).

Mit den in den letzten Jahren neu errichteten GW-Meßstellen P3-P12 und den älteren GW-Meßstellen P1 und P2 (Lage: s. Anl.1a+b, 2a) ist es nunmehr möglich, für den Haupt-GW-Leiter in den Deckenschottern (P1, P2, P6) und den hangenden GW-Leiter (P3-P5, P7-P12) jeweils hydrologische Dreiecke aufzuspannen und GW-Fließrichtung und -Gefälle zu ermitteln.

4.7.1 DECKENSCHOTTER-AQUIFER

Von den durchgeführten, umfangreichen Stichtagsmessungen (vgl. Anl.3b) wurde eine Auswahl getroffen und aus ihnen mittels gängiger Interpolationsverfahren GW-Gleichenpläne im Maßstab 1:25.000 generiert, die in Anlage 7a dargestellt werden.

Entsprechend den bekannten Schwankungen der GW-Spiegel (s. Kap.4.8.1 + Anl.8b) können die vorliegenden Messungen als Hoch- bis Höchst-GW-Stände (HGW bzw. HHGW), als mittlere GW-Stände (MGW) oder als Niedrig- bis Niedrigst-GW-Stände (NGW bzw. NNGW) eingestuft werden.

Anlage 7a-1 zeigt eine ältere Stichtagsmessung aus dem Jahr 1994 (Angaben aus \12\, Abb.9) für NGW- bis MGW-Verhältnisse. Hier sind GW-Stände der Brunnen (Br. IV, Br.K, Br.R) sowie der damals vorhandenen GW-Meßstellen P1 und P2 angegeben. Eine Höhenkorrektur ist für den Br.R (Br. JVA Rothenfeld) erfolgt, da die Messpunkthöhe hier fehlerhaft war (s. Anl.3a-1).

Dieser GW-Gleichenplan wurde unter der Annahme erstellt, dass zwischen dem Br.K (Klosterbrunnen) und dem Br.IV eine Verbindung besteht. Dies ist jedoch aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse zur Geologie weniger wahrscheinlich (Hochbereich im GW-Stauer bei VB2K: vgl. Anlage 6a und Profilschnitt A-A' in Anl.5b-1). Da der Br.K zudem einen hydraulischen Kurzschluss aufwies bzw. noch aufweist (?), dürften dessen Wasserstände verfälscht und daher nur eingeschränkt verwertbar sein.

Anlage 7a-2: Die Darstellung einer eigenen Stichtagsmessung vom 30.9.2010 (MGW-HGW) erfolgte hier ohne den Br.K (s.o.) unter Einbeziehung des Br.R und der GW-Meßstellen BS2 und B3A an der Kiesgrube Frieding. Hier zeigt sich eine deutliche Heterogenität des GW-Feldes im Bereich von Br.IV. Der GW-Spiegel im Br.IV lag hierbei um 10 cm über dem an der südlich, also GW-oberstromig gelegenen GW-Meßstelle P2 (= Anomalie, s.u.).

Anlage 7a-3 ergibt für den Stichtag 30.6.2013 (MGW-HGW) unter Einbeziehung der neu errichteten GW-Meßstelle P6 ein ähnliches Bild in der Umgebung von Br.IV. Da zum damaligen Zeitpunkt nicht ausgeschlossen werden konnte, dass im Bereich des Brunnens ein hydraulischer Kurzschluss vorhanden ist, erfolgte hier eine zusätzliche Darstellung der GW-Gleichen ohne den Wasserstand am Brunnen. Diese ergibt einen deutlich homogeneren Linienverlauf.

Aufgrund der mittlerweile vorliegenden Erkenntnisse liegen jedoch keine Hinweise darauf vor, dass am Brunnen selbst eine Umläufigkeit oder Fehlstellen vorhanden sind (s. Kap.2.4).

In Anlage 7a-4 werden die GW-Hoch- bis Höchststände vom 30.7.2013 (ca. 60 Tage nach dem Starkregen vom 29.5.- 2.6.2013: vgl.Anl.8b) dargestellt. Hier sind auch die GW-Stände am Br.R und den Meßstellen in der Kiesgrube Frieding berücksichtigt. Bei der Darstellung mit dem GW-Spiegel am Br.IV ergibt sich wiederum ein zu hoher GW-Spiegel am Brunnen, der 4 cm über dem an P2 liegt (s.o.).
In diesem GW-Gleichenplan ist der GW-arme bzw. -freie Hochbereich eingezeichnet, der aus Anlage 6a-2 entnommen wurde. Es zeigt sich, dass die Anomalie des GW-Spiegels an Br.IV mit dem Ende des Hochbereiches zusammenfällt. Es ist daher anzunehmen, dass sich in Bereich von Br.IV die beiden GW-Teilströme nordwestlich und südöstlich des Hochbereiches vereinen. Der Br.IV wird dabei verstärkt aus Richtung P6 angeströmt, da der GW-Spiegel hier höher liegt. Das Niveau des GW-Spiegels im Bereich des östlichen Teilstromes (Br.R, P2, P1) liegt offensichtlich um wenige Dezimeter tiefer, so dass es hier zu dem bei allen Messungen festgestellten, flexurartigen Umbiegen der GW-Gleichen kommt.

In den Anlagen 7a-5 und 7a-6 werden ergänzend neuere Messungen vom 7.2.2015 (NNGW) und vom 15.6.2016 (NGW-MGW) ausgewertet. Bei der Messung vom 7.2.15 war der GW-Spiegel an Meßstelle P2 im Vergleich mit den übrigen Werten deutlich stärker abgesunken und lag hier um 0,31 m unter dem Wert an Br.IV.

Der Brunnen wird nach den vorliegenden Befunden von Westsüdwesten bis Südwesten her, also hauptsächlich aus dem Bereich der Bohrung P6 angeströmt. Bei Betrachtung des großräumigen GW-Feldes inkl. GW-Spiegel im Br. Rothenfeld (Br.R) zeigt sich östlich der GW-Meßstelle P2 ein Umbiegen der GW-Gleichen bzw. ein GW-Zustrom aus mehr südsüdwestlicher Richtung.

Das **GW-Gefälle (I)** im Deckenschotter-Aquifer ist aufgrund des Anomaliebereiches um Br.IV variabel. Während es am Brunnen (zw. P6 und Br.IV) sehr flach ist und Werte um I = 1 ‰ (0,5 ‰ mit Br. IV, 1,7 ‰ ohne Br.IV, s. Anl.7a-3) aufweist, nimmt es im oberstromigen Bereich zwischen P2 und Br.R auf 2,0-2,2 ‰ zu. Ebenfalls versteilt es sich nach Norden zur Kiesgrube Frieding hin auf 1,5-2,1 ‰.
Zwischen P6 und Br.K ist nach Anlage 7a-1 ein GW-Gefälle von 2,5 ‰ messbar. Ob dies den realen Gegebenheiten entspricht ist jedoch fraglich, da eine Verbindung nicht gesichert ist und zudem der GW-Spiegel an Br.K verfälscht ist.

Die Ergebnisse aus den GW-Messungen wurden in die **Hydrogeologische Karte** (s. Anl.5a) übernommen. Hier wird die GW-Fließrichtung im Deckenschotter mit dunkelblauen Pfeilen angegeben.
Das aus der Geoelektrik und den Bohrungen an VB2K ersichtliche Tertiär-Hoch zwischen dem Br.K und den GW-Meßstellen P2 und P6, das auch bereits in \12\ (s.d. Abb.9; vgl. Anl.1b) Erwähnung findet, trennt den Deckenschotter-Aquifer in 2 Teilsysteme. Aufgrund der vorliegenden Untersuchungen ist anzunehmen, dass der Hochbereich im GW-Stauer bereichsweise bis über den GW-Spiegel ansteigt und damit einen GW-freien Bereiche ausbildet (vgl. Anl. 6a+b), der als hydraulische Barriere wirkt.

4.7.2 HANGENDES GW-STOCKWERK

Nach der Errichtung der beiden flachen GW-Meßstellen P3 und P4 (Ende 2011) sowie P5 im Fassungsbereich (Ende 2012, GWM meist trocken) wurde mit der flachen GW-Meßstelle P7 (Bj. 6/2013) das oberflächennahe Grundwasser westlich des Brunnens erschlossen.
Im Forst südlich der ehemaligen Versuchsbohrung VB1K am “Friedinger Geräumt” wurde entdeckt, dass hier in einer ehemaligen flachen Kiesgrube bei starken Regenfällen der Wasserspiegel schnell um über 1 m ansteigt (sog. GW-Blänke; **GWB**, s. Anl.1a+b, 2a, 5a).
Somit konnten nunmehr an den Meßstellen P3-P5, P7, GWB und RP1 im Süden (nahe Gewerbegebiet Rothenfeld: *ab 30.7.13 nicht mehr messbar, da umgefahren*) die GW-Höhen eingemessen und anhand der Messwerte erste GW-Gleichenpläne des hangenden Stockwerks generiert werden.
Neben den ersten Messungen von Januar bis März 2013 liegt ab Mitte Mai bis Anfang November 2013 eine weitere Messreihe vor (s. Anl.3b-2 und Kap.4.8.2). Eine ergänzende Messung ist am 15.6.2016 nach stärkeren Niederschlägen erfolgt.

Die Messungen ab Anfang Juni 2013 schlossen sich direkt an ein Starkregenereignis (29.5.-2.6.13) an, so dass diese GW-Hochstände (**HGW**) repräsentieren. Die Ergebnisse für die Messungen von 4.6.13 und 14.6.13 werden in Anlage 7b-1 und 7b-2 gezeigt.

Daneben ist in Anlage 7b-3 ein GW-Gleichenplan für den Stichtag 1.10.2013 bei relativ geringen GW-Höhen (NGW) zum Vergleich dargestellt. Eine aktuelle Messung vom 15.6.2016 repräsentiert in etwa niedere bis mittlere GW-Stände (NGW-MGW: Anl.7b-4).

Den GW-Gleichenplänen vom Juni 2013 kann entnommen werden, dass die GW-Fließrichtung bei HGW im hangenden GW-Leiter von Südsüdwesten nach Nordnordosten gerichtet ist. Im Nahbereich des Br. IV (bzw. GWM P5) deutet sich ein Einschwenken in Nord-Richtung bei Versteilung des GW-Gefälles an.

Bei den Messungen nach Juni/Juli 2013 ergibt sich südlich der Linie P3-P4 ein etwas anderes Bild der GW-Gleichen mit einer Süd/Nord-gerichteten Fließrichtung, da hier die Meßstelle RP1 ab Juli 2013 defekt war und nicht mehr zur Verfügung stand.

Entscheidend für die Fließbewegung des oberflächennahen Grundwassers ist das Vorhandensein der Würm-Abschmelzschotter als potentiell wasserleitende Strukturen, deren Verbreitung in Anlage 5a dargestellt wird (s.a. Kap.4.5). Hier tritt Grundwasser stellenweise permanent, stellenweise auch nur temporär nach starken Niederschlägen auf (s. Messungen v. 12.1., 4.6. + 14.6.2013). Die durch den Verlauf der Schotter-Rinnen festgelegte GW-Fließrichtung wird anhand der hellblauen Richtungspfeile in Anlage 5a verdeutlicht. Sie ist in Übereinstimmung mit den Interpolationen der GW-Gleichenpläne grob nach Norden bis Nordosten gerichtet. Im Bereich des Br.IV laufen diese Schotter-Rinnen zusammen, so dass sich erst hier ein einheitlicher zusammenhängender GW-Spiegel ergeben dürfte.

Mit dem Bau der **neuen GW-Meßstellen P8-P12** nördlich des Gewerbegebietes Rothenfeld im Juli 2017 wurde das Meßstellennetz verdichtet.
Anhand der beiden vorliegenden Stichtagsmessungen vom 17.7.17 und 17.8.17 wurden in Anlage 7c zwei GW-Gleichenpläne für den hangenden GW-Leiter in den Würm-Schottern erstellt. Die GW-Fließrichtung wird hier mit Pfeilsignaturen gekennzeichnet.
In der Schotterflur nördlich von Rothenfeld fließt das oberflächennahe Grundwasser zunächst in nordöstlicher bis nordnordöstlicher Richtung ab. Etwa ab der Linie P3-P4 schwenkt die GW-Fließrichtung in Nord-Richtung ein, wobei sich das GW-Gefälle in Richtung P5 und P7 deutlich versteilt.

Die GW-Gleichenpläne in Anlage 7c unter Berücksichtigung der 2017 hinzugekommenen, neuen GW-Meßstellen bestätigen im Wesentlichen die bereits vorliegenden Erkenntnisse aus den früheren Messungen 2013 und 2016 (vgl. Anl. 7b).

In der Zusammenschau mit den geologischen Befunden (hier: Oberfläche des 1. GW-Stauers: s. Kap.4.3) sind diese Befunde plausibel. Die Rinnenstruktur im hangenden GW-Stauer (s. Anl.6c) bedingt den GW-Abfluss nach Norden, wobei auf der westlichen Rinnenschulter das Grundwasser zunächst zum Rinnentiefsten hin, also nach Nordosten abfließt. Mit Annäherung an den Brunnen schwenkt die GW-Fließrichtung zunehmend in Richtung der Rinnenachse ein und verläuft dann auf den Brunnen IV zu (vgl. Anl.5a).

Auffallend ist bei allen vorliegenden GW-Gleichenplänen das **hohe GW-Gefälle** in den Würm-Schottern. Dieses liegt GW-oberstromig in größerer Entfernung von Br.IV bei I = 20-25 ‰. Mit Annäherung an den Brunnen IV, etwa ab der Linie P3/P4 nimmt dieses auf 30-40 ‰ zu und ist somit hier deutlich steiler als das Gefälle der Stauer-Oberfläche und des Geländes (15-20 ‰). Dies weist auf das Vorhandensein von hydraulischen Fenstern bzw. Leckagen im hangenden GW-Stauer hin (s. Kap.4.3, 4.5, 4.7 und 4.8.1), an denen das hangende Grundwasser in den Deckenschotter-Aquifer einspeisen kann.

4.8 SCHWANKUNGEN DER GW-SPIEGEL

Im Zuge der vorliegenden Untersuchungen sind durch den Entwurfsverfasser zahlreiche händische Stichtagsmessungen an den vorhandenen und im Zuge der Arbeiten neu errichteten GW-Meßstellen erfolgt (vgl. Anl.3b).
Des weiteren wurden durch den Vorhabensträger die Aufzeichnungen von Datenloggern und Handmessungen zur Verfügung gestellt (s. \b11\, \b14\, \b18\):

- Br.IV: ab 06/2009, tägliche Werte als Min-/Max-Ausgabe (BWS, RWS);
- P1: ab 03/2013, Tageswerte;
- P6: ab 01/2014, Tageswerte;
- P2: Einzelmessungen mittels Lichtlot (03/2015-06/2016).

4.8.1 DECKENSCHOTTER-AQUIFER

In Anlage 8a wird eine Zusammenschau der Wasserstandmessungen an den Brunnen und GW-Meßstellen des tieferen GW-Leiters aus dem Zeitraum 1994-2016 gezeigt.
Die sporadischen Stichtagsmessungen mittels Lichtlot lassen einen ähnlichen Verlauf erkennen, wie der Wasserstand im Br.IV. Vom Klosterbrunnen (Br.K) liegen nur zwei Messungen (1994 und 2010) vor. Der Brunnen JVA (Br.R) ist in diesem Zeitraum durch 5 Messungen belegt, weitere Wasserstandsmessungen am Brunnen liegen beim Betreiber nicht vor (frdl. tel. Mittlg. Hr. Schulz, JVA, 19.9.16).

Im Brunnen IV werden die Ruhe- und Betriebswasserspiegel (**RWS, BWS**) mittels Druckaufnehmer und Datenlogger erfasst. Diese Daten werden im Leitsystem des Wasserwerks als Druckhöhen in m über Sonde ausgegeben.

Nach den Angaben aus \b11\ weist der Datenlogger folgenden Höhenbezug auf:
"NN-Wert: 668,47 mNN, Einhängtiefe: 47,60 m": –> 620,87 mNN

Die GW-Stände wurden in Form von täglichen Maximal- und Minimalwerten zur Verfügung gestellt.

Seit Juni 2009 liegt eine kontinuierliche Beobachtungsreihe am Br.IV vor. Die gemessenen Tagesmaxima, die in etwa Ruhewasserspiegel (**RWS**) darstellen dürften, werden in Anlage 8b zusammen mit händischen Vergleichsmessungen mittels Lichtlot am Brunnen sowie den GW-Meßstellen P1 und P2 gezeigt. Hier ist auch das Starkregenereignis vom 29.5.- 2.6.2013 markiert, in dessen Folge im Br.IV eine Verkeimung festgestellt wurde (s. Kap.5.4).

Es lässt sich erkennen, dass der GW-Spiegel am Brunnen starke Schwankungen aufweist, wobei das Minimum (NNGW: 29.12.13-7.2.14) bei 627,99 mNN und das Maximum (HHGW: 24.8.2013) bei 631,51 mNN liegt. Somit ist aus dem genannten Messzeitraum eine Amplitude des GW-Spiegels von über 3,5 m mit GW-Mächtigkeiten von 8,1 - 11,6 m belegt. Der mittlere GW-Spiegel (MGW) liegt bei 629,69 mNN (H = 9,8 m).

Im Vergleich zu den Wasserständen wurden in Anlage 8b die täglichen Niederschlagssummen der Wetterstation Rothenfeld (s. \31\) aufgetragen. Die Niederschläge zeigen einen deutlichen Jahresgang mit erhöhter Niederschlagstätigkeit in den Sommermonaten (April bis September).

Die Ganglinie des GW-Spiegels im Br.IV zeichnet das Niederschlagsgeschehen nach, wobei sich erkennen lässt, dass im Gefolge von sehr starken Regenfällen ein fast sofortiger GW-Anstieg erfolgt und das jeweilige GW-Maximum mit einem Zeitversatz von 2-4 Monaten erreicht wird:

-	26./27.06.2009:	70 mm/48 Std. –>	Max. 12.10.2009 bis 4.11.2009;
-	05./06.08.2010:	100 mm/48 Std. –>	Max. am 08.11.2010 (HGW);
-	30.06.2011:	43 mm/24 Std. –>	Max. 30.9.- 4.10.2011 (HGW);
-	29.05./02.06.2013:	162 mm/120 Std. –>	Max. 06.- 27.08.2013 (HHGW);
-	19./20.05.2015	52 mm/48 Std.	
und	14./15.06.2015:	58 mm/48 Std. –>	Max. 14.08.- 17.09.2015;

Der geringste Zeitversatz mit 2 Monaten ergab sich beim Stark-Regen 2013 (Anstieg: 0,9 m), der größte mit 4 Monaten beim Niederschlagsereignis Ende Juni 2009.
Es fällt auch auf, dass im Sommer 2012 und 2014 der GW-Spiegel nicht anstieg. Hier waren die Niederschläge mit maximalen Tages-Summen < 40 mm nicht so intensiv wie in den anderen Jahren.

Anlage 8c zeigt den Verlauf des GW-Spiegels in der GW-Meßstelle P1 ab dem März 2013, da erst ab hier eine kontinuierliche Wertereihe vorliegt. Hier sind ebenfalls die mittels Lichtlot gemessenen Kontrollwerte sowie die Handmessungen an GW-Meßstelle P2 verzeichnet. Auch an P1 und P2 ist kurz nach dem Starkregenereignis vom 29.5.-2.6.2013 ein deutlicher GW-Anstieg in ähnlicher Höhe wie am Brunnen festzustellen.

In Anlage 8d ist ein direkter Vergleich der Wasserstände im Br.IV, den Meßstellen P1 und P6 (jeweils Tageswerte) und der Meßstelle P2 (Einzelmessungen mit Lichtlot) möglich. Tägliche Aufzeichnungen an P6 liegen erst ab Januar 2014 vor.
Es wird deutlich, dass die GW-Stände an den Meßstellen sehr gut miteinander korrelieren. Die Differenzen (δ) zwischen den GW-Spiegeln bewegen sich in einem engen Rahmen, so dass hier von nahezu gleichbleibenden GW-Fließverhältnissen ausgegangen werden kann.

δ P6 - Br.IV:	max. 0,59 m	Ø 0,42 m	min. 0,21 m
δ P6 - P1:	max. 1,84 m	Ø 1,69 m	min. 1,50 m
δ Br.IV - P1:	max. 1,46 m	Ø 1,27 m	min. 1,11 m

Auffällig ist bei allen Ganglinien der unruhige, “zittrige” Kurvenverlauf mit kurzfristigen und synchronen Schwankungen im Bereich von 10-20 cm Wassersäule. Möglicherweise handelt es sich hierbei um atmosphärische Luftdruckschwankungen von 10-20 mbar, die durch die Druckaufnehmersonden nicht ausreichend kompensiert werden oder um tatsächliche Schwankungen des GW-Spiegels, was auf teilgespannte Verhältnisse hinweisen würde. (In diesem Zusammenhang ist auch das zu beobachtende, vom Luftdruck gesteuerte Blasen und Saugen an GW-Meßstelle P2 erwähnenswert). Da der Brunnen ab 26.7.2013 außer Betrieb genommen wurde, die Schwankungen jedoch trotzdem noch vorhanden waren (vgl. Anl.8f) ist davon auszugehen, dass diese nicht durch den Brunnenbetrieb verursacht werden.

In Anlage 8e wird die fast unmittelbare Reaktion des GW-Spiegels im Br.IV auf den Stark-Niederschlag vom 29.5.- 2.6.2013 nochmals verdeutlicht. Es lässt sich gut erkennen, dass der Brunnenwasserspiegel (RWS und BWS) bereits ab dem 7.6., also nur 5-7 Tage nach dem Einsetzen des Regens bzw. dem 40 mm-Regen am 31.5. zu steigen begann. Das ist unter Berücksichtigung des Flurabstandes von rund 40 m ungewöhnlich.

Ein ähnliches Bild ergeben die Befunde an Meßstelle P1 und P2 (s. Anl.8f+g). Auch hier beginnt der GW-Spiegel ab 7.6.13 anzusteigen, so dass es sich nicht nur um ein Phänomen am Brunnen handelt.

Als wahrscheinliche Erklärung hierfür ist eine ungenügende Absperrfunktion der Zwischenschichten im Nahbereich des Brunnens bzw. das Vorhandensein von hydraulischen Fenstern zu sehen (vgl. Kap.4.7).

Eine weitere wichtige Rolle spielt bei diesen Betrachtungen auch die Vorsättigung des Bodens durch vorhergegangene Niederschläge. Bei höheren Bodenwassergehalten, d.h. bei teilgesättigten bis gesättigten Verhältnissen nimmt die Durchlässigkeit (k_f -Wert) und damit die Geschwindigkeit der Vertikalsickerung zu, wobei gegenüber ungesättigten Verhältnissen bis zu 10-fach höhere Werte erreicht werden können. Hierdurch erklären sich auch die vorstehend beschriebenen Beobachtungen aus den Jahren 2012 und 2014, in denen die Niederschläge nicht zu einem GW-Anstieg geführt hatten. Das versickerte Niederschlagswasser führte hier zwar zu einer Erhöhung der Bodenwassergehalte, konnte jedoch offensichtlich nicht bis ins tiefere GW-Vorkommen durchbrechen, da eine ausreichende Aufsättigung der Bodensäule über dem Deckenschotter-Aquifer nicht erreicht worden ist.

4.8.2 HANGENDES GW-STOCKWERK

Messergebnisse 2013:

An den flachen GW-Meßstellen (P3-P5) wurden von 01-03/2013 ereignisbezogen sporadische Handmessungen durch den Entwurfsverfasser vorgenommen (nach stärkeren Regenfällen Anfang Januar: 4./5.1.13: 46 mm).

Anlässlich der Stark-Niederschläge von 29.5.- 2.6.13 (Niederschlagsmenge - LfL-Station Rothenfeld: ges. 162 mm, max. 73 mm/d am 2.6.13) erfolgte ein weiterer Messzyklus im Zeitraum 05-11/2013.

Die Verlaufsdiagramme der GW-Spiegel im hangenden Stockwerk (ob. GW) werden in Anlage 9a+b dargestellt.

Die flachen GW-Meßstellen reagierten sehr schnell auf die starken Niederschläge am 4./5.1.13 und am 29.5.- 2.6.13.

Bereits unmittelbar nach den Regenfällen hatten die GW-Spiegel in P5, RP1 und in der GW-Blänke (GWB: Ecke Friedinger und Kreuz-Geräumt, s. Anl.1a+b, 5a) ihre Höchststände bereits überschritten und gingen wieder zurück.

P4 zeigte dabei einen raschen Anstieg und hielt dann die erhöhten Werte über fast 2 Wochen.

An P3 fällt eine um ca. 10 Tage verzögerte Reaktion auf die Regenfälle auf.

An P7, die erst Mitte Juni 2013 errichtet worden war, ließ sich nach erhöhten GW-Ständen bis Ende Juni ein deutlicher Rückgang bis Ende Juli feststellen.

Die Amplituden der GW-Standsänderungen sind dabei mit 2 m (an P4 und P5), 3 m (an P7) bzw. bis zu 4 m (an P3) beträchtlich und lassen auf eine hohe Dynamik (bzw. GW-Durchsatz) im hangenden GW-Stockwerk schließen.

Vergleichend zu Anlage 9b (hangendes GW-Vorkommen) wurde in Anlage 9c für den gleichen Zeitraum 5-11/2013 eine Verlaufsgrafik für die Meßstellen im Deckenschotter-Aquifer (unt. GW) erstellt. Diese lassen ein gegenüber den oberflächennah ausgebauten GW-Meßstellen deutlich verzögertes Maximum des GW-Spiegelanstiegs erkennen.

Messergebnisse 2017-2018:
Seit Juli 2017 erfolgen regelmäßige Stichtagsmessungen an den verfügbaren flachen und tiefen GW-Meßstellen im Einzugsgebiet von Brunnen IV.
Die gemessen Werte sind in Anlage 3b-3 tabellarisch und in Anlage 9d-f als Verlaufsdiagramme zusammengestellt.
Besonderes Interesse liegt hierbei auf den GW-Ständen im hangenden GW-Stockwerk der Rothenfelder Schotterflur und somit auf den Ergebnissen der **neuen GW-Meßstellen P8-P12** (amtliche Bezeichnung laut Bohrfreigabe LRA: "**Ande090-094**") nördlich des Gewerbegebietes Rothenfeld sowie den **flachen GW-Meßstellen P3, P4 und P7**, die sich im näheren Umfeld des Brunnens befinden. Zwischenzeitlich sind hier 11 Stichtagsmessungen seit 17.7.2017 erfolgt.
Im Vergleich mit älteren Messungen lassen sich die Stichtagsmessung vom 17.8.17 und 19.2.18 als erhöhte GW-Spiegel (MGW-HGW) und die von 24.8.18 als derzeitige Niedrigstwasserstände (NNGW) einordnen. Nach einem relativ niederschlagsarmen Herbst konnten am 6.1.2018 nach stärkeren Regenfällen und Schneeschmelze der vorangegangenen Tagen angestiegene GW-Stände (Maxima an P8 und P11: s. Anl.9d) gemessen werden. Nach Schnee- und Regenfällen im Januar/Februar ließen sich hingegen am 19.2.18 an den Pegeln P9 (+1,4 m) und P12 (+1,9 m) deutlich erhöhte Werte messen. An den weiter nördlich gelegenen Meßstellen P3, P4 und P7 (s. Anl.9e) waren hingegen am 6.1.18 keine nennenswert angestiegenen GW-Höhen feststellbar, am 19.2.18 war jedoch an P3 ein Anstieg von über 2 m messbar.
Dies belegt ein hohe Dynamik der GW-Spiegel in Abhängigkeit vom Niederschlagsgeschehen. Nach Perioden mit sehr starken Regenfällen sind auch deutlich höhere GW-Spiegel zu erwarten, wie dies Mitte 2013 der Fall war (HGW-HHGW: s.o., Anl.3b-2 und Anl.9b).

Insgesamt lassen die vorliegenden Messungen einen relativ ähnlichen Verlauf an den flachen GW-Meßstellen (s. Anl.9d und 9e) erkennen, wobei sich an den westlichen Meßstellen (P3, P9, P12) stärkere Schwankungen abzeichnen. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass das Grundwasser hier gespannt ist.

Der ungespannte GW-Spiegel an Meßstelle P10 zeigt hingegen bislang einen eher ausgeglichenen Verlauf mit einem maximalen Schwankungsbetrag von 1 m.

Aufgrund der ähnlichen Dynamik der GW-Spiegelverläufe in den flachen GW-Meßstellen kann davon ausgegangen werden, dass die lokal gespannten Teilbereiche (P7, P8, P9, P12) mit den teil- oder ungespannten GW-Spiegeln (P3, P4, P10, P11) hydraulisch kommunizieren.
Dies ist als Hinweis dafür zu werten, dass die Meßstellen das gleiche GW-Vorkommen in den Würm-Schottern erschließen.

Ergänzend wird hier noch auf die neueren GW-Messungen im Deckenschotter verwiesen, die in Anlage 9f gezeigt werden. Die GW-Spiegel gingen infolge der trockenen Witterung seit April 2018 zurück, wobei allerdings bis zur letzten Messung vom 24.8.18 noch keine Tiefststände erreicht wurden (s. Anl.8a: Messung vom 7.2.2015 = NNGW).

4.9 AQUIFER-MÄCHTIGKEIT, GW-DRUCKFLÄCHE

In Anlage 7d wird die Höhe der GW-Druckfläche (Messung am 17.8.2017) über der Stauer-Oberfläche (hangender GW-Stauer - StOK1) dargestellt. Diese ist nicht zu verwechseln mit der Aquifer-Mächtigkeit:

- **M** = Mächtigkeit der wasserführenden Schicht (bei gespannten Verhältnissen);
  bzw.
- **H** = GW-erfüllte Mächtigkeit (bei ungespannten Verhältnissen).

Anlage 7d zeigt an den GW-Meßstellen P9, P12 und P3 mit 7,7 m, 4,5 m und 5,6 m über dem GW-Stauer einen Bereich mit höheren GW-Potentialen über der Stauer-OK.
Hier beträgt der Wert für M jedoch nur 0,3 m an P9, 1,2 m an P12 und 3 m an P3 (gespanntes GW). Zu den östlich gelegenen Meßstellen P10, P11 und P4 (mit ungespanntem GW) nimmt die GW-Mächtigkeit (hier: H !) auf Werte von 0,9-1,7 m ab.
Nördlich zum Br.IV hin geht an den Meßstellen P5 und P7 die GW-Mächtigkeit im hangenden Stockwerk auf 0 m zurück.
Nach Westen hin ist die Datengrundlage aufgrund fehlender Bohrungen unsicher. In der Darstellung der Anlage 7d wurde angenommen, dass an der GW-Blänke (“GWB”) der GW-Stauer bis nahe der Geländeoberfläche ansteigt, wodurch die GW-Mächtigkeit H hier sehr gering wird.

Aus Anlage 7d (und 7c) lässt sich entnehmen, dass aus dem Bereich zwischen den GW-Meßstellen P8 , P9, P12 und P3 das tw. deutlich gespannte Grundwasser nach Nordosten zum Rinnentiefsten hin abgleitet wird und dort in den ungespannten Zustand übergeht.

4.10 PUMPVERSUCHE, GEOHYDRAULISCHE KENNWERTE

4.10.1 PUMPVERSUCHE

Deckenschotter-Aquifer:

Brunnen:
Von **Br.IV** liegen in \4\ und \b5\ die Aufzeichnungen eines 100-stündigen, 4-stufigen Erst-Pumpversuches (Q: 10 –> 20 –> 30 –> 50 l/s) von 13.- 17.8.1987 nach der Errichtung des Brunnens vor. Hierbei wurden auch die GW-Spiegel in der 9 m entfernten Meßstelle **VB** beobachtet (s. \12\, Anh.1). Der Wiederanstieg des Brunnenwasserspiegels nach Drosselung bzw. Abschalten der Pumpe wurde jedoch nur 8 bzw. 4 Stunden lang aufgezeichnet. In dieser Zeit war der GW-Spiegel noch nicht auf seinen ursprünglichen Wert (RWS) angestiegen, sondern lag noch um ca. 0,2 m darunter.

Ebenfalls werden die aktuellen Betriebsdaten (automatisch aufzeichnende Wasserstände sowie die Förderleistung der U-Pumpe) im Leitsystem gespeichert. Für das Jahr 2012 wurden aus dem Zeitraum August-Oktober, während des Rückbaus der Versuchsbohrung VB im September 2012 (s. Kap.2.5) die täglichen Max.- und Min.-Werte des GW-Spiegels abgerufen, ebenfalls für den Zeitraum 12.- 14.12.2012 die 15-Minuten-Werte.
Diese Daten werden in Anlage 10a+b grafisch dargestellt.

Die Betriebsdaten 2012 für den Br.IV bestätigen die beim Erst-PV gewonnenen Werte (vgl. Tab.5).

GW-Meßstellen:
An Meßstelle **P1** wurde nach Angaben in \13\ und \14\ von 23.- 27.11.1992 ein 100-stündiger, 3-stufiger PV durchgeführt. Da die originären Aufzeichnungen hierzu fehlen, wurde auf die Angaben in \12\ (s.d. S.33) sowie den vorliegenden Plan der Fa. Eckart (\b6\, 10.12.92) zurückgegriffen.
Von Meßstelle **P2** liegen ebenfalls in \12\ (bzw. \b7\) die Aufzeichnungen eines 25 Stunden dauernden, 2-stufigen PV am 11./12.10.1994 vor.

An der im Juli 2013 fertig gestellten GW-Meßstelle **P6** erfolgte nach Brunnenentwicklung und Klarpumpen ebenfalls ein 3-stufiger Kurz-PV am 30.7.2013 (s. \b13\). Das PV-Diagramm liegt in Anlage 11e bei.

Die Pumpversuchsdaten sind Tabelle 5 zu entnehmen.

Tab.5: Pumpversuche an Br.IV und GWM P1, P2 und P6, Betriebsdaten Br.IV (Deckenschotter)

Brunnen, GWM	**Pumpstufe**	**Förderleistung, Q [l/s]**	**Absenkung, s [m u. RWS]**
Br. IV (13.- 17.08.87), MGW*	I	10,0	0,16
	II	20,0	0,51
	III	30,0	0,97
	IV	50,0	2,31
Betriebsdaten 2012 (s. Anl.10a+b)	Förderbetrieb	30,0	0,90
P1 (23.- 27.11.92), NGW*	I	4,0	5,11
	II	8,0	9,82
	III	11,0	12,57
P2 (11.- 12.10.94), MGW*	I	1,5	0,72
	II	2,5	2,72
P6 (30.07.13), HGW*	I	1,0	0,05
	II	1,7	0,08
	III	2,3	0,11

**) NGW, MGW, HGW: niedrige, mittlere, hohe GW-Stände*

Hangendes GW-Stockwerk (Würm-Schotter):

Ende 2011 wurde die flachen Meßstellen P3 und P4 errichtet (s. \b9\). An **P3** wurde am 1.12.11 über 4 Stunden mit einer Fördermenge von 0,18 l/s bei einer Absenkung von 1,91 m gepumpt (Kurz-PV). Aufgrund der nur sehr geringen GW-Mächtigkeit in **P4** (s. Anl.4f) konnte hier kein PV erfolgen.
Auch an **P5** (Bj. 9/2012) war bislang kein Pumpversuch möglich, da die Meßstelle die meiste Zeit trocken ist und nur bei HGW-Ständen eine temporäre GW-Führung mit geringer Mächtigkeit aufweist.
GW-Meßstelle **P7** wurde nach ihrer Errichtung 6/2013 gekolbt, am 14.6.13 erfolgte ein 2-stufiger Kurz-PV über 2,5 Stunden.
Die PV-Diagramme der GW-Meßstellen P3 und P7 sind Anlage 11f und 11g zu entnehmen.

An den 2017 errichteten GW-Meßstellen **P8-P12** erfolgten nach deren Entwicklung Ende September 2017 Kurz-Pumpversuche. Die Ergebnisse der Pumpversuche (PV-Diagramme) sind in Anlage Anlage 11h-k dargestellt.
An Meßstelle P11 war bislang kein Pumpversuch möglich, da diese zum Zeitpunkt der Arbeiten trocken war bzw. nur eine geringmächtige Schichtwasserführung aufwies.

4.10.2 BERECHNUNG DER GEOHYDRAULISCHEN KENNWERTE

Die nachfolgenden Berechnungen der geohydraulischen Kennwerte für den Haupt-Aquifer und den hangenden GW-Leiter stützen sich auf die o.g. Pumpversuche.

Haupt-Aquifer (Deckenschotter):
In Anlage 11a, 11c-e wurden die geohydraulischen Kennwerte für den vom Br.IV genutzten Deckenschotter-Aquifer berechnet. Die ebenfalls dargestellten Q/s-Diagramme für den Br.IV und die Meßstellen P1 und P6 belegen anhand ihres gleichmäßigen bzw. fast geradlinigen Verlaufs eine gute Brunnenentwicklung.
Bei P2 ist dies fraglich, da dies Q/s-Kurve einen starken Knick aufweist. Nach den vorliegenden Protokollen war P2 lediglich mit "*U-Pumpe entsandet*" worden. Möglicherweise ist der berechnete k_f -Wert hier wegen überhöhter Brunneneintrittsverluste zu gering. Aus diesem Grund werden für P2 die Werte aus der geringeren Förderleistung (Q = 1,5 l/s) verwendet.

Aus \12\ (s.d. Anh.1) wurde auch die Absenkung im 9 m entfernten **Pegel VB** während des PV an Br.IV (13.- 17.8.87) entnommen. Aufzeichnungen des Wasserspiegels in der VB während des PV liegen dem Unterzeichner jedoch nicht vor.
Mit dem Ansatz nach THIEM-DUPUIT und anhand der Absenkungen im Brunnen und der VB wurde in Anlage 11b eine weitere Berechnung erstellt.

In Tabelle 6 sind die berechnete Durchlässigkeit (**k_f -Wert**), das Transportvermögen des Aquifers (Transmissivität: **$T = k_f \cdot M$**) sowie die spezifische Ergiebigkeit (**C**) des jeweiligen Brunnens bzw. Messpegels aufgelistet.
Bei den errechneten Transmissivitäten handelt es sich um wechselnde Größen, da die GW-Mächtigkeiten in den Deckenschottern erhebliche Schwankungen aufweisen (s. Kap. 4.8.1).

Tab.6: geohydraulische Kennwerte des Deckenschotter-Aquifers

Parameter	**GW-Stand**	**k_f -Wert** [m/s]	**Transmissivität, T** [m²/s]		**spez. Ergiebigkeit, C** [m³/s • 1/m]
			bei PV	bei NGW	
Brunnen IV	MGW	$3{,}4 \cdot 10^{-3}$	$3{,}3 \cdot 10^{-2}$	$2{,}8 \cdot 10^{-2}$	$3{,}9 \cdot 10^{-2}$
Br. IV –> VB	MGW	$2{,}9 \cdot 10^{-3}$	$2{,}8 \cdot 10^{-2}$	$2{,}3 \cdot 10^{-2}$	---
GWM P1	NGW	$5{,}2 \cdot 10^{-5}$	$1{,}2 \cdot 10^{-3}$	$1{,}2 \cdot 10^{-3}$	$8{,}2 \cdot 10^{-4}$
GWM P2	MGW	$6{,}8 \cdot 10^{-4}$	$2{,}2 \cdot 10^{-3}$	$1{,}0 \cdot 10^{-3}$	$2{,}1 \cdot 10^{-3}$
GWM P6	HGW	$2{,}2 \cdot 10^{-3}$	$1{,}5 \cdot 10^{-2}$	$1{,}2 \cdot 10^{-2}$	$2{,}1 \cdot 10^{-2}$

Die geohydraulischen Kennwerte in Tabelle 6 ergeben für den Deckenschotter-Aquifer unterschiedliche Werte. Die höchsten Werte wurden für den Brunnenbereich (Br.IV und VB) sowie an P6 errechnet. Für P6 weist zudem der praktische geradlinige Verlauf der Q/s-Kurve auf zumindest lokal gespannte Verhältnisse hin, was durch das geologische Schichtenprofil in Anlage 4h bestätigt wird.

Der k_f -Wert an P1 ist trotz hoher GW-Mächtigkeit von H = 22 m mit $5 \cdot 10^{-5}$ m/s für einen Schotter ("*Mittel- bis Feinkies*") relativ gering. Das Q/s-Diagramm verläuft praktisch geradlinig und weist damit möglicherweise auf gespanntes Grundwasser hin. Das Schichtenprofil in Anlage 4c lässt diesbezüglich jedoch keine weiteren Schlüsse zu (Spülbohrung ?, s. Kap.4.2.2).

Es ist davon auszugehen, dass der Brunnen IV intensiv entwickelt wurde und daher die höchste Durchlässigkeit und Ergiebigkeit - d.h. die größten Werte in Tabelle 6 - aufweist. Anhand der Absenkbeträge ergeben sich k_f -Werte von 2,6-4,3 $\cdot 10^{-3}$ m/s, wobei diese mit steigender Förderleistung (Q: 10 –> 20 –> 30 –> 50 l/s) abnehmen. Dies ist eine Folge zunehmender Eintrittswiderstände und abnehmender GW-Höhen bei ansteigenden Fördermengen ist. Dieser Effekt wird auch als scheinbare Absenkung bezeichnet.

Anhand der vorliegenden Werte für den Brunnen und die GW-oberstromig gelegenen GW-Meßstellen P6 + P2 ergeben sich für den Deckenschotter nachfolgende geohydraulischen Kennwerte:

	brunnennah	brunnenfern (–> P6)	(–> P2)
Durchlässigkeit (k_f, m/s):	**$3{,}4 \cdot 10^{-3}$**	**$2{,}2 \cdot 10^{-3}$**	**$6{,}8 \cdot 10^{-4}$**
Transmiss. (T, m²/s), bei NGW:	**$2{,}8 \cdot 10^{-2}$**	**$1{,}2 \cdot 10^{-2}$**	**$1{,}0 \cdot 10^{-3}$**

Diese Werte werden den weiteren Berechnungen zugrunde gelegt.

Hangendes GW-Stockwerk (Würm-Schotter):

Für den hangenden GW-Leiter in den Würm-Schottern können aus den Pumpversuchen an den Meßstellen P3 und P7 die geohydraulischen Kennwerte berechnet werden.
An Meßstelle P4 und P5 sind aufgrund zu geringer Wasserstände bei den Bohrarbeiten keine Pumpversuche erfolgt.
Für P4 wurde aus der meist wasserführenden und vefilterten, stark sandigen Kies-Schicht bei 7,2-8,0 m u.GOK eine Kübelprobe entnommen, mittels Naßsiebung die Kornverteilung ermittelt und daraus der k_f -Wert mit $4{,}8 \cdot 10^{-4}$ m/s bestimmt (s. Kap.4.11; Anl.12b-1). Für die ähnlich zusammengesetzte Kieslage in P5 wurde der gleiche k_f -Wert angenommen.

An GWM P7 zeigt die Q/s-Kurve bei 0,35 l/s einen deutlichen Knick. Aufgrund der geringen Aquifer-Mächtigkeit von M = 1,5 m und der relativ hohen Absenkungsbeträge stellt der k_f -Wert für Q = 0,35 l/s den realistischeren Wert dar.

Für die 2017 gebauten GW-Meßstellen P8-P12 nördlich des Gewerbegebietes Rothenfeld liegt die PV-Auswertung in Anlage 11h-k bei.

Tab.7: geohydraulische Kennwerte des hangenden GW-Leiters (Würm-Schotter)

Parameter	**k_f -Wert**	**Transmissivität, T**	**Hydrogeologie**
	[m/s]	[m²/s]	
GW-Meßstelle			
GWM P3	**$3{,}8 \cdot 10^{-5}$**	$1{,}2 \cdot 10^{-4}$ (bei M = 3,0 m)	7,4-10,4 m u.GOK Grobkies + Nagelfluh
GWM P4	***$4{,}8 \cdot 10^{-4}$*** *(aus Siebkurve, Kap.4.11)*	$2{,}4 \cdot 10^{-4}$ (bei M = 0,5 m)	7,2-8,0 m u.GOK Fein- bis Mittelkies, stark sandig
GWM P5	*$5 \cdot 10^{-4}$ (?)*	$2 \cdot 10^{-4}$ (bei M = 0,5 m)	10,6-11,1 m u.GOK Fein- bis Mittelkies, stark sandig
GWM P7	**$1{,}9 \cdot 10^{-4}$**	$2{,}8 \cdot 10^{-4}$ (bei M = 1,5 m)	13,7-15,2 m u.GOK Kies, stark sandig
GWM P8	**$1{,}0 \cdot 10^{-4}$**	$2{,}0 \cdot 10^{-5}$ (bei M = 0,2 m)	5,0-5,2 m u.GOK Kies, sandig, GW gespannt
GWM P9	**$2{,}2 \cdot 10^{-4}$**	$6{,}6 \cdot 10^{-5}$ (bei M = 0,3 m)	10,2-10,5 m u.GOK Kies, sandig, schluffig, GW gespannt
GWM P10	*$6 \cdot 10^{-6}$ (*)*	*$8{,}1 \cdot 10^{-6}$ (*) (bei M = H = 1,3 m)*	0,8-6,5 m u.GOK Fein- bis Mittelkies, sandig bis st. sandig, GW ungespannt
GWM P11	im Sept. 2017 kein PV möglich	?	6,4-8,6 m u.GOK Kies, st. sandig bis sandig, GW ungespannt
GWM P12	**$2{,}1 \cdot 10^{-4}$**	$2{,}5 \cdot 10^{-4}$ (bei M = 1,2 m)	7,5-8,7 m u.GOK Kies, schluffig, sandig GW gespannt
	$1{,}1 \cdot 10^{-2}$ (aus Siebkurve, Kap.4.11)		0,4-4,3 m u.GOK Mittelkies, sandig, schwach schluffig

(*): P10 - unzureichende Brunnenentwicklung (Anm.: an der Rigolenanlage östlich der Straße wurden k_f - Werte von 2-6 • 10^{-4} m/s bestimmt: Untersuchungsberichte vom 23.9.09 + 22.10.09: \gr4\ + \gr5\)

Die k_f -Werte aus Tabelle 7 variieren um ca. 1 Zehnerpotenz. Dies liegt daran, dass die geologischen Verhältnisse in den spätwürm-glazialen Abflussrinnen der Rothenfelder Schotterflur uneinheitlich sind. Bei den Transmissivitäten werden aufgrund unterschiedlicher GW-Mächtigkeiten einheitlichere Werte erreicht. Allerdings handelt es sich hierbei um wechselnde Größen, da die GW-Mächtigkeiten in den Würm-Schottern niederschlagsbedingt starke Schwankungen aufweisen können (s. Kap.4.8.2).

Für die Würm-Schotter wird anhand der o.g. Werte ein mittlerer k_f -Wert von:
Ø $k_f = 2 \cdot 10^{-4}$ m/s
angesetzt.

4.10.3 NUTZBARER PORENRAUM, ABSTANDSGESCHWINDIGKEIT

Der **nutzbare Porenraum (P_n)** des Haupt-GW-Leiters Deckenschotter (sandige und teils zu Nagelfluhe zementierten Kiese: –> verringerter Porenraum) wird hier mit 15-20 % angesetzt. Für die Würm-Schotter wird ein Wert von P_n = 20-25 % angenommen.
Mithilfe von P_n, dem GW-Gefälle (I) und dem Durchlässigkeitsbeiwert (k_f) lässt sich die **Abstandsgeschwindigkeit (v_a)** errechnen:

$$v_a = \frac{k_f \cdot I}{P_n}$$

k_f = Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]
I = GW-Gefälle [%]
P_n = nutzbarer Porenraum [%]

Mit den k_f-Werten aus Tabelle 6+7, den Werten für das GW-Gefälle im Deckenschotter-Aquifer sowie im hangenden GW-Leiter (s. Kap. 4.7.1 und 4.7.2) und dem o.g. nutzbaren Porenraum ergeben sich folgende Abstandsgeschwindigkeiten:

Haupt-GW-Leiter (Deckenschotter):

brunnennah:		$k_f = 3{,}4 \cdot 10^{-3}$ m/s;	I = 1 ‰	$v_a = 1{,}7\text{-}2{,}3 \cdot 10^{-5}$ m/s (= 1,5-2,0 m/Tag)
brunnenfern:	–> P2	$k_f = 6{,}8 \cdot 10^{-4}$ m/s;	I = 2 ‰	$v_a = 6{,}8\text{-}9{,}1 \cdot 10^{-6}$ m/s (= 0,6-0,8 m/Tag)
	–> P6	$k_f = 2{,}2 \cdot 10^{-3}$ m/s;	I = 2 ‰ (?)	$v_a = 2{,}2\text{-}2{,}9 \cdot 10^{-5}$ m/s (= 1,9-2,5 m/Tag)

hangender GW-Leiter (Würm-Schotter):

brunnennah:	$k_f = 2{,}0 \cdot 10^{-4}$ m/s;	I = 30-40 ‰	$v_a = 2{,}4\text{-}4{,}0 \cdot 10^{-5}$ m/s (= 2,1-3,5 m/Tag)
brunnenfern:	$k_f = 2{,}0 \cdot 10^{-4}$ m/s;	I = 20-25 ‰	$v_a = 1{,}6\text{-}2{,}5 \cdot 10^{-5}$ m/s (= 1,4-2,2 m/Tag)

4.11 BODENUNTERSUCHUNGEN

Bei den durchgeführten Bohrungen erfolgte eine Probenentnahme aus dem Bohrgut. An ausgewählten Proben wurden deren Kornverteilungen im Bodenlabor bestimmt (Sieb-Schlämm-Analysen n. DIN 18123) und deren Durchlässigkeit (k_f -Wert) daraus berechnet (nach KAUBISCH, nach BEYER und SEILER). An einer ungestört entnommenen Bodenprobe aus Bohrung P4 (UP-Stutzen) wurde zudem die Durchlässigkeit mittels Dreiaxialtechnik ermittelt (s. Anl.12c).

Die Untersuchungsbefunde stellen bei der Ausarbeitung des Wasserschutzgebietes eine wichtige Grundlage für die Beurteilung der Schutzfunktion der Deckschichten (s. Kap.6.6) über dem durch den Brunnen genutzten Haupt-GW-Leiter (Deckenschotter-Aquifer) dar.
Die in Anlage 12a-f beiliegenden Laborbefunde werden in Tabelle 8 zusammengefasst.

Tab.8: Ergebnisse der Bodenuntersuchungen

Meßstelle - Prb.- Nr.	Tiefe [m u.GOK]	M* [m]	Geologie			k_f -Wert [m/s]
			Bodenansprache	Bodenart (DIN 4022/1)	Bodengruppe (DIN 18196)	
P3 - KP1	10,4 - 13,6	3,2	Moräne	G, u_, s', t'	GŪ	$1,4 \cdot 10^{-7}$
P3 - KP2	16,6 - 17,6	1,0	Verwitterungslehm	U, g_, s	U	$2,3 \cdot 10^{-8}$
P4 - KP1	7,2 - 8,0	0,8	Kies/Sand-Lage	G, s_	GI	$4,8 \cdot 10^{-4}$
P4 - BP1	9,2 - 10,2	1,0	schluffige Moräne	U	U	$4,4 \cdot 10^{-8}$
P4 - UP1	17,5 - 17,75	12,7	Moräne	U, g_, s, t'	--	$2,0 \cdot 10^{-7}$
P4 - KP2	21,0 - 24,0	12,7	Moräne	G, u_, s'	GŪ	$9,3 \cdot 10^{-7}$
P4 - KP3	31,0 - 35, 0	4,1	(Schotter-)Moräne	G, u_, s'	GŪ	$2,1 \cdot 10^{-6}$
P5 - KP1	11,2 - 13,0	2,9	Moräne	G, u_, s	SŪ	$3,8 \cdot 10^{-6}$
P5 - KP2	13,0 - 15,0	2,3	Schotter-Moräne	G, u, s'	GU	$6,8 \cdot 10^{-6}$
P5 - KP3	15,5 - 17,0	1,8	Verwitterungslehm	G, t_, u_, s	GŪ	$3,5 \cdot 10^{-8}$
P5 - KP4	17,0 - 18,0	1,0	Schotter-Moräne	G, u, s'	GŪ	$2,7 \cdot 10^{-6}$
P6 - KP1	3,0 - 6,0	4,3	Moräne	U, g_, gs'	U	$1,3 \cdot 10^{-8}$
P6 - KP2	13,0 - 16,0	3,0	Schotter-Moräne	G, u_, s	GŪ	$1,3 \cdot 10^{-6}$
P6 - KP3	16,0 - 20,0	4,0	Verwitterungslehm	G, u_, s'	GŪ	$2,5 \cdot 10^{-7}$
P12 - KP1	0,5- 4,3	3,0	Würm-Schotter	G, s, u'	GU	$1,1 \cdot 10^{-2}$

G = Kies, S = Sand, U = Schluff, T = Ton; g = kiesig, s = sandig, u = schluffig, t = tonig; ' = schwach, _ = stark

M = Gesamt-Mächtigkeit der untersuchten Schicht (vgl. Anl. 4ff.)

Bei den untersuchten Bodenproben handelt es sich um überwiegend um bindiges, grob- bis feinklastisches Material der Korngröße Kies bis Ton.
Es lässt sich erkennen, dass mit zunehmenden Schluff- und Ton-Gehalten (Bodengruppe GŪ + SŪ –> Bodengruppe U) der k_f -Wert fällt. Er nimmt demnach folgende Wertebereiche an:

Bodengruppe nach DIN 18196:	**k_f -Wert**
GŪ, SŪ (≅ Kies bzw. Sand, stark schluffig)	0,1 - 4 • 10^{-6} m/s;
GŪ-U (≅ Schluff und Kies, sandig, tonig), Verwitterungslehm	0,2 - 3 • 10^{-7} m/s;
U (≅ Schluff, stark kiesig, sandig)	1,3 - 4 • 10^{-8} m/s.

4.12 GRUNDWASSER-NEUBILDUNG

Die GW-Neubildung (**GWN**) wird aus den meteorologischen Daten des gemessenen Niederschlages (**N**) und der berechneten Verdunstung (**V**) und dem oberirdischen Abfluss ($\mathbf{A_o}$) berechnet nach: $\mathbf{GWN = N - V - A_o}$.

Für den Bereich zwischen Rothenfeld und Frieding lassen sich aus BLFW (1974) folgende Angaben zum GW-Haushalt entnehmen:

mittlere jährliche Niederschlagshöhen 1931-60:	**N =**	**1.030 mm/a**
(Winter-Halbjahr, Nov. - Apr.:		350 mm)
(Sommer-Halbjahr, Mai - Okt.:		680 mm)
mittlere jährliche Verdunstungshöhen 1931-60:	**V =**	**630 mm/a**
mittlere jährliche Abflusshöhen 1931-60:	**A_{ges} =**	**400 mm/a**

Da im Bereich um den Br.IV zwischen Rothenfeld und Frieding keine nennenswerten Oberflächenabflüsse vorhanden sind (vgl. Anl.1a) wird $A_o = 0$ gesetzt. Daher kommt praktisch der gesamte o.g. Abfluss A_{ges} der GW-Neubildung zugute.

Mit dem o.g. Wert von A_{ges} = GWN = 400 mm/a errechnet sich für das Untersuchungsgebiet eine **mittlere Grundwasser-Neubildungsrate von GWN = 12,7 l/(s • km²)**.

5 WASSERBESCHAFFENHEIT

Von **Br.IV** liegen in \a1\-\a4\ ausführliche Zusammenstellungen der chemischen und mikrobiologischen Wasseranalysen aus dem Zeitraum 1998-2010 vor. Diese wurden aus den zur Verfügung gestellten pdf-Dateien in bearbeitbare Excel-Dateien konvertiert. Eine Zusammenstellung (Ergebnisübersicht) der neuesten Prüfberichte 2014-2016 wurde in \a14\ zur Verfügung gestellt.
Weitere Untersuchungen des Brunnenwassers erfolgten im Rahmen von speziellen Fragestellungen 9+10/2012 (vor und nach Verfüllung der VB: s. \a7\), 1/2013 (Nitrat-Gehalte nach Anlauf Pumpe, s. \a9\) und 10/2013 (hydrochemischer Pumpversuch, s. \a12\).
Ebenfalls wurden die zur Verfügung gestellten Aufzeichnungen der Trübungsmessung 2009-2013 (s. \a13\) sowie die vorliegenden mikrobiologischen Untersuchungen ausgewertet.

Vergleichend hierzu wurden an den bestehenden **GW-Meßstellen P1 und P2** (4/2012: s.\a6\), den neu errichteten Meßstellen **P3 und P4** (12/2011 und 1/2013: s. \a5\ und \a8\), **P6** (7/2013: s. \a11\) und **P7** (6/2013: s. \a10\) sowie der mittlerweile rückgebauten **Versuchsbohrung VB** vor ihrer Verfüllung (Schöpfprobe 9/2012, s. \a7\) Wasserproben entnommen und im Wasserlabor analysiert.
An den 2017 errichteten, flachen GW-Meßstellen **P8, P8, P10 und P12** wurden bei den Kurz-Pumpversuchen im September 2017 Wasserproben zur chemisch-technischen Analyse entnommen.

5.1 BRUNNEN IV

In Anlage 13a wurden für **Br.IV** die vorliegenden, jährlichen Analysen von 1999-2016 hinsichtlich ausgewählter Inhaltsstoffe (physikalische Parameter, Haupt- und Nebeninhaltsstoffe, Pflanzenschutzmittel / PSM) tabellarisch und als Verlaufsgrafik zusammengestellt.
In Anlage 13b werden für Br.IV zudem die Ionenbilanzen der Analysen von 31.8.2009 bis 5.4.2016 aufgelistet.

5.1.1 PHYSIKALISCH-CHEMISCHE PARAMETER

Bei dem **Brunnenwasser** handelt es sich um ein normal erdalkalisches, überwiegend hydrogencarbonatisches Wasser und somit um ein typisches “Kalkschotterwasser”, das nach den Haupt-Bestandteilen als Calcium-Magnesium-Hydrogencarbonat-Wasser klassifiziert werden kann.
Die Grenzwerte der TrinkwV werden bei den vorliegenden Analysen eingehalten.

Das aus dem Brunnen geförderte Grundwasser muss aufgrund des gleichbleibenden, relativ hohen **Sauerstoff**-Gehaltes (8-10 mg/l: s. Anl.13a) für ein Grundwasser dieser Tiefenlage nicht aufbereitet werden.
Das Wasser ist mit einer **Gesamthärte** um 18-20 °dH als "hart" zu bezeichnen und im vorliegenden Fall bei positivem Sättigungsindex eher kalkabscheidend.

Bei den Stickstoff-Spezies sind die reduzierten Formen **Ammonium und Nitrit** nicht in nennenswerten Mengen vorhanden bzw. nicht nachweisbar.
Hingegen ist **Nitrat** als oxidierte Form in deutlichen Konzentrationen messbar. Hierdurch wird eine anthropogene, landwirtschaftliche Beeinflussung des Grundwassers indiziert.
Bei der Inbetriebnahme des Brunnens waren über die ersten Jahre bis 1997 noch meist relativ hohe Werte von 40-50 mg/l gemessen worden. Ab Anfang 1999 bis 2003 ging Nitrat von 35 mg/l auf unter 20 mg/l zurück, stieg ab dann wieder an, wobei 2006 bzw. 2009 Werte um 27 mg/l erreicht wurden (2006: Umbruch von Dauergrünland !), und fiel 2010 bei 3 Messungen auf einen Tiefpunkt mit rund 14 mg/l ab (s.a. Kap.5.1.3, Anl.13e-1). In der Analyse vom 10.9.2012 wurde wiederum mit über 30 mg/l ein sehr hoher Wert, anschließend am 10.10.2012 mit 11,5 mg/l der bislang niedrigste Nitrat-Gehalt gemessen. Die letzten 3 Jahre lagen die Konzentrationen wieder bei 21-23 mg/l.
Seit 1999 wird ein landwirtschaftliches Beratungs-Konzept im Wasserschutzgebiet umgesetzt. Hierzu liegt im Anhang A ein gesonderter Bericht des beauftragten Landwirtschaftsberaters (Hr. Zimmermann, AELF Weilheim, s.\32\) bei.

Als weitere Indikatoren für eine anthropogene Beeinträchtigung sind i.d.R. die Parameter Natrium, Chlorid und Sulfat zu werten, die ebenfalls im Verlaufsdiagramm der Anlage 13a für die Jahre 1999-2016 dargestellt sind.
Die **Natrium**- und **Chlorid**-Gehalte sind bei den Analysen des Brunnenwassers ab 1999 mit 4-9 bzw. 9-12 mg/l unauffällig. Die **Sulfat**-Konzentrationen liegen in diesem Beobachtungszeitraum relativ gleichbleibend zwischen 6 und 14 mg/l und sind ebenfalls nicht auffällig erhöht.
Nach Anlage 13a deutet sich jedoch an, dass Nitrat und Sulfat miteinander korreliert sind, wobei Sulfat deutlich geringeren Schwankungen unterworfen ist, als Nitrat. Natrium (und Chlorid) verhält sich gegenüber Nitrat jedoch gegenläufig.

Die Konzentration an gelöstem organischem Kohlenstoff (**DOC**) bewegt sich um <0,5-1,1 mg/l und damit im Bereich üblicher Werte. Die gemessenen **spektralen Absorptionskoeffizienten** (SAK 436 nm: max. 0,3 m^{-1}; SAK 254 nm: 0,6-0,8 m^{-1}) sind ebenfalls unauffällig.

5.1.2 SPURENSTOFFE

Pflanzenschutzmittel (PSM) waren bereits nach der Brunnen-Inbetriebnahme in deutlich erhöhten und teilweise am bzw. über dem Grenzwert der TrinkwV (0,1 µg/l) liegenden Konzentrationen nachgewiesen worden. Insbesondere 1997/98 war Atrazin mit 0,13-0,16 µg/l deutlich erhöht. Sein Abbauprodukt Desethylatrazin hatte Ende 1997 Maximalwerte von über 0,5 µg/l überschritten.
Seit dieser Zeit gehen die Konzentrationen dieser beiden Stoffe kontinuierlich zurück (s. Kap. 5.1.3, Anl.13d-3). Bei den letzten Analysen 2012-2016 wurde Atrazin nur noch im Bereich der analytischen Nachweisgrenze (NWG) von 0,03 µg/l oder darunter und Desethylatrazin unterhalb des TrinkwV-Grenzwertes von 0,1 µg/l gemessen (s. Tabelle in Anl.13a).

Die vorliegenden Untersuchungen auf weitere **PSM**, **Schwermetalle**, **PAK**, **Benzol** und **CKW** der Jahre 1998-2010 hatten keine Nachweise erbracht.

5.1.3 SCHWANKUNGEN AUSGEWÄHLTER PARAMETER

Anhand ausgewählter Parameter der vorliegenden umfangreichen Analysen von 1998-2010 wurden zur besseren Übersicht Verlaufsdiagramme erzeugt.

Verlaufsdiagramme - Br.IV:

Anl.13d:	- 1) vor Ort-Parameter (T, pH, eLf) - 2) Nitrat-Werte mit el. Leitfähigkeit - 3) PSM-Analysen (Atrazin und Desethylatrazin);
Anl. 13e:	- 1) Nitrat-Werte mit el. Leitfähigkeit; - 2) Nitrat-Werte mit Summe-PSM;

Anlage 13d-1 zeigt, dass die **elektrische Leitfähigkeit** (eLF: bez. auf 25°C) des Brunnenwassers deutlichen Schwankungen von 580-660 µg/l unterliegt. Dabei ist ab Mitte 1999 bis Mitte 2002 eine längere Phase mit verringerten Werten erkennbar. Ab 2004 deutet sich ein jährlicher Zyklus mit erhöhten Werten im Winterhalbjahr (November - April) an.
Die **Temperaturen** zeigen i.d.R. im Sommer und Herbst leicht um ca. 1 °C erhöhte Werte.
Der **pH-Wert** ist relativ gleichbleibend um 7,4-7,5, wobei maximale Schwankungen von 7,2-8 auftreten können.
Beim Vergleich der **Nitrat-Gehalte** und der **eLF**-Werte in Anlage 13d-2 zeichnet sich eine Korrelation dieser beiden Parameter ab. Noch deutlicher wird dies in Anlage 13e-1, in der die Datenmatrix auf die vorhanden Nitrat-Messungen komprimiert wurde. Hier lassen sich auch die relativ starken, kurzzeitigen Schwankungen der Nitrat-Konzentration erkennen (vgl. Kap.5.3).

Anlage 13d-3 zeigt den kontinuierlichen Rückgang der **PSM-Gehalte** (hier: Atrazin und Desethylatrazin). Gegenwärtig liegen diese im Bereich unter der Nachweisgrenze (NWG: 0,03 µg/l) und dem Grenzwert der TrinkwV (GW: 0,1 µg/l). Der Desethylatrazin-Wert beträgt dabei ungefähr des 3-fache des Atrazin-Wertes.
Bei der Darstellung in Anlage 13e-2 ist zudem erkennbar, dass auch die PSM (hier: Summenwert) offensichtlich mit den Nitrat-Konzentrationen gut korreliert sind.
Im Gegensatz zu den PSM zeigten die Nitrat-Werte jedoch ab 2003 wieder eine ansteigende Tendenz, die bis Anfang 2010 anhielt.

Um zu überprüfen, ob sich **Zusammenhänge mit der Niederschlagstätigkeit** und den festgestellten Schwankungen von el. Leitfähigkeit, Nitrat und PSM erkennen lassen, wurden die Daten der LfL-Station Rothenfeld abgefragt (s. \31\: Niederschläge und Lufttemperaturen in 2 m Höhe). Diese werden ebenfalls in Anlage 13e-3 als Quartals-Summen bzw. -Mittel dargestellt. Bei dem Vergleich der Niederschlagssummen mit den Nitrat-Werten deutet sich an, dass sich diese umgekehrt proportional verhalten, wobei ein zeitlicher Versatz von etwa 2-3 Monaten häufig ist.
Dies legt nahe, dass das Grundwasser im Deckenschotter-Aquifer durch das Niederschlagsgeschehen beeinflusst wird, wobei sich bei größeren Niederschlagsmengen eine Verdünnung abzeichnet, da neben der Nitrat-Konzentration auch die el. Leitfähigkeit abnimmt (s.o.).
Es ist jedoch auch darauf hinzuweisen, dass die Niederschlagssummen nicht zwangsläufig der GW-Neubildung entsprechen müssen, da bei der letzterer auch der Faktor Verdunstung eine wichtige Rolle spielt (vgl. Kap.4.12).

5.2 GRUNDWASSER-MESSTELLEN

Um die festgestellten Schwankungen der GW-Beschaffenheit des Brunnenwassers erklären zu können und damit auch Hinweise auf die Herkunft der festgestellten anthropogenen Beeinträchtigungen des Wassers sowie das Einzugsgebiet des Brunnens zu erhalten, wurde auch das Grundwasser aus den vorhandenen und neu errichteten GW-Meßstellen analysiert.

In Anlage 13c-1 werden die Ionenbilanzen der Wässer aus den **tiefen GW-Meßstellen P1, P2 und P6** (Analysen 04/2012 und 07/2013) und den **flachen GW-Meßstellen P3, P4 und P7** (Analysen 12/2011, 01/2013 und 06/2013) zusammengestellt; zusätzlich ist die Analyse einer **Schöpfprobe des oberen Wasserzulaufes** aus der mittlerweile verfüllten Versuchsbohrung **VB** neben dem Br.IV angegeben (Prüfberichte s.a. Anhang B, C, D, E, G, H).
An Meßstelle P5 ist bislang aufgrund des geringen bzw. nur sporadisch vorhandenen GW-Standes noch keine Probeentnahme erfolgt.

Die Ergebnisse der Wasseranalysen aus den neuen, flachen GW-Meßstellen **P8, P8, P10 und P12** (s. \a15\) liegen im Anhang M bei. Sie werden in Anlage 13c-2 in Form von Ionenbilanzen den Untersuchungsbefunden an den flachen GW-Meßstellen P3, P4 und P7 aus dem Jahr 2013 vergleichend gegenübergestellt.

Zum **Vergleich der Grundwasser-Proben** aus **Br.IV**, den drei tiefen GW-Meßstellen (**P1, P2, P6: Deckenschotter**), den flachen GW-Meßstellen **P3, P4, P7, P8-P12 sowie und VB (hangendes GW-Stockwerk)** wurden ausgewählte und typisierende Parameter in Form von Balkendiagrammen in Anlage 13f zusammengestellt.
Der Analysenvergleich für das Brunnenwasser (Anl.13f-1) zeigt, dass einige Inhaltsstoffe relativ konstant sind (z.B. gel. Sauerstoff / O_2 gelöst; Magnesium / Mg^{2+}; Chlorid / Cl^-) während andere deutliche Schwankungen aufweisen (z.B.: Natrium / Na^+; Calcium / Ca^{2+}; Sulfat / SO_4^{2-}) und v.a. Nitrat (NO_3^-: 12-31 mg/l). Wie bereits vorstehend festgestellt (s. Kap. 5.1.1 und 5.1.3), sind die Nitrat-Werte mit den relativ stark schwankenden Leitfähigkeits-Werten des Brunnenwassers (580-660 µS/cm bei 25°C) und den Sulfat-Konzentrationen korreliert.
Das Balkendiagramm mit den Analysewerten für die GW-Meßstellen (s. Anl.13f-2) lässt z.T. deutliche Unterschiede zwischen dem Deckenschotter-Grundwasser (grün: P1, P2, P6) und den flachen Meßstellen des hangenden GW-Stockwerks (orange, gelb, rot: P3, P4, P7 und VB) erkennen. Unterscheidungs-Parameter sind v.a. Na^+ (niedriger), Mg^{2+} (höher), NO_3^- (höher) und SO_4^{2-} (höher). Beim Nitrat liegen die Werte für den Deckenschotter mit 20-25 mg/l deutlich über denen in P3, P7 und VB mit 11-14 mg/l. Auch die Sulfat-Konzentrationen unterscheiden sich in den tiefen Meßstellen (SO_4^{2-}: 12,2-13,4 mg/l) deutlich von denen der flachen (4,6-6,6 mg/l).
Eine Ausnahme stellt jedoch **Meßstelle P4** dar, die im Januar 2013 das erste Mal aufgrund einer ausreichenden GW-Mächtigkeit beprobt werden konnte. Hier wurden erhöhte Werte von NO_3^- (27,2 mg/l) gemessen. Die ebenfalls deutlich erhöhten Konzentrationen von Kochsalz (Na^+: 46,3 mg/l; Cl^-: 37,1 mg/l) dürften ihre Ursache in der winterlichen Salzung auf der nahegelegenen Straße haben.
Das Grundwasser aus den Meßstellen P9 und P12 entspricht im Wesentlichen den Analyseergebnissen an den weiter nördlich liegenden Meßstellen P3 und P7 (s. Anl.13f-3).

So ergeben sich also insgesamt Kriterien, die darauf hinweisen, dass sich das Wasser im Deckenschotter von dem des hangenden GW-Stockwerks unterscheidet.
Am Br.IV scheinen sich diese Unterschiede aufgrund der z.T. deutlichen Schwankungen der Stoffgehalte zu verwischen. Hieraus lässt sich in Übereinstimmung mit den hydrogeologischen Befunden (Leckagen, hydraulische Fenster: s. Kap. 4.3, 4.5 und 4.7) der Schluss ziehen, dass in der näheren Umgebung des Brunnens das Deckenschotter - Wasser durch zulaufendes Grundwasser aus dem höher liegenden Stockwerk verändert wird.

Bei der Probenahme fiel an den Wässern aus GW-Meßstelle P8 und P10 ein organischer, leicht öliger Geruch auf. Aus diesem Grund wurden hier zusätzlich Analysen auf Kohlenwasserstoffe (KW-Index) beauftragt. Bei den beiden Meßstellen P8 und P10 war die förderbare Wassermenge mit unter 0,1 l/s nur gering. Das geförderte Wasser war bei der Beprobung noch trüb und musste daher im Labor membranfiltriert (0,45 µm) werden (s.a. \36\).
Das Grundwasser aus den Meßstellen P9 und P12 entspricht im Wesentlichen den Analyseergebnissen an den weiter nördlich liegenden Meßstellen P3 und P7.
An den Meßstellen P8 und P10 fallen neben den deutlich erhöhten Leitfähigkeiten (um 1.000 µS/cm; bei 20°) stark erhöhte Werte von Natrium (Na^+: 150-170 mg/l) und Chlorid (Cl^-: 85-86 mg/l) auf. Ebenfalls weit über natürliche Gehalte steigen die Sulfat-Konzentrationen an (SO_4^{2-}: 130-200 mg/l) an, wobei allerdings Calcium im normalen bis niedrigen Bereich liegt (Ca^{2+}: 60-77 mg/l), so dass sich kein Hinweis auf eine Gips-haltige Sulfat-Quelle ergibt. Die erhöhten NaCl-Werte könnten zum Teil auch durch winterliche Straßensalzung bedingt sein, da die beiden GW-Meßstellen fast unmittelbar am Straßenrand liegen. Eine Herkunft der Sulfat-Gehalte lässt sich hiermit jedoch nicht erklären. Die Ionenbilanzen geben mit Fehlern von -4,1 % (P8) bzw. -1,6 % (P10) keinen Anlass zu der Annahme, dass hier Fehlbestimmungen vorliegen. Weitere Hinweise können ggf. aus den leicht erhöhten Werten für Kalium (K^+: 5 bzw. 14 mg/l) und für organischen Kohlenstoff (nur an P10: TOC = 8,0 mg/l, DOC = 9,2 mg/l) sowie der Abwesenheit von Nitrat (nur in P10: NO_3^- < 1,0 mg/l) abgeleitet werden. Der KW-Index lag bei den beiden Proben unter den Nachweisgrenze (< 0,1 bzw. < 0,15 mg/l).

Eine Ursache oder Quelle der festgestellten Verschmutzungsindikatoren ist derzeit nicht bekannt. Zur Überprüfung der Befunde wird eine Nachbeprobung mit Analytik (ggf. auch auf abwassertypische Stoffe) empfohlen.

5.3 HYDROCHEMISCHE PUMPVERSUCHE

Als direkter Hinweis auf das Vorhandensein eines Mischwassers am Brunnenstandort sind die **Nitrat-Bestimmungen vom 31.1.2013** zu werten, die aus dem Brunnenwasser eine Stunde lang nach Einschalten der Brunnenpumpe erfolgten. Die Untersuchungsergebnisse werden in Anlage 13g dargestellt (Prüfberichte: s.\a9\ + Anhang F).
Der Nitrat-Gehalt stieg dabei von anfangs 7,9 mg/l auf 19,1 mg/l nach 60 Minuten an. Ebenfalls war auch ein Anstieg der el. Leitfähigkeit (600 –> 620 µS/cm) zu verzeichnen. Somit wird nach Einschalten der U-Pumpe im Brunnen geringer mineralisiertes, Nitrat-ärmeres Wasser abgepumpt und stärker Nitrat-haltiges Grundwasser fließt nach.

Am **1.10.2013** erfolgte ein **hydrochemischer Pumpversuch**. Hierbei wurde mittels einer U-Pumpe mit Q = 20,4 l/s gefördert. Über einen Zeitraum von 93 Minuten wurden laufend vor Ort die el. Leitfähigkeit und die Temperatur gemessen und 5 Wasserproben zur chemisch-technischen Analyse entnommen. Die Analysenbefunde liegen im Anhang I (s. \a12\) bei.
Eine Darstellung ausgewählter Parameter erfolgt im Balkendiagramm der Anlage 13h. Hier sind ebenfalls zum Vergleich Wasseranalysen des hangenden GW-Vorkommens (P3, 12/2011) sowie des Brunnenwassers bei laufenden Normalbetrieb (Analyse 07/2014) dargestellt.

Anhand der dargestellten Werte lässt sich gut die Änderung des gepumpten Brunnenwassers in Abhängigkeit von der Förderdauer erkennen:

Natrium (Na^+):	abnehmend:	7,4 –> 6,4 mg/l
Magnesium (Mg^{2+}):	zunehmend:	24,7 –> 26,6 mg/l
Calcium (Ca^{2+}):	zunehmend:	85,2 –> 88,4 mg/l
Chlorid (Cl^-):	± konstant:	10,1 –> 9,7 mg/l
Sulfat (SO_4^{2-}):	zunehmend:	5,7 –> 7,2 mg/l
Nitrat (NO_3^-):	zunehmend:	9,9 –> 15,5 mg/l
Hydrogencarbonat (HCO_3^-):	zunehmend:	357 –> 366 mg/l
el. Leitfähigkeit (eLf):	zunehmend:	584 –> 604 µS/cm

Diese Entwicklung der Stoff-Gehalte in Abhängigkeit von der Pumpdauer lässt in Übereinstimmung mit den übrigen wasserchemischen Befunden erkennen, dass die Zusammensetzung des Brunnenwassers zu Beginn der Pumpphase dem des hangenden Stockwerks ähnlicher ist und sich erst nach 1-2 Stunden an den Chemismus des Deckenschotter-Wassers annähert. Ebenfalls kann daraus geschlossen werden, dass die Quelle für die erhöhten Nitrat-Werte im Brunnen nicht im brunnennahen hangenden GW-Leiter zu suchen ist, da dieser deutlich geringere Nitrat-Konzentrationen aufweist.

Durch das aus dem hangenden Stockwerk zusickernde Wasser erfolgt eine Verdünnung der Nitrat-Konzentration. Die am Brunnen festgestellten, starken Schwankungen der Stoff-Gehalte (v.a. Nitrat, vgl. Kap. 5.1.3) sind daher neben der Niederschlagstätigkeit auch von der Zeitdauer zwischen Einschalten der Pumpe und Probenahme abhängig. Um vergleichbare Werte zu erzeugen, sollte folglich die Brunnenpumpe immer einige Stunden vor der Probenahme laufen.

5.4 MIKROBIOLOGISCHE PARAMETER

Nach den vorliegenden Analysen des Wassers aus Br.IV lagen bis Mitte 2013 in der Regel keine Grenzwert-Überschreitungen für die mikrobiologischen Parameter vor.

In dem Schreiben zu \19\ wird jedoch darauf verwiesen, dass es nach Auskunft des Gesundheitsamtes bereits Ende 2002 und im Sommer 2003 zu einem Nachweis von Flexibacter bzw. Befunden mit coliformen Keimen gekommen war. Nach der Zusammenstellung in \a4\ erfolgte von Juli 2003 bis Ende 2010 eine verdichtete Beprobung. Hierbei wurde am 24.7.03 ein singulärer Flexibacter-Nachweis erbracht, coliforme Keime wurden am 18.8.93 und 4.9.03 (je 1 KBE / 100 ml) und E. coli wurde nicht nachgewiesen. Die Koloniezahlen bei 20°C und 36°C waren mit max. 10 KBE/ml unauffällig.

Im Brunnenhaus ist eine UV-Anlage mit laufender Trübungsmessung installiert, die bei evtl. auftretenden, sporadischen Verkeimungen zusätzlich Schutz bieten soll.

Da an der ehemaligen, als GW-Meßstelle ausgebauten Versuchsbohrung (**VB**) direkt neben dem Br.IV ein hydraulischer Kurzschluss vorlag (vgl. Kap.2.3), bestand hier die Möglichkeit des Eintrages von Bakterien ins Grundwasser. Auch aus diesem Grund wurde die Meßstelle VB im September 2012 hydraulisch wirksam verschlossen und rückgebaut.

Im Gefolge sehr starker Niederschläge Ende Mai / Anfang Juni 2013 wurde bei Kontrolluntersuchungen am 25.7.2013 eine Keimbelastung des Brunnenwassers (Enterokokken-Nachweis) vor und nach der UV-Anlage festgestellt, der Brunnen vom Netz genommen und eine sofortige Sicherheits-Chlorung des Brunnenwassers ausgeführt. Bei Kontrollen im Nachgang sind am 16.8.13 und 9.9.13 wiederum Enterokokken-Nachweise im Brunnenwasser erfolgt (lt. Bürger-Information der Gde. Andechs, 30.9.13).

Trübungsmessung:
Die in \a13\ vorliegenden, kontinuierlichen Aufzeichnungen der Trübungs-Messung im Brunnenhaus (01/2009 - 10/2013) wurden den Tages-Niederschlägen der Station Rothenfeld (LfL, s. \31\) in Anlage 13i gegenüber gestellt. Es lassen sich deutliche Trübungsschübe mit Werten weit über 0,2 FNU (bzw. NTU) erkennen. Eine zeitliche Verzögerung der Trübungs-Maxima von rund 1,5-2 Monaten nach starken Niederschlägen deutet sich an.
Nach dem Starkregenereignis 29.05.- 02.06.2013 (162 mm/120 Std.) beginnt ein Anstieg der Trübungswerte erkennbar bereits ca. 10 Tage danach. Der Wert von 0,2 FNU wurde 30 Tage später erreicht, bei Feststellung der Verkeimung mit Enterokokken am 23./25.7.13 wurden bereits 0,4-0,5 FNU gemessen. Der Höchstwert von 1 FNU wurde erstmals am 1.8.13 erreicht. Im gleichen Zeitraum war auch der Ruhewasserspiegel im Br.IV um fast 1 m angestiegen (vgl. Anl.8b).

Die deutlichen Trübungsschübe im Gefolge stärkere Niederschläge sowie die schnelle Reaktion des GW-Spiegels auf Niederschlagsereignisse (vgl. Kap.4.8.1) legen den Schluss nahe, dass zeitweise trotz des hohen Flurabstandes von rund 40 m versickertes Niederschlagswasser innerhalb relativ kurzer Zeit in den Deckenschotter-Aquifer gelangt.
Bei einer Unterschreitung einer Verweilzeit im Untergrund von weniger als 50 Tagen bis zum Erreichen des Br.IV können dadurch eingetragene Oberflächenkeime nicht ausreichend abgebaut oder zurückgehalten werden und damit zu einer Verkeimung des Brunnenwassers führen. Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen am Brunnen (s. Kap.2.3 und 2.4) ergeben sich jedoch keine Hinweise auf einen fehlerhaften Brunnenausbau.

6 GRUNDWASSER-EINZUGSGEBIET

6.1 ALLGEMEINES

Das GW-Einzugsgebiet eines Brunnens setzt sich aus dem Anstrombereich und dem Zuspeisungsbereich zusammen.
Der **Anstrombereich** bildet dabei den Kern des GW-Einzugsgebietes. Er wird bei Brunnen durch die Wasserentnahme aktiviert und gesteuert. Der Anstrombereich orientiert sich im wesentlichen an der festgestellten GW-Fließrichtung und lässt sich bei homogenen Verhältnissen im GW-Leiter rechnerisch ermitteln.
Der Anstrombereich wird um die hydraulisch angekoppelten Gebiete erweitert, die ihm generell oder in zeitlich wechselndem Ausmaß Wasser zuspeisen. Diese werden als **Zuspeisungsbereich** bezeichnet. Im Gegensatz zum Anstrombereich sind Lage und Ausdehnung des Zuspeisungsbereiches nicht mehr rechnerisch definierbar, sondern ergeben sich aus einer Bewertung der Morphologie und Strukturen an der Oberfläche und im Untergrund sowie der natürlichen GW-Strömungszustände (BLFW, 1995). Hierbei ist auch die zeitliche Variabilität des natürlichen Strömungsfeldes in Abhängigkeit von den wechselnden Neubildungs- und Abflussverhältnissen zu berücksichtigen.

Das GW-Einzugsgebiet des Br.IV wurde erstmals bereits in \12\ und \14\ ermittelt und dargestellt (s.d. Anl.5.1). Es diente als Grundlage zur Festsetzung des aktuell bestehenden Wasserschutzgebietes (**WSG**).
Im Folgenden wird das Einzugsgebiet von Br.IV anhand der bei den umfangreichen Untersuchungen der letzten Jahren gewonnenen Erkenntnisse aktualisiert und dargestellt.

6.2 ANSTROMBEREICH

Der für die Bemessung von Trinkwasserschutzgebieten wichtige Anstrombereich eines Brunnens wird durch die geohydraulischen Parameter x_u, B und D definiert. Die **untere Kulmination (x_u)** ist der am weitesten in GW-unterstromiger Richtung vom Brunnen entfernte Punkt, von dem aus dem Brunnen beim Förderbetrieb noch Grundwasser zuläuft. Die **Entnahmebreite (B)** ist die GW-oberstromige Breite des Anstrombereiches.
Der Beginn des **ungestörten Bereiches (D)** ist der am weitesten GW-oberstromig vom Brunnen gelegene Punkt, den die Absenkung bei Brunnenbetrieb erreicht.

Unter Annahme völlig isotroper und homogener Aquifer-Verhältnisse besitzt der Anstrombereich in Brunnennähe eine elliptische Geometrie, während er sich in Richtung des GW-Zuflusses mit mehr oder weniger konstanter Entnahmebreite bis zur nächsten GW-Scheide fortsetzt.

Der Anstrombereich kann entsprechend einem Wechsel von Transmissivität, GW-Fließrichtung und GW-Gefälle sowohl seine Breite, als auch seine Orientierung ändern.
In der Realität - wie insbesondere auch im vorliegenden Fall - ist ein GW-Leiter jedoch mehr oder minder inhomogen und anisotrop, so dass die tatsächlichen Strömungspfade eines Wasserteilchens von der generellen Fließrichtung abgelenkt werden. Dieser Effekt, der mit wachsender Entfernung nach GW-oberstrom akkumuliert, wird generell durch eine entsprechend zunehmenden Aufweitung des rechnerischen Anstrombereiches berücksichtigt.
Der erforderliche Öffnungswinkel dieser als **Sicherheitszuschlag** bezeichneten Öffnung des Anstrombereiches hängt vom Grad der materiellen und strukturellen Inhomogenität bzw. Anisotropie des Untergrundes ab. Er wird in der Regel abgeschätzt.

6.2.1 ZUGRUNDEGELEGTE ENTNAHMEMENGEN

Nach Kapitel 4.10.1 wurde beim Erst-Pumpversuch am Br.IV eine maximale Wassermenge von 50 l/s über 72 Stunden entnommen, wobei der abgesenkte Wasserspiegel eine Beharrung erreicht hatte. Der Wiederanstieg nach Abschalten der Pumpe konnte nicht ausgewertet werden, da die Beobachtungsdauer zu kurz war.
Die vorliegenden Betriebsdaten weisen darauf hin, dass der Brunnen die von der z.Zt. eingebauten U-Pumpe geförderte Maximalmenge von 30 l/s (s. Kap.2.2) problemlos liefern kann.

Zur Abdeckung des künftigen Wasserbedarfs, auch bei einem Ausfall der beiden Andechser Quellen (Alexander- und Blumenschein-Quelle) soll eine erhöhte **maximale Jahresentnahme** beantragt werden (s. Kap.3.6):

$Q_{a\text{-}max}$ = 420.000 m³ (Ø = 13,3 l/s)

Für die Berechnung des Anstrombereiches wird in der Regel das zu erwartende **Monats-Maximum** zugrunde gelegt. Dieses lag nach Kapitel 3.2 über die vergangenen 6 Jahre bei 31.500 m³/mt. Zur Sicherheit (z.B. bei einem Ausfall der beiden Andechser Quellen) und als Prognose für die kommenden 3 Jahrzehnte wird mit einem etwas höheren Wert gerechnet:

$Q_{mt\text{-}max}$ = 40.000 m³/mt (Ø = 15,0 /s)

Bei dieser Entnahmemenge läuft die eingebaute U-Pumpe mit einer maximalen Förderleistung von 30 l/s rund 12 Std./Tag.
Für den **brunnenfernen Anstrombereich** wurde daher eine maximale Entnahmemenge von **$Q_{mt\text{-}max}$ = 15 l/s** zugrundegelegt.

Um eine ausreichende Sicherheit z.B. bei Wasserrohrbrüchen o.ä. zu haben, wurde für den **brunnennahen Anstrombereich** mit einer kurzzeitig erhöhten, maximalen Fördermenge gerechnet, die einem 20,5-stündigen Förderbetrieb bei maximaler Pumpenleistung entspricht (z.Zt. 30 l/s: s. Tab.1/ Kap.3.1).

$Q_{d\text{-}max}$ = 2.200 m³ (= 25,5 l/s).

6.2.2 ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN

Die Berechnung der Werte für x_u und B erfolgte nach TODD (1964) in Anlage 14a. Die Berechnung für D wurde den Leitlinien des BLFW (1995) entnommen.
Die zugrundegelegten Aquifer-Kennwerte für den vom Brunnen genutzten Deckenschotter-Aquifer werden in Kapitel 4.10.2 näher erläutert.

Entsprechend den vorliegenden Befunden (v.a. unterschiedliche k_f -Werte und Transmissivitäten) muss in einen brunnennahen und einen brunnenfernen Anstrombereich unterschieden werden.
Die Angaben zum GW-Gefälle (I) sind Kapitel 4.7.1 bzw. 4.10.3 zu entnehmen.

Für die Aquifer-Mächtigkeit wurde jeweils die Mächtigkeit der wasserführenden Schicht (**M** für gespannte Verhältnisse: an P6) bzw. die GW-erfüllte Mächtigkeit (**H** für ungespannte Verhältnisse: Br.IV, P2 und P6 bei NGW) angesetzt.

Tab.9: Eingabe- und Rechenwerte zur Berechnung des Anstrombereiches (aus Anl.14a)

Anstrombereich Br.IV	**brunnennah**		**brunnenfern**	
(Deckenschotter)			**Br.IV –> P6**	**Br.IV –> P2**
Parameter	**MGW**	**NGW**	**NGW**	**NGW**
Fördermenge Q (l/s)	**25,5**	**25,5**	**15,0**	**15,0**
k_f - Wert (m/s)	**$3{,}4 \cdot 10^{-3}$**	**$3{,}4 \cdot 10^{-3}$**	$2{,}2 \cdot 10^{-3}$	$6{,}8 \cdot 10^{-4}$
GW-Mächtigkeit M / H (m)	**9,8**	**8,1**	5,3	1,5
Transmissivität T (m²/s)	**$3{,}3 \cdot 10^{-2}$**	**$2{,}8 \cdot 10^{-2}$**	$1{,}2 \cdot 10^{-2}$	$1{,}0 \cdot 10^{-3}$
GW-Gefälle I (‰)	1	1	2	2
GW-Fließrichtung	WSW–>ONO	WSW–>ONO	WSW–>ONO	SW –> NO
untere Kulmination x_u (m)	122	**147**	--	--
Entnahmebreite B (m)	765	**926**	**631**	(7.353)
Beginn ungestörter Bereich D (m)	541	**654**	(446)	(5.196)

Aufgrund der teilweise erheblichen Schwankungen der GW-Spiegel (vgl. Kap.4.8.1) sind auch die Transimissivitäten als Produkt aus k_f -Wert und GW-Mächtigkeit stark variabel. Die Berechnungen erfolgten daher jeweils für niedrige GW-Stände (NGW), da sich hierbei größere Werte ergeben (Sicherheitsberechnung). Zum Vergleich wurden in Anlage 14a auch Berechnung für MGW-Stände durchgeführt.

Die vorstehende, analytische Berechnung des Anstrombereiches gilt an sich nur für **homogene, isotrope Verhältnisse** im GW-Leiter.
Wie die sehr viel geringeren k_f -Werte an den Meßstellen P2 (und auch an P1) zeigen, liegen hier möglicherweise starke Heterogenitäten im Aquifer vor (sofern die Pumpversuchsdaten hier korrekt erhoben wurden).
Die Berechnung des Anstrombereiches ergibt in Richtung der GW-Meßstelle P2 infolge der geringen geohydraulischen Kennwerte (10-fach geringere Transmissivität wg. geringerem k_f -Wert und GW-Mächtigkeit) eine sehr große und unplausible Abmessung des Anstrombereichs. Die Rechenwerte werden daher nicht verwendet.

Der brunnennahe Anstrombereich um den Br.IV wurde daher für eine kurzzeitige Maximalförderung von 25,5 l/s anhand der in Tabelle 6 dargestellten Parameter für den k_f -Wert = $3{,}4 \cdot 10^{-3}$ m/s bzw. eine Transmissivität von T = $2{,}8 \cdot 10^{-2}$ m²/s bei NGW-Ständen berechnet. Der angegebene k_f -Wert ist für den erschlossenen GW-Leiter (Kies, sandig, schwach schluffig, lokal schluffig, mit Nagelfluh-Lagen) als plausibler Wert anzusehen.
Bei der Berechnung des brunnenfernen Anstrombereichs in Richtung P6 wurde die der maximalen Monatsentnahme entsprechende Förderleistung von Q = 13,5 l/s zugrundegelegt.

Da GW-oberstromig der GW-Meßstelle P6 und P2 keine weiteren Erkenntnisse über die GW-Fließrichtung vorliegen, ist diese hier mit Unschärfen behaftet. Aus diesem Grund muss der Anstrombereich mit zunehmender Entfernung vom Brunnen eine größere randliche Aufweitung erfahren. Der Sicherheitszuschlag wurde deshalb hier mit rund 25° angesetzt.

Der so ermittelte Anstrombereich für den Br.IV im Deckenschotter-Aquifer wird zusammen mit dem Sicherheitszuschlag in Anlage 15 (auf der hydrogeologischen Karte, s. Anl.5a) dargestellt. Es zeigt sich, dass sich der brunnennahe Anstrombereich zu einen großen Teil mit dem bestehenden, nach Westen ausgerichteten WSG zusammenfällt. Aufgrund der neueren Erkenntnisse ist jedoch davon auszugehen, dass die GW-Anströmung aus westsüdwestlicher bis südwestlicher Richtung erfolgt. Der ermittelte Anstrombereich geht daher an der Süd-Seite des WSG über dieses hinaus.

6.3 ZUSPEISUNGSBEREICH

Dem Zuspeisungsbereich kommt im vorliegenden Fall eine wichtige Bedeutung zu, da dieser auch das **Einzugsgebiet der oberflächennahen Abschmelzschotter (Würm/Spätwürm)** umfasst. Diese bilden ein hangendes, angekoppeltes GW-Stockwerk aus, welches in den vom Brunnen genutzten Deckenschotter-Aquifer einspeist (s. Kap.4.3, 4.5 und 4.7). Der Flurabstand des Grundwassers beträgt hier nur wenige Meter, wie u.a. aus Anlage 5b ersichtlich ist, und die Schutzfunktion der Deckschichten ist mit sehr gering zu bewerten (s. Kap.6.6).
Aufgrund des Ausdünnens bzw. des stellenweisen Fehlens einer ausreichend mächtigen, bindigen und damit als GW-Stauer wirkenden Zwischenschicht im Umfeld des Brunnens kann das hangende Grundwasser dem Brunnen-Aquifer (Deckenschotter) zulaufen, worauf u.a. auch die vorliegenden wasserchemischen und mikrobiologischen Befunde hinweisen (s. Kap.5ff.).
Aus diesem Grund und unter Berücksichtigung der hohen Sensibilität des hangenden GW-Stockwerks müssen bei der Einzugsgebietsermittlung und der Schutzgebietsausweisung für den Br.IV auch die Verbreitung und der Verlauf der oberflächennahen Würm-Schotter einbezogen werden, wie diese in Anlage 5a dargestellt sind.

Die Berandung des **Zuspeisungsbereichs** für den Br.IV wurde anhand der Oberflächenmorphologie abgegrenzt. Seine Ausdehnung wird ebenfalls in Anlage 15 gezeigt. Er erstreckt sich vom Br.IV nach Westen bis zu dem markanten, Süd/Nord-verlaufenden Moränenwall in ca. 1,2-1,3 km Entfernung. Von hier verläuft er auf dem als lokale Wasserscheide fungierenden Höhenrücken nach Süden bis fast zur Friedenskapelle und schwenkt dann in Ostsüdost-Richtung zur JVA Rothenfeld hin um. Südlich des Gewerbegebietes Rothenfeld wird der Wurzelbereich der Rothenfelder Schotterflur gequert. Der Moränenwall entlang des Ost-Randes der Schotterflur (Lok. “Laichberg”) bildet die östliche Begrenzung des Zuspeisungsbereiches, der sich bis zur Erosionskante an der Südwest-Flanke des “Breiten-Bergs” (bzw. ”Gassenholz”) zieht.

6.4 BILANZKONTROLLE

Anhand der in Kapitel 4.12 angegebenen Werte der GW-Neubildung (GWN = 400 mm/a) bzw. einer GWN-Rate von 12,7 l/(s • km²) errechnet sich für eine maximale Monats-Entnahmemenge aus Br.IV von 15 l/s (s. Kap.6.2.1) eine benötigte Neubildungsfläche von F_{GWN} = 1,2 km², für die beantragte Jahresfördermenge von 420.000 m³/a bzw. 13,3 l/s von F_{GWN} = 1,05 km².

Das in Anlage 15 dargestellte GW-Einzugsgebiet weist folgende Größen auf:

Anstrombereich ohne Sicherheitszuschlag:	1,12 km²;
Anstrombereich mit Sicherheitszuschlag:	1,28 km²;
Zuspeisungsbereich:	4,54 km².

6.5 BERECHNUNG DER HORIZONTALEN 50-TAGE-LINIE

Die Berechnung der horizontalen 50-Tage-Linie (**L50**) erfolgte nach FRISCH (1983) gemäß Anlage 14b für eine Entnahmemenge von 25,5 l/s, entsprechend einer 20,5-stündigen Tages-Entnahme bei Maximal-Förderung aus dem Brunnen mit 30 l/s. Es wurde für ungespannte Verhältnisse gerechnet, da diese am Brunnen vorliegen. Für den nutzbaren Porenraum (P_n) wurde aufgrund des Vorhandenseins von Nagel-fluh-Lagen zur Sicherheit ein etwas geringerer Wert von 15 % eingesetzt, da sich hierbei die L50 größere Werte erreicht. Die Berechungen erfolgten für mittlere und niedere GW-Stände.

Es wurden nachfolgend angegebene Werte berechnet (bei NGW):

L50 - GW-oberstromig: 241 m
L50 - GW-stromseitlich: 171 m
L50 - GW-unterstromig: 113 m

Die so ermittelte L50 wurde in Anlage 15 eingezeichnet. Sie liegt innerhalb der bestehende Zone II und erreicht im Norden deren Rand.

6.6 BEWERTUNG DER DECKSCHICHTEN

Wichtig bei der Ausweisung eines WSG ist nach BLFU (2007) bzw. Kapitel 7ff. die Beurteilung der Deckschichten über dem genutzten GW-Vorkommen.
Im Bereich der Deckschichten finden Sorptions- und Umwandlungsprozesse statt, durch die mit dem Sickerwasser eingetragene Schadstoffe (wie z.B. Nitrat, Pflanzenschutzmittel oder Bakterien) zurückgehalten und abgebaut werden. Diese Schutzfunktion der GW-Überdeckung ist in starkem Maße abhängig von ihrer Mächtigkeit, Wasserdurchlässigkeit und Sorptionsfähigkeit.

Die Deckschichtensituation stellt sich für das Einzugsgebiet des Br.IV komplex und heterogen dar (vgl. Anl.5b: Hydrogeologische Profilschnitte). Das GW-Vorkommen in den Deckenschottern, das der Br.IV erschließt, wird im brunnennahen Bereich von ca.40 m mächtigen, überwiegend nicht bindigen Deckschichten überlagert. Diese werden überwiegend von sandigen bis stark sandigen Kiesen, tw. mit stärker schluffigen Lagen, einer rund 2 m mächtigen Verwitterungslehm-Schicht, und Konglomerat-Anteilen ab 17,5 m Tiefe aufgebaut.
In GW-oberstromiger Richtung ändert sich die Zusammensetzung der Deckschichten hin zu höheren Feinanteil-Gehalten: In Richtung GW-Meßstelle P6 im Südwesten werden die Deckenschotter zunehmend von Moränenmaterial (Geschiebelehm und Schottermoräne: Kies, schluffig bis Schluff, kiesig) überdeckt, zusätzlich steigt das Gelände hier an (P6 liegt 9 m höher als Br.IV). In Richtung Süden zu GW-Meßstelle P2 steigt das Gelände ebenfalls um über 10 m an, so dass der GW-Spiegel hier bei rund 53 m u.GOK liegt.

Nach dem vorliegenden Bohrprofil aus dem Jahr 1994 wird die GW-Überdeckung hier von einer 23 m mächtigen Wechselfolge aus schluffig-kiesigen Sanden mit geringmächtigen Schluff- und Nagelfluh-Lagen aufgebaut. Darunter folgen weitere 30 m sandig-schluffige Kiese mit Nagelfluh-Einlagerungen.

Während das amtliche Gutachten des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft in \5\ (1988) noch von einer "*günstigen Untergrundbeschaffenheit*" ausgeht, wird dies durch die Einschätzung des WWA München in dessen Gutachten von 1997 (s. \16\, s.d. S.7) relativiert:
"*Die Grundwasserüberdeckung besteht im Bereich der Rothenfelder Schotterrinne überwiegend aus gut durchlässigen sandigen Kiesen mit geringer Schutzfunktion. Günstiger sind die Deckschichtenverhältnisse aufgrund des größeren Flurabstands und des höheren Feinkornanteils im Bereich des das Schotterfeld umgebenden Moränenwälle sowie im westlich und südlich anschließenden Grundmoränengebiet*."

Bei den Bohrarbeiten für die GW-Meßstellen P3 - P6 wurden Bodenproben für weitere Untersuchungen im Bodenlabor und zur näheren Charakterisierung der Bodeneigenschaften hinsichtlich ihrer Schutzfunktion für das Grundwasser entnommen. Die Untersuchungsergebnisse liegen in Anlage 12a-e bei und wurden bereits in Kapitel 4.11 (s.d. Tab.8) bewertet.

Schutzfunktion der GW-Überdeckung:

In Anlehnung an das Bewertungsschema nach BGLA (1995) bzw. HÖLTING et al. (1995) kann die **Gesamtschutzfunktion der GW-Überdeckung für den Deckenschotter** im Einzugsgebiet des Br.IV wie folgt abgeschätzt werden.

Tab.10a: Bewertung der Gesamtschutzfunktion der GW-Überdeckung (nach BGLA, 1995)

Schicht	Beschreibung	Punkte	Br.IV Fassungsbereich (Schotterfläche)		P3 brunnennaher Bereich (Schotterfläche)	
			M (m)	Punkte	M (m)	Punkte
Böden*	Σ nFK: 50-90 mm	50	0,5	25	0,5	25
Würm-Schotter	G, s-s_, ± u, x'	30	14,4	432	13,1	393
Moräne	G, u_, t',s'	100	0,0	0	3,2	320
Verwitterungslehm	L, u_	200	1,8	360	1,0	200
Sand-Lage	fS-gS, u	75	0,8	60	0,0	0
Deckenschotter (trocken)	G, s'-s, u-u' + Ngf.	20	23,3	466	27,0	540
Summen			**40,8**	**1.343**	**44,8**	**1.478**

Tab.10b: Bewertung der Gesamtschutzfunktion der GW-Überdeckung (nach BGLA, 1995)

Schicht	Beschreibung	Punkte	P2 brunnenferner Bereich (Schotterfläche)		P6 brunnenferner Bereich (randl. Moräne)	
			M (m)	Punkte	M (m)	Punkte
Böden*	Σ nFK: 50-90 mm	50	0,5	25	0,5	25
Würm-Schotter	G, s-s_, ± u, x'	30	0,0	0	15,0	450
Moräne	U, g-g_, s	100	0,0	0	10,5	1.050
sandige Würmablage-rungen (Moräne ?)	S, u-u_, g, x'	80	22,4	1.792	0,0	0
Verwitterungslehm	L, u_	200	0,0	0	1,8	360
Schluff-Lagen	U, g_, s	100	0,0	0	2,2	220
Sand-Lage	S, u, g	70	4,1	287	0,0	0
Deckenschotter (trocken)	G, s'-s, u-u' + Ngf.	20	26,0	520	20,0	400
Summen			**53,0**	**2.624**	**50,0**	**2.505**

**: Bodentypen (aus \k7\): Rothenfelder Schotterflur / Rothenfelder Forst:*
- 22a: Parabraunerde und Ackerparabraunerde geringer bis mittlerer Entwickungstiefe (< 4 dm);

Unter Berücksichtigung der GW-Neubildung von 400 mm/a (s. Kap.4.12) sind die in Tabelle 10a+b errechneten Punktzahlen auf 60 % zu verringern.

Somit ergeben sich für den **Deckenschotter-Aquifer** im brunnennahen Einzugsgebiet von Br.IV Gesamtpunktzahlen von 810-890. Weiter nach Süden (P2) und zur westlichen Randmoräne (P6) hin steigen die Punktzahlen auf ≥ 1.500 an.

Nach BGLA (1995) ergibt sich somit die Gesamtschutzfunktion der GW-Überdeckung (S_g) für den genutzten Aquifer mit "*gering*" im Bereich der brunnennahen Schotterflur und mit "*mittel*" für das weiter vom Brunnen entfernte Einzugsgebiet. Südwestlich von P6 dürfte die Schutzfunktion nochmals erheblich auf die Einstufung "*hoch*" ansteigen, da der Moränenwall hier um mehr als 20 m höher liegt.
Die Verweildauer des Sickerwassers ist für die genannten Punktzahlen mit mehreren Monaten bis ca. 3 Jahren (brunnennah) bzw. mit 3-10 Jahren (brunnenfern: P2, P6) anzusetzen.

Für das hangende GW-Stockwerk der Würm-Schotter ergibt sich aufgrund der geringen Mächtigkeit der Deckschichten und deren vorwiegend kiesigen Zusammensetzung nur eine sehr geringe Schutzfunktion mit Sickerzeiten von wenigen Tagen bis etwa 1 Jahr.

Neben dem Schutz des Grundwassers durch die überlagernden Deckschichten ist auch die **Reinigungswirkung im durchflossenen GW-Leiter** (Elimination von Keimen und Schadstoffen durch Filtrations-, Sorptions- und Abbauvorgänge) zu berücksichtigen. Diese hängt u.a. von der Fließstrecke und der Verweildauer im Aquifer ab.

Die horizontale Fließzeit im unbeanspruchten GW-Leiter kann anhand der Fließgeschwindigkeit des Grundwassers (= mittlere Abstandsgeschwindigkeit $\mathbf{v_a}$: s. Kap.4.10.3) abgeschätzt werden.

Für den Anstrombereich im Deckenschotter zwischen Br.IV und GW-Meßstelle P6 ergibt sich bei v_a = 1,9-2,5 m/Tag für eine rechnerische Fließdauer von 50 Tagen eine Fließstrecke von ca. 100-125 m Länge bzw. bei der Entfernung von 650 m zwischen P6 und Br.IV eine Fließdauer von 260-340 Tagen. In Richtung GW-Meßstelle P2 errechnet sich bei v_a = 0,6-0,8 m/d eine Fließzeit von 220-300 m/Jahr.

Mit dem hohen GW-Gefälle in den Würm-Schottern (s. Kap.4.7.2) ergeben sich hohe Fließgeschwindigkeiten), die nach Kapitel 4.10.3 brunnennah mit v_a = 2,1-3,5 m/d und brunnenfern mit v_a = 1,4-2,2 m/d berechnet wurden. Bei einer Entfernung zwischen dem Br.IV und dem Gewerbegebiet von ca. 1,4 km Luftlinie ergeben sich rechnerische Fließzeiten von 600-1.000 Tagen.

Die chemischen Wasseranalysen (s. Kap.5 ff.) belegen eine anthropogene Hintergrundbelastung des aus dem Brunnen geförderten Trinkwassers. Hierbei überwiegen v.a. die landwirtschaftlichen Einflüsse, worauf die Nitrat-Werte (nach Brunnenneubau 1987: 40-50 mg/l; heute um 22 mg/l) sowie Nachweise von Atrazin und Desethylatrazin (1997-/98: 0,1 bzw.0,5 µg/l; heute nur noch Desethylatrazin <0,1 µg/l) hinweisen.
Die Quelle dieser Belastungen muss nicht zwangsläufig auf den Flächen gesucht werden, die nahe des Brunnens, also in dessen Anstrombereich liegen, sondern kann auch wesentlich weiter entfernt liegen, da diese Stoffe über weite Strecken im Grundwasser transportiert werden können.

7 VORSCHLAG EINES WASSERSCHUTZGEBIETES

Rechtsgrundlage für die Festsetzung von Wasserschutzgebieten (**WSG**) sind § 51 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG, 2010) und Art.31 des Bayer. Wassergesetzes (BayWG, 2010). Die Festsetzung von WSG für die öffentliche Wasserversorgung erfolgt zum Wohl der Allgemeinheit.

7.1 KRITERIEN FÜR DIE BEMESSUNG DES WASSERSCHUTZGEBIETES

Der nachfolgende Vorschlag zur Überarbeitung und Änderung des Wasserschutzgebietes für den Brunnen IV Andechs erfolgte anhand der amtlichen Leitlinien (BLFU, 2007) i.V.m. mit dem DVGW-Arbeitsblatt W 101 (DVGW, 2006).
Für die Gliederung und Bemessung eines WSG sind die hydrogeologischen Verhältnisse, die Schutzfunktion der Deckschichten, Art und Ausbau der Wasserfassung sowie die Gefährdungspotentiale im GW-Einzugsgebiet maßgebend. Das WSG umfasst in der Regel das gesamte unterirdische GW-Einzugsgebiet (i.e.S. Anstrombereich, s. Kap.6.2) einer Wassergewinnungsanlage, ggf. ist auch das oberirdische Zuspeisungsgebiet zu berücksichtigen. Ein WSG wird im allgemeinen in die Zonen I, II und III unterteilt. Wenn das Einzugsgebiet weiter als 2 km reicht, kann eine Aufgliederung in eine Zone IIIA und IIIB zweckmäßig sein.

Nach DVGW (2006) und BLFU (2007) lassen sich die Schutzzonen wie folgt definieren:

Zone I (Fassungsbereich):

Die Zone I soll den Schutz der unmittelbaren Umgebung der Fassungsanlage vor Verunreinigungen und sonstigen Beeinträchtigungen gewährleisten. Hier sind jegliche Handlungen verboten, die nicht im Zusammenhang mit dem Betrieb der Wasserversorgungsanlage stehen. Der Fassungsbereich ist generell vom Träger der Wasserversorgung zu erwerben und mit einem Zaun zu umgeben. Die Ausdehnung des Fassungsbereiches sollte, auch in günstigen Fällen von der Wasserfassung allseitig mindestens 10 m, nach DVGW bei einer Quellfassung mindestens 20 m in Richtung des zuströmenden Grundwassers betragen.

Zone II (Engere Schutzzone):

Die Zone II soll den Schutz des GW-Vorkommens vor hygienischen Beeinträchtigungen (v.a. humanpathogene Keime) oder sonstigen Gefährdungen des Grundwassers gewährleisten, die von verschiedenen menschlichen Tätigkeiten und Einrichtungen ausgehen und wegen ihrer Nähe zur Fassungsanlage nicht hinnehmbar sind.

Die Zone II reicht GW-oberstromig ab der Grenze der Zone I bis zu einer Linie, von der aus das Grundwasser eine Fließzeit von etwa 50 Tagen bis zum Eintreffen in die Fassungsanlage benötigt (**50-Tage-Linie**). Diese horizontale 50-Tage-Linie (**L50**) lässt sich anhand der geohydraulischen Parameter, die anhand der Auswertung von Pumpversuchen gewonnen werden, ermitteln.

Für den Fall, dass die GW-Überdeckung mächtiger ist, als die Tiefe der maximal zulässigen Bodeneingriffe in Zone III, kann auch die **vertikale Sickerzeit** in der GW-Überdeckung (= ungesättigte Zone) berücksichtigt werden. Sie ist in Anlehnung an REHSE (1977a+b) zu ermitteln. Die horizontalen Fließzeiten sind um diesen Betrag zu verringern, wobei die obersten 4 m nach DVGW (2006) nicht berücksichtigt werden.

Die Zone II könnte daher aus hygienischen Gesichtspunkten unter Berücksichtigung der vertikalen Sickerzeit in ihrer flächigen Ausdehnung reduziert werden oder theoretisch auch ganz wegfallen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn tiefere, gut abgedichtete GW-Stockwerke genutzt werden. Im allgemeinen wird bei öffentlichen Wasserversorgungen auch bei vertikalen Sickerzeiten >50 Tagen eine engere Schutzzone ausgewiesen. Diese muss letztendlich auch einen Schutz des brunnennahen GW-Leiters vor schwer abbaubaren chemischen Verunreinigungen sicherstellen.

Nach DVGW (2006) wird für die Abgrenzung der Zone II eine Ausdehnung von mindestens 100 m im Zustrombereich empfohlen.

Zone III (Weitere Schutzzone):

Die Zone III soll den Schutz vor weitreichenden Beeinträchtigungen, insbesondere vor nicht oder schwer abbaubaren chemischen oder radioaktiven Verunreinigungen gewährleisten.

Die GW-unterstromige und GW-stromseitliche Begrenzung der Zone III fallen in der Regel mit der Randstromlinie des rechnerisch ermittelten Anstrombereiches zusammen. Bei der Bemessung der oberstromigen Grenze der Zone III ist dies nur dann nötig, wenn das GW-Einzugsgebiet relativ klein ist oder wenn überall besonders sensible Verhältnisse vorliegen.

Die Zone III kann somit bei flachen (= sensiblen) GW-Vorkommen und kleinen GW-Einzugsgebieten das gesamte unterirdische Einzugsgebiet (i.e.S. Anstrombereich) umfassen (BLFU, 2007 und PROCHER, 2005).
Wenn das Einzugsgebiet jedoch eine große Ausdehnung besitzt und sich keine hydrogeologisch sinnvollen Gliederungselemente für Schutzgebietsgrenzen anbieten, wird das WSG auf den Entnahmebereich unter Berücksichtigung der GW-Neubildung beschränkt. Hierzu ist mindestens die mittlere Entnahmemenge zugrunde zu legen, die der wasserrechtlich genehmigten Jahresentnahme entspricht.

Die Verweilzeit des Wassers im Untergrund (Sickerzeit in der GW-Überdeckung und Fließzeit im GW-Leiter) sollte nach aktuell gängiger Praxis mindestens 3 Jahre bis zum Erreichen des Brunnens/der Quellfassung betragen. Dabei werden die Verweilzeiten in den Deckschichten von den Fließzeiten im Aquifer abgezogen (BLFU, 2007).

Ausgedehnte WSG mit einer Zone IIIB werden i.d.R. nur in sehr sensiblen GW-Einzugsgebieten mit hohen Gefährdungspotentialen ausgewiesen. In weniger gefährdeten GW-Einzugsgebieten sind die Anforderungen zum flächendeckenden, qualitativen GW-Schutz im allgemeinen schon durch andere öffentlich-rechtliche Bestimmungen weitgehend gewährleistet ("Allgemeiner Gewässerschutz"; gem. WHG und BayWG). Da zudem bei großen WSG die Überwachung der Verbote (§ 3 der Verordnung für WSG) meist nicht mehr durchführbar ist, ergibt sich bei Gebieten mit "günstiger" Untergrundbeschaffenheit oder geringen Gefährdungspotentialen kein zwingender Grund, das gesamte GW-Einzugsgebiet als Zone IIIB auszuweisen.

7.2 ÜBERPRÜFUNG DES BESTEHENDEN WASSERSCHUTZGEBIETES

Das bestehende WSG in seinem heutigen Umgriff datiert aus dem Jahr 1997 (s. \14\ und \16\) und wird in Anlage 1a+b, 5a und 15 gezeigt.
Der ermittelte Anstrombereich und die horizontale 50-Tage-Linie (L50) für den Br.IV werden ebenfalls in Anlage 15 dargestellt. Nach diesen Erkenntnissen lässt sich folgendes ableiten:

Zone I - Fassungsbereich:
Der bestehende Fassungsbereich umfasst die Flur-Nr. 1827/3 (s. Anl.2b) und weist eine Fläche von 40 m • 33 m (ca. 1.300 m²) auf.
Der Fassungsbereich ist eingezäunt, wobei der Zaun mindestens 11 m (im Osten und Süden vom Brunnen entfernt ist.
Der Fassungbereich entspricht daher den fachlichen Vorgaben (s. Kap.7.1).

Zone II - Engere Schutzzone:
Der Vergleich der bestehenden Zone II mit der L50 in Anlage 15 lässt erkennen, dass die L50 weitestgehend innerhalb der Engeren Schutzzone liegt. Nur am Nord-Rand tangiert die L50 die Zone II. Eine entsprechende Anpassung ist hier also sinnvoll. Aufgrund einer kürzlich erfolgten Flurbereinigungsmaßnahme muss der Grenzverlauf der Zone II an die neuen Flurgrenzen angepasst werden.

Zone III - Weitere Schutzzone:
Der West-Rand der bestehenden Zone III ist vom Brunnen ca. 1.200-1.300 m in GW-oberstromiger Richtung entfernt. Mit der berechneten Abstandsgeschwindigkeit im Deckenschotter-Aquifer von v_a = 1,9-2,5 m/Tag (s. Kap.4.10.3) ergeben sich hier horizontale Fließzeiten zum Brunnen von 480-680 Tagen. Im Bereich der GW-Meßstelle P6 ist die Gesamtschutzfunktion der GW-Überdeckung nach Kapitel 6.6 mit “mittel” zu bewerten und damit höher als im Bereich der Schotterflur, in der der Br.IV liegt (“geringe Schutzfunktion”). Aufgrund der anzunehmend “hohen Schutzfunktion” der Deckschichten im Bereich des Moränenwalles westlich von P6 (Verweildauer des Sickerwassers: 10-25 Jahre) ist die Notwendigkeit einer Erweiterung der Weiteren Schutzzone nach Westen nicht erkennbar. Somit kann die westliche Begrenzung der Zone III beibehalten werden. Am Nord-Rand sollte eine Erweiterung der Zone III erfolgen, um den berechneten Anstrombereich besser abzudecken.
Östlich des Brunnens greift der berechnete Anstrombereich unter der Straße durch und damit etwas über das bestehende WSG hinaus.

Eine erhebliche Änderung zu dem bestehenden WSG ergibt sich aus der durch umfangreiche Untersuchungen begründeten Neubewertung des hangenden, oberflächennahen GW-Stockwerks in den Würm-Schottern.
Diese speisen in das tiefer liegende Deckenschotter-Stockwerk ein, wobei die Einspeisung aufgrund der ausdünnenden Zwischenschichten in verstärktem Maße in der näheren Umgebung des Br.IV stattfinden dürfte. Hierauf weisen u.a. auch die chemischen und mikrobiologischen Befunde hin (s.a. Kap.5).
Die Würm-Abschmelzschotter fächern sich ausgehenden vom Br.IV in Richtung Süden in mehrere Rinnen auf. Wie bereits in Kapitel 6.6 ausgeführt, liegen hier relativ hohe Fließgeschwindigkeiten vor. Bis zur 1,4 km entfernten Kreisstraße STA 3 und das südlich daran anschließende Gewerbegebiet ergeben sich demnach Fließzeiten von 600-1.000 Tagen. Für die Würm-Schotter ist zudem eine sehr geringe Gesamtschutzfunktion der Deckschichten anzusetzen.

Aus diesem Grund muss für einen wirksamen Grundwasserschutz in der Rothenfelder Schotterflur die Ausbreitung und das GW-Einzugsgebiet der Würm-Schotter berücksichtigt werden, sofern diese den Brunnen-Anstrombereich in den Deckenschottern überlagern und eine Ausweitung des WSG in dieser Richtung erfolgen.

7.3 VORSCHLAG ZUR ANPASSUNG DES WASSERSCHUTZGEBIETES

Der Umgriff des nach dem aktuellen Regelwerk angepassten Wasserschutzgebietes für den Br.IV ist Anlage 16 auf einer aktuellen Flurkarte im Maßstab 1:5.000 zu entnehmen. Er basiert auf dem ermittelten GW-Einzugsgebiet (s. Kap.6ff. und Anl.15).
Ein aktuelles Grundstücksverzeichnis nach § 12 WPBV liegt im Anhang O bei.
Anlage 17 zeigt eine Synopse des bestehenden und des neu vorgeschlagenen WSG.

Die Ausdehnung des Fassungsbereichs (Zone I) entspricht dem Bestand und wurde aus Anlage 2b (bzw. \k8\) entnommen.
Eine Anpassung bzw. Erweiterung der bestehenden Engeren Schutzzone (Zone II) sollte entsprechend der Ausdehnung der horizontalen 50-Tage-Linie an deren Nord- und Nordost-Seite erfolgen. Hier haben sich zudem offensichtlich die Flurgrenzen geändert (Flurbereinigung ?), so dass auch aus diesem Grund eine Anpassung erforderlich wird.
Die übrigen Abmessungen der bestehenden Zone II können beibehalten werden.

Eine umfangreiche Erweiterung wird für die Weitere Schutzzone (Zone III) nach Norden, Osten und vor allem nach Süden entsprechend den vorliegenden Berechnungen zum Anstrombereich sowie der aktuellen geologischen Erkenntnisse (Ausdehnung der Würm-Abschmelzschotter), der Topographie und der bestehenden Flurgrenzen vorgeschlagen.

Eine Abgrenzung der Zone III erfolgt hier entsprechend den Berechnungen in Kapitel 6.2 für den **Anstrombereich im Deckenschotter-Aquifer**, der sich ausgehend vom Br.IV nach Südwesten bis zum Höhenrücken des westlichen Moränenwalls erstreckt.
Im Norden des WSG sollte eine leichte Ausdehnung der Zone III vorgenommen werden, um den berechnteten Anstrombereich voll zu umfassen und sich an den hier geänderten Verlauf der aktuellen Flurgrenzen anzupassen.

Mit der derzeitigen und auch künftigen westlichen Berandung des WSG wird auch das empfohlene Fließzeitkriterium von 3 Jahren (vertikal und horizontal) eingehalten.
Die Untergrundkennwerte und damit die horizontale Fließzeit des Deckenschotter-Grundwassers sind am Br.IV selbst und in dessen Umfeld bis 650-750 m Entfernung durch die Bohrungen für die GW-Meßstellen P1, P2 und P6 hinreichend bekannt.
Im Anstrombereich des Brunnens sind südwestlich der GW-Meßstelle P6 bis zum 2,3 km entfernten Kosterbrunnen (Br.K, s. Anl.15) keine weiteren Bohraufschlüsse vorhanden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass Schutzfunktion der Deckschichten ($\mathbf{S_g}$: s. Kap.6.6) in diesem topographisch deutlich höher liegenden Moränengebiet (> 685 mNN) mindestens mit “mittel” (Punktzahlen von S $\geq$ 1.500) zu bewerten ist.
Von P6 bis zum Br.IV (Entfernung = 650 m) errechnet sich eine horizontale Fließzeit im Aquifer von 260-340 Tagen (s. Kap.6.6). Zum Erreichen des Fließzeitkriteriums 3 Jahre (= 1.095 Tage) verbleiben ab P6 nach Südwesten (= GW-oberstromig) noch 755-835 Tage. Diese Zeitspanne wird bei einer mittleren Schutzfunktion der Deckschichten mit vertikalen Sickerzeiten von 3-10 Jahre (BGLA, 1995) eingehalten.
Nach Südwesten hin muss der West-Rand der Zone III entsprechend der Richtung und Ausdehnung des Anstrombereichs für den Deckenschotter deutlich erweitert werden.

Da die **Würm-Abschmelzschotter** in den Deckenschotter-Aquifer einspeisen und diese aufgrund ihrer hohen Sensibilität (s. Kap.6.3) eine erhöhte Schutzbedürftigkeit aufweisen, müssen diese in die Zone III des WSG einbezogen werden.
Auch hierbei wurde das Fließzeitkriterium von 3 Jahren angesetzt. Wie in Kapitel 6.6 ausgeführt, beträgt die rechnerische Fließzeit zwischen dem Br.IV und der 1,4 km südlich gelegenen Kreisstraße STA 3 bzw. dem Nord-Rand des Gewerbegebietes 600-1.000 Tage, also weniger als 3 Jahre.
Aufgrund der geringen Schutzfunktion der GW-Überdeckung (geringe Flurabstände) und der damit verbundenen hohen Schutzbedürftigkeit des Grundwassers wird vorgeschlagen, das gesamte Teil-Einzugsgebiet der Würm-Abschmelzschotter mit der Zone III zu schützen (vgl. Anl.15). Hiermit werden die Vorgaben zur “*Besondere Vorsorge in Trinkwasserschutzgebieten*” im Sinne des Merkblattes 1.2/7 (BLFU, 2007) eingehalten.

Hinsichtlich der Beurteilung des Risikopotentiales ist zu berücksichtigen, dass der Brunnen IV sein Wasser aus einem tieferen GW-Stockwerk (Deckenschotter) entnimmt. Da die Würm-Schotter über Leckagen bzw. hydraulische in den Deckenschotter-Aquifer einspeisen, wie auch durch die wasserchemischen Befunde belegt wird, handelt es sich hierbei um ein angekoppeltes, hangendes GW-Vorkommen, das ebenfalls schutzbedürftig ist. Aufgrund der longitudinalen Dispersion auf der Fließstrecke zum Brunnen, des Eliminations- und Rückhaltevermögens der durchflossenen Bodenschichten und der Verdünnungseffekte durch die GW-Neubildung sowie die Mischung mit dem Grundwasser im Deckenschotter ergibt sich jedoch eine Risikominderung. Somit kann die Schutzbedürftigkeit des oberflächennahen GW-Vorkommens in den Würm-Schottern mit zunehmender Entfernung vom Brunnen IV von “hoch” auf “mittel” herab gestuft werden.

8 KONKURRIERENDE NUTZUNGEN IM WASSERSCHUTZGEBIET

8.1 ÜBERBLICK

Eine Übersicht über die Flächennutzung und die bekannten Gefährdungspotentiale geben Anlage 2a (Luftbild, Stand: 2018) und Anlage 17.

Im vorgeschlagenen WSG befinden sich überwiegend die forstwirtschaftlich genutzten Waldflächen des Rothenfelder Forstes. Südwestlich, westlich und nördlich des Brunnens, also in dessen Anstrombereich werden die Flächen landwirtschaftlich genutzt, wobei die Ackerflächen gegenüber den Grünlandflächen überwiegen.
Im weiteren Umfeld des Brunnens liegen einige kleinere Kiesgruben. Die gemeindliche Kiesgrube südlich von Frieding liegt nicht mehr im GW-Einzugsgebiet des Brunnens.

Die Gemeindestraße zwischen Rothenfeld und Frieding verläuft in Süd/Nord-Richtung durch das WSG, direkt am östlichen Rand der Zone II vorbei. Am südlichen Rand quert die Kreisstraße (STA 3) das WSG in West/Ost-Richtung. Bei den übrigen Wegen handelt es sich weitestgehend um wenig befahrene, geschotterte Feld- und Waldwege, die für den öffentlichen Verkehr gesperrt sind.

Südlich der STA 3 liegt das Gewerbegebiet Rothenfeld (Gde. Andechs) noch im vorgeschlagenen WSG. Weiter südlich und außerhalb des WSG, jedoch noch im Zuspeisungsbereich befindet sich die Einrichtungen der JVA Rothenfeld sowie eine gewerblich genutzte Fläche (Baywa).

8.2 LAND- UND FORSTWIRTSCHAFTLICHE NUTZUNG

Die Verbreitung der bewaldeten und unbewaldeten Flächen lässt sich aus Anlage 17 entnehmen. Im gesamten Einzugsgebiet des Brunnens sind rund 3/4 der Fläche bewaldet.

Die Flächen im bestehenden WSG des Br.IV werden zu einem Großteil ackerbaulich genutzt (v.a. Getreideanbau). Im brunnennahen Anstrombereich sind jedoch auch Dauer-Grünlandflächen vertreten. Mit zunehmender Entfernung vom Brunnen treten vermehrt Forstflächen hinzu (westlicher und südlicher Anstrombereich). Von den Waldflächen geht bei ordnungsgemäßer Nutzung im allgemeinen nur eine geringe GW-Gefährdung aus.
Durch die vorliegenden Wasseranalysen (s. Kap.5ff.) wurde und wird eine deutliche Beeinflussung des Grundwassers durch Düngemittel (Nitrat) und Pflanzenschutzmittel (Atrazin / Desethylatrazin) angezeigt. Die Konzentrationen dieser Stoffe zeigen jedoch langjährig einen rückläufigen Trend.

Die seit 1999 erfolgende Umsetzung der landwirtschaftlichen Wasserschutzgebietsberatung scheint hier Erfolge zu zeigen (vgl. Anhang A). Allerdings lässt sich auch erkennen, dass eine sorgfältige Nutzung der Ackerflächen im Anstrombereich nötig ist, wie der Anstieg der Nitrat-Gehalte umgehend nach einem Umbruch von Dauergrünland im Jahr 2006 belegt (s.a. Schreiben ALF v. 17.10.2006).

Erwähnenswert ist, dass das oberflächennahe Grundwasser in den Würm-Schottern nach den vorliegenden Untersuchungen geringere Nitrat-Belastungen aufweist, als das Grundwasser aus dem vom Brunnen erschlossenen Deckenschotter-Aquifer (vgl. Kap.5.2). Eine Ausnahme bildet hierbei allerdings die GW-Meßstelle P4 mit deutlich erhöhten Nitrat-Werten. Die Herkunft des Nitrats ist nicht gesichert, es ist jedoch zu vermuten, dass hierfür nur die weiter südlich in Richtung Gewerbegebiet liegenden Grünland-Flächen in Frage kommen.

8.3 KIESGRUBEN, ALTABLAGERUNGEN

Anhand des vorhandenen Kartenmaterials (s. \k1\ und \k9\) sowie von durchgeführten Ortsbegehungen wurden die vorhandenen Kiesgruben in Anlage 17 übernommen.
Die dem Brunnen nächstgelegene Kiesgrube befindet sich in dessen Anstrombereich an der Nordwest-Ecke des Rothenfelder Forstes.
Bei einer Geländebegehung wurde festgestellt, dass hier - vermutlich zum Wegebau - schluffiger Kies aus dem nördlich gelegenen Moränenhügel entnommen wird. Auf der Kiesgrubensohle steht lokal Niederschlagswasser. Hinweise auf eine Verfüllung oder die Ablagerung von wassergefährdenden Stoffen haben sich bei den Ortseinsichten nicht ergeben.

Eine weitere, kleinere und flache Kiesentnahmestelle findet sich südlich des Brunnens nahe der Forstwegekreuzung des Kreuz-Geräumt und des Friedinger Geräumt. Hier steigt ohne erkennbare Zuflüsse nach stärkeren Niederschlägen das Wasser teilweise über 1 m hoch an ("GW-Blänke", s.a. Kap.4.7.2). Die Senke ist stark verkrautet. Hinweise auf Altablagerungen liegen hier nicht vor.
Am Rand des GW-Einzugsgebiets südlich der JVA Rothenfeld ist ebenfalls eine kleinere Kiesgrube mit oberflächennaher Kiesentnahme vorhanden.
Die Kiesgrube Spornritt südlich davon, sowie der größere Kiesabbau mit Wiederverfüllung südlich von Frieding liegen nicht im ermittelten Einzugsgebiet.
Bei den Kiesgruben im GW-Einzugsgebiet bzw. im vorgeschlagenen WSG ist erhöhte Vorsicht geboten, sofern diese im Bereich von wasserführenden Würm-Schottern liegen, da mit dem Grundwasser ein Abtransport von Schadstoffen erfolgt kann und von einer Versickerung im brunnennahen Anstrombereich auszugehen ist.

Über das Vorhandensein von Altablagerungen im bestehenden und künftigen WSG bzw. im Einzugsgebiet des Brunnen IV Andechs liegen derzeit keine eigenen Erkenntnisse vor.

8.4 STRASSEN, SONSTIGE VERKEHRSWEGE

Von den Verkehrswegen gehen generell Risiken durch Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen aus. Die Wald- und Feldwege im vorgeschlagenen WSG sind für den öffentlichen Verkehr gesperrt, so dass das GW-Gefährdungspotential gering ist.

Die asphaltierte Straße von Rothenfeld nach Frieding führt nahe am Brunnen und direkt am Ost-Rand der Zone II vorbei. An GW-Meßstelle P4 wurden bei der Beprobung im Januar 2013 erhöhte Kochsalz-Gehalte (NaCl) festgestellt, die sich auf die winterliche Straßensalzung zurückführen lassen.
Die stärkste Frequentierung und damit höchsten Gefährdungspotentiale für das Grundwasser weist die Kreisstraße STA 3 auf, die das vorgeschlagene WSG von West nach Ost durchzieht. So weit bekannt, entwässert die Straße breitflächig in die angrenzenden Flächen.
Nach den vorliegenden Wasseranalysen (vgl. Kap.5ff.) ist insbesondere hinsichtlich des als Tracer fungierenden Chlorids aus der winterlichen Straßensalzung bislang keine Beeinflussung des Grundwassers durch die Kreisstraße zu erkennen (Cl^- - Werte in Br.IV: um 10 mg/l).
Bei Verkehrsunfällen (v.a. auch im Kreuzungsbereich der Ausfahrten Gewerbegebiet) ist mit dem Austreten von Kraftstoffen, Öl etc. zu rechnen. Da diese i.d.R. nicht unbemerkt geschehen, dürften rechtzeitige und wirksame Abhilfemaßnahmen möglich sein.
Eine entsprechende Beschilderung (Transport wassergefährdender Stoffe) sollte - soweit nicht vorhanden - aufgestellt werden.

8.5 BESIEDELUNG, BEBAUUNG, ABWASSER

8.5.1 GEWERBEGEBIET ROTHENFELD

Das Gewerbegebiet Rothenfeld liegt im GW-Einzugsgebiet des Brunnens und vollständig in der vorgeschlagenen Zone III des WSG.

Üblicherweise ist bei Gewerbeflächen von einer Lagerung wassergefährdender Stoffe (und dem Hantieren damit) sowie dem Vorhandensein von Heizöltanks auszugehen.

Die Abwasserentsorgung erfolgt über den kommunalen Schmutzwasserkanal (Trennsystem), so dass von der Abwasserbeseitigung keine nennenswerte Gefährdung ausgehen dürfte. Nach Angaben des Kanalbetreibers (AWA-Ammersee; frdl. mdl. Mittlg. Hr. Jacobs) ist nach Errichtung des Kanalsystems ca. 2007 eine Dichtheitsüberprüfung erfolgt.

Das anfallende Niederschlagswasser aus dem Bereich der versiegelten Flächen wird zunächst in Rigolen und Sickerschächten im Gewerbegebiet versickert. Bei deren Überlastung erfolgt eine Ableitung über Tagwasserkanäle in ein flaches Sickerbecken an der Nordost-Ecke des Gewerbegebietes (Straßenkreuzung). Von dort wird das überschüssige Wasser über ein Überlauf-Rohr nach Norden in eine weitere Sickeranlage (Rigole) abgeleitet, wie in Anlage 17 gezeigt.

Am Nordrand des gemeindlichen Wertstoffhofs bzw. Bauhofs (s. Anl.17: Westrand des Gewerbegebiets) befindet sich ein Löschteich, der aus Dachabflüssen gespeist wird. Dieser ist zwar mit Folie abgedichtet, scheint jedoch undicht zu sein, wobei er nach Angaben eines Bauhof-Mitarbeiters nie vollständig ausläuft. Die Untergrundbeschaffenheit bzw. ob ein Kontakt zum Grundwasser vorliegt, ist dem Unterzeichner derzeit nicht näher bekannt. Sofern hier keine wassergefährdenden Stoffe mit dem Teichwasser versickern, ist keine Gefährdung des Grundwassers erkennbar.

Auf den Verkehrs- und Stellflächen für Kraftfahrzeuge können bei unbemerktem Auslaufen auch größere Mengen von Kraft- oder Schmierstoffen in das Entwässerungssystem und von dort in die Sickereinrichtungen gelangen. Da die Entwässerung über das o.g. Sickerbecken läuft, besteht die Möglichkeit einer optischen Kontrolle und frühzeitigen Erkennung von Verunreinigungen durch Öle oder Kraftstoffe, bevor das Niederschlagswasser in die nördliche Rigole gelangt.
Auf teil- oder unversiegelten Flächen ist auch eine breitflächige Versickerung in den Untergrund möglich. Aufgrund der großen Entfernung zum Brunnen wird dieses Gefährdungspotential eher als gering eingeschätzt.

In dem Schreiben des LRA STA vom 29.11.2016 (s. \35\) wurden genauere Ausführungen Erhebungen und Bewertungen hinsichtlich der konkreten Nutzungen / Gefährdungspotentiale im Gewerbegebiet Rothenfeld gefordert, um zu klären, ob hier von spezifischen Nutzungen eine erhöhte GW-Gefährdung ausgehen kann.
Hierzu wurden in einem ersten Schritt die Festsetzungen des Bebauungsplanes (s. \gr2\) hinsichtlich der zulässigen baulichen Nutzungen und der Oberflächenwasserbeseitigung (genehmigter Bestand) sowie die Befunde einer aktuelle amtliche Bestandsüberprüfung durch das LRA STA (\gr6\) beschrieben. Ebenfalls ist eine Bestandserhebung mittels eines Erhebungsbogens zu potentiellen Wassergefährdungen (\gr7\) für jedes der bebauten Gewerbegrundstücke im WSG erfolgt. Die Ergebnisse wurden in einem Auswertebericht mit tabellarischer Übersicht und Lageplan (= \38\) zusammengestellt, der als Anhang N beiliegt.
Im Zuge des weiteren Verfahrens sollen die Erkenntnisse hierzu durch einen geeigneten Sachverständigen überprüft werden.

8.5.2 WEITERE NUTZUNGEN AUSSERHALB DES WSG

Die nachfolgenden Nutzungen außerhalb des WSG-Vorschlages werden hier der Vollständigkeit halber erwähnt.

Das Gelände der **JVA Rothenfeld** liegt südlich des WSG (Zone III) und teilweise noch im oberirdischen Zuspeisungsbereich des Br.IV, jedoch nicht mehr im vorgeschlagenen, neuen WSG. Die Abwasserentsorgung erfolgt hier über das Kanalnetz der AWA-Ammersee.
Im Bereich der JVA findet auch landwirtschaftliche Nutzung statt. Bis Anfang der neunziger Jahre wurde eine Rinderzucht (und Bullenmast) mit rund 300 Stück Vieh betrieben, die jedoch mittlerweile stark zurückgefahren wurde. Nach aktuelleren Angaben sind außerdem ein Legehennenstall mit ca. 600 Hühnern und 20 Masthähnchen, 60 Rinder mit Jungvieh, 10 Ziegen und 34 Stück Damwild vorhanden.
Als Gefährdungspotentiale für das Grundwasser sind im Bereich landwirtschaftlicher Gebäude und Stallungen generell Güllegruben, Mistlegen, Fahrsilos sowie Lagereinrichtungen für Pflanzenschutzmittel, Betriebs- und Schmierstoffe und Düngemittel zu nennen.

Zwischen dem JVA-Gelände und dem Gewerbegebiet liegt außerhalb des vorgeschlagenen WSG das **Betriebsgelände der BayWa**. Hier werden auch wassergefährdende Stoffe gelagert (Pflanzenschutzmittel, Betriebsstoffe ?).

8.6 OBERFLÄCHENGEWÄSSER

Im vorgeschlagenen WSG sind keine natürlichen Oberflächengewässer bekannt.
Lediglich in der südwestlichen Ecke des Brunnen-Einzugsgebiets (Zuspeisungsbereich) befindet sich ein kleiner und relativ flacher Himmelsweiher im Bereich der Lokalität Kirchgrub.
Der Egelsee (nordwestlich von Br.IV) und die beiden Wiesenweiher (abflusslose Himmelsweiher) südwestlich von Rothenfeld liegen nach derzeitigem Kenntnisstand nicht im GW-Einzugsgebiet des Br.IV. Dies gilt auch für den Eßsee bei Seewiesen und das Versickerungsbecken östlich des Einzugsgebiets, das durch den Überlauf des Eßsees gespeist wird.

An der flachen Kiesgrube GW-Blänke am Friedinger Geräumt steigt ohne erkennbaren oberirdischen Zufluss nach starken Regenfällen der Wasserspiegel um über 1 m (1.000 mm) an. Dieser starke Anstieg lässt sich mit den Niederschlagsmengen, die maximal bei 60-100 mm/Tag betragen können, nicht erklären. Es wird daher davon ausgegangen, dass hier das Grundwasser temporär bei höheren GW-Ständen aufgedeckt wird. Demzufolge weist dieser Bereich eine stark erhöhte Sensibilität auf.

9 BEURTEILUNG DER WIRKSAMKEIT DES WASSERSCHUTZGBIETES

Die Schutzfunktion der Deckschichten wurde in Kapitel 6.6 beurteilt. Sie ist demnach im Bereich der brunnennahen Schotterflur als sehr gering bis gering und nach GW-oberstrom in Richtung GW-Meßstelle P6 und P2 mit mittel zu bewerten.
Durch die im Verbotskatalog (s. Kap.11) vorgeschlagenen Verbote und Beschränkungen soll bei deren Einhaltung den speziellen Verhältnissen in den Einzugsgebieten des Br.IV Rechnung getragen werden.

Die in Kapitel 8ff. angeführten, konkurrierenden Nutzungen stellen, soweit diese den Auflagen der Schutzgebiets-Verordnung entsprechen, keine Einschränkung der Wirksamkeit des vorgeschlagenen WSG dar.
Die neu zum WSG - Zone III hinzukommenden Flächen erstrecken sich nach Süden in den Rothenfelder Forst hinein. Aufgrund der forstwirtschaftlichen Nutzung ist jedoch nicht mit einer erheblichen Zunahme der Gefährdungspotentiale zu rechnen. Die mit den Nutzungen im Gewerbegebiet Rothenfeld einhergehenden Gefährdungspotentiale müssten noch konkret und aktuell erhoben und beurteilt werden. Aufgrund der großen Entfernung zum Br.IV (1,4 km) und der damit verbundenen langen Fließzeit von 600-1.000 Tagen wird derzeit davon ausgegangen, dass die vorhandenen Gefährdungspotentiale hinnehmbar sind oder durch zusätzliche Sicherungsmaßnahmen ausgeglichen werden können.

10 NATURSCHUTZFACHLICHE BELANGE

Das Einzugsgebiet des Br.IV Andechs tangiert mehrere Einzelflächen des FFH-Gebiets „Moränenlandschaft zwischen Ammersee und Starberger See“, Gebietsnummer 8033-371. Der gesamte Bereich liegt zudem im Landschaftsschutzgebiet (LSG-00542.01, westl. Teil des Landkreises Starnberg).
In Anhang K1 liegt daher eine aktualisierte FFH-Verträglichkeitsabschätzung (aus \33\: Terrabiota, Starnberg) bei. Diese kommt zu dem Ergebnis:
“*Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass durch die geplante Wassernutzung keine erheblichen Beeinträchtigungen des FFH-Gebietes ausgelöst werden.*”

Diese Einschätzung ist aus hydrogeologischer Sicht zu bestätigen. Bei dem Br.IV Andechs handelt es sich um einen Tiefbrunnen, dessen GW-Spiegel mehr als 40 m unter Gelände liegt (s. Anl.4a). Durch die Wasserentnahme aus dem Brunnen sind allein aufgrund der Tiefenlage des erschlossenen GW-Vorkommens keinerlei Auswirkungen auf naturschutzfachlich relevante Belange zu befürchten.
Die Absenkung des Wasserspiegels bei maximalem Förderbetrieb (30 l/s) liegt unter 1 m und (s. Kap.4.10.1), die Reichweite der Absenkung liegt hierbei bei rund 160 m (nach SICHARDT).

Durch das LRA mit Schreiben vom 29.11.2016 mitgeteilt worden, dass aufgrund der beantragten Entnahmemenge von über 100.000 m³/a eine allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls nach UVPG erfolgen müsse. Diese wurde durch das Planungsbüro Terrabiota am 23.1.2017 (geändert am 26.11.2018) erstellt (s. \37\) und liegt im Anhang K2 bei.
Das abschließende Fazit lautet: “*Eine UVP sowie auch eine formelle Abarbeitung der naturschutzfachlichen Eingriffsregelung im Rahmen eines Landschaftspflegerischen Begleitplans wird deshalb im vorliegenden Fall für entbehrlich gehalten*.”

11 VERBOTSKATALOG

Nach § 51 Abs.2 WHG sollen Trinkwasserschutzgebiete nach Maßgabe der allgemein anerkannten Regeln der Technik in Zonen mit unterschiedlichen Schutzbestimmungen unterteilt werden. Die “Besonderen Anforderungen in Wasserschutzgebieten” werden in § 52 WHG definiert.
Die z.Zt. noch vorliegende Verordnung für das bestehende WSG wurde durch das LRA Starnberg mit Datum 3.11.1997 (s. \17\) festgesetzt und ist somit über 20 Jahre alt.
Im Zuge der Neuerteilung des Wasserrechts wird es daher nötig, den Schutzgebietskatalog zu überarbeiten und entsprechend den aktuell gültigen Richtlinien anzupassen.

Der Vorschlag zur Formulierung der neuen Schutzgebiets-Verordnung (Katalog der verbotenen oder nur beschränkt zulässigen Handlungen im Wasserschutzgebiet) liegt in Anlage 18 bei. Er wurde an die gültigen Musterverordnung für Wasserschutzgebiete angelehnt und an die speziellen Verhältnisse im Wasserschutzgebiet des Brunnen IV angepasst.

12 BEANTRAGUNG DES WASSERRECHTES

Mit den vorgelegten Unterlagen soll eine Bewilligung nach §§ 10 und 14 WHG und die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes nach §§ 51 und 52 WHG i.V.m. Art. 31 BayWG beantragt werden.
Die Stellung des Wasserrechtsantrages zur Entnahme von Trinkwasser und zur Festsetzung eines Wasserschutzgebietes erfolgt in gesonderten Anschreiben.

12.1 WASSERENTNAHMEMENGEN

Die künftige Entnahme aus den Brunnen IV Andechs soll in Anlehnung an die bisher genehmigten Mengen (s. Kap.3.1) und den benötigten bzw. prognostizierten Wasserbedarf wie folgt beantragt werden:

max. Entnahme, kurzzeitig (Q_{max}):	30 l/s	
max. Entnahme, täglich ($Q_{d\text{-}max}$):	2.600 m³/d	(Ø = 30,0 l/s)
max. Entnahme, monatlich ($Q_{mt\text{-}max}$):	40.000 m³/mt	(Ø = 15,0 l/s)
max. Entnahme, jährlich ($Q_{a\text{-}max}$) :	420.000 m³/a	(Ø = 13,3 l/s)

12.2 AUSWIRKUNGEN AUF DRITTE

Eine Auswirkung der seit 1989 erfolgenden Wasserentnahme aus dem Brunnen IV auf die Rechte Dritter ist bisher nicht bekannt geworden.
Im Einzugsgebiet des Brunnens sind keine weiteren Grundwasser-Entnahmen vorhanden.

Zu den naturschutzfachlichen Belangen wird auf die Ausführungen in Kapitel 10 verwiesen.

Starnberg, den 13.09.2018 / 26.11.2018

Dr. Thomas Schott
(Dipl.- Geol., BDG, DVGW, FH-DGGV)

13 VERWENDETE LITERATUR

BGLA - Bayerisches Geologisches Landesamt (1995): Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung.- Bayer. Geol. Landesamt, Fachberichte **13**, München;

BLFU - Bayerisches Landesamt für Umwelt (2007): Wasserschutzgebiete für die öffentliche Wasserversorgung - Teil 1: Wasserschutzgebiete als Bereiche besonderer Vorsorge - Aufgaben, Bemessung und Festsetzung.- Bayer. Landesamt für Umwelt, Merkblatt Nr. 1.2/7, 29 S., München;

BLFW - Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (1974): Jahresniederschlagshöhen (gesamt, Sommer- und Winterhalbjahr), Jahresabflusshöhen und Jahresverdunstungshöhen 1931/1960.- Bayer. Landesstelle f. Gewässerkunde, München (1971, 1973) und Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft, München;

BLFW - Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (1995): Leitlinien für die Ermittlung der Einzugsgebiete von Grundwassererschließungen.- Materialien Nr.52, München;

BRAML, F. (1986): Die Geologie des Gebietes zwischen Tutzing und Pähl im Bereich des Isarvorlandgletschers - Diplomarbeit, 78 S., TU München;

CONRADI, W. (1986): Geologische Kartierung und sedimentpetrographische Untersuchungen der Ablagerungen des Loisach-Isarvorlandgletschers im Gebiet zwischen Erling-Andechs, Feldafing und Tutzing - Diplomarbeit, 134 S., TU München (unveröff.);

DVGW - Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (2006): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; I. Teil, Schutzgebiete für Grundwasser.- DVGW-Regelwerk Arbeitsblatt W 101, Bonn;

FRISCH, H. (1983): Zur Bemessung von Trinkwasserschutzgebieten für Bohrbrunnen in Lockergesteinen.- In: Informationsberichte des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, 2/83, München;

HÖLTING, B., HAERTLÉ, T., HOHBERGER, K.-H., NACHTIGALL, K. H., VILLINGER, E., WEINZIERL, W. & WROBEL, J.-P. (1995): Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung.- Geol. Jb. **C 63**, S. 5-24; Hannover;

KNAUER, J. (1931): Erläuterungen zur geognostischen Karte von Bayern 1:100.000, Blatt München West (Nr. 27), Teilblatt München-Starnberg.- München (Geol. Landesunters. Oberbergamt);

KRAUSE, K.-H. (2001): Die geologisch-hydrogeologische Situation im Jung- und Altmoränengebiet des Andechser Höhenrückens zwischen Ammer- und Würmsee und in der nördlich angrenzenden Wurzelzone der westlichen Münchener Schotterebene (Oberbayern).- Diss., 226 S., TU München;

MEYER, R. & SCHMIDT-KALER, H. (1997): Wanderungen in die Erdgeschichte (9) - Auf den Spuren der Eiszeit südlich von München - westlicher Teil.- Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München;

PROCHER, M. (2005): Möglichkeit zur Gliederung lang gestreckter Grundwassereinzugsgebiete in Porengrundwasserleitern. - in: **BLFU**, 2007, Anlage 2;

REHSE, W. (1977a): Diskussionsgrundlagen für die Dimensionierung der Zone II von Grundwasserschutzzonen bei Kies-Sand-Grundwasserleitern für die Fremdstoffgruppen: Abbaubare organische Verunreinigungen, pathogene Keime und Viren.- Eidgenöss. Amt f. Umweltschutz, S.1-122, Bern, Schweiz;

REHSE, W. (1977b): Elimination und Abbau von organischen Fremdstoffen, pathogenen Keimen und Viren in Lockergestein.- Z. dt. geol. Ges., **128**, Hannover;

TODD, D.K. (1964): Ground Water Hydrology.- New York (Wiley).

ANLAGEN:

1) Übersichtspläne:

1a) Übersichtslageplan 1:25.000 auf Topographischer Karte;
1b) Lageplan auf Höhenflurkarte 1:10.000;
1c) 3D-Geländedarstellung (o.Maßstab);
1d) Übersichtsplan Versorgungsgebiet; 1:50.000;

2) Detailpläne:

2a) Lageplan auf Luftbild 1:5.000 (Brunnen, GW-Meßstellen, Bohrungen);
2b) Lageplan Fassungsbereich 1:1.000;
2c) Br. IV - Brunnenhaus - Grundriß und Schnitte 1:50;

3) Datenblätter:

3a-1) Brunnen, GW-Meßstellen, Bohrungen
3a-2) GW-Meßstellen, Bohrungen - Bereich Rothenfeld;
3b-1) GW-Spiegel 1994-2013 (Stichtagsmessungen);
3b-2) GW-Spiegel 2013-2016 (Stichtagsmessungen);
3b-3) GW-Spiegel 2017-2018 (Stichtagsmessungen);

4) Ausbaupläne und Schichtenprofile:

4a) Brunnen IV, M = 1:333 / 1:50;
4b-1) GW-Meßstelle VB (Rekonstruktion, vor Rückbau), M = 1:333 / 1:50;
4b-2) GW-Meßstelle VB (Verfüllplan nach Rückbau), M = 1:333 / 1:50;
4c) GW-Meßstelle P1, M = 1:333 / 1:50;
4d) GW-Meßstelle P2, M = 1:333 / 1:50;
4e) GW-Meßstelle P3, M = 1:100 / 1:25;
4f) GW-Meßstelle P4, M = 1:200 / 1:25;
4g) GW-Meßstelle P5, M = 1:100 / 1:50;
4h) GW-Meßstelle P6, M = 1:333 / 1:50;
4i) GW-Meßstelle P7, M = 1:100 / 1:50;
4j) Bohrung B1 (verfüllt), M = 1:100 / 1:25;
4k) GW-Meßstelle P8 / B2, M = 1:100 / 1:25;
4l) GW-Meßstelle P9 / B3, M = 1:100 / 1:25;
4m) GW-Meßstelle P10 / B4, M = 1:100 / 1:25;
4n) GW-Meßstelle P11 / B5, M = 1:100 / 1:25;
4o) GW-Meßstelle P12 / B6, M = 1:100 / 1:25;

5) Hydrogeologische Karte und Profilschnitte:

5a) Hydrogeologische Karte 1:10.000;
5b) Hydrogeologische Profilschnitte A-A', B-B' (Anl.5b-1) und C-C' mit Legende (Anl.5b-2), M = 1:10.000/1:500;

6) Darstellung der Tertiäroberfläche:

6a) Höhenlinienplan Tertiär-OK (2. GW-Stauer), 1:25.000 (versch. Interpolationsverfahren);
6b) 3D-Blockbild Tertiär-OK (2. GW-Stauer), M = 1:25.000 / 1:2.500 (10-fach überhöht);
6c) Höhenlinienplan OK 1. GW-Stauer (StOK1), 1:10.000;

7) GW-Gleichenpläne (und GW-Mächtigkeit):

7a) GW-Gleichenpläne 1:25.000 (Deckenschotter) - Stichtagsmessungen vom 24.11.94 (Anl.7a-1), 30.09.10 (Anl.7a-2), 30.06.13 (Anl.7a-3), 30.07.13 (Anl.7a-4), 07.02.15 (Anl. 7a-5) und 15.06.16 (Anl.7a-6);

7b) GW-Gleichenpläne 1:10.000 (hangendes GW) - Stichtagsmessungen vom 04.06.13 (Anl.7b-1), 14.06.13 (Anl.7b-2), 01.10.13 (Anl.7b-3) und 15.06.16 (Anl.7b-4);

7c) GW-Gleichen 1:10.000 (hangendes GW) - Stichtagsmessungen vom 17.7.2017 (7c-1) und 17.08.2017 (7c-2);

7d) Höhe GW-Druckfläche über GW-Stauer 1:10.000 (hangendes GW-Stockwerk, GW-Spiegel am 17.8.2017);

8) Verlaufsdiagramme GW-Spiegel Deckenschotter (Brunnen u. GW-Meßstellen):

8a) alle Brunnen und GW-Meßstellen, 1994-2016;

8b) Br.IV - Tages-Maxima + Niederschlag 06/2009-06/2016 (m. Handmessungen P1+ P2);

8c) GW-Meßstelle P1 - Tageswerte und Einzelmessungen P1 und P2, 3/2013-6/2016;

8d) Br.IV und GW-Meßstellen P1 und P6 - Tageswerte 01/2014-06/2016 (mit Einzelmessungen P2);

8e) Br.IV - Max.- und Min.-Wasserstände (RWS/BWS) und Niederschlag, Mai-Juli 2013;

8f) P1 und P2 - Tageswerte und Kontrollmessungen P1, Einzelmessungen P2, 03/2013-03/2014;

8g) P1 und P2 - Tageswerte P1, Einzelmessungen P2, 05-07/2013;

9) Verlaufsdiagramme GW-Spiegel hangendes GW-Stockwerk + Deckenschotter (2013 und 2017-18):

9a) hangendes GW - GW-Meßstellen P3, P4, P5, RP1, RP2, 1-3/2013;

9b) hangendes GW - GW-Meßstellen P3, P4, P5, P7, RP1, GWB, 5-11/2013;

9c) Deckenschotter - GW-Meßstellen Br.IV, P1, P2, P6, Br.R und BS2, 5-11/2013;

9d) hangendes GW - GW-Meßstellen P8 - P12 (07/2017-08/2018);

9e) hangendes GW - GW-Meßstellen P3, P4, P7 (07/2017-08/2018);

9f) Deckenschotter - GW-Meßstellen P1, P2, P6, BS2, B3A (07/2017-08/2018);

10) Brunnen IV: Ruhe- und Betriebswasserspiegel:

10a) Tageswerte (Min-Max): 1.8.- 31.10.2012;

10b) 15-Min.-Werte: 12.- 14.12.2012 mit Förderleistung Pumpe;

11) Berechnung geohydraulischer Kennwerte, Q/s-Diagramme:

11a) Br.IV, Erst-PV 13.- 17.8.1987 (k_f -Wert nach DUPUIT);

11b) Br.IV, GWM VB, Erst-PV 13.- 17.8.1987 (k_f -Wert nach THIEM-DUPUIT)

11c) GWM P1, Erst-PV 23.- 27.11.1992 (k_f -Wert nach BABUSCHKIN, DUPUIT);

11d) GWM P2, Erst-PV 11.- 12.10.1994 (k_f -Wert nach DUPUIT);

11e) GWM P6, Kurz-PV 30.7.2013 mit PV-Diagramm (k_f -Wert nach BABUSCHKIN, DUPUIT);

11f) GWM P3, Kurz-PV 01.12.2011 mit PV-Diagramm (k_f -Wert nach DUPUIT);

11g) GWM P7; Kurz-PV 14.6.2013 mit PV-Diagramm (k_f -Wert nach DUPUIT);

11h) GWM P8, Kurz-PV 27.9.2017 mit PV-Diagramm (k_f -Wert nach DUPUIT);

11i) GWM P9, Kurz-PV 27.9.2017 mit PV-Diagramm (k_f -Wert nach DUPUIT);

11j) GWM P10; Kurz-PV 28.9.2017 mit PV-Diagramm (k_f -Wert nach DUPUIT);

11k) GWM P12; Kurz-PV 28.9.2017 mit PV-Diagramm (k_f -Wert nach DUPUIT);

12) Bodenuntersuchungen:

12a) GW-Meßstelle P3: 2 Kornverteilungen nach DIN 18123;
12b) GW-Meßstelle P4: 4 Kornverteilungen nach DIN 18123;
12c) GW-Meßstelle P4: 1 Durchlässigkeitsversuch (Dreiaxialtechnik);
12d) GW-Meßstelle P5: 4 Kornverteilungen nach DIN 18123;
12e) GW-Meßstelle P6: 3 Kornverteilungen nach DIN 18123;
12f) GW-Meßstelle P12: Kornverteilung n. DIN 18123;

13) Wasseranalysen:

13a) Brunnen IV: Tabellarische Zusammenstellung der jährlichen Untersuchungen 1999-2016 (Auszug) mit Verlaufsdiagramm;
13b) Brunnen IV: Ionenbilanzen (31.8.09, 23.8.10, 10.9.12, 10./11.10.12, 31.1.13, 21.7.14, 27.4.15, 5.4.16);
13c-1) Ionenbilanzen: tiefe GW-Meßstellen: P1 u. P2 (4.4.12), P6 (30.7.13) und flache GW-Meßstellen P3 (1.12.11, 23.1.13), P4 (23.1.13), P7 (14.6.2013) und Schöpfprobe VB (10.9.12);
13c-2) Ionenbilanzen: flache GW-Meßstellen: P3 (23.1.13), P4 (23.1.13), P7 (14.6.13), P8 (28.9.17), P9 (28.9.17), P10 (28.9.17), P12 (28.9.17);
13d) Verlaufsdiagramme: Br.IV 10/1998 - 11/2010: vor Ort-Parameter (Anl. 13d-1: T, pH, eLf; Anl. 13d-2: Nitrat-Werte mit el. Leitfähigkeit; Anl. 13d-3: PSM-Analysen / Atrazin und Desethylatrazin);
13e) Verlaufsdiagramme: Br.IV 10/1998 - 11/2010 (Anl. 13e-1: Nitrat-Werte mit el. Leitfähigkeit; Anl. 13e-2: Nitrat-Werte mit Summe-PSM, Anl. 13e-3: Niederschlag und Temperatur);
13f) Balkendiagramme: Analysenvergleich Br.IV - GW-Meßstellen;
13g) Verlaufsdiagramm: Anstieg Nitrat-Werte nach Anlauf Brunnenpumpe;
13h) Balkendiagramm: Br. IV - Hydrochemischer Pumpversuch 1.10.2013;
13i) Verlaufsdiagramm: Br.IV - Trübung und Niederschläge 2009-2013;.

14) Datenblätter geohydraulische Berechnungen, Br.IV - Andechs:

14a) Berechnung des Anstrombereiches;
14b) Berechnung der horizontalen 50-Tage-Linie (L50);

15) GW-Einzugsgebiet 1:10.000 (auf hydrogeologischer Karte);

16) WSG-Vorschlag auf Digitaler Flurkarte 1:5.000;

17) Plan Gefährdungspotentiale 1:25.000 (mit Synopse altes und neues WSG);

18) Vorschlag zur Schutzgebietsverordnung mit Verbotskatalog.

ANHANG:

A) Bericht zur: Wasserschutzgebietsberatung im WSG Andechs, 16.6.2012 (aus \32\);

B) GW-Meßstelle P3: Prüfbericht Nr. 360437/2 der Probe vom 1.12.2011 (aus \a5\);

C) GW-Meßstellen P1 und P2: Prüfbericht Nr. 377741 der Proben vom 4.4.2012 (aus \a6\);

D) Br.IV vor und nach Verfüllung VB (Probenahmen: 10.9.12 und 10.10.12) und Schöpfprobe VB (Probenahme: 10.9.12): Prüfberichte Nr. 411990 und 411182 (aus \a7\);

E) GW-Meßstellen P3 undP4 (Probenahme: 23.1.13): Prüfberichte Nr. 452639 (= aus \a8\);

F) Nitratmessungen und chemisch-technische Analyse: Br. IV nach Einschalten, PN 31.1.2013, 6 Prüfberichte Nr. 454566 (aus \a9\);

G) GW-Meßstelle P7 (Probenahme: 14.6.13): Prüfbericht Nr. 498068 (aus \a10\));

H) GW-Meßstelle P6 (Probenahme: 30.7.13): Prüfbericht Nr. 506173-293070 (aus \a11\);

I) Br.IV - hydrochemischer Pumpversuch 1.10.2013, 5 Prüfberichte Nr. 522742-321210-1214 (aus \a12\);

J) Hydrogeologische Bewertung der der geoelektrische Profilmessungen im Rothenfelder Forst - GW-Einzugsgebiet des Brunnen IV Andechs, Wassergewinnung Vierseenland (aus \30\) mit: Untersuchungsbericht über geophysikalische Erkundungen zum Projekt Rothenfelder Forst, 2.6.2016 (aus \29\);

K) Naturschutzfachliche Bewertungen:

K1 - FFH-Verträglichkeitsabschätzung Gebiet 8033-371 für Wasserentnahme Brunnen IV Andechs bei Frieding des Zweckverbands Großräumige Wasserversorgung im Landkreis Starnberg (aus \33\);

K2 - Allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls zur Umweltverträglichkeitsprüfung (gemäß §3c S. 1 UVPG) - Grundwasserentnahme aus dem Brunnen IV Andechs bei Frieding auf der Fl.Nr. 1827/3 Gemeinde Andechs (aus \37\);

L) L1 - Lageplan1:5.000; L2 - Profilschnitt; L3 - Bohrprofile B1-B6 (aus \gr1\);

M) GW-Meßstellen P8, P9, P10 und P12 (Probenahme: 28.9.17): Prüfberichte Nr. 1320328-4657219 bis - 467222 (aus \a15\);

N) Bericht: Bestandserhebung und -bewertung, Gewerbegebiet Rothenfeld (aus \38\);

O) Grundstücksverzeichnis der Flurstücke im Wasserschutzgebiet (aus \39\).