HYDROGEOLOGISCHES GUTACHTEN
(Erläuterungsbericht)

zum Antrag auf Erteilung des Wasserrechts
und Ausweisung eines Wasserschutzgebietes

BRUNNEN 1+2 GARATSHAUSEN
(Flur-Nr. 1143 und 1129, Gmkg. und Gde. Feldafing)

Wasserversorgung Feldafing Pöcking gKU
Possenhofener Str.5
82340 Feldafing

erstellt im Dezember 2023
(aktualisiert und ergänzt im September 2024/Oktober 2024)
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

ANLAGENVERZEICHNIS 4

VERZEICHNIS ANHANG 7

1 EINLEITUNG 8
1.1 VORHABENSTRÄGER UND ENTWURFSVERFASSER 8
1.2 VERANLASSUNG, ZWECK DES VORHABENS 8
1.3 VORANGEGANGENE UNTERSUCHUNGEN, VERWENDETE UNTERLAGEN 10

2 LAGE UND BESCHREIBUNG DER BRUNNEN 12
2.1 LAGE, GEOGRAFISCHE BESCHREIBUNG 12
2.2 TECHNISCHE BESCHREIBUNG DER BRUNNENBAUWERKE 13
2.3 BENACHBARTE BRUNNEN, GW-MESSTELLEN, QUELLEN 16

3 WASSERGEWINNUNG, -VERTEILUNG, FÖRDER- UND VERBRAUCHSMENGEN . . 18
3.1 WASSERGEWINNUNG UND -VERTEILUNG 18
3.2 ANGABEN ZU FÖRDER- UND VERBRAUCHSMENGEN 19
3.2.1 BISLANG GENEHMIGTE ENTNAHMEMENGEN 19
3.2.2 JÄHRLICHE WASSERMENGEN 21
3.2.3 ENTWICKLUNG VON WASSERFÖRDERUNG UND -VERBRAUCH 24
3.2.4 KURZZEITIGE ENTNAHMEMENGEN 26
3.2.5 ZUSAMMENSTELLUNG DER ENTNAHMEMENGEN 29
3.3 BERECHNUNG DER WASSERVERLUSTE 30
3.4 ANGABEN ZUM VERSORGUNGSGEBIET 31
3.5 ZUKÜNFTIGER WASSERBEDARF, PROGNOSE 32
3.6 WEITERE BEZUGSMÖGLICHKEITEN VON TRINKWASSER 33

4 ANGABEN ZUR GEOLOGIE UND HYDROGEOLOGIE 34
4.1 GEOLOGISCHER ÜBERBLICK 34
4.2 LOKALE GEOLOGIE (BOHRUNGEN UND SONDIERUNGEN) 36
4.3 GRUNDWASSER-LEITER UND -STAUER 39
4.4 AUSDEHNUNG DES AQUIFERS 40
4.5 STRUKTURMODELL DES GRUNDWASSER-STAUERS 42
4.6 GRUNDWASSER 43
4.6.1 VERLAUF DER GRUNDWASSER-STÄNDE 43
4.6.2 GRUNDWASSER-FLIESSRICHTUNG UND -GEFÄLLE 45
4.6.3 GRUNDWASSER-MÄCHTIGKEIT 46
4.7 WASSERHAUSHALT, GRUNDWASSER-NEUBILDUNG 47

5 PUMPVERSUCHE, GEOHYDRAULISCHE KENNWERTE 48
5.1 ÄLTERE UNTERSUCHUNGEN 48
5.2 NEUE BRUNNEN 48
5.2.1 KURZ- UND LEISTUNGS-PUMPVERSUCHE 49
5.2.1.1 Brunnen G1 49
5.2.1.2 Brunnen G2 50
5.2.2 GEMEINSAMER DAUER-PUMPVERSUCH 51

5.3 AUSWERTUNG DER PUMPVERSUCHE, GEOHYDRAULISCHE KENNWERTE 53
5.3.1 STATIONÄRE AUSWERTEVERFAHREN 53
5.3.2 INSTATIONÄRE AUSWERTEVERFAHREN 55
5.3.3 ABSTANDSGESCHWINDIGKEIT 59

6 ABSCHÄTZUNG DER AQUIFER- UND BRUNNEN-ERGIEBIGKEITEN 60

7 WASSERUNTERSUCHUNGEN 62
7.1 HAUPT- UND NEBENINHALTSSTOFFE 63
7.2 SPURENSTOFFE 64
7.3 MIKROBIOLOGIE 65
7.4 BEURTEILUNG DER ANALYSENERGEBNISSE 66
7.5 UNTERSUCHUNGEN DER MISCHBARKEITSVERTRÄGLICHKEIT 66
7.6 ALTERSBESTIMMUNG 66

8 GRUNDWASSER-EINZUGSGEBIET DER BRUNNEN 67
8.1 ALLGEMEINES 67
8.2 ANSTROMBEREICH 68
8.2.1 ZUGRUNDEGELEGTE ENTNAHMEMENGEN 68
8.2.2 ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN 70
8.3 ZUSPEISUNGSBEREICH 72
8.4 BILANZKONTROLLE 73
8.5 BERECHNUNG DER HORIZONTALEN 50-TAGE-LINIE 75
8.6 BEWERTUNG DER DECKSCHICHTEN 76
8.6.1 DECKSCHICHTEN-SITUATION 76
8.6.2 SCHUTZFUNKTION DER GW-ÜBERDECKUNG 78

9 WASSERSCHUTZGEBIET 80
9.1 KRITERIEN FÜR DIE BEMESSUNG DES WASSERSCHUTZGEBIETES 80
9.2 VORSCHLAG EINES WASSERSCHUTZGEBIETES 82
9.3 VERBOTSKATALOG 84

10 WIRKSAMKEIT DES WASSERSCHUTZGBIETES 85
10.1 KONKURRIERENDE NUTZUNGEN 85
10.2 BEURTEILUNG DER SCHÜTZBARKEIT DES GW-VORKOMMENS 87

11 ALTERNATIVENPRÜFUNG 88

12 BEANTRAGUNG DES WASSERRECHTES 91
12.1 BEANTRAGTE WASSERENTNAHMEMENGEN 91
12.2 AUSWIRKUNGEN AUF DIE UMWELT UND AUF DRITTE 92
12.2.1 NATURSCHUTZFACHLICHE BELANGE 92
12.2.1.1 Beschreibung der Naturschutzflächen 92
12.2.1.2 Umweltverträglichkeit (Vorprüfung) 93
12.2.1.3 FFH-Verträglichkeitsabschätzung 94
12.2.2 AUSWIRKUNGEN AUF BENACHBARTE WASSERVERSORGUNGEN 95

13 VERWENDETE LITERATUR 97

ANLAGENVERZEICHNIS:

1) Übersichtspläne:

1a) Übersichtslageplan auf Topographischer Karte 1:25.000;
1b) Lageplan auf Flurkarte 1:5.000 (mit Geländeaufnahme);
1c) Lageplan auf Luftbild 1:5.000 (Stand 07/2022, mit Flurgrenzen und Biotopkartierung);
1d) Übersichts-Netzplan Versorgungsgebiet 1:25.000;
1e) Geologische Karte 1:10.000;
1f) Übersichtsplan Wasserwirtschaft 1:100.000;

2) Detailpläne:

2-1) Fassungsbereiche (+ Außenanlagen), M = 1:200 (Br. G1 = Anl.2-1a; Br. G2 = Anl.2-1b);
2-2) Brunnenhäuser, M =1:100 / Grundrisse, Schnitte, Ansichten (Br. G1 = Anl.2-2a; Br. G2 = Anl.2-2b);

3) Datenblätter:

3a-1) Brunnen, GW-Meßstellen, Bohrungen (geogr. + geol. Daten), GW-Spiegel (2006-2013);
3a-2) GW-Spiegel (1991-2004);
3b) OK Deckenschotter und Stauer-OK (Bohrungen, Schuss-Seismik, Geoelektrik);
3c) WV Feldafing Pöcking: Förder- und Verkaufsmengen, Verluste (2012-2022);

4) Schichtenprofile und Ausbaupläne:

Brunnen:

4-1a) Brunnen 1 Garatshausen (Br. G1, Bj. 2012), M = 1:150 / 1:50;
4-1b) Brunnen 2 Garatshausen (Br. G2, Bj. 2012), M = 1:150 / 1:50;

GW-Meßstellen:

4-2a) GW-Meßstelle P1 (Bj. 1991), M = 1:250 / 1:20;
4-2b) GW-Meßstelle P2 (Bj. 1991), M = 1:250 / 1:20;
4-2c) GW-Meßstelle P3 (Bj. 1991), M = 1:250 / 1:20;
4-2d) GW-Meßstelle P5 (Bj. 2004), M = 1:250 / 1:20;
4-2e) GW-Meßstelle P6 (Bj. 2004), M = 1:250 / 1:20;
4-2f) GW-Meßstelle P7 (Bj. 2004), M = 1:250 / 1:20;
4-2g) GW-Meßstelle P8 (Bj. 2004), M = 1:250 / 1:20;
4-2h) GW-Meßstelle P9 (Bj. 2012), M = 1:300 / 1:20;
4-2i) GW-Meßstelle P10 (Bj. 2013), M = 1:300 / 1:20;

5) Hydrogeologische Profilschnitte:

5a) Profilschnitt A-A' (Südsüdwest/Nordnordost), M = 1:5.000 / 1:500, 10-fach überhöht;
5b) Profilschnitt B-B' (Westnordwest/Ostsüdost), M = 1:5.000 / 1:500, 10-fach überhöht;
5c) Profilschnitt C-C' (Südsüdwest/Nordnordost), M = 1:2.500 / 1:500, 5-fach überhöht;

6) Strukturmodell des GW-Stauers 1:20.000;

7) Verlauf der GW-Spiegel (1991-2013):

7a) Pfaffenberg und Garatshausen: alle GW-Meßstellen;
7b) Garatshausen: Brunnen G1+G2, GW-Meßstellen P1, P2, P7, P8;
7c) Pfaffenberg: Brunnen P1, GW-Meßstellen P3, P5, P6, BE;

8) GW-Gleichenpläne und GW-Mächtigkeit 1:20.000:)

8a) GW-Gleichenplan (Deckenschotter), Stichtagsmessung 18.2.2013;
8b) Verteilung der GW-Mächtigkeiten (Stichtag 18.2.2013);

9) Pumpversuchs-Diagramme:

9a) Br. G1: Zwischen–PV (02.- 03.5.12)
9b) Br. G1: 1. Kurz-PV (25.- 26.6.12);
9c) Br. G1: 2. Kurz-PV (02.- 04.7.12);
9d) Br. G1: 3. Kurz-PV (05.- 06.7.12);
9e) Br. G2: Leistungs-PV (23.- 27.7.12);
9f) Datenlogger: Br. G1+G2, GW-Meßstellen P1-P3, P5, P7, P8 (01.06. - 01.10.12);
9g) Br. G1+G2: Dauer-PV (24.10.- 03.12.12), mit Schüttung Qu. Garatshausen;
9h) Datenlogger: Br. G1+G2, GW-Meßstellen P1-P3, P5, P7, P8 (01.10.12 - 28.02.13);
9i) Leistungs-PV Br. G1 (27.2.- 5.3.2019);

10) Brunnen Garatshausen - stationäre PV-Auswertung:

10a) Auswertung nach BABUSCHKIN und DUPUIT (mit Q/s-Diagrammen):
Zwischen-PV Br. G1, Kurz-PV Br. G1, Leistungs-PV Br. G2;
10b) Auswertung nach THIEM-DUPUIT (ungespannte / gespannte Verhältnisse):
Br. G1: 3. Kurz-PV, Br. G2: Leistungs-PV, Br. G1 +G2: gemeinsamer Dauer-PV;

11) Dauer-PV Brunnen G1 und G2 - instationäre PV-Auswertungen:

11a-1) Br. G1: Absenkung n. COOPER-JACOB (ungespannt);
11a-2) Br. G1: Absenkung n. THEIS;
11a-3) Br. G1: Absenkung n. NEUMAN / BOULTON (halbfreier Aquifer, verzög. Entleerung);
11a-4) Br. G1: Absenkung n. THEIS, Steptest (bei untersch. Entnahmemengen);
11b-1) GWM P7: Absenkung n. THEIS;
11b-2) GWM P7: Zeit-Abstands-Absenkungsverfahren n.COOPER-JACOB;
11c-1) Br. G2: Absenkung n. COOPER-JACOB (früher Ast, ungespannt);
11c-2) Br. G2: Absenkung n. COOPER-JACOB (später Ast, ungespannt);
11c-3) Br. G2: Absenkung n. THEIS;
11c-4) Br. G2: Absenkung n. NEUMAN / BOULTON (halbfreier Aquifer, verzög. Entleerung);
11d-1) GWM P8: Absenkung n. THEIS;
11d-2) GWM P8: Zeit-Abstands-Absenkungsverfahren n.COOPER-JACOB;
11e-1) Br. G1: Wiederanstieg nach THEIS;
11e-2) GWM P7: Wiederanstieg nach THEIS;
11e-3) Br. G2: Wiederanstieg nach THEIS;
11e-4) GWM P8: Wiederanstieg nach THEIS;

12) Berechnung des Brunnen-Fassungsvermögens:
12a) Brunnen G1: ungespannter und gespannter Fall;
12b) Brunnen G2: ungespannter und gespannter Fall;

13) Wasseranalysen / Ionenbilanzen:
13a) Brunnen G1 und G2 (Dauer-PV / 24.10.- 21.11.2012; Erst-Beprobung nach Fertigstellung Brunnenanlage / 24.5.2023; Kontrolluntersuchung Rohwasser / 26.9.2023);
13b) Versuchsbrunnen P7 und P8 (Leistungs-PV, Probenahme am 5. und 11.5.2004);
13c) Versuchsbrunnen P1, P2 und P3 (Leistungs-PV 10 + 11/1991);

14) Berechnungen Anstrombereiche und L50 für Br. G1 und Br. G2:
14a) Anstrombereiche, ungespannte Verhältnisse;
14b) Anstrombereiche, gespannte Verhältnisse;
14c) horizontale 50-Tage-Linie / L50, ungespannte Verhältnisse;
14d) horizontale 50-Tage-Linie / L50, gespannte Verhältnisse;

15) GW-Einzugsgebiet auf Topographischer Karte 1:20.000;

16) WSG-Vorschlag auf Flurkarte 1:10.000 (ENTWURF) (m. GW-Einzugsgebieten und horizontaler 50-Tage-Linie);

17) WSG-Vorschlag auf digitaler Flurkarte 1:5.000 (ENTWURF);

18) Wasserschutzgebiet, GW-Einzugsgebiet und Flächennutzung, 1:20.000;

19) Wasserschutzgebiets-Verordnung mit Verbotskatalog (ENTWURF).

VERZEICHNIS ANHANG:

A1) Entwurfsplanung: Erläuterungsbericht zum Rohrleitungsbau Anbindung Brunnen Garatshausen. - inkl. Berechnung des Wasserverbrauchs 2007-2019 und des künftigen Wasserbedarfs (Deckblatt und S.1-10 aus \t2b\);
A2) Versorgungsschema (aus \t2b\);

B1) Jährliche Förder- u. Verkaufsmengen 2012-2022 gesamt (aus \t3a\ und \t3d\);
B2) Zusammenstellung der gesamten monatlichen und jährlichen Fördermengen 2010-2022 (aus \t3b\: SEBAMquant - Dateien);

C) Entnahmemengen: Tages-Spitzenwerte für Feldafing und Pöcking 01/2019-04/2023 (aus \t3e\);

D) Verbrauchsmengen: Tages-Spitzenwerte für Feldafing und Pöcking 12/2020 - 05/2023 (aus \t3f\);

E1) Brunnen 1: Datenblätter und Pumpenkennlinie KSB UPA S 200-52/6 (aus \t5\);
E2) Brunnen 2: Datenblätter und Pumpenkennlinie KSB UPA S 200-52/7 (aus \t5\);

F1) Brunnen 1 (neu): Prüfberichte chemische Parameter nach TrinkwV - Analysen-Nr. 894505 mit Beurteilung der Prüfergebnisse, Probenahme vom 21.11.2012 (aus \a2\);
F2) Brunnen 2 (neu): Prüfberichte chemische Parameter nach TrinkwV - Analysen-Nr. 894512 mit Beurteilung der Prüfergebnisse, Probenahme vom 21.11.2012 (aus \a2\);
F3) Brunnen 1 und 2: Prüfberichte Mikrobiologie (4 Stk.), Probenahme vom 07.11.2012 (aus \a3\);
F4) Brunnen 1 und 2: Prüfberichte Mikrobiologie (2 Stk.), Probenahme vom 21.11.2012 (aus \a3\);

G1) Brunnen 1 (Rohwasser): Prüfbericht Nr. CMU23-004761-1, chemische Analyse nach TrinkwV, Probenahme am 24.5.2023 (aus \a4a\);
G2) Brunnen 2 (Rohwasser): Prüfbericht Nr. CMU23-004762-1, chemische Analyse nach TrinkwV, Probenahme am 24.5.2023 (aus \a4a\);
G3) Brunnen 1 und 2 neu: Befunde der mikrobiologischen Trinkwasseruntersuchung nach TrinkwV, Probenahme am 24.5.2023 (aus \a4b\);
G4) Brunnen 1 und 2 neu: Befunde der mikrobiologischen Trinkwasseruntersuchung nach TrinkwV, Probenahme am 26.9.2023 (aus \a4d\);

H) Isotopen-Messungen (Tritium), Proben vom 11.5.2004 (P7 + P8) und 3.8.2004 (P3).- IGU - Dr. Salvamoser, Wörthsee 22.3.2005 (aus \a1\);

I) GW-Stände Br. G1 / G2 und GWM P1-3, P5, P7, P8 von 3.7. - 1.12.2023 (aus \t7\);

J1) Allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls zur Umweltverträglichkeitsprüfung (gemäß §7 Abs. 1 UVPG): Brunnen Garatshausen auf den Fl.Nrn. 1143, 1129, 1130, Gmkg. und Gde. Feldafing.- Terrabiota Landschaftsarchitekten GmbH, Starnberg, 10.10.2022 (aus \2a\);

J2) FFH-Verträglichkeitsabschätzung: Gebiet 8033-371 - Moränenlandschaft zwischen Ammersee und Starnberger See - Brunnenbau Garatshausen.- Terrabiota Landschaftsarchitekten GmbH, Starnberg, 10.10.2022 (aus \2b\);

K) Aktuelles Grundstücksverzeichnis nach § 12 WPBV - Weitere und Engere Schutzzone (aus \t8\, Eigentümerdaten anonymisiert).

1 EINLEITUNG

1.1 VORHABENSTRÄGER UND ENTWURFSVERFASSER

Vorhabensträger: Wasserversorgung Feldafing Pöcking gKU
vertreten durch: Frau Yvonne Kolbe (Vorständin)
Possenhofener Str. 5, 82340 Feldafing

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

1.2 VERANLASSUNG, ZWECK DES VORHABENS

Der Vorhabensträger (= **WV**), vormals Zweckverband zur Wasserversorgung der Gemeinden Feldafing-Pöcking, betreibt seit vielen Jahrzehnten eine Quellfassung im nördlichen Austrittsbereich des Garatshausener Quellhorizontes auf dem Flurstück Nr. 1098/6, Gmkg. und Gde. Feldafing (**Q-F**), als wichtiges Standbein für die kommunale Trinkwasserversorgung.
Die nutzbare Quellschüttung beträgt nach dem vorliegenden Wasserrechtsbescheid (s. \1a\; Kap.1.3) im Jahresmittel rund 14-16 l/s.
Das bestehende Wasserschutzgebiet der Quellfassung, das u.a. in Anlage 1a-c gezeigt wird, wurde durch das Bayer. Landesamt für Wasserversorgung und Gewässerschutz im Jahr 1957 vorgeschlagen und im Jahr 1973 bzw. 1978 amtlich festgesetzt (s. \1b\).

Als weitere Standbeine der Wasserversorgung dienen die beiden Ascheringer Brunnen (**Br. A1 und A2)** sowie als Behelfsbrunnen im Versorgungs-Notfall der ehem. Trinkwasserbrunnen IV (**Br. W4**) bei Wieling (s. Anl.1a). Außerdem besteht ein Notverbund mit der Wassergewinnung Vierseenland (WG4SL) zum Hochbehälter Seebuchet, die jedoch derzeit nicht in Betrieb ist.

Aufgrund ihrer ungünstigen Lage unterhalb der stark befahrenen Bahnlinie München-Garmisch und unzureichenden Schützbarkeit waren bereits seit längerem Überlegungen angestellt worden, die Quellfassung aus Gründen der besseren Schützbarkeit nach Westen, überhalb der Bahnlinie zu verlegen. Als Ersatz für die Quellfassung wurden daher im Jahr 2012 zwei neue Vertikal-Filterbrunnen (**Br. G1 + Br. G2**) errichtet.

Im Vorfeld des Brunnenbaus waren in gemeinsamem Vorgehen mit der Gemeinde Tutzing westlich der Bahnlinie bereits umfangreiche Erkundungsmaßnahmen sowie 1991 drei Versuchsbohrungen (P1-P3) und 2004 zwei weitere Aufschlussbohrungen im Wald oberhalb von Garatshausen (P7, P8) und im Bereich nördlich Pfaffenberg (P5, P6) niedergebracht und als Versuchsbrunnen bzw. GW-Meßstellen ausgebaut worden (Lage: s. Anl.1a).

Die Ergebnisse aus dem Brunnenbau wurden im Abschlussbericht vom Juni 2013 zugesammengestellt. Hier wurden die Ergebnisse der Brunnenbauarbeiten, Pumpversuche und Wasseruntersuchungen dokumentiert und ausgewertet, die geologische und hydrogeologische Situation beschrieben, das GW-Einzugsgebiet der Brunnen abgeschätzt und deren Schützbarkeit beurteilt sowie Empfehlungen für die nächsten Schritte gegeben.
Im März 2019 sind am Br. G1 zur Zustandskontrolle noch eine zusätzliche TV-Untersuchung und ein Leistungs-Pumpversuch erfolgt (vgl. An.9i).

Nach der Fertigstellung der Abschluss-Bauwerke für die beiden Brunnen im Jahr 2022 (Brunnenhaus, Brunnenkopf) und der Vorbereitung des Netz-Anschlusses soll nunmehr die wasserrechtliche Genehmigung erwirkt und ein Wasserschutzgebiet ausgewiesen werden, um die Brunnen in Betrieb nehmen zu können.

Im vorliegenden Hydrogeologischen Gutachten werden die technischen Einrichtungen zur Wasserförderung und Verteilung beschrieben, Angaben zum Wasserbedarf gemacht, die vorliegenden Ergebnisse der Bohrungen, Pumpversuche und Wasseruntersuchungen dargestellt und bewertet, die geologische und hydrogeologische Situation beschrieben, das GW-Einzugsgebiet des Brunnens abgeschätzt, dessen Schützbarkeit beurteilt und das künftige Wasserschutzgebiet vorgeschlagen.
Es dient somit als Erläuterungsbericht für die wasserrechtlichen Verfahren zur Genehmigung der Grundwasser-Entnahme aus dem neuen Brunnen 1 - Pfaffenberg und zur Ausweisung eines Wasserschutzgebietes.
Die Unterlagen wurden gemäß der Verordnung über Pläne und Beilagen in wasserrechtlichen Verfahren (WPBV) vom 13. März 2000 zusammengestellt (s.a. Merkblatt des LRA STA von 01/2018).

1.3 VORANGEGANGENE UNTERSUCHUNGEN, VERWENDETE UNTERLAGEN

Amtliche Bescheide, Fremd-Gutachten:

\1a\ Bescheid zur Erteilung der wasserrechtlichen Erlaubnis zur Ableitung von Grundwasser aus den Garatshausener Quellen auf dem Grundstück Fl.Nr. 1098/6, Gemarkung Feldafing, für die Wasserversorgung der Gemeinde Feldafing.- LRA Starnberg, Az.Nr. 412.1-1m, 18.7.1986;
\1b\ Wasserschutzgebiet mit Schutzgebietsverordnung: Wasserversorgung Feldafing (Garatshauser Quellfassung).- LRA Starnberg, 20.6.1978 (aus \1a\);

\2a\ Allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls zur Umweltverträglichkeitsprüfung (gemäß §7 Abs. 1 UVPG): Brunnen Garatshausen auf den Fl.Nrn. 1143, 1129, 1130, Gmkg. und Gde. Feldafing.- Terrabiota Landschaftsarchitekten GmbH, Starnberg, 10.10.2022 (= Anhang J1);
\2b\ FFH-Verträglichkeitsabschätzung: Gebiet 8033-371 - Moränenlandschaft zwischen Ammersee und Starnberger See - Brunnenbau Garatshausen.- Terrabiota Landschaftsarchitekten GmbH, Starnberg, 10.10.2022 (= Anhang J2);

Wasseranalysen:

Versuchsbohrungen:

\a1\ Isotopen-Messungen (Tritium), Proben vom 11.5.2004 (P7 + P8) und 3.8.2004 (P3).- IGU - Dr. Salvamoser, Wörthsee 22.3.2005 (s. Anhang H);

Brunnen G1 und G2:

\a2\ Prüfberichte Analysen-Nr. 894505 und 894512 mit Beurteilung der Prüfergebnisse, Projekt ZFPG, Probenahme vom 21.11.2012, Untersuchungen nach TrinkwV, Anl.2+3 und EÜV.- Labor Dr. Blasy - Dr. Busse, Eching a.A. 29.11.2012 (s.a. Anhang F1 + F2);

\a3\ Prüfberichte (6 Stk.) zu den mikrobiologischen Untersuchungen, Entnahmestelle ZFPG-B1/1, -B2/1, -B1/2 und B2/2, Probenahmen vom 7.11. / 21.11.2012 .- SWM Services GmbH, München, 9.+ 26.11.2012 (s.a. Anhang F3+F4);

\a4\ Ergebnisse der jüngsten Wasseruntersuchungen:
\a4a\ Prüfberichte Nr. CMU23-004761-1 (Br.1) und Nr. CMU23-004762-1 (Br.2), TrinkwV, Probenahme am 24.5.2023.- Labor Wessling, München, 20.6.2023 (= Anhang G1 + G2);
\a4b\ Befund für mikrobiologische und chemisch/phys. Trinkwasseruntersuchung (Untersuchung auf Parameter der Gruppe B laut Trinkwasserverordnung), Pr.- Nr. 9716 (= Br.1 neu) und 9717 (= Br.2 neu), Probenahme am 24.5.2023.- Mikrobiologisches Labor Dachau, 30.6.2023 (s.a. Anhang G3);
\a4c\ Prüfberichte Nr. CMU23-008695-1 (Br.1) und Nr. CMU23-008696-1 (Br.2), TrinkwV, Probenahme am 26.9.2023.- Labor Wessling, München, 10.11.2023 (s.a. Anl.13a);
\a4d\ Befund für mikrobiologische und chemisch/phys. Trinkwasseruntersuchung (Untersuchung auf Parameter der Gruppe B laut Trinkwasserverordnung), Pr.- Nr. 16394 (= Br.1 neu) und 16395 (= Br.2 neu), Probenahme am 26.9.2023.- Mikrobiologisches Labor Dachau, 16.11. 2023 (s.a. Anhang G4);

technische Unterlagen, Pumpversuchsdaten, Baupläne etc.:

\t1\ Messung der Quellschüttungen, Quellfassung Garatshausen / Feldafing (bei Dauer-PV 24.10.- 3.12.2012).- Messungen 15.10.- 31.12.2012 durch Zweckverband Feldafing-Pöcking (s. Anl.9g-3);

\t2a\ Rohrnetzberechnung Verbandsgebiet: Beilage 2 (Übersichtslageplan 1:9.000).- IB Kienlein, Buch am Erlbach, 30.5.2017;
\t2b\ Rohrleitungsbau Anbindung Brunnen Garatshausen - ENTWURFSPLANUNG: Erläuterungsbericht inkl. Versorgungsschema und Berechnung des Wasserverbrauchs 2007-2019 und des künftigen Wasserbedarfs, Bestandspläne.- IB Kienlein, Buch am Erlbach, 16.12.2020 (= Anhang A1: Deckblatt + S.1-10 und Anhang A2: Versorgungsschema);
\t2c\ Angaben zur Pumpenauslegung.- IB Kienlein, e-mail v. 17.9.2024;

\t3\ Angaben zur Wasserförderung und Verbrauch.- WV Feldafing Pöcking (e-mails vom 17.5.23, 31.5.23, 12.6.23, 27.7.23, 31.7.23, 1.8.23, 4.8.23, 28./29.8.23 und 21.9.23):
\t3a\ Datei "Wassermengen12-22.xlsx" - jährliche Förder- u. Verkaufsmengen 2012-2022 (= Anhang B1);
\t3b\ Datei: "ZFPG_SEBAM_2010-22.xls" - Zusammenstellung der monatlichen und jährlichen Fördermengen aus SEBAMquant - Dateien 2010 - 2022 (= Anhang B2);
\t3c\ Dateien: "Wasserverluste-Berechnung_12-22.xls" - Berechnung der Wasserverluste 2012-2022 nach DVGW W 392 (s. Anl.3c);
\t3d\ Wasserzulieferung Maising 2013-2022.- e-mail AWA-Ammersee, 3.5.2023 (s. Anl.3c + Anhang B1);
\t3e\ Datei "Verbräuche_ Stand-11.05.2023- 7Uhr.xlsx" - Tages-Maxima der Entnahmemengen 01/2019-04/2023 für Feldafing und Pöcking (= Anhang C);
\t3f\ Datei "Tages-Spitzenverbräuche_12_20-05_23.xlsx" -Verbrauchsmengen: Tages-Spitzenwerte Feldafing und Pöcking (= Anhang D);

\t4\ Technische Pläne.- Kiffer Anlagentechnik, Türkenfeld, 30.11.2021 (erh. v. WV, e-mail 20.7.2023):
- Rohrleitungsbau Anbindung Br.1 + 2, Montageplan - Gebäudeverrohrung m. Armaturen, M = 1:25;
- Fertigungsplan Brunnenkopf DN 1200, Br. 1 + 2, M = 1:25;
- Plan Steigleitung Br.1 + 2, o.M.;

\t5\ Datenblätter der Brunnenpumpen.- KSB SE & Co. KGaA, 12.1.2022 (erh. v. WV, e-mail 14.6.2023), (= Anhang E1+E2);

\t6\ Übersichts-Netzplan 1:25.000.- WV, e-mail 17.11.2023 (s. Anl.1d);

\t7\ Excel-Dateien GW-Stände .- WV, e-mail 5.12.2023 (= Anhang I1 + I2);

\t8\ Grundstücksverzeichnis n. § 12 WPBV.- Excel-Tabellen von WV, e-mail 23.9.2024 (= Anhang K);

amtliches Kartenmaterial:

\k1\ TK25 - Topographische Karte 1:25.000, Blatt 8033 Tutzing.- Bayer. Vermessungsverwaltung (BayernAtlas) und TopMapsViewer Bayern;

\k2\ Flurkarte und Höhenflurkarte 1:5.000, Blatt SW.10-11 und SW.11-10.- Vermessungsamt Starnberg;

\k3\ DFK - Digitale Flurkarte (Ausschnitt);

\k4\ Luftbild, Stand 07/2022.- BayernAtlas;

\k5\ dGK25 - Digitale Geologische Karte von Bayern 1:25.000, Blatt 8033 Tutzing.- Bayer. Landesamt für Umwelt (Augsburg, 2021) und BayernAtlas;

\k6\ BK50 - Standortkundliche Bodenkarte von Bayern 1:50.000, Blatt L8132 Weilheim i. OB.- Bayer. Geol. Landesamt, München (BGLA, 1987) und UmweltAtlas Bayern;

\k7\ FINweb - Fachinformationssystem Naturzschutz in Bayern.- Internet Download.

2 LAGE UND BESCHREIBUNG DER BRUNNEN

2.1 LAGE, GEOGRAFISCHE BESCHREIBUNG

Die Lage der Garatshausener Brunnen (**Br. G1 + G2**) sowie der weiteren Brunnen, Versuchsbohrungen und GW-Meßstellen (s. Kap.2.3) im näheren und weiteren Brunnenumfeld wird in den Lageplänen der Anlagen 1a-c gezeigt.
Ihre geografischen und geologischen Eckdaten sind in Anlage 3a als tabellarische Übersicht zusammengestellt.

Die Brunnen G1 und G2 liegen in einer rund 1 km² großen Waldfläche am Süd-Rand des Gemeindegebiets Feldafing, westlich des Feldafinger Ortsteils Garatshausen, der direkt nördlich an die Gemeinde Tutzing anschließt. Das Gelände fällt von der Lokalität Pfaffenberg (670 mNN) bis zur Bahnlinie München - Garmisch-Partenkirchen nach Osten ein. Der tiefste Geländebereich wird am Starnberger See bei dessen mittlerem Wasserstand von 584,2 mNN (Angabe aus \k1\) erreicht. Die beiden Brunnen sind etwa 1 km vom westlichen Seeufer entfernt und weisen eine Geländehöhe von rund 645-650 mNN auf.
Das Waldgebiet wird von drei Bächen, die nach Westen bis Südosten zum See als Haupt-Vorflut abfließen, durchzogen. Die sind von Süd nach Nord der Kalkgraben, der Säggraben und der Hagergraben. Die Bachgerinne sind teilweise v.a. in ihrem östlichen Teil tief in das umgebende Gelände eingeschnitten.
In einer Entfernung von 1,5-1,8 km von den Brunnen in westsüdwestlicher Richtung beginnt die Weiher-Landschaft um den Deixlfurter See (Wsp. 694,0 mNN). Der in Anlage 1a dargestellte “Lange Weiher” war früher künstlich aufgestaut und ist derzeit nicht befüllt. Der Abfluss aus den Deixlfurter Seen läuft über den Langen Weiher nach Nordosten, wo er durch ein künstliches Bauwerk in den Deixlfurter Bach (Richtung Traubing) und den Starzenbach (Richtung Feldafing) aufgeteilt wird. Beide Bäche sind für ihre Hochwasser-Gefahr bei Stark-Niederschlägen bekannt.
Im Bereich des Höhenrückens mit maximal 685 mNN Höhe, der sich vom südlichen Ortsrand Feldafings nach Südwesten zum Pfaffenberg zieht, verläuft auch die Gemeindegrenze zwischen Feldafing (im Osten) und Tutzing. In diesem Bereich sind einige anmoorige Gebiete, die in der TK25 meist als Naturdenkmäler (“ND”) klassifiziert sind, eingezeichnet (im Norden: “Geigerfilz” und “Sattelwiese”, im Süden: “Märchenwiese” und “Schlagberg”).

2.2 TECHNISCHE BESCHREIBUNG DER BRUNNENBAUWERKE

Die beiden Brunnen wurden im Zeitraum April-Juli 2012 errichtet. Die Bohrpunkte liegen gemäß Anlage 1a-c nahe den 2004 abgeteuften Vorbohrungen P7 (–> Br. G1: 76 m) und P8 (–> Br. G2: 67 m).

Lage- und Höhenangaben der Brunnen G1 und G2 (s.a. Anl.3a):

Im Bereich um die Brunnenbohrungen waren die Arbeitsflächen aufgekiest und das Planum am jeweiligen Bohr-Ansatzpunkt als Geländeoberkante (**AP = GOK**) definiert worden. Dessen Höheneinmessung ist mittels Nivellement, ausgehend von den benachbarten GW-Meßstellen erfolgt.

	Br. G1	**Br. G2**
Objektkennzahl:	4110/8033/00236	4110/8033/00232
Flur-Nummer:	1143, Gmkg.+ Gde. Feldafing	1129, Gmkg.+ Gde. Feldafing
Koordinaten - GK4)	RW 4446498 / HW 5310017	RW 4446308 / HW 5309722
- UTM)	32 T 670513, 5310608	32 T 670334, 5310306
Ansatzhöhe (**GOK**):	644,50 mNN (DHHN92)	649,92 mNN (DHHN92)

provisorischer Brunnenkopf (bis Ende 2022: Stahl-Deckel mit 6"-Peilöffnung auf Sperr-Rohr):

Höhe Messpunkt (**MPOK**):	645,92 mNN	651,02 mNN
OK Brunnendeckel:	645,82 mNN	650,94 mNN
OK Sperrohr:	645,80 mNN	650,92 mNN

Brunnenkopf (seit Ende 2022: *) aus \t4\: DHHN2016, e-mail WV 1.8.23):

OK Flansch Steigleitung:	645,50 mNN*	650,89 mNN*
Höhe Messpunkt (MPOK):	**645,39 mNN**	**650,78 mNN**
OK Brunnendeckel:	645,35 mNN	650,74 mNN

Beide Brunnenbohrungen wurden bis zu ihrer jeweiligen Endteufe bei 43 m bzw. 48 m u.GOK (GOK = OK Gelände) im Trockenbohrverfahren mittels Seilgreifer abgeteuft.

Die geologischen Schichtenprofile und Brunnenausbaupläne werden in Anlage 4-1a und 4-1b grafisch und nachfolgend in tabellarischer Form dargestellt (technischer Brunnenausbau nach Angaben der Bohrfirma). Detailpläne der Brunnen (Außenanlagen, Ansichten und Schnitte) sind Anlage 2-1 und 2-2 zu entnehmen.

Brunnen G1:

Bohr-Durchmesser:	bis 30,0	m u.GOK:		1.200 mm
	bis 43,2	m u.GOK:		900 mm
Ausbau-Material:	VA-Stahl (1.4301) m. ZSM-Verbindung			DN 500
- Einbaurohr:	+1,1 - 1,9	m u.GOK (Gewinde)		
- Aufsatzrohre:	1,9 - 34,9	m u.GOK		
- Filterrohr (Schlitzbrücke):	34,9 - 39,9	m u.GOK	(Schlitzweite 2,5 mm)	
- Sumpfrohr (m .Bodenkappe):	39,9 - 42,9	m u.GOK		
Peilrohre (2 Stk., m. Bodenkappe):	PVC, geschlitzt (SW: 1 mm; WS: 6 mm)			DN 50
- Tiefe:	+0,6 - 42,9	m u.GOK	(180° versetzt, im Ringraum)	
Sperr-Rohr (m. Fußflansch):	Stahl (WS: 12 mm)			DN 880
- Tiefe:	+1,3 - 20,0	m u.GOK		
Abdichtung Sperr-Rohr:				
- Quellton-Dichtung:	0,0 - 2,5	m u.GOK		
- Dämmer-Dichtung:	2,5 - 19,0	m u.GOK	(Schwenk Füllbinder H)	
- Gegenfilter (Filter-Sand):	19,0 - 20,0	m u.GOK		
Ringraum-Verfüllung mit Quarz-Filterkies:				
- KG 3,2-5,6 mm:	2,5 - 30,0	m u.GOK		
- KG 5,6-8,0 mm:	30,0 - 40,0	m u.GOK		
- KG 3,2-5,6 mm:	30,0 - 43,2	m u.GOK		

Abschlussbauwerke (aus \t2b\ und \t4\):

Brunnenkopf:	VA-Stahl (1.4571) mit Mauerflansch und Fugenband 0,85 - 0,15 m ü.GOK (DN 1200)
Brunnenhaus:	Brunnenhaus mit Flachdach
OK Bodenplatte:	RFB ± 0,00 = 644,80 mNN (DHHN2016)
Brunnenpumpe (s. Anhang E1):	KSB UPA S 200-52/6 (mit Kühlmantel) frequenzgesteuert (FU)
- Nenn-Förderleistung: 14,2 l/s bei	H = 139,3 m (geodät. Höhe ca. 100 m + Leitungsverlust)
(lt. Typenschild Brunnenhaus:	"*Q = 14,72 l/s bei H = 148,21 m*")
- Max. Förderleistung: 15 l/s bei	H = 135 m (aus \t2c\ und Anhang E1)
- Einbautiefe, UK Pumpe (s. \t4\)	41,5 m u.GOK ("*42,5 m u.Flansch*" bzw. "*603,0 mNN*")
- Steigleitung (s. \t4\)	Material VA 1.4571 (ZSM-Verbind., PN25) DN 100

Messeinrichtungen im Brunnenhaus: Wasserstandssonde, MID, Druck- und Strömungs-Wächter, Datenfernübertragung (Fa. Zach)

Brunnen G2:

Bohr-Durchmesser:	bis 26,5	m u.GOK:		1.200 mm
	bis 48,0	m u.GOK:		900 mm
Ausbau-Material:	VA-Stahl (1.4301) m. ZSM-Verbindung			DN 500
- Einbaurohr:	+0,5 - 2,5	m u.GOK (Gewinde)		
- Aufsatzrohre:	2,5 - 39,5	m u.GOK		
- Filterrohr (Schlitzbrücke):	39,5 - 44,5	m u.GOK	(Schlitzweite 2,5 mm)	
- Sumpfrohr (m .Bodenkappe):	44,5 - 47,5	m u.GOK		
Peilrohre (2 Stk., m .Bodenkappe):	PVC, geschlitzt (SW: 1 mm; WS: 6 mm)			DN 50
- Tiefe:	+0,5 - 47,5	m u.GOK	(180° versetzt, im Ringraum)	
Sperr-Rohr (m. Fußflansch):	Stahl (WS: 15 mm)			DN 880
- Tiefe:	+1,0 - 25,5	m u.GOK		
Abdichtung Sperr-Rohr:				
- Quellton-Dichtung:	0,0 - 3,0	m u.GOK		
- Dämmer-Dichtung:	3,0 - 25,0	m u.GOK	(Schwenk Füllbinder H)	
- Gegenfilter (Filter-Sand):	25,0 - 25,5	m u.GOK		
Ringraum-Verfüllung mit Quarz-Filterkies:				
- KG 2,0-3,2 mm:	3,0 - 32,0	m u.GOK		
- KG 5,6-8,0 mm:	32,0 - 48,0	m u.GOK		

Abschlussbauwerke (aus \t2b\ und \t4\):

Brunnenkopf:	VA-Stahl (1.4571) mit Mauerflansch und Fugenband 0,82 - 0,12 m ü.GOK (DN 1200)
Brunnenhaus:	Brunnenhaus mit Flachdach OK Bodenplatte RFB: ± 0,00 = 650,20 mNN (DHHN2016)
Brunnenpumpe (s. Anhang E2):	KSB UPA S 200-52/7 (mit Kühlmantel) frequenzgesteuert (FU)
- Nenn-Förderleistung: 13,6 l/s bei (lt. Typenschild Brunnenhaus:	H = 149,4 m (geodät. Höhe ca. 100 m + Leitungsverlust) "*Q = 14,72 l/s bei H = 172,92 m*")
- Max. Förderleistung: 17 l/s bei	H = 135 m (aus \t2c\ und Anhang E2)
- Einbautiefe, UK Pumpe (s. \t4\)	45,9 m u.GOK ("*46,9 m u.Flansch*" bzw. "*604,0 mNN*")
- Steigleitung (s. \t4\)	Material VA 1.4571 (ZSM-Verbind., PN25) DN 100
Messeinrichtungen im Brunnenhaus:	Wasserstandssonde, MID, Druck- und Strömungs-Wächter, Datenfernübertragung (Fa. Zach)

Bei der Errichtung der Abschlussbauwerke wurde jeweils das Sperr-Rohr gemäß Anlage 2-2a und 2-2b auf 645,00 mNN (Br. G1) bzw. 650,42 mNN (Br. G2) gekürzt (ebenfalls wurde das ursprünglich 3 m lange Einbaurohr VA DN 500 entsprechend gekürzt) und ein in die Bodenplatte des Brunnenhauses einbetonierter Brunnenkopf übergestülpt.

Zur technischen Abnahme der Brunnen wurde am 18.12.2012 durch die Fa. BRG je eine **TV-Untersuchung** durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Form von je einem Untersuchungsbericht dokumentiert. Sie ergaben keine Hinweise auf technische Mängel.
Die Auflandung im Brunnensumpf war gering und betrug an beiden Brunnen ca.0,15 m.
Im Zuge des Leistungs-Pumpversuchs an Br. G1 war im März 2019 eine erneute Kamerabefahrung erfolgt, die auch keine nennenswerten Mängel erkennen ließ.

2.3 BENACHBARTE BRUNNEN, GW-MESSTELLEN, QUELLEN

Die Lage der benachbarten Brunnen, Quellen, GW-Meßstellen und Bohrungen im näheren und weiteren Umfeld der Brunnen G1 und G2 ist aus Anlage 1a-c ersichtlich.
Ihre **geografischen und hydrogeologischen Daten** sowie die der neuen Brunnen werden im Datenblatt der Anlage 3a tabellarisch zusammengefasst.
Die Lage (GK4 / Gauß/Krüger-Koordinaten) der benachbarten GW-Aufschlüsse wurde mittels GPS-Gerät (Genauigkeit ± 3-4 m) sowie aus dem BayernAtlas, deren Höhen (mNN) mit Nivelliergerät (in den damaligen Bezugssystemen DHHN92 bzw. DHHN12) bestimmt.

Die Ausbaupläne und Schichtenprofile der **GW-Meßstellen** liegen in Anlage 4-2a bis 4-2g bei (P1-P3, P5-P8).
Zur geologischen Beschreibung der Bohrergebnisse wird auf Kapitel 4.2 verwiesen.
Die ältesten der genannten GW-Meßstellen sind **P1** und **P2** (oberhalb der Bahnlinie), **P3** (an der Straße Garatshausen-Traubing) und **P4** (Richtung Deixlfurter See). Sie wurden 1991 bzw. 1992 im Zuge der ersten Vorerkundung errichtet und weisen Bohr- und Ausbautiefen von 37,5 / 32 m (P2) bis 118 / 90 m (P4) auf. Die beiden je ca.70 m tiefen GW-Meßstellen **P5** und **P6** wurden 2004 als Erkundungsbohrungen zur weiteren Untersuchung des Brunnenstandorts Pfaffenberg abgeteuft. Meßstelle P5 befindet sich 650 m nordöstlich von Br. G1 und 730 m nordnordöstlich von Br. G2. GW-Meßstelle P6 liegt 10 m vom **Br. P1** (s.u.) entfernt und etwas

über 1.000 m ostnordöstlich der Brunnen G1 und G2. Ebenfalls 2004 wurden die Versuchsbohrungen **P7** und **P8** (je ca. 42 m tief) im Waldgebiet westlich von Garatshausen zwischen Hagergraben im Norden und Kalkgraben im Süden abgeteuft und als GW-Meßstellen ausgebaut.

Nordwestlich der Lokalität Pfaffenberg war im Jahr 2011 ein neuer **Trinkwasserbrunnen (Br. P1) für die Gemeinde Tutzing** errichtet worden, für den mittlerweile eine wasserrechtliche Genehmigung erteilt und ein Wasserschutzgebiet (s. Anl.1a) ausgewiesen worden ist.
Nach der Fertigstellung des Brunnens Pfaffenberg wurden durch die Gemeinde Tutzing Ende 2012 / Anfang 2013 noch 2 weitere Bohrungen als Anstrom-Meßstellen südwestlich (**P9**: 85 m tief) und nordwestlich (**P10**: 76 m tief) des Brunnenstandorts niedergebracht (s. Anl.4-2h, -2i).

Quellen Garatshausen:
Unterhalb der Bahnlinie München-Garmisch treten im Bereich zwischen dem OT Garatshausen (Gde. Feldafing) und dem nördlichen Ortsrand von Tutzing (Kalkgraben) entlang eines Quellhorizontes mehrere gefasste und ungefasste Quellen aus. Diese werden von Norden nach Süden mit **Q-F** (Quelle WV Feldafing: Haupt- und Taxis-Quelle), **Q-A** (Arco-Quelle), **Q-P** (Pischetsrieder Quelle) und **Q-K** (Quelle Kalkgraben) bezeichnet. Die Quellschüttung aus dem gesamten Quellhorizont beträgt geschätzt um 20 l/s.
Diese Quellaustritte werden aus dem gleichen GW-Vorkommen gespeist, das durch die beiden Garatshauser Brunnen (Br. G1 und G2) sowie der Brunnen Pfaffenberg (Br. P1) erschossen wird.
Das Quellwasser zur Trinkwassergewinnung aus Q-F wird über ein Pumpwerk in das Netz gedrückt.

Neben den GW-Meßstellen sind noch einige **Privatbrunnen** zur Wasserversorgung von Anwesen im Außenbereich zwischen Tutzing, Traubing und Feldafing vorhanden:

BM - Flachbrunnen (?), Schlagberg, nördliches Anwesen;
BH - Brunnen Gärtnerei, ca. 50 m tief;
BE - Brunnen Privatanwesen im Geigerfilz, ca. 37 m tief.

3 WASSERGEWINNUNG, -VERTEILUNG, FÖRDER- UND VERBRAUCHSMENGEN

3.1 WASSERGEWINNUNG UND -VERTEILUNG

Die beiden Gemeinden Feldafing (inkl. OT Garatshausen und Wieling) und Pöcking (inkl. OT Aschering, Niederpöcking und Possenhofen) werden bislang aus den beiden Brunnen bei Aschering (**Br. A1 + A2**) und der Quellfassung in Garatshausen (**Q-F**) mit Trinkwasser versorgt (s. Anl.1a und 1d). In Zeiten erhöhten Wasserverbrauchs oder beim Ausfall einer der Brunnenpumpen bzw. der Quellfassung wird zusätzlich Wasser aus einem der 5 ehemaligen Trinkwasserbrunnen bei Wieling (**Br. W4:** "Behelfsbrunnen") zugefördert.
Die OT Maising und Seewiesen erhalten ihr Trinkwasser über Fremdbezug (WG4SL).

Angaben der WV zur Wassergewinnung wurden aus \t3a\-\t3f\ entnommen.
Nach dem im Anhang A2 beiliegenden Versorgungsschema (aus \t2b\) wird das aus den beiden Ascheringer Brunnen geförderte Rohwasser zunächst vor Ort über eine Aufbereitungsanlage (Belüftung und Filtration zur Enteisenung und Entmanganung) geführt. Das Reinwasser wird dann über ein Pumpwerk zum neuen Hochbehälter (**HB**) Kalvarienberg (V = 5.000 m³, H = 710,5 mNN) am Nord-Rand von Feldafing gepumpt und von dort in die Rohrnetze von Pöcking und Feldafing abgegeben. Die Gemeinde Feldafing erhält i.d.R. nur einen relativ geringen Teil aus dem HB Feldafing, da von der anderen Seite her das mittels einer Freispiegel-Leitung abgeleitete Wasser aus der Quellfassung Q-F in Garatshausen über den Saugbehälter (**SB**) mit Pumpwerk (V = 200 m³, H = 600,4 mNN) in das Netz eingespeist wird. Überschüssiges Quellwasser wird durch das Netz bis in den HB gedrückt. Die Pumpe im Saugbehälter weist nach dem Versorgungs-Schema eine Förderleistung von 9-10 l/s auf. Die über diese Menge hinausgehende Quellschüttung wird als Überwasser in einen Graben abgeleitet.
Zur Versorgung des Ortsteils Aschering wurde vor einigen Jahren ein neuer Hochbehälter errichtet (HB Aschering: V = 400 m³, H = 697 mNN), der mit dem aufbereiteten Reinwasser aus den Ascheringer Brunnen befüllt wird. Der durchschnittliche Verbrauch für Aschering wird mit ca. 50 m³/d angegeben (s. mail WV: 12.6.2023).

Mit der Inbetriebnahme der beiden neuen Brunnen bei Garatshausen (Br. G1, Br. G2) soll die Wasserförderung aus der hinsichtlich der Schützbarkeit problematischen Quellfassung Q-F und dem Br. W4 ersetzt werden.

3.2 ANGABEN ZU FÖRDER- UND VERBRAUCHSMENGEN

3.2.1 BISLANG GENEHMIGTE ENTNAHMEMENGEN

Nach den vorliegenden Wasserrechtsbescheiden sind / waren folgende Entnahmemengen genehmigt:

1) Brunnen 1+2 Aschering (Br. A1 und A2):
- WR-Bescheid vom 28.7.1999 (gehobene Erlaubnis), ist zum 31.12.2019 ausgelaufen;
- genehmigt waren hierin folgende Entnahmemengen für beiden Brunnen:
  - größte momentane Entnahmemenge (Q_{max}): 21 l/s (bzw. 75,6 m³/h), (Br.A1: Q_{max} = 14 l/s, Br.A2: Q_{max} = 7 l/s);
  - größte tägliche Entnahmemenge ($Q_{d\text{-}max}$): 1.800 m³ (bzw. 20,8 l/s);
  - größte jährliche Entnahmemenge ($Q_{a\text{-}max}$): 473.000 m³ (bzw. 15 l/s).

2) Quelle Feldafing / Garatshausen (Q-F: “Quellfassung Garatshausen” und “Taxis-Quelle”):
- Erlaubnis-Bescheid von 18.7.1986 (s.\1a\) und beschränkte Erlaubnis vom 14.2.2014, abgelaufen am 31.12.2016 (s. Schr. LRA STA v. 23.5.2018);
- genehmigte Ableitung: Q_{max}: bis 16 l/s und $Q_{a\text{-}max}$: 378.000 m³/a (= 12 l/s);
- Eine erneute Beantragung des Wasserrechts war am 31.7.2017 durch den Wasserversorger (WV) eingereicht worden. Da die Antragsunterlagen unvollständig waren, wurde das Verfahren durch das LRA Starnberg jedoch nicht weitergeführt.
- Da die Bahnlinie München - Garmisch-Partenkirchen unmittelbar durch den brunnennahen Anstrombereich (Zone II) der Quellfassung verläuft und hier zudem Bachwasser versickern kann, ist eine ausreichende Schützbarkeit der Quellfassung nicht gegeben.
- Eine Fortführung der Quellwasser-Nutzung zur Trinkwasserversorgung wird daher - auch aufgrund des Sanierungsbedarfs der Fassungsanlagen - nicht weiter verfolgt.
- Ein **Ersatz des von der Quelle** Feldafing gelieferten Wassers kann durch die **Br. G1 und G2** erfolgen.

3) Brunnen IV Wieling (Br. W4):
- gehobene Erlaubnis vom 20.12.2006, gültig bis 31.12.2010: Es waren für den Br. W4 folgende Mengen genehmigt: Q_{max}: 17 l/s, $Q_{d\text{-}max}$: 1.400 m³/d und $Q_{a\text{-}max}$: 100.000 m³/a;
- beschränkte Erlaubnis (Nutzung als Reservebrunnen bei Versorgungs-Engpässen) ist am 31.12.2014 abgelaufen;
- Für die übrigen 4 Brunnen liegt keine Genehmigung mehr vor (deren Verfüllung / Rückbau wurde vom LRA wiederholt angemahnt und steht aber noch aus);
- Die erneute Beantragung des Wasserrechts am 31.7.2017 durch den WV wurde seitens des LRA Starnberg abgelehnt (s.o.);
- Es besteht nach wie vor der Wunsch und auch die Notwendigkeit, den Br. W4 wie bisher zumindest zeitweise als “**Behelfsbrunnen**” (gem. LfU-MB 1.1/3) im Bedarfsfall zu nutzen, um eine Versorgungslücke zu vermeiden.

Der Notverbund zwischen den HB Aschering und Seebuchet (WG4SL) wird derzeit aufgrund von Problemen mit der Mischbarkeit der Wässer nicht genutzt. Die Verbundleitung wird jedoch täglich gespült (n. Ang. WV).

Die bislang genehmigten Wassermengen der Wassergewinnungen (**WG**) Aschering, Garatshausen und Wieling werden in Tabelle 1 zusammengestellt. Das zutage geförderte Grundwasser dient v.a. der Trinkwasserversorgung (einschließlich Löschwasserbereitstellung).

Tab.1: Wasserversorgung Feldafing-Pöcking - bisher genehmigte Entnahmemengen

Gewinnungsgebiet (Brunnen, Quelle)		**WG Aschering Brunnen A1+A2** (- 2019) (Br. A1+A2)	**WG Feldafing Quelle Garatshausen** (- 2016) (Q-F)	***WG Wieling Brunnen W4*** *(Reserve, - 2014)* *(Br. W4)*	**Summe** (ohne WG Wieling)
$\mathbf{Q_{max}}$ max. kurzeitig	[l/s]	21	16	*(17)*	**37**
$\mathbf{Q_{d\text{-}max}}$ max. täglich	[m³/d]	1.800	ca. 1.300	*(1.400)*	**3.100**
$\mathbf{Q_{a\text{-}max}}$ max. jährlich	[m³/a]	473.000	378.000	*(100.000)*	**851.000**

Bei einem Entfall der Quelle Garatshausen und des Wielinger Behelfsbrunnens müsste deren bisher genehmigte Jahresmenge von insgesamt 478.000 m³ (bzw. 15,2 l/s) durch die beiden neuen Brunnen bei Garatshausen mindestens ersetzt werden.
Als bislang genehmigte Gesamtmenge für **alle Wassergewinnungen der WV** (ohne WG Wieling) ergeben sich max. **851.000 m³/Jahr** (= bzw. gemittelte Dauerförderung von $\mathbf{Q_{ø} = 27\ l/s}$). Sie liegt etwas über der tatsächlichen Jahres-Gesamtmengen (s. Tab.2b) der Jahre 2007-17 (Ø: 713.127 m³/a bzw. 22,6 l/s) und 2018-22 (Ø: 674.621 m³/a bzw. 21,4 l/s).
Gegenüber den genehmigten Entnahmemengen werden aus Q-F und Br. A1+A2 derzeit deutlich geringere Wassermengen entnommen (s.a. Kap.3.2.2, Tab.2a). Nach Angaben des WV (mdl. Mittlg. Hr. Reiter v. 1.9.2023) fördern Br. A1 z.Zt. mit 7 l/s und Br. A2 mit 5 l/s im Dauerbetrieb (24 h/Tag). In trockenen Jahren (wie auch heuer seit Mitte Juli 2023) kann die Schüttung der Quelle Garatshausen deutlich zurückgehen (auf ca. 8 l/s/). In diesem Fall und bei Reparaturen o.ä. an den Ascheringer Brunnen muss bislang aus dem Br. W4 eine entsprechend große Wassermenge zugespeist werden, um die Versorgung aufrecht zu erhalten.

3.2.2 JÄHRLICHE WASSERMENGEN

Langjährige und aktuellen Aufzeichnungen zur Wasserförderung und Wasserverbrauch finden sich in \t2b\ (s. Anhang A1) und \t3a\+\t3b\ (s. Anhang B1 und B2).
Aus der Wasserförderung und dem Zukauf errechnet sich die **gesamte Netzeinspeisung (Q_N)**, wie diese in Anhang B1 angegeben wird.
Eine **Berechnung der Wasserverluste** nach DVGW Arbeitsblatt W 392 für die Jahre 2012-2022 liegt in \t3c\ (s.a. Anl.3c) vor.

Die Wasserförderung (Q_F) aus den Brunnen Aschering und Wieling bzw. die Quellwasser-Ableitung in Garatshausen wird für alle Wassergewinnungsanlagen (**WGA**) getrennt in den **amtlichen Meldeblättern** ("*SEBAMquant*": s. \t3b\, Anhang B2) erfasst. Zum einen erfolgt die Messung an in den Brunnenhäusern mittels MID, zum anderen wird die Menge des ins Netz eingespeisten Quellwassers am Saugbehälter (= Pumpwerk, s. Anl.1a+d) mittels Wasserzähler erfasst.
Die SEBAMquant-Daten von 2010-2022 wurden in einer Excel-Datei zusammengefasst (s. Anhang B2), um hieraus die Jahressummen und -maxima zu berechnen, die dann wiederum in Anlage 3c und Tabelle 2a-c übernommen wurden.

Der OT Maising der Gemeinde Pöcking wird mit Fremdwasserbezug von der WG4SL versorgt. Die zugekauften Wassermengen (Q_z) werden ebenfalls in Anlage 3c aufgelistet (aus \t3d\ bzw. Anhang B1). Eine gesonderte Erfassung des Wasserverbrauchs in Maising liegt nach Angaben des WV nicht vor (mdl. Mittl. Hr. Reiter, 29.8.2023).

Die Abgabemengen (Q_A) aus den Hochbehältern Feldafing und Aschering (HB: s. Anl.1a+1d) in das Leitungsnetz und die verkauften Wassermengen wurden für die Gemeinden Feldafing und Pöcking ebenfalls getrennt erfasst (s. \t2b\, \t3a\ und e-mail WV vom 31.7.2023).

Eine Zusammenstellung der jährlichen Wassermengen in den vergangenen Jahren kann der Anlage 3c (2012-2022) sowie Tabelle 2a+b (2007-2022) entnommen werden.

(Anm.: Mit der Einführung des neuen DVGW Arbeitsblattes W 392 i.d.F. 09/2017 wurden die Größen Q_N durch Q_E und Q_{AI} durch Q_{AR} ersetzt. Die Bedeutung der Abkürzungen ist Anlage 3c zu entnehmen.)

Tab.2a: Jahreswerte Wasserförderung / -ableitung (Q_F), 2007 - 2022

Jahr	Br. Aschering (Q_{F-A})						Qu. Garatshausen (Q_{F-Q})		Br. Wieling (Q_{F-W})	
	Br. A1		Br .A2		Σ Br. A1+A2		Q-F		Br. W4	
	[m³/a]	Ø [l/s]	[m³/a]	Ø [l/s]	[m³/a]	Ø [l/s]	[m³/a]	Ø [l/s]	[m³/a]	Ø [l/s]
2007	297.938	9,4	124.906	4,0	422.844	13,4	270.601	8,6	34.360	1,1
2008	389.873	12,4	133.693	4,2	523.566	16,6	269.629	8,6	11.422	0,4
2009	332.761	10,6	111.115	3,5	443.876	14,1	287.060	9,1	64.377	2,0
2010	231.713	7,3	143.555	4,6	375.268	11,9	284.203	9,0	85.774	2,7
2011	198.626	6,3	189.356	6,0	387.982	12,3	322.364	10,2	21.953	0,7
2012	204.024	6,5	171.693	5,4	375.717	11,9	302.904	9,6	8.289	0,3
2013	202.015	6,4	166.208	5,3	368.223	11,7	303.185	9,6	46.351	1,5
2014	201.433	6,4	163.557	5,2	364.990	11,6	293.254	9,3	21.398	0,7
2015	182.272	5,8	168.599	5,3	350.871	11,1	278.975	8,8	35.898	1,1
2016	193.459	6,1	166.441	5,3	359.900	11,4	272.238	8,6	14.179	0,5
2017	180.854	5,7	156.493	5,0	337.347	10,7	268.796	8,5	36.607	1,2
Ø 07-17	***237.724***	***7,5***	***154.147***	***4,9***	***391.871***	***12,4***	***286.655***	***9,1***	***34.601***	***1,1***
2018	177.906	5,6	144.378	4,6	322.284	10,2	256.806	8,1	82.506	2,6
2019	175.335	5,6	162.605	5,2	337.940	10,7	269.155	8,5	60.529	1,9
2020	173.777	5,5	170.346	5,4	344.123	10,9	311.572	9,9	33.158	1,1
2021	178.694	5,7	166.179	5,3	344.873	10,9	300.424	9,5	22.783	0,7
2022	209.094	6,6	135.206	4,3	344.300	10,9	300.369	9,5	42.284	1,3
Ø 18-22	**182.961**	**5,8**	**155.743**	**4,9**	**338.704**	**10,7**	**287.665**	**9,1**	**48.252**	**1,5**

(2008-2017: Angaben aus \t2b\, S.7; 2010-2022: Angaben aus \t3b\)

Die **mittleren Entnahmemengen** (Ø) lagen für beide Brunnen A1+A2 im Zeitraum 2007-2017 mit 392.000 m³ (entsprechend einer Dauerentnahme von 12,4 l/s) deutlich höher als im Folge-Zeitraum 2018-2022 mit 339.000 m³/a (≙ 10,7 l/s). Die durchschnittliche Ableitung aus der Quelle Garatshausen blieb in den betrachteten Zeiträumen mit rund 287.000 m³/a (≙ 9,1 l/s) nahezu gleich, wobei die mittleren Jahresmengen von 8,1-10,2 l/s schwanken können. Aus dem Brunnen 4 Wieling wurden im Zeitraum 2007-2017 im Mittel 34.600 m³/a (≙ 1,1 l/s), im Zeitraum 2018-2022 im Mittel 48.300 m³/a (≙ 1,5 l/s) gefördert, wobei die Entnahmemengen sehr variabel sind (8.000 - 86.000 m³/a).

Tab.2b: Jahresmengen Wasserförderung / Wasserverkauf, 2007 - 2022

Jahr	Fördermengen				Verkaufsmengen		
	WGA Aschering Σ Br.A1+2 (Q_{F-A})	WGA Feldafing, Qu. Gar. (Q_{F-Q})	WGA Wieling (Q_{F-W})	Förderung gesamt (Q_F)	in Rechnung gest. Wasserabgabe (Q_{AI} , Q_{AR})		
					Feldafing	Pöcking	gesamt
	[m³/a]	[m³/a]	[m³/a]	[m³/a]	[m³/a]	[m³/a]	[m³/a]
2007	422.844	270.601	34.360	727.805	330.150	331.064	661.214
2008	**523.566**	269.629	11.422	**804.617**	345.000	**335.537**	**680.537**
2009	443.876	287.060	64.377	795.313	**367.166**	284.432	651.598
2010	375.268	284.203	**85.774**	745.245	347.116	299.502	646.618
2011	387.982	**322.364**	21.953	732.299	349.175	298.506	647.681
2012	375.717	302.904	8.289	686.910	330.054	304.132	634.186
2013	368.223	303.185	46.351	717.759	295.115	306.674	601.789
2014	364.990	293.254	21.398	679.642	311.662	305.778	617.440
2015	350.871	278.975	35.898	665.744	280.250	311.180	591.430
2016	359.900	272.238	14.179	646.317	325.283	314.255	639.538
2017	337.347	268.796	36.607	642.750	318.191	310.885	629.076
Ø 07-17	***391.871***	***286.655***	***34.601***	***713.127***	***327.197***	***309.268***	***636.464***
$Q_{a\text{-}max}$ 2007-17	***523.566***	***322.364***	***85.774***	***804.617***	***367.166***	***335.537***	***680.537***
Ø 12-17	**359.508**	**286.559**	**27.120**	**673.187**	**310.093**	**308.817**	**618.910**
2018	322.284	256.806	**82.506**	661.596	325.463	316.130	641.593
2019	337.940	269.155	60.529	667.624	**331.301**	307.221	638.522
2020	**344.123**	**311.572**	33.158	**688.853**	327.299	**335.012**	***662.311***
2021	344.873	300.424	22.783	668.080	308.594	302.960	*611.554*
2022	344.300	300.369	42.284	686.953	322.701	311.732	*634.433*
Ø 18-22	**338.704**	**287.665**	**48.252**	**674.621**	**323.072**	**314.611**	**637.683**
$Q_{a\text{-}max}$ 2018-22	***344.873***	***311.572***	***82.506***	***688.853***	***331.301***	***335.012***	***662.311***

(Fördermengen: aus Tab.2a;
Verkaufsmengen: 2007-2019: Angaben aus \t2b\; 2020-2022: aus \t3a\ + e-mail 31.7.2023)

Die gesamte Grundwasserförderung (Q_F) lag im Zeitraum 2018-2022 mit 674.621 m³/a (≙ 21,4 l/s) etwa in gleicher Höhe wie im Zeitraum 2012-2017 (673.187 m³/a bzw. 21,3 l/s). Im 10-Jahreszeitraum 2007-2017 war hingegen noch mit einem Jahresmittel von 713.127 m³ (≙ 22,6 l/s) und somit um 5,4 % mehr gefördert worden, was an deutlich höheren Entnahmemengen in den Jahren 2007-2011 lag. Nach den vorliegenden Daten wurden die geringsten Fördermengen in den Jahren 2015-19 gemessen, die geringsten Verkaufsmengen 2013-15 und 2021.
Ein Vergleich der Werte für Q_{AI} bzw. Q_{AR} (Wasserverkauf) in Tabelle 2b und Anlage 3c zeigt in den Jahren 2012-2019 voneinander abweichende Werte. Dies ist laut Angabe WV durch unterschiedliche Erfassungszeiträume begründet. Bei der Bildung der Mittelwerte über die Zeiträume 2012-2017 und 2018-2022 ergeben sich jedoch sehr ähnliche Werte:

		Ø 2012-17 (m³/a)	Ø 2018-22 (m³/a)
Tab.2b:	Q_{AI}, Q_{AR} =	618.910	637.683
Anl.3c:	Q_{AI}, Q_{AR} =	613.476	637.825

3.2.3 ENTWICKLUNG VON WASSERFÖRDERUNG UND -VERBRAUCH

Für den 10-Jahreszeitraum 2012-2022 werden in Anlage 3c die Bilanzgrößen Q_F, Q_N (bzw. Q_E), Q_{AI} (bzw. Q_{AR}) und Q_{VR} als Balkendiagramm dargestellt. Dieses lässt erkennen, dass die Fördermengen (Q_F) bzw. die gesamte Netzeinspeisung (Q_N bzw. Q_E) relativ konstant geblieben sind. In den Jahren 2014-17 ist ein leichter Rückgang, sowohl bei der Wasserförderung aus den eigenen Gewinnungsanlagen als auch beim Verkauf zu verzeichnen. Seit 2018 deutet sich wieder ein leichter Anstieg der Förder- und Verkaufsmengen an, der jedoch seit 2020 stagniert. Der Wasserzukauf für den OT Maising (Q_Z) blieb relativ stabil bei einem Durchschnitt (Ø) von 22.665 m³/a, was einem Anteil von 3,3 % an der Gesamt-Netzeinspeisung entspricht.

Die Mittelwerte für 2012-2022 betragen (vgl. Anl.3c):

Ø Q_F:	673.753 m³/a
Ø Q_N, Q_E:	696.418 m³/a (inkl. Q_Z OT Maising)
Ø Q_{AI}, Q_{AR}:	624.544 m³/a

Nachfolgend werden in Tabelle 2c die Jahreswerte der Wasserförderung aus den eigenen Gewinnungsanlagen (Q_F), die Verkaufsmengen (gesamt, inkl. Maising) und die daraus errechneten Differenzen sowie die Monats-Maxima der WGA aus Anhang B2 (s. \t3b\) aufgelistet.

Tab.2c: Wasserförderung und -verkauf (2007 - 2022), monatliche Entnahme-Maxima (2010 - 2022)

	Jahreswerte (Q_a)			**Monats-Maxima (Q_{mt})**			
	Gesamt			**WGA Aschering**	**WGA Garatshsn.**	**WGA Wieling**	**WGA gesamt**
Jahr	Förderung Q_F [m³/a]	Verkauf Q_{Al} [m³/a]	Differenz *[%]*	**Br. A1+A2** Max [m³/mt]	**Q-F** Max [m³/mt]	**Br. W4** Max [m³/mt]	Max [m³/mt]
2007	727.805	661.214	*9,2*	---	---	---	---
2008	**804.617**	**680.537**	*15,4*	---	---	---	---
2009	795.313	651.598	*18,1*	---	---	---	---
2010	745.245	646.618	*13,2*	34.711	28.384	13.343	73.306
2011	732.299	647.681	*11,6*	36.752	28.273	3.356	65.575
2012	686.910	634.186	*7,7*	33.965	27.482	4.124	65.305
2013	717.759	601.789	*16,2*	33.858	26.359	12.011	69.727
2014	679.642	617.440	*9,2*	35.784	26.224	12.656	69.492
2015	665.744	591.430	*11,2*	29.801	25.991	15.474	69.257
2016	646.317	639.538	*1,0*	32.307	23.821	2.843	56.108
2017	642.750	629.076	*2,1*	31.961	23.978	7.838	60.356
Ø 12-17	**673.187**	**618.910**	**8,1**	**32.946**	**25.643**	**9.158**	**65.041**
2018	661.596	641.593	*3,0*	29.332	23.908	**23.433**	**71.735**
2019	667.624	638.522	*4,4*	30.278	25.896	11.920	66.596
2020	**688.853**	**662.311**	*3,9*	**32.759**	**29.533**	7.202	63.190
2021	668.080	611.554	***8,5***	31.624	27.582	8.652	63.068
2022	686.953	634.433	*7,6*	31.064	26.056	11.425	65.889
Ø 18-22	**674.621**	**637.683**	**5,5**	**31.011**	**26.595**	**12.526**	**66.096**
$Q_{a\text{-}max}$ 2018-22	*688.853*	*662.311*	*8,5*	*32.759*	*29.533*	*23.433*	*71.735*
2053*	***730.000****	***680.000****	**6,8**	***31.000 (≙ 12,0 l/s)***	***Br.G1+G2 40.000 (≙ 15,4 l/s)***	***0***	***71.000 (≙ 27,4 l/s)***

**) Prognosewerte, geschätzt (aus aktueller Verbrauchsentwicklung)*

(Förder- und Verkaufsmengen: Angaben aus Tab.2b; Monats-Maxima: aus Anhang B2 (s. \t3b\)

Nach den vorliegenden Angaben wurde die genehmigte Gesamt-Jahresmenge $Q_{a\text{-}max}$ von 851.000 m³/a (s. Kap.3.2.1; Tab.1) in den vergangenen 16 Jahren nicht überschritten.
Aus den Jahren 1992-1997 liegen ebenfalls Angaben des WV zur Wasserförderung vor. Demnach betrug in den Jahren 1993 und 1996 die maximale Jahresentnahme rund 833.000 m³, wobei die Wasserverluste hierbei mit 16-20 % noch relativ hoch waren (aus BGU-ZFP-11/97, -07/98: Tab.8). Für das Jahr 1997 wurde bei einem stark reduzierten Wasserverlust von 5,3 % eine Entnahme von 692.000 m³/a angegeben. Diese liegt etwa in Höhe der Maximal-Jahresentnahme der letzten 5 Jahre (s.o.).
Somit belegen die tatsächlich ermittelten Betriebsdaten eine nahezu stagnierende Jahres-Wasserentnahme.

3.2.4 KURZZEITIGE ENTNAHMEMENGEN

Die kurzzeitigen Entnahmemengen werden u.a. als Grundlage zur Auslegung der Brunnenpumpen und Betriebszeiten sowie bei der Definition des GW-Einzugsgebiets (Anstrombereich, s. Kap.8.2) und Festsetzung des Wasserschutzgebiets (s. Kap.9.2) benötigt. Sie fließen auch in die wasserrechtliche Genehmigung ein und müssen daher ermittelt werden.

Monatliche Spitzenwerte:
Die maximalen Monatsentnahmen ($Q_{mt\text{-}max}$) wurden aus \t3b\ (s. Anhang B2) entnommen und jahresweise in Tabelle 2c eingetragen. Die Monats-Maxima der einzelnen Wassergewinnungen und der Gesamt-Förderung ("Σ gesamt") sind in Ahang B2 farbig hervorgehoben. Letztere fallen i.d.R. in die Monate Mai bis August.
Die Monatsspitzen für die einzelnen WGA fallen meist nicht auf die gleichen Monate. Die Gesamt-Monatsspitzen in Tabelle 2c ("WGA gesamt") entsprechen daher nicht der Summe der 3 vorhergehenden Spalten, sondern wurden aus Anhang B2 entnommen.
Im Zeitraum der letzten 5 Jahre (2018-2022) wurden die maximalen Monats-Spitzen für die WGA Aschering/Br. A1+A2 mit 32.759 m³/mt (bzw. 12,6 l/s), die WGA Feldafing/Q-F mit 29.533 m³/mt (≙ 11,4 l/s) und die WGA Wieling/Br. W4 mit 23.433 m³/mt (≙ 9,0 l/s) angegeben.
In der Summe aller Wasserentnahmen wurde in den vergangenen 5 Jahren ein gemittelter Höchstwert für $Q_{mt\text{-}max}$ von 66.096 m³/mt errechnet. Für die Summe der WGA Garatshausen (Q-F) und Wieling (Br. W4), die durch die neuen Brunnen G1+G2 ersetzt werden sollen, ergeben sich i.M. fast 40.000 m³/mt (Q-F: 26.595 m³/mt, Br. W4: 12.526 m³/mt).

Tages-Spitzen:

Zu den maximalen Tages-Fördermengen an den Brunnen (WGA Aschering und Wieling) liegen dem Unterzeichner keine Daten vor.

Für das Pumpwerk im Saugbehälter der Quelle Garatshausen sind hingegen Tages-Maxima im Zeitraum 01/2019 - 04/2023 bekannt (s. \t3e\; Anhang C). Hier sind auch Spitzenwerte der "***Wasserentnahme***" getrennt für Feldafing und Pöcking angegeben.

Die ***Spitzenverbräuche*** von 12/2020 - 05/2023 für die beiden Gemeinden sind in \t3f\ (= Anhang D) aufgelistet.

Hierzu sind folgende Erläuterungen angezeigt (n. mündl. Angaben der WV):

In **Anhang C** ist die maximale Tages-Förderung aus der Quellfassung Garatshausen (Q-F) ab 03/2021 erfasst (in m³/d; die Messung erfolgt mittels Wasserzähler bei der Netzeinspeisung im Saugbehälter). Das Quellwasser wird auf dem Weg zum HB Feldafing (Kalvarienberg) bereits in Feldafing verbraucht, der Fehlbestand wird durch Zulauf aus dem HB Feldafing ausgeglichen, der mittels MID erfasst wird. Aus der Summe beider Werte errechnet sich die "Entnahme für Feldafing". Die Entnahme für die Gemeinde Pöcking (ohne OT Aschering) wird ebenfalls am HB Feldafing erfasst.
Zur Versorgung des OT Aschering werden zusätzlich ca. 50 m³/Tag (= 0,6 l/s) benötigt und aus dem HB Aschering bereitgestellt. Genauere Aufzeichnungen hierzu liegen nicht vor.

Die HB Feldafing wird hauptsächlich aus den beiden Ascheringer Brunnen befüllt, im Bedarfsfall wird hier auch Wasser aus dem Behelfsbrunnen in Wieling (Br. W4) eingespeist.
Aufgrund technischer Störungen kam es in der Zeit 05/2019 - 02/2021 (für Pöcking) und 02/2020 - 02/2021 (für Feldafing) zu Datenverlusten, so dass hier keine Werte vorliegen.

Die Entnahme-Spitzen (= Netzeinspeisung) für Feldafing und Pöcking wurden aufsummiert und auf l/s umgerechnet. Vergleichend hierzu wird der Spitzenwert aus dem Leitsystem angegeben, der generell um einige l/s höher ist, als die berechneten Entnahmesummen.

Die höchste Netzeinspeisung wurde im Juni 2021 mit 2.181 m³/d bzw. 25,2 l/s berechnet. Nach den Angaben aus dem Leitsystem wurde im Februar 2020 ein Tages-Maximum von 29,0 l/s erreicht.

In **Anhang D** werden für den Zeitraum 12/2020 - 05/2023 die Tagesspitzen der Verbrauchsmengen für Pöcking und Feldafing monatsweise getrennt angegeben. Diese werden mittels MID am Ablauf aus dem HB Feldafing erfasst und dort arbeitstäglich vor Ort ausgelesen.
Die Summe der höchste Tages-Verbrauchswerte wurde im Juni 2022 mit 2.690 m³/d bzw. 31,3 l/s verzeichnet. Er übersteigt somit die höchste im Leitsystem hinterlegte Tages-Entnahme von 29,0 l/s (s.o.).
Hierbei ist allerdings anzumerken, dass diese Spitzen für Feldafing (24.6.) und Pöcking (21.6.) nicht auf den gleichen Tag fielen, so dass der reale Tages-Spitzenverbrauch unter diesem Wert liegen müsste.

Da der HB Feldafing mit einem Inhalt von 5.000 m³ als Puffer bei Entnahmespitzen wirkt, können die Tages-Maxima der Netzeinspeisung durchaus auch höher sein, als die Entnahmemengen an den Wassergewinnungsanlagen.

Die Förderleistung der beiden **Ascheringer Brunnen** hat nach Angaben der WV im Lauf der Jahre offensichtlich nachgelassen (vermutl. Verockerung durch eisenhaltiges Grundwasser). Bei dem Dauer-Pumpversuch von 11.3.- 21.10.1996 waren aus beiden Brunnen gleichzeitig noch über 18 l/s gefördert worden. Für die ursprünglichen Genehmigung des Wasserrechts für die WGA Aschering waren eine kurzzeitige Spitzenentnahme von 20 l/s (bzw. 1.730 m³/d), ein monatliches Maximum von 18 l/s (48.000 m³/mt) und eine Jahresentnahme von 15 l/s (bzw. 473.000 m³/a) zugrunde gelegt und genehmigt worden (s.a. Kap.3.2.1: Tab.1).

Aktuell (seit der Regenerierung von Br. A1 im Jahr 2010) werden die Ascheringer Brunnen nach Angaben des WV (Hr.Reiter, tel. Mittlg. 1.9.23) nur mit max. 7 l/s (Br. A1) und 5 l/s (Br. A2) betrieben. Sie laufen dabei rund um die Uhr, um einen möglichst schonenden Betrieb zu gewährleisten.

Tab.2d: WV Feldafing-Pöcking - tägliche und monatliche Entnahme-Spitzen, 2018-2022

	Tages-Maximum ($Q_{d\text{-}max}$)		**Monats-Maximum ($Q_{mt\text{-}max}$)**		**Monat**
	[m³]	[l/s]	[m³]	[l/s]	
Br. A1	*(605 *)*	*(7,0 *)*	19.802	7,6	11/2022
Br. A2	*(432 *)*	*(5,0 *)*	16.060	6,2	11/2019
Q-F	901	10,4	29.533	11,4	05/2020
Br. W4	?	?	23.433	9,0	07/2018
Σ berechnet (s.o.)	**2.181**	**25,2**	**71.735 °**	**27,7**	07/2018
Σ aus Leitsystem	**2.506**	**29,0**	---	---	
Σ Verbrauch (aus \t3f\, s. Anh.D)	***2.690***	***31,1***	---	---	

Tages-Maximum: aus Anhang C (= \t3e\); Monats-Maximum: aus \t3b\ und Tab.2c;
*: derzeit. Maximal-Förderung, seit 2010; °: höchste Monats-Gesamtsumme aller WGA's (s. Tab.2c)

Die tatsächlichen Tages-Maxima an den einzelnen Wassergewinnungsanlagen sind nicht vollständig bekannt, da an den Brunnen Aschering und Wieling keine kontinuierlichen Aufzeichnungen vorliegen.

Aus den Betriebsdaten in Tabelle 2d lässt sich ein max. Tages- und Monats-Bedarf von
$Q_{d\text{-}max}$ = 31,1 l/s $Q_{mt\text{-}max}$ = 28 l/s
für die gesamte Wasserförderung des Versorgungsgebiets der WV abschätzen.

3.2.5 ZUSAMMENSTELLUNG DER ENTNAHMEMENGEN

Einen Überblick über die bislang ingesamt genehmigten Entnahmemengen und erfassten Fördermengen des Zeitraums 2007-2017 sowie der letzten 5 Jahre (2018-2022) gibt Tabelle 3.
Eine Überschreitung der genehmigten Entnahmemengen kann nicht festgestellt werden.

Tab.3: max., min. und mittl. Entnahmemengen WGA Aschering, Feldafing / Garatshsn. und Wieling

	Zeitraum	m³/d	m³/a	l/s
WR-Bescheide (abgelaufen, s. Kap.3.2.1):				
bewilligte kurzzeitige Maximal-Entnahme, Q_{max}:	-12/2019	---	---	**37,0**
bewilligte tägliche Maximal-Entnahme, $Q_{d\text{-}max}$:	- 12/2019	**3.100**	---	35,9
bewilligte maximale Jahres-Förderung, $Q_{a\text{-}max}$:	- 12/2019	---	**851.000**	27,0
Jahresmengen (s. Tab.2b):				
maximale Jahresförderung (2007-2017):	2008	---	804.617	25,5
minimale Jahresförderung (2007-2017):	2016	---	642.750	20,4
mittlere Jahresentnahme (2007-2017), $Q_{a\text{-}ø}$:	---	---	713.127	22,6
maximale Jahresförderung (2018-2022):	2020	---	**688.853**	**21,8**
minimale Jahresförderung (2018-2022):	2018	---	**661.596**	**21,0**
mittlere Jahresentnahme (2018-2022), $Q_{a\text{-}ø}$:	---	---	**674.621**	**21,4**
kurzzeitige Maxima (ohne OT Aschering):		**m³/d**	**m³/mt**	
maximale Tagesabgabe (2018-22), $Q_{d\text{-}max}$:	24.6.2022	**2.690**	**---**	**31,1**
maximale Monatsentnahme (2018-22), $Q_{mt\text{-}max}$:	07/2018	**---**	**71.735**	**27,7**

3.3 BERECHNUNG DER WASSERVERLUSTE

Anhand der Angaben aus Kapitel 3.2.2 und \t3c\ wurden in Anlage 3c die Eckdaten der Wasserversorgung (Fördermengen Brunnenwasser, Fremdbezug, Verkaufsmengen und Brutto-Verluste) zusammengestellt und die realen Wasserverluste nach DVGW-Arbeitsblatt W 392 (2003, 2017) berechnet.
Bei den in Tabelle 2c angegebenen Differenzmengen der Jahreswerte ist zu beachten, dass sich diese auf die Fördermenge (ohne Zukauf OT Maising) abzügl. der Verkaufsmenge (ges. Netz inkl. OT Maising) beziehen. Die angegebenen Prozentwerte weichen daher von den deutlich höheren Brutto-Verlusten (Q_{vb}) in Anlage 3c ab. Die gemittelten Differenzen und Brutto-Verluste (Q_{Vb}) liegen im Zeitraum 2012-17 bei 8,1 % und 2018-22 bei 5,5 % (Tab.2c) gegenüber 11,6 % zw. 8,7 % (Anl.3c).

Die vorliegende Berechnung in Anlage 3c zeigt, dass die **realen Wasserverluste (Q_{VR})** im Mittel (Ø) der Jahre 2012-2022 bei 42.704 m³/a bzw. bei 6,1 % lagen. Allerdings ist die Schwankungsbreite relativ groß, mit einem Maximalwert von 94.652 m³/a (bzw. 13,5 %) im Jahr 2014 und einem Minimum von 17.112 m³/a (bzw. 2,5 %) im Jahr 2016.
Die Grafik in Anlage 3c lässt erkennen, dass die realen Wasserverluste (Q_{VR}), bei denen die nicht in Rechnung gestellten Wasserabgabe (Q_{AN}) und die scheinbaren Wasserverluste (Q_{VS}) berücksichtigt wurden, seit 2015 auf einem relativ geringen Niveau mit maximal 55.000 m³/a (2021) bzw. 8,0 % von Q_N bzw. Q_E verbleiben.

Eine **Bewertung der Wasserverluste** erfolgt anhand der Vorgaben des DVGW W 392. Im vorliegenden Fall erfolgt die Wasserversorgung überwiegend aus eigenen Gewinnungsanlagen des WV (Brunnen und Quellen). Lediglich der OT Maising der Gemeinde Pöcking wird mittels Fremdwasser versorgt, wobei die zugekaufte Wassermenge nur bei 3,3 % der gesamten Netzeinspeisung liegt. Da die Verkaufsmengen für den OT Maising nicht erfasst werden, können keine Aussagen zu den Verlusten in diesem Teilnetz erfolgen.

Bei einer angegebenen Länge des Leitungsnetzes von 78-79 km errechnet sich der spezifische reale Wasserverlust q_{VR} (= Q_{VR} / (8.760 • L_N) zu

q_{VR} = 0,03 - 0,14 m³/(h • km) und im Mittel zu 0,06 m³/(h • km).

Nach dem LfU-Merkblatt 1.8/2 (09/2018: Wasserverluste in der öffentlichen Wasserversorgung) sind demnach seit 2015 die spez. realen Wasserverluste q_{VR} für das Leitungsnetz der WV Feldafing Pöcking (= städtischer Bereich) i.d.R. mit "*niedrig*" einzustufen. Für die Jahre 2012-14 und 2021 wurden "*mittlere*" Werte für q_{VR} mit 0,08 - 0,14 m³/(h • km) errechnet.

3.4 ANGABEN ZUM VERSORGUNGSGEBIET

Detaillierte Angaben der WV zum Versorgungsgebiet liegen dem Unterzeichner nicht vor.
Nach aktuellen Angaben der Gemeinden (www.feldafing.de, www.poecking.de) und des Bayer. Landesamts für Statistik betragen die Einwohnerzahlen (EW) in Feldafing 4.340 und in Pöcking 5.641. Diese Zahlen bleiben seit 2005 weitgehend konstant.
Zur landwirtschaftlichen Nutzung liegen hinsichtlich der für die Wasserversorgung relevanten Daten zu den Großvieheinheiten (GV) nur Zahlen für die Gemeinde Pöcking vor (2016: 1.109 Rinder, 116 Pferde), wobei nicht bekannt ist, wie viele der Tiere im Versorgungsgebiet stehen. In der Gemeinde Feldafing sind demnach keine GV vorhanden.
Zu den möglichen Großabnehmern (Gewerbebetriebe, Hotels, Schulen, Krankenhäuser etc.) liegen keine näheren Angaben zur Zahl der versorgten Personen vor. In der Gemeinde Feldafing sind zwei größere Ausbildungskomplexe (Bundeswehr-Schule und Siemens GLC) sowie eine Brauerei im Gewerbegebiet Wieling bekannt.

Anhand der o.g. Zahlen ergibt sich folgende Grobschätzung des Wasserbedarfs:

- ca. 10.000 Einwohner • 122-130 l/(EW•d) —> 1.220 - 1.300 m³/d = 445.300 - 474.500 m³/a
- Landwirtschaftsbetriebe (GV-Einheiten) —> 1.200 GV • 60 l/d = ca. 26.000 m³{a
- Summe große Einzelverbraucher (letzte 5 Jahre): keine vollst. Angaben vorliegend ----
• Brauerei Wieling: z.Zt. genehmigt 96 m³/d = 35.040 m³/a

Summe Verbraucher (unvollständig): ***506.340 - 535.540 m³/a***

Plausibilitätsprüfung:
Diese errechneten Verbrauchszahlen liegen **deutlich unter den tatsächlichen Werten der in Rechnung gestellten Wasserabgabe** (Q_{AI}: vgl. Tab.2b und Anl.3c), obwohl hierbei die Einwohner der nicht versorgten Ortsteile Maising und Seewiesen (Gde. Pöcking) beinhaltet sind.

3.5 ZUKÜNFTIGER WASSERBEDARF, PROGNOSE

Im Rahmen der Entwurfsplanung für den Rohrleitungsbau aus dem Jahr 2020 (s. \t2b\) wurde durch das IB Kienlein aus den Förder- und Verbrauchsdaten von 2007-2019 der aktuelle Wasserbedarf abgeschätzt. Bei der Bedarfsprognose für die nächsten 20 Jahre wurde von einem annähernd gleichbleibenden Wasserbedarf ausgegangen. Die in Anhang A1 beiliegende Bedarfsprognose kommt anhand des Verbrauchs in den Jahren 2015-2019 zu dem Ergebnis, dass künftig ein "*theoretischer max. Spitzentagesbedarf ($Q_{d\text{-}max}$) von 3.527 m³/d (≙ 40,8 l/s über 24 Std.)*" erforderlich sein wird.
Angaben zum **realen, aktuellen Wasser-Spitzenbedarf** können den umfangreichen Messdaten der WV entnommen werden (s. Kap.3.2ff). **Die vorliegenden Aufzeichnungen ergeben eine maximal festgestellte Tages-Spitzenentnahme (Netzeinspeisung aus der Qu. Garatshausen und dem HB Feldafing) von $Q_{d\text{-}max}$ = 31,1 l/s (s. Tab.3: ohne Aschering), bzw. fast 32 l/s inkl. OT Aschering.** Sollten kurzzeitig höhere Spitzenverbräuche auftreten, können diese über den HB Feldafing mit einem Inhalt von 5.000 m³ abgepuffert werden.

Zur Bevölkerungsentwicklung liegen seitens der WV keine weiteren Angaben vor. Aufgrund der lokalen Bebauungssituation in den beiden Gemeinden und der Verbrauchsentwicklung wird jedoch nicht mit einer nennenswerten Zunahme sondern eher mit einem leichten Rückgang der Einwohnerzahlen und damit des Wasserverbrauchs gerechnet. Hierbei wird davon ausgegangen, dass auch bei den gewerblichen und industriellen Nutzern der künftige Wasserverbrauch in etwa gleichbleibt.
Zu einer Prognose des Wasserbedarfs für 2053 aus den vorliegenden, langjährigen Daten (s. Tab.2c) wird der künftige Gesamt-Wasserverkauf mit 680.000 m³/a abgeschätzt. Zuzüglich angenommener Gesamt-Wasserverluste von 6,8 % ergäbe sich somit für 2053 eine benötigte Fördermenge von 730.000 m³/a aus den Gewinnungsgebieten der WV Feldafing-Pöcking. Dies entspricht einer Steigerung um 8,2 % bzw. 0,3 %/a gegenüber dem Ø der Jahre 2018-22. **Nach Möglichkeit soll das gemeindliche Trinkwassernetz bei dem Ausfall einer Gewinnungsanlage vollständig aus der(den) anderen Trinkwassergewinnung(en) selbst versorgt werden können (Redundanz, s.a. DIN 2000).** Das bedeutet, dass bei einer für 2053 prognostizierten Wasserförderung von 730.000 m³/a jedes der beiden Erschließungsgebiete in der Lage sein sollte, eine dauerhafte mittlere Entnahme von rund $Q_{ø}$ = 23 l/s (bzw. 2.000 m³/Tag) zu gewährleisten. **Dies ist bei gegenwärtigem Kenntnisstand jedoch nicht der Fall.**

Zumindest die beiden Ascheringer Brunnen (Br. A1+A2) sind nach Angaben der WV wohl aufgrund von Alterungsprozessen derzeit nicht in der Lage, die bislang genehmigte Wassermenge von maximal 20 l/s in Summe zu liefern (z.Zt. max. 12 l/s im Dauerbetrieb: s. Kap.3.2.1+3.2.4). Die Notwendigkeit und Erfolgsaussichten einer Brunnen-Regenerierung sollten daher geprüft werden.
Für die neuen Brunnen Garatshausen (Br. G1+G2) lässt sich eine förderbare Wassermenge von ingesamt ca. 20 l/s (s. Kap.6: rechnerisches Fassungsvermögen, Br.G1 = 8-9 l/s, Br.G2 = 12 l/s) abschätzen, kurzzeitig dürfte auch eine etwas höhere Wasserförderung möglich sein. Bei schonendem Brunnenbetrieb mit moderater Absenkung des Betriebswasserspiegels sind ca. 16 l/s im Dauerbetrieb (Br. G1: 7 l/s, Br. G2: 9 l/s) realistisch.
Schwierigkeiten bei einer Prognose der hier förderbaren Wassermenge ergeben sich derzeit noch daraus, dass die Wasserentnahme des Brunnen P1 (Gde. Tutzing) aus dem gleichen GW-Vorkommen erfolgt. Hierdurch könnte es insbesondere bei hoher Wasserentnahme an Br. P1 zu einer Minderung der Ergiebigkeit an Br. G1 und G2 kommen (vgl. Kap.6).
In jedem Fall wird in quantitativer (und auch qualitativer) Hinsicht durch die beiden Brunnen G1 und G2 ein mehr als vollwertiger Ersatz für die bisher genutzte Quelle Garatshausen geschaffen.
Die Summe der maximalen Jahresentnahmen aus der Qu. Garatshausen (Q-F) und dem Br. Wieling (Br. W4) betrugen zusammen 408.138 m³ für den Zeitraum 2007-2017 und 394.078 m³ für 2008-2022 (s. Tab.2b). Bei einer Auflassung dieser Wasserfassungen, müssten zumindest diese Mengen durch die Brunnen G1 und G2 ersetzt werden.
Die beantragte Jahres-Fördermenge von 500.000 m³ bzw. von im Mittel ca. 16 l/s (s. Kap. 12.1) werden die Brunnen nach den vorliegenden Erkenntnissen liefern können.

3.6 WEITERE BEZUGSMÖGLICHKEITEN VON TRINKWASSER

Derzeit muss bei einem Ausfall der Quelle Garatshausen oder einer der Ascheringer Brunnen sowie auch in Zeiten mit erhöhtem Wasserbedarf aufgrund von deren jeweils begrenzter Förderkapazität der Behelfsbrunnen in Wieling (Br. W4) zugeschaltet werden.
Da künftig die Quelle Garatshausen (Q-F) und möglicherweise auch der Br. W4 aufgrund fehlender wasserrechtlicher Genehmigungen entfallen, ist zu prüfen, ob mit den beiden **Ascheringer Brunnen A1 / A2** und den beiden neuen, verfahrensgegenständlichen **Brunnen G1 / G2 in Garatshausen** eine zuverlässige Vollversorgung möglich wäre.

Nach den vorliegenden Erkenntnissen (s. Kap.3.5) ist auch mit der Inbetriebnahme der neuen Brunnen bei Garatshausen (und nach Außerbetriebnahme der Quelle) bei Ausfall eines Brunnens in Aschering oder Garatshausen eine Redundanz der Wasserversorgung weder hinsichtlich der benötigten Jahres-Fördermengen noch zur Deckung von Bedarfsspitzen (s.o.) gegeben.

Eine leistungsfähige Notverbundsleitung zum HB Seebuchet der WG Vierseenland ist zwar vorhanden, kann aber aufgrund von Problemen bei der Mischbarkeit der Wässer derzeit nicht genutzt werden.
An der Ortsgrenze Niederpöcking/Starnberg ist ein Notverbund mit dem Versorgungsnetz der Stadt Starnberg eingerichtet (vgl. Anl.1d). Aufgrund des geringen Wasserdrucks aus dem Starnberger Ortsnetz (ca. 5 bar) können allerdings nur die näher gelegenen Verbraucher versorgt werden. Der Wasserbedarf für den OT Niederpöcking liegt bei ca. 100 m³/d (lt. Angaben WV, e-mail 5.12.2023).
Der Ortsteil Garatshausen kann im Notfall auch aus dem Netz der Gemeinde Tutzing versorgt werden, wobei es sich hierbei nur um vergleichsweise geringe Wassermengen handeln dürfte. Mit den Rohrnetzen der von einem benachbarten Wasserversorger belieferten Ortsteile Maising und Seewiesen besteht keine Verbindung, so dass von hier ebenfalls kein Bezug von Trinkwasser für das Netz der WV Feldafing Pöcking möglich ist.

Somit sind derzeit - soweit bekannt - keine ausreichenden weiteren Bezugsmöglichkeiten vorhanden (s.a. Kap.11).

4 ANGABEN ZUR GEOLOGIE UND HYDROGEOLOGIE

4.1 GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Die beiden Brunnen Garatshausen befinden sich am Südrand der Gemeinde Feldafing, östlich der Lokalität “Pfaffenberg” und ca. 1 km westlich des Starnberger Sees.
Sie liegen somit am Südost-Rand des Andechser Höhenrückens, der als Sporn wirkend, v.a. auch während der letzten Eiszeit den Isar-Loisach-Vorlandgletscher in die beiden Gletscherzungen des Ammersee- und Würmsee-Gletschers geteilt hatte.
Aus dem Bereich des Kartenblattes Tutzing, auf dem sich das Untersuchungsgebiet befindet, existiert mittlerweile eine neuere amtliche geologische Karte (s. \k5\). Des weiteren wurde auf Spezialliteratur zurückgegriffen: Arbeiten bzw. Kartierungen von KNAUER (1931, in: MEYER, R. & SCHMIDT-KALER, H., 1997), BRAML (1986), CONRADI (1986) und KRAUSE (2001) sowie Geländebegehungen und eigenes Bohrarchiv.

Eine geologische Karte im Maßstab 1:10.000 liegt in Anlage 1e bei.

Der Andechser Höhenrücken wird großflächig von den Ablagerungen der letzten Vereisungsphase (Würm-Glazial, **Quartär**) überdeckt. Im Bereich Pfaffenberg, also nördlich und östlich der Deixlfurter Seen, werden die geologischen Schichten an der Geländeoberfläche überwiegend von schluffig-kiesigem Moränenmaterial (Geschiebelehm) aufgebaut. Hierbei handelt es sich im wesentlichen um gering wasserleitende Grundmoräne und seeparalle End- bzw. Wallmoränen der jüngeren Würm-Eiszeit (BRAML: "*Eisstillstandslage Ilkahöhe und Kerschlach*"; CONRADI und KRAUSE: "*Eisstillstandslage Feldafing und Traubing*").

Vom Bereich Pfaffenberg/Deixlfurter Seen ausgehend in Richtung Traubing wurden entlang der heute vorhandenen Eintalungen des Schwarzen Grabens und des Deixlfurter Baches sowie des Wielinger Baches (nördlich Traubing) hoch-würmzeitliche Schmelzwasserschotter ("Wh3,G / Niederterrasse 3") abgelagert. Diese bilden nördlich von Traubing die Traubing-Wielinger Schotterflur aus und erstrecken sich bis südlich des Maisinger Sees. Sie führen ein ergiebiges, oberflächennahes GW-Vorkommen (höheres GW-Stockwerk, s. Kap.4.3).
In den Verlandungsgebieten der ehemals deutlich größeren Seefläche des Maisinger Sees am Nordrand des Wieling-Maisinger Beckens sind im Hochwürm wasserstauende Beckenablagerung ("Seetone") abgelagert worden (s.a. KRAUSE, S. 40 + 157). Die Verlandungsgebiete und Talungen der Deixlfurter Seen werden von pleistozänen bis holozänen Seeablagerungen eingenommen, die ebenfalls häufig tonig-schluffig und daher wasserstauend sind.

Die Würm-Ablagerungen werden von den Ablagerungen der vorangegangenen Eiszeiten (Günz –> Mindel –> Riß) unterlagert. Diese sind in den höheren Lagen des Andechser Höhenrückens i.d.R. nicht an der Geländeoberfläche aufgeschlossen und nur aus tieferen Bohrungen bekannt. An den Abhängen zum Starnberger See streichen jedoch in den tief eingeschnittenen Bächen, wie dem Kalkgraben, dem Säggraben und dem Hagergraben am Nordrand von Tutzing bzw. westlich von Garatshauen die Jüngeren Deckenschotter der Mindel-Eiszeit in Form von häufig zu Nagelfluhen verfestigten Kiesen aus (vgl. Anl.1e). Ihre Oberkante befindet sich hier auf einer Höhe zwischen 625 und 630 mNN und damit rund 40-45 m über dem Seespiegel. Eine Detailkartierung der Deckenschotter-Ausbisse ist bereits 2010 erfolgt und wird in Anlage 1b gezeigt. Die gut wasserleitenden Deckenschotter sind im Untergrund des Andechser Höhenrückens großflächig verbreitet und führen dort häufig nennenswerte GW-Vorkommen (tieferes GW-Stockwerk: Haupt-GW-Leiter, s. Kap.4.3).

In deren Liegendem sind im Bacheinschnitt des Kalkgrabens unterhalb der Bahnlinie westlich der Hauptstraße auch die Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (**OSM, Tertiär**) freigelegt. Die Oberkante dieser meist als Tonmergel, Schluff oder Feinsand ("Flinz") abgelagerten und deutlich gefärbten Sedimente liegt hier bei ca. 600-605 mNN.
Die OSM bildet den Haupt-GW-Stauer des Untersuchungsgebiets.

4.2 LOKALE GEOLOGIE (BOHRUNGEN UND SONDIERUNGEN)

Die Schichtenprofile und Ausbaupläne der Brunnen- und Meßstellen-Bohrungen sind den Anlagen 4-1ff. und 4-2ff. zu entnehmen. Ihre Lage wird in Anlage 1a-c wiedergegeben.
Die Ergebnisse der vorangegangenen Erkundungsbohrungen und Versuchsbrunnen werden im folgenden kurz zusammengefasst.
Ergänzend wurden auch die Ergebnisse von älteren geophysikalischen Voruntersuchungen, Schußseismik-Bohrungen und Erdwärmesonden-Bohrungen erfasst. Deren Lage wird in Anlage 1a wiedergegeben.

Bei den Brunnenbohrungen (vgl. Anl.4-1a und -1b) wurde erwartungsgemäß im wesentlichen die gleiche Geologie angetroffen, wie in den nahe gelegenen Versuchsbohrungen P7 (nahe Br. G1: s. Anl.4-2f) bzw. P8 (Br. G2: s. Anl.4-2g).

Die feinklastischen Ablagerungen der OSM (bunte Tonmergel), die den **GW-Stauer** bilden, wurden auch hier in Tiefen von 605,2-605,4 mNN erbohrt.
Die Mindel-Deckenschotter (Kies, sandig) im Hangenden sind partiell bzw. lagenweise zu Konglomerat (= Nagelfluh) verfestigt und erreichen hier Mächtigkeiten um 20 m. Sie führen in ihrem tieferen Teil Grundwasser in einer Mächtigkeit von 7,5-8,0 m und stellen somit den **GW-Leiter (Aquifer)** dar.
Die Schichtstärke der überlagernden, bindigen Moräne (Schluff, kiesig-sandig) beträgt brunnennah 19-20 m und nimmt nach Osten hin bei abfallendem Gelände auf 6-7 m ab (an P1, P2).
Auffallend ist an der Grenzfläche zwischen Moräne und Deckenschotter das Auftreten einer mehrere Dezimeter mächtigen, hellbraunen Lehmschicht. Diese Lehmschicht wurde auch in den Bohrungen P5, P6, P7 und P8 erbohrt. Hierbei dürfte es sich um eine Verwitterungsbildung (Verwitterungslehm) handeln, die während einer interglazialen Warmphase auf bzw. aus den

Deckenschottern entstanden ist (Paläo-Boden, Rotlage). Nach der GK25 (s. \k5\) sind diese auch im weiter südlich gelegenen Bareisl-Graben und Martels-Graben aufgeschlossen ("*Interglazial-Ablagerung, mindel/rißzeitlich*").

Auf den wasserstauenden Nagelfluh-Lagen in den Deckenschottern über dem GW-Spiegel und in gröberklastischen, kiesigen und sandigen Lagen in der Moränen-Überdeckung wurde lokal eine geringmächtige Schichtwasser-Führung (SW) erbohrt. Die Schichtwässer der Moräne wurden durch die Dämmerabdichtung in den Brunnen abgesperrt.

Eine Auflistung der Lagedaten von Bohrungen und Quellaustritten (Gauss/Krüger-Koordinaten, NN-Höhen) sowie der wichtigsten geologischen Daten (OK Kies-Aquifer, OK GW-Stauer) wird in Anlage 3a+b gegeben. Die Höhe der Meßstellen wurde mittels Nivellement bestimmt, ihre Lage mit GPS eingemessen.

Die vorliegenden Bohrergebnisse und GW-Spiegel werden in den <u>hydrogeologischen Profilschnitten A-A', B-B' und C-C'</u> der Anlage 5 zusammengestellt. Die Verlauf der Profilschnitte wird in Anlage 1a gezeigt. Weitere Angaben zu den Bohrungen und GW-Meßstellen finden sich in Kapitel 2.3.
In den Profilschnitten wurden ergänzend die Ergebnisse von Schuss-Seismikbohrungen der Erdöl-Exploration aus den 60-er Jahren (s. CONRADI, 1986) und von weiteren geoelektrischen Tiefensondierungen eingetragen, die auch in Anlage 3b aufgelistet sind.

<u>Profil A-A' - Südsüdwest/Nordnordost (s. Anl.5a):</u>

Der 2,3 km lange Profilschnitt A-A' verläuft etwa parallel zum Starnberger See von GW-Meßstelle P4 nahe Deixlfurt in Richtung Feldafing (Geigerfilz). Er zeigt im Bereich zwischen Deixlfurt, Traubing, Feldafing und Tutzing die weitreichende Verbreitung eines GW-führenden, tw. zu Nagelfluh verfestigten Deckenschotter-Komplexes, der weiträumig von einer 1-2 m mächtigen Verwitterungsschicht (Decklehm) überdeckt ist. Darüber aufliegend (Bohrung P3) bzw. seitlich angrenzend (Bohrung P4) treten GW-führende, unverfestigte Schotter und Sande hinzu, die jüngeren Ursprungs sein dürften ("jüngere Schotter", s. Kap.4.3).

Dem hier quasi horizontalen OSM-Stauer lagert der Deckenschotter auf, der hier fast vollständig mit Grundwasser gefüllt ist. Er wird durch einen 30-50 m mächtigen Moränen-Stapel überdeckt. Aus den höher liegenden jüngeren Schottern an P3 (und P5 ?) erfolgt sehr wahrscheinlich eine Einspeisung von Grundwasser in den Deckenschotter (leakage), wie dies durch die Pfeilsignatur angedeutet wird. Hierauf finden sich auch hydrochemische Hinweise (vgl.: Kap.7.1 und 7.6).

Dies wird auch im Bereich zwischen den GW-Meßstellen P4 und P9 vermutet. Hier ist nach den Ergebnissen der Seismik-Bohrung U23 und der Geoelektrik-Sondierung S1 ein bis auf 640 mNN ansteigender Moränen-Rücken unter den jüngeren Schottern ausgebildet. An der nördlich benachbarten Seismik-Bohrung U22 nahe P9 wurden wiederum ab 637 mNN Kiese mit "Nagelfluhen" über dem GW-Stauer bei 605 mNN (OSM) angesprochen. In dem Bereich südlich/ südwestlich der GW-Meßstelle P9 treten folglich lateral stark wechselnde, inhomogene Verhältnisse auf. Auch ist die Moränenauflage hier offensichtlich vermehrt mit Kies- und Sand-Lagen durchsetzt, die gespanntes Grundwasser führen.
In nur geringer Entfernung westlich des Profilverlaufes liegt der früher künstlich aufgestaute, heute abgelassene nördlichste Weiher der Deixlfurter Seen, der auch als "Langer Weiher" bezeichnet wird.
Nach Errichtung der Meßstelle P9 fiel auf, dass diese "atmet", d.h. bei fallendem Luftdruck entgast. Die dabei entweichende Luft roch dabei anfangs deutlich nach Schlick bzw. Fäulnisstoffen. Es ist anzunehmen, dass die Quelle dieser Anomalie in der Versickerung des Wassers aus dem Moorgebiet Deixlfurt liegt (leakage: s.a. Kap.5.3.2 und 8.6.1).

Profil B-B' - Westnordwest/Ostsüdost (s. Anl.5b):

Das 2,1 km lange Profil B-B' stellt den Zusammenhang her zwischen den westlichen Bohrungen P10, P6/Br. P1 und P5 im Bereich Pfaffenberg/Deixlfurt (Gde.Tutzing) und den östlichen Bohrungen Br. G1, P7 und P2 sowie dem Quellaustritt Garatshausen (WV Feldafing-Pöcking) bzw. dem Quellhorizont zwischen Kalkgraben und Garatshausen. Auffallend ist auch hier die nahezu horizontale Begrenzung der Deckenschotter an Top und Basis (Ausnahme: P3) und die Ausbildung einer rund 1-2 m Verwitterungslehm-Schicht an ihrer Oberfläche.
Die ebenfalls eingezeichneten GW-Spiegel (Stichtagsmessung v. 18.2.2013) lassen erkennen, dass das GW-Vorkommen des Brunnens P1 (inkl. P6 und P5) zu den Garatshauser Quellen hin abfließt, wobei sich das GW-Gefälle östlich von P5 und P3 deutlich versteilt (s. Kap.4.6.2). Dies dürfte durch einen vom Grundwasser überflossenen Schwellenbereich in der Tertiär-Oberfläche (s.a. Kap.4.5) bedingt sein. Die GW-Mächtigkeit nimmt vom Br. P1 zu den Quellen hin von fast 100 % auf unter 40 % der Deckenschotter-Mächtigkeit ab.

Profil C-C' - Südsüdwest/Nordnordost (s. Anl.5c):

Der ca. 800 m lange Profilschnitt C-C' gibt die hydrogeologische Situation westlich der Bahnlinie, oberhalb des Garatshausener Quellhorizontes wieder. Hier lässt sich ebenfalls gut die fast horizontale Lagerung des Deckenschotters erkennen. Die hier nur noch teilweise wassergefüllten, Nagelfluh-führenden Kiese werden von Moräne überlagert, wobei deren Mächtigkeit in Abhängigkeit von der Topographie zwischen 6 und 20 m schwankt.
An den tiefen Bach-Einschnitten des Säggrabens, der südlich an Br. G1 und fast direkt an der Feldafinger Quelle (Q-F) vorbeifließt, des Grabens nördlich von Bohrung P2 (Hagergraben) und des Kalkgrabens südlich von Br. G2 ist die Schichtdicke der Moräne stark reduziert. Im Säggraben treten mit zunehmender Annäherung an die Bahnlinie auch Nagelfluh-Lagen als Härtlinge im Bachbett zutage. Hier fällt der Bach trocken, d.h. Oberflächenwasser kann in die Deckenschotter und damit auch in die Quellfassung infiltrieren (Bachschwinde).

Das lokale Fehlen der Moränen-Decke in den Bacheinschnitten wurde bei der Auswahl der Bohrpunkte für die Brunnen berücksichtigt.

4.3 GRUNDWASSER-LEITER UND -STAUER

Die bislang vorliegenden Ergebnisse der Bohrungen und der zur Verfügung stehenden Archivdaten lassen die nachfolgenden Aussagen zu:

Die Würm-Schmelzwasserschotter (Wh3,G) des Traubing-Wielinger Beckens führen relativ oberflächennahes Grundwasser. Sie bilden ein ergiebiges **höheres GW-Stockwerk**, das nördlich von Wieling durch die Wielinger Flachbrunnen für die Gemeinden Tutzing, Feldafing und Pöcking erschlossen wird. Die Wurzeln der Abschmelzschotter erstrecken sich bis südlich Traubing entlang der B2 (Schwarzer Graben) und in Richtung Deixlfurter See und Langer Weiher.
In der näheren Umgebung der Garatshauser Brunnen bis zur westlich liegenden Kammlinie der Würm-Seitenmoräne sind keine Würm-Schotter kartiert (vgl. Anl.1e).

Die Jüngeren Deckenschotter (Mindel-Glazial) sind im Untergrund zwischen Traubing, Feldafing, Tutzing und Deixlfurt verbreitet (s. Kap.4.4 und Anl.6). Sie weisen in den vorliegenden Bohrungen und Geländeaufschlüssen häufig eine subhorizontale, schichtartige Zementation (–> Nagelfluh-Lagen und -Linsen = GW-stauende Zwischenschichten) auf. Die Deckenschotter sind im Bereich nördlich und westlich der Lokalität Pfaffenberg nahezu vollständig mit Grundwasser gefüllt. Mit zunehmender Annäherung an die östlich gelegenen Quellaustritte im Bereich Garatshausen (s. Anl.1a + 5b) sinken der GW-Spiegel und damit auch die GW-Mächtigkeit ab. Die Deckenschotter stellen somit den **Haupt-GW-Leiter (Haupt-Aquifer)** für die tiefen Quartär-Brunnen in diesem Gebiet und die Quellaustritte zwischen Garatshausen und dem nördlichen Ortsrand von Tutzing dar. Ihre Oberfläche liegt in den Brunnen wie auch in den meisten Bohrungen auf einer ähnlichen Höhe mit Werten um 625-630 mNN (vgl. Anl.3a+5) und somit im zentralen Aquiferbereich zwischen den Brunnen G1/G2 und Br. P1 (Gde. Tutzing) sowie den Quellaustritten quasi horizontal.

Die Quellhorizont in Garatshausen entwässert den Deckenschotter-Aquifer nach Südosten (vgl. Anl.8a), wobei anzunehmen ist, dass die sichtbaren Quellaustritte nur einen Teil des Abflusses aus dem Aquifer darstellen und ein weiterer Teil unterirdisch in die Bodenschichten bzw. den Hangschutt am Fuss der Hangkante übertritt.

In den nördlichen Bohrungen P3 und BE sowie in der südlich gelegenen Bohrung P4 wurde die Kies-Oberfläche bei Werten um 635-637,5 mNN, also um ca. 10 m höher als die der Deckenschotter, erbohrt. Bei diesen Kiesen handelt es sich nach Anlage 5a (Profil A-A') um höher liegende, jüngere Schotter (ohne Nagelfluh-Bildungen: vermutl. Riß- oder Würm-Glazial). Da der GW-Spiegel hier auf einem höheren Niveau liegt als in den Deckenschottern, kann das Grundwasser aus diesem **Zwischenstockwerk** über hydraulisch wirksame Bereiche, in die Deckenschotter einspeisen, d.h. hierbei handelt es sich um einen angekoppelten GW-Leiter.

Das Grundwasser besitzt in den Bohrungen im Bereich Traubing, Pfaffenberg und Garatshausen (Br. G1+G2, Br. P1, P1-P3, P6-P9) zwar weitgehend eine freie, ungespannten Oberfläche, zwischen den wasserstauenden Nagelfluh-Lagen und -Linsen treten jedoch lokal halbgespannte bis halbfreie Verhältnisse auf (s.a. Kap.5.3, 5.3.2). An den Meßstellen P5 und P10 ist das Grundwasser leicht gespannt, da der GW-Spiegel bereits in der Decklehmschicht über dem Deckenschotter-Aquifer liegt.

Das Liegende der Deckenschotter bilden in fast allen Bohrungen die feinklastischen Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (**OSM, Tertiär**). Sie stellen den im Untersuchungsgebiet verbreiteten den **GW-Stauer** des Haupt-Aquifers dar. Die Tertiär-Oberfläche weist in den meisten Bohrungen im zentralen Bereich des Erschließungsgebietes auffallend ähnliche Höhen bei 602-605 mNN auf (s.a. Anl. 3a und 5). Eine Ausnahme bildet die Bohrung P3, bei der die Tertiär-OK bei 612 mNN erbohrt wurde ("Schwelle", s. Kap.4.5). In Bohrung P4 liegt die OSM deutlich tiefer bei 584 mNN, wird jedoch von GW-stauenden Seetonen und Moräne ab 602 mNN (= 87,5 m u.GOK) überlagert.

4.4 AUSDEHNUNG DES AQUIFERS

Anhand von Aufschlüssen an der Erdoberfläche (v.a. nördlich von Tutzing), von Bohrungen zur Wassererschließung und oberflächennahen Geothermie, älteren Schußseismik-Bohrungen aus der Erdöl-Exploration und geoelektrischen Tiefensondierungen (vgl. Anl.3b) ist in der näheren und weiteren Umgebung von Garatshausen und dem Pfaffenberg das Vorkommen von Deckenschottern bekannt, die hier mehrere Zehnermeter Mächtigkeit erreichen können.

In Anlage 6 und 15 wird die Verbreitung des Haupt-Aquifers (Deckenschotter, Kernbereich), soweit die Kenntnisse hierüber durch geologische Kartierungen und Bohrungen gesichert erscheinen, dargestellt. Der angekoppelte GW-Leiter im Zwischenstockwerk der jüngeren Schotter (s. Kap.4.3) ist hier angegliedert.

Der Haupt-Aquifer erstreckt sich soweit bekannt ist:

- nach Süden: etwa bis zur Linie GWM P9 - Quelle Kalkgraben (Q-K);
- nach Westen: mindestens bis P9 und P10,
  vermutlich noch weiter in Richtung Badlach / B2 / Schwarzer Graben (vgl. geoelektr. Sondierungen GTS2-t, -3-t und -4-t südlich von Traubing im Bereich Schleifwiese/Quellenstraße:);
- nach Norden: bis ca. zur St 2067 Traubing-Feldafing (zwischen Schuss-Seismik U17 und U18) und bis zum südlichen Ortsrand von Feldafing (EWS2);
  und wahrscheinlich auch weiter bis nördl. von Traubing (Bohrg. VT1+2, Br. X und UmweltAtlas / Bohrung 8033BG015428);
- nach Osten: bis zum Quellhorizont Garatshausen und ca. 500 m weiter nach Norden bis zum Einschnitt des Hagergrabens und der Bahntrasse;
  evtl. auch weiter bis zum Golfplatz in Feldafing (s. CONRADI, 1986).

In den nördlich gelegenen Bohrungen BH und BE (private Brunnen) wurde der Deckenschotter-Aquifer bzw. der unterlagernde GW-Stauer (OSM) nicht erreicht. Aus KRAUSE (2001) lässt sich jedoch anhand von geoelektrischen Tiefensondierungen eine Höhe des GW-Stauers <600 mNN (= Sondierung “S4") entnehmen. Im Bereich der Seismik-Bohrung U17 im Norden steigt der GW-Stauer auf 635 mNN an. Hier liegt dem Stauer (vermutl. Tertiär) Moräne auf, d.h. der Deckenschotter dürfte hier auskeilen.
Die weitere Erstreckung der Deckenschotter nach Westen und Nordwesten über die GW-Meßstellen P9 und P10 hinaus in Richtung Traubing und B2 ist derzeit nicht konkret durch ausreichend tiefe Bohrungen belegt. Allerdings geben ältere Untersuchungen (geoelektrische Tiefensondierungen GTS2-t, -3-t und -4-t im Bereich Quellenstraße, Lok. Schleifwiese) Hinweise auf das Vorhandensein eines “*möglichen tieferen Grundwasserstockwerks*”, dessen OK in Tiefen unter 630 mNN bzw. 60-70 m u.GOK liegt.
Eine weitere Ausdehnung nach Nordwesten bis nördlich von Traubing wird bei derzeitigem Kenntnisstand vermutet (Meßstellen VT1+2: s.a. Kap.4.6.2).

Anm.: *Es ist darauf hinzuweisen, dass die geoelektrischen Messverfahren zwar wichtige Anhaltspunkte über den Aufbau des Untergrundes bis ca. 60-80 m Tiefe (Tiefenlage von berechneten Schicht-Äquivalenten, Trennung von fein- und grobklastischen Bereichen) liefern können. Der mittels Geoelektrik-Tiefensondierungen ermittelte Schichtenaufbau und die Tiefenlage des GW-Stauers sind jedoch aufgrund der angewandten Mess- und Auswerteverfahren mit interpretativen Unsicherheiten behaftet und daher nicht als exakte Angaben zu werten. In der Praxis ist davon auszugehen, dass mit zunehmender Messtiefe die Aussagegenauigkeit der Geoelektrik abnimmt.*

4.5 STRUKTURMODELL DES GRUNDWASSER-STAUERS

Anhand aller bekannten Daten zur Höhenlage der Stauer-Oberfläche (OSM und Moräne, s. Anl.3b) wurde ein Strukturmodell als 2D- und 3D-Bild in Anlage 6 erstellt.
Hieraus ergeben sich Erkenntnisse zur Abschätzung des GW-Einzugsgebietes für das GW-Vorkommen, das durch die beiden neuen Brunnen der WV Feldafing-Pöcking westlich von Garatshausen (Br. G1+2), durch die Quellen bei Garatshausen sowie durch den Br.1 - Pfaffenberg der Gemeinde Tutzing erschlossen wird. Von Interesse sind insbesondere die Morphologie des GW-Stauers, die GW-Fließrichtung sowie Aquifer-Berandung bzw. die Verbreitung der GW-führenden Deckenschotter (Haupt-Aquifer).
Die flächige Verbreitung des **Aquifer-Kernbereichs** (Deckenschotter und angekoppelte jüngere Schotter, vgl. Kap.4.4) wurde, soweit aus Bohrungen bekannt, in Anlage 6 eingezeichnet. Er umfasst eine Fläche von 4,3 km².

Die Brunnen Garatshausen (Br. G1+G2) und Pfaffenberg (Br. P1) sowie die Bohrungen P1, P2 und P5-P10 liegen in einer flachen, fast ebenen Mulde in der Oberfläche des GW-Stauers (hier: OSM) bei Höhen um 605 mNN bzw. etwas darunter. Diese mit Deckenschottern gefüllte Mulde ist nach Osten bis Südosten zu den Garatshauser Quellen und damit auch zum Starnberger See hin geöffnet. Der Aquifer kann also in dieser Richtung auslaufen, wie auch die Messungen der GW-Spiegel belegen (s. Kap.4.6.2).
Vom Bereich der Muldenachse zwischen Br. G1/G2 und Br. P1 aus steigt nach Südwesten und Nordwesten hin die OSM-Oberfläche auf rund 607 mNN leicht an (neue Bohrungen P9 und P10). Südlich von P9 scheint - aufgrund der Ergebnisse an der Seismik-Bohrung U23 und der geoelektrischen Sondierung S1 - der GW-Stauer, der hier von Quartär-Sedimenten (Moräne und Seeton?) gebildet wird, weiter bis auf 640 mNN anzusteigen und bildet eine **GW-freie Hochlage** aus. Südlich davon deutet sich im Bereich der Bohrung P4 eine zweite, nach Südosten geöffnete Mulden- oder Rinnenstruktur mit Höhen um 600 mNN an.

Nördlich der Muldenachse ist ein Anstieg des GW-Stauers (OSM) im Bereich P3 auf 612 mNN belegt. Von P3 nach Osten bis Ostnordosten wird durch die geoelektrischen Sondierungen GTS4-p und GTS16-p eine auf ca. 615 mNN liegende **Schwelle** in der Stauer-Oberfläche abgebildet.
Am südlichen Ortsrand von Feldafing liegt die OSM unter 8 m Kies in 36 m Tiefe bei 623 mNN (EWS2), an einer weiteren Erdwärmesonden-Bohrung (EWS1) wurde der GW-Stauer unter Würm-Schotter bis 12 m u.GOK in Form von Geschiebelehm bei 644 mNN, die OSM bei 636 mNN angetroffen.
Nördlich von Traubing wurde in den Bohrungen VT1 und VT2 (2001) sowie im mittlerweile rückgebauten Br.X (Br. Warnamt X) unter den jüngeren Schottern Geschiebelehm als GW-Stauer bei 631-651 mNN erbohrt (s.a. BGU-TTZT-12/01).

4.6 GRUNDWASSER

4.6.1 VERLAUF DER GRUNDWASSER-STÄNDE

Die Ergebnisse der vorliegenden Messungen der GW-Spiegel (Stichtagsmessungen) seit 2006 - 2013 werden in Anlage 3a-1 (s.d. “GW-Spiegel 3") aufgelistet. Ältere Messungen von 1991-2004 sind ergänzend in Anlage 3a-2 zusammengestellt.

Einen grafischen Überblick über die vorliegenden Messungen aus den Jahren 1991-2013 geben Anlage 7a-c:
In Anlage 7a sind die GW-Ganglinien der oberen (westlich des Pfaffenbergs) sowie der unteren (nahe Garatshausen) gelegenen GW-Meßstellen gemeinsam dargestellt, um deren Höhenbezug zueinander zu verdeutlichen. In Anlage 7b werden die Garatshausener Meßstellen oberhalb der Bahnlinie (Br. G1+G2, Meßstelle P1, P2, P7 und P8) zusammengefasst, während Anlage 7c die weiter westlich gelegenen GW-Stände im Einzugsgebiet des Brunnens P1 nördlich des Pfaffenbergs (Gde. Tutzing) zeigt.
Die Höhen der natürlichen GW-Spiegel (= Ruhewasserspiegel: **RWS**) im Haupt-Aquifer der Deckenschotter sind nach den vorliegenden Messungen relativ geringen Schwankungen unterworfen (δ-max: 0,6 m). Dies ist als ein guter Hinweis darauf zu werten, dass das erschlossene GW-Vorkommen relativ groß ist.

Gegen Ende des Trockenjahres 2003 (18.10.2003) und des Jahres 2008 (11.12.2008) wurden die bislang tiefsten RWS-Werte an den Meßstellen P1 und P2 (NGW) gemessen. Sie liegen jedoch nur etwa 20 cm unter den bekannten, mittleren GW-Ständen.
Regelmäßige langjährige Messungen der Schüttungsmengen an der Quelle Q-F in Garatshausen (v.a. auch bei NGW-Ständen) liegen dem Unterzeichner nicht vor (Ausnahme: während Dauer-PV Ende 2012, s. \t1\ und Anl.9g-3).

Bei den durchgeführten Pumpversuchen (Kap.5ff.) wurden die GW-Spiegel an den jeweiligen Entnahmebrunnen deutlich abgesenkt (= Betriebswasserspiegel: **BWS**). Während bei den Leistungs-Pumpversuchen (**LPV**) an den Meßstellen im Jahr 2004 aufgrund der relativ kurzen Entnahmedauer nur eine geringe Reaktion an den benachbarten Meßstellen erfolgte, ließen sich bei den Dauer-Pumpversuchen (**DPV**) an den Brunnen z.T. deutliche Reaktionen erkennen (s.a. Kap.5.2.2).

Generell können GW-Spiegel auf verschiedenen Niveaus unterschieden werden.

Die geringsten GW-Höhen weisen die beiden **Brunnen G1 und G2** sowie die Garatshauser Meßstellen **P1, P2, P7 und P8** mit Werten um 611-613 mNN auf, wobei P1 die niedrigsten Wasserstände zeigt. Im Vergleich hierzu liegt der Wasserspiegel im Quellsammler der **Quelle Feldafing (Q-F)** bei Werten um 610,5 mNN.
Die zweite große Gruppe von GW-Spiegeln wird mit Höhen um 626-627 mNN durch die Meßstellen **P5, P6, P9 und P10 sowie den Brunnen Pfaffenberg (Br. P1)** vertreten.
Etwas höhere GW-Spiegel finden sich im Bereich der Bohrung **P3** und im Privatbrunnen **BE** bei Werten um 630-635 mNN. An P3 lagen RWS bis zum Leistungs-PV im Juli 2004 relativ konstant bei 632 mNN. Nach dem LPV an P3 hat sich hier eine um ca. 1,5 m tiefere Lage des Misch?-Wasserspiegels (?: Einspeisung aus hangenden, jüngeren Schottern, vgl. Kap.4.3), möglicherweise infolge eines Freispülens der tieferen Filterrohrstrecke (Deckenschotter) eingestellt.
Den höchsten der gemessenen Wasserspiegel weist die Meßstelle **P4** mit Werten um 664-665 mNN auf (2011-13). Am Privatbrunnen **BH** war 1991 ein Wert von um 650 mNN gemessen worden. Aktuellere Messungen liegen hier nicht vor. Diese Meßstellen erschließen jedoch nicht den Haupt-Aquifer, sondern hangende GW-Vorkommen (vgl. Kap.4.6.2) und werden daher in den Verlaufsdiagrammen nicht dargestellt.

Durch das Wasserwerk werden seit Juli 2023 die GW-Stände an den Br. G1+G2 sowie den umliegenden GW-Meßstellen P1-3, P5, P7 und P8 regelmäßig gemessen (s. \t7\). Die vorläufigen Wertetabellen liegen im Anhang I1+I2 bei.

4.6.2 GRUNDWASSER-FLIESSRICHTUNG UND -GEFÄLLE

Zur Ermittlung von GW-Fließrichtung und -gefälle wurden die vorliegenden Stichtagsmessungen an den verfügbaren bzw. zugänglichen GW-Meßstellen und Brunnen ausgewertet. Deren Ergebnisse sind in Anlage 3a aufgelistet.

Am 19.10.2012 ist vor Beginn des gemeinsamen Dauer-Pumpversuches an den beiden neuen Brunnen G1 / G2 eine Stichtagsmessung aller verfügbaren GW-Spiegel erfolgt, ebenso am 18.2.2013 nach abgeschlossenem Wiederanstieg. Bei beiden Stichtagsmessungen wurden die Ruhewasserspiegel (**RWS**) gemessen, d.h. das GW-Vorkommen war nicht durch eine GW-Entnahme aus den Brunnen beansprucht und dadurch abgesenkt (<=> Betriebswasserspiegel, **BWS**). Durch den Auslauf von Quellwasser an den Quellaustritten in Garatshausen (Q-F, Q-A, Q-P, Q-K: s. Anl.1b) erfolgt jedoch eine permanente Entwässerung des Aquifers und damit eine Absenkung des GW-Spiegels.

Anhand der Stichtagsmessung vom 18.2.2013 (inkl. der beiden neu errichteten GW-Meßstellen P9 und P10) wurde in Anlage 8a ein **GW-Gleichenplan** für den Haupt-Aquifer (Deckenschotter) erstellt. Bei der Konstruktion der Höhengleichen wurden die GW-Stände an den Meßstellen VT1 und VT2 nördlich Traubing einbezogen, da sich hier beim Dauer-PV an Br. P1 eine Reaktion auf die Wasserentnahme abgezeichnet hatte. Aufgrund der hydrogeologischen Befunde und der vorliegenden Wasseruntersuchungen ist auch davon auszugehen, dass die jüngeren Schotter an den Bohrungen P3 und BE in die hier unterlagernden Deckenschotter einspeisen (vgl. Kap.4.2, 4.3 und Anl.5a).

Die Meßstellen P4 und BH wurden bei der Erstellung des GW-Gleichenplanes nicht berücksichtigt:
An GW-Meßstelle P4 wurde ein gespanntes GW-Vorkommen mit deutlich höher liegendem Druckpotential erschlossen, das mit den Deckenschottern nicht direkt in Verbindung steht, jedoch möglicherweise auch in diese einspeist.

Der GW-Spiegel im Privatbrunnen BH liegt 20 m über den umliegenden GW-Spiegeln. Da die wasserführende Schicht bei dieser Spülbohrung bei ca. 15 m u.GOK erbohrt wurde, ist anzunehmen, dass dieser Wasserspiegel einem höheren, lokal begrenzten Zwischen-Stockwerk angehört.

Der GW-Gleichenplan von 18.2.2013 (inkl. GWM P9+P10) bestätigt die bereits vorliegenden älteren Befunde. Die **GW-Fließrichtung ist von Nordwest nach Südost** gerichtet, also von Brunnen P1 / GWM P6 + P5 über die Garatshausener Brunnen G1/G2 zum Quellhorizont Garatshausen hin. Der GW-Anstrom zum Br. P1 erfolgt demnach hauptsächlich aus nordwestlicher Richtung, also etwa von Traubing her.
Das **GW-Gefälle (I)** ist dabei uneinheitlich. Im Anstrom der Brunnen beträgt es zwischen 14 ‰ (P9 –> Br. G2), 18 ‰ (P5 –> Br. G2) und 25 ‰ (P3 –> Br. G1).
Auffallend ist die Verflachung des GW-Gefälles nordwestlich der Linie P9/P5/P3. Es ist im näheren Umfeld des Brunnens P1 (500 m - Umkreis: GW-Meßstellen P5, P9 und P10) relativ flach und beträgt nach Osten zwischen diesem und P3 um 5 ‰ und nach Westen/Nordwesten zu GWM P10 unter 1 ‰. Bei Annahme eines Zusammenhangs mit den Bohrungen VT1+2 nördlich Traubing ergibt sich nach GW-oberstrom, also in nordwestlicher Richtung ein Wert von I = 15-16 ‰.
Die auffallende Verflachung des GW-Gefälles im Nahbereich um Br. P1 wird sehr wahrscheinlich durch eine vom Grundwasser überflossene Schwelle im GW-Stauer südlich bis östlich von P3 verursacht, wie bereits u.a. in Kapitel 4.2, 4.3 und 4.5 diskutiert sowie in Anlage 5b und 6 dargestellt. Eine weitere Hochlage wird zudem zwischen Bohrung P9 und P4 vermutet (s. Anl.5a) und erstreckt sich möglicherweise weiter nach Nordwesten (?).
Diese Schwellenbereiche wurden in Anlage 8a+b eingezeichnet.

4.6.3 GRUNDWASSER-MÄCHTIGKEIT

Anhand der Höhen des GW-Spiegels (hier: Stichtagsmessung vom 18.2.2013) und des GW-Stauers lässt sich die GW-Mächtigkeit (**M** bzw. **H**) bestimmen. Mittels eines Rechenprogramms wurde die Verteilung der GW-Mächtigkeiten für den durch die Brunnen erschlossenen GW-Leiter im Bereich zwischen den Bohrungen P9/P10 im Westen, den Brunnen (BE, P3) und Sondierungen (GTS4-p, GTS16-p und S4) im Norden und den Quellaustritten bei Garatshausen berechnet. Das Ergebnis liegt in Anlage 8b bei.

Es lässt sich gut erkennen, dass die GW-Mächtigkeit um Br. P1 (M > 20 m) zu den Br. G1+G2 bei Garatshausen (M ca. 8-9 m) abnimmt. Nach Nordwesten hin sind jenseits der GW-Meßstellen P9 und P10 bis Traubing keine Bohrungen vorhanden. Es wird jedoch angenommen, dass die GW-Mächtigkeit in dieser Richtung infolge der ansteigenden Staueroberfläche abnimmt. Der Schwellenbereich an Bohrung P3 (612 mNN) erreicht die GW-Oberfläche (ca. 630,5 mNN) nicht, so dass das Grundwasser die Schwelle überfließen kann (vgl. Anl.5b).

4.7 WASSERHAUSHALT, GRUNDWASSER-NEUBILDUNG

Die GW-Neubildung (**GWN**) lässt sich aus den meteorologischen Daten des gemessenen Niederschlages (**N**), der berechneten Verdunstung (**V**) und dem oberirdischen Abfluss ($\mathbf{A_o}$) bestimmen mit: $\mathbf{GWN = N\text{-}V\text{-}A_o}$.

Für den Bereich zwischen Tutzing, Traubing und Feldafing können aus BLFW (1998) folgende Angaben zum GW-Haushalt entnommen werden:

mittlere jährliche Niederschlagshöhen 1961-90:	N =	1.100 - 1.300 mm/a
mittlere jährliche Verdunstungshöhen 1961-90:	V =	500 - 550 mm/a
mittlere jährliche Abflusshöhen 1961-90:	A_{ges} =	500 - 600 mm/a

Nach älteren Angaben (BLFW, 1974) liegen diese Werte für die Periode 1931-1960 bei:

mittlere jährliche Niederschlagshöhen 1931-60:	N =	1.100 mm/a
(Winter-Halbjahr, Nov. - Apr.:		350 mm)
(Sommer-Halbjahr, Mai - Okt.:		750 mm)
mittlere jährliche Verdunstungshöhen 1931-60:	V =	640 mm/a
mittlere jährliche Abflusshöhen 1931-60:	A_{ges} =	460 mm/a

Mit dem Wert von A_{ges} = 460 mm/a errechnet sich für das Untersuchungsgebiet ohne Anrechnung des A_o - Anteils eine mittlere Neubildungs-Rate von 14,6 l/(s • km²).

Da das Gebiet jedoch durch einige Bäche entwässert wird (s. Kap.2.1), muss der oberirdische Abfluss A_o, der dem Grundwasser-Haushalt nicht zugute kommt, berücksichtigt werden. Nach Überlegungen von KRAUSE (2001, s.d. S.173 ff.) betrug in den Jahren 1979/91 der Anteil der GW-Neubildung auf dem südlichen Andechser Höhenrücken rund 36 Mio. m³/a bei einer Bilanzgebietsfläche von 98 km². Hieraus errechnet sich eine mittlere GWN von 11,6 l/(s•km²).

Für den Bereich der "*moränenbedeckten Seeufergebiete*" wird aufgrund des erhöhten A_o -Anteils von einem geringeren Wert ("*7-11 l/(s•km²)*") ausgegangen.

Im vorliegenden Fall wird die GWN-Rate in Übereinstimmung mit neueren Berechnungen (s.a. BLFU, 2018) zur sicheren Seite mit einem relativ niedrigen Wert angesetzt:

GWN = 8,0 l/(s • km²) bzw. 252 mm/a.

5 PUMPVERSUCHE, GEOHYDRAULISCHE KENNWERTE

5.1 ÄLTERE UNTERSUCHUNGEN

Nach Errichtung der Meßstellen P1-P3 (Bj. 1991) und P7+P8 (Bj. 2004) wurden an diesen Kurz- und Leistungs-Pumpversuche (**KPV, LPV**) durchgeführt und ausgewertet.

Es ergaben sich folgende geohydraulische Kennwerte.

Tab.4: geohydraulische Kennwerte (GW-Meßstellen, Versuchsbrunnen)

Versuchsbrunnen	GW-Mächtigkeit [m]	k_f -Wert [m/s]	Transmissivität [m²/s]
P1	5,5	3,1-5,2 • 10^{-4}	1,7 - 2,9 • 10^{-3}
P2	8,4	2,4-3,1 • 10^{-4}	2,0 - 2,6 • 10^{-3}
P3	20,2	0,6-1,1 • 10^{-4}	1,2 - 2,2 • 10^{-3}
P7	7 - 8	Ø: 1 • 10^{-3}	Ø: 7 - 8 • 10^{-3}
P8	7 - 8	Ø: 5 • 10^{-4}	Ø: 3,5-4 • 10^{-3}

5.2 NEUE BRUNNEN

Nach Errichtung der beiden Brunnen G1 und G2 wurden diese mit verschiedenen Maßnahmen (Kolben, Intensiventsanden mit Doppelpacker, Schockpumpen) entwickelt und anschließend klar gepumpt.

Bei den Pumpversuchen wurde das geförderte Wasser in die nächstgelegenen Vorfluter (Bäche) eingeleitet. Die Messungen der GW-Stände erfolgten händisch mittels Lichtlot (s. Diagramme in Anl.9g) und zusätzlich durch Drucksonden mit Datenlogger (s. Diagramme in Anl.9f+h). Die gepumpten Wassermengen wurden mittels MID und Messwehr erfasst. Es erfolgten ebenfalls sporadische Messungen der Temperatur, des pH-Wertes und der el. Leitfähigkeit sowie Kontrollen von Geschmack und Geruch des geförderten Wassers.

5.2.1 KURZ- UND LEISTUNGS-PUMPVERSUCHE

Die Pumpversuchs-Diagramme der Handmessungen werden in Anlage 9a-d (Br. G1) und 9e (Br. G2) gezeigt. Sie wurden nach Angaben der ausführenden Firma (Fa. Abt. Mindelheim) und eigenen Messungen erstellt.
Ebenfalls wird eine Zusammenstellung der mittels Datenloggersonden aufgezeichneten GW-Stände im Zeitraum 1.6.- 1.10.2012 in den beiden Brunnen sowie den relevanten GW-Meßstellen P1-P3, P5, P7 und P8 in Anlage 9f gezeigt.

5.2.1.1 Brunnen G1

Während der Bohrarbeiten und vor dem endgültigen Ausbau von Br. G1 wurde aufgrund des Antreffens von ca. 60 % Nagelfluh-Lagen ein Zwischen-Pumpversuch in einem vorübergehend eingebauten Arbeitsfilter durchgeführt. Diese Maßnahme war nötig, die Brunnenergiebigkeit an diesem Standort zu überprüfen, um eine Entscheidung für oder gegen den Ausbau als Förderbrunnen treffen zu können. Nachdem hierbei eine ausreichende Wassermenge förderbar war, wurden die Arbeiten fortgeführt und der Brunnen wie vorgesehen ausgebaut.

Bei dem Zwischen-PV (**ZPV**) an Br. G1 am 2./3.5.2012 wurde mit einer Fördermenge (Q) von maximal 14,6 l/s gepumpt. Dabei war gegen PV-Ende eine Quasi-Beharrung bei einer Absenkung (s) des Betriebswasserspiegels (**BWS**) um 2,84 m eingetreten (s. Anl.9a).

Nach Fertigstellung des Brunnens sollte ein ca. 140-stündiger LPV mit mehreren Stufen erfolgen, um die maximale, kurzzeitige Brunnenergiebigkeit testen zu können.
Aufgrund mehrere Ausfälle der Stromversorgung infolge eines Maschinendefektes und von Starkregen (Kurzschluss) musste der Versuch insgesamt 3-mal gestartet werden.

Aus diesem Grund liegen aus dem Zeitraum 25.6.- 6.7.2012 drei PV-Diagramme (s. Anl.9b-d) der einzelnen Versuche vor, die somit als Kurz-Pumpversuche (KPV) zu werten sind. Der 2. PV war der längste Abschnitt. Hierbei wurden bei der größten Fördermenge von Q = 16,2 l/s und bei einer maximalen Absenkung von s > 5 m Trübungsschübe im geförderten Wasser festgestellt, anschließend wurde bei der Förderleistung 15 l/s eine deutlich stärkere Absenkung gemessen, als bei der gleichen Fördermenge vor Steigerung auf 16,2 l/s. Dies war auf eine Kolmation des Brunnenfilters durch mobilisierte Feinteile (Sand und Schluff) zurückzuführen. Nach PV-Ende wurde der Brunnen erneut mittels Schockpumpen entwickelt.
Dies brachte eine deutliche Verbesserung der Ergiebigkeit bzw. Verringerung des Absenkbetrags, wie der Vergleich der PV-Diagramme in Anlage 9c und 9d zeigt (bei 15 l/s: 2. PV –> s = 4,13 m; 3. PV –> s = 3,27 m).

Die Beobachtung der GW-Stände an den umliegenden Meßstellen ergab folgende Maximal-Absenkungen am Ende der Kurz-PV's (Ende 3. KPV, 6.7.12, Q = 15 l/s: s.a. Anl.9f):

P7: s = 0,34 m; P2: s = 0,15 m; P8: s = 0,08 m

Bei einer Überprüfung der Brunnenleistung von Br. G1 mittels einem erneuten LPV von 27.2.-5.3.2019 ergab sich mit einer Absenkung (Quasi-Beharrung) von s = 3,1 m bei Q = 15 l/s eine ähnliche Brunnenergiebigkeit (s. Anl.9i).

5.2.1.2 Brunnen G2

Der Leistungs-Pumpversuch (LPV) an Br. G2 erfolgt von 23.- 27.7.2012 über ingesamt 98 Stunden. Hierbei wurde mit 4 unterschiedlichen Fördermengen gepumpt (Q = 10 l/s, 15 l/s, 20 l/s, 17 l/s) wobei insgesamt eine Wassermenge von 6.100 m³ entnommen wurde.

Während des LPV wurden ebenfalls die GW-Spiegel an den Meßstellen P7 und P8 gemessen. Das PV-Diagramm liegt in Anlage 9e bei.

Bei der größten Fördermenge von Q = 20 l/s war nach 33,5 Stunden noch keine Beharrung erreicht worden, so dass auf 17 l/s gedrosselt werden musste. Bei dieser Fördermenge hatte sich nach 41 Stunden eine Quasi-Beharrung bei einer Absenkung von s = 2,43 m eingestellt.

An den umliegenden GW-Meßstellen wurden gegen Ende des LPV (am 27.7.12: bei Q = 17 l/s) folgende Absenkungen gemessen (s.a. Anl.9f):

P8: s = 0,89 m; P1: s = 0,21 m; P7: s = 0,15 m

Die vorliegenden PV-Ergebnisse lassen darauf schließen, dass aus dem Brunnen G1 und G2 nicht mehr als 15 bzw. 17 l/s förderbar sind, da bei höheren Förderleistungen keine Beharrung des Wasserspiegels erreicht wurde. Da sich die Brunnen gegenseitig beeinflussen, nimmt die je Brunnen maximal förderbare Wassermenge bei gemeinsamem Brunnenbetrieb ab (s. Kap. 5.2.2).

5.2.2 GEMEINSAMER DAUER-PUMPVERSUCH

Um die Leistungsfähigkeit der Brunnen und v.a. die längerfristige Ergiebigkeit des gemeinsamen Aquifers zu testen, wurde zeitgleich am 24.10.12 ein gemeinsamer Dauer-PV (**DPV**) an beiden Brunnen über 961 Stunden bzw. 40 Tage begonnen. Aufgrund des frühen Wintereinbruchs musste der Versuch bereits am 3.12.12 abgebrochen werden, da eine Belieferung der Stromaggregate mit Treibstoff nicht mehr möglich war.
Es wurde ingesamt eine Wassermenge von 95.434 m³ (Br. G1: 46.670 m³; Br. G2: 48.764 m³) abgepumpt.

Die PV-Diagramme von Br. G1 und G2 (Lichtlot-Messungen) sowie die Schüttung an der Quellfassung Garatshausen (Q-F: Messungen durch Wasserwarte des WV) werden in Anlage 9g gezeigt.

An **Br. G1** musste die Wasserförderung nach und nach von anfangs 15,3 l/s auf 12,8 l/s gedrosselt werden, da sich bei den höheren Fördermengen keine Beharrung des Wasserspiegels eingestellt hatte (s. Anl.9g-1). Gegen Ende des DPV fand noch ein leichtes Absinken des BWS um wenige cm/Tag (1-6 cm) statt. Die maximale Absenkung zum PV-Ende betrug hierbei 4,53 m vom RWS bzw. 35,91 m u.GOK (Nagelfluh-Bänke von 31,7-34,1 m u.GOK !).

An **Br. G2** kam es ebenfalls zu einem stetigen, leichten Rückgang der Förderleistung, wobei dies auf der zunehmenden Förderhöhe bei absinkendem GW-Spiegel beruhte. So verringerte sich die Fördermenge von anfangs 15,0 l/s auf 13,8 l/s (s. Anl.9g-2). Der Rückgang des BWS lag die letzten 3 Tage vor PV-Ende noch bei 1-3 cm/Tag, die maximale Absenkung am Ende des DPV betrug hier 3,06 m vom RWS (bzw. 40,03 m u.GOK).

Bei den Kurz- und Leistungs-PV an den einzelnen Brunnen hatten sich zunächst etwas höhere Entnahmemengen abgezeichnet (Br. G1: 15 l/s, Br. G2: 17 l/s). Da die Brunnen ihr Wasser aus dem gleichen GW-Stockwerk entnehmen, beeinflussen sie sich jedoch gegenseitig.
Aufgrund des vorzeitigen Versuchsendes war noch keine echte Beharrrung des BWS eingetreten. Dies dürfte Zusammenhang mit einer verzögerten Entleerung des Aquifers stehen (vgl. Kap.5.3.2).

Die Schüttungs-Messung an der **Quellfassung Garatshausen (Quelle Feldafing Q-F)** ergab erwartungsgemäß einen deutlichen Rückgang der Gesamtschüttung von anfangs 14,7 l/s auf 7,2 l/s am Ende des DPV (s. Anl.9g-3). Der nördliche (= rechte), gering schüttende Quellzulauf (Taxis-Quelle: 1 l/s) fiel dabei innerhalb von 7 Tagen trocken.
Beim DPV wurde das Wasser aus Brunnen G2 in den Säggraben eingeleitet. Da dieser nahe der Bahnlinie versickert und möglicherweise auch in die Quellfassung einspeist, wird angenommen, dass die Quellschüttung hierbei eher zu hohe Werte aufwies.

Durch die Quellabflüsse (s. Anl.1b: Quellaustritte Q-A und Q-P südl. der Fassung Feldafing Q-F sowie Überlauf aus Q-F) werden einige kleinere Fischteiche gespeist.
Der **Quellbach**, der den Ablauf der Fischteiche darstellt, wurde an 2 Meßstellen beobachtet (s. Anl.1b). Während des Dauer-PV ließ sich ein nur geringer Rückgang des Wasserstandes im Bach von ca. 2 cm feststellen (< 10 % des Abflusses).

In Anlage 9h sind die Aufzeichnungen der Datenlogger im Zeitraum 1.10.12 - 28.2.13 grafisch dargestellt. Hier sind die Reaktionen der GW-Spiegel in den **umliegenden GW-Meßstellen** auf die Wasserentnahme aus den Brunnen deutlich zuzuordnen. Gegen Ende des LPV wurden folgende Absenkungen gemessen:

P8: s = 1,42 m; P7: s = 0,95 m; P2: s = 0,69 m; P1: s = 0,50 m

An den westlich gelegenen GW-Meßstellen P3 und P5 war keine eindeutige Reaktion des GW-Spiegels auf den DPV an Br. G1 und G2 erkennbar. Auch die Handmessungen an Br. P1 und GWM P6 hatten keine Änderung des GW-Spiegels ergeben.

5.3 AUSWERTUNG DER PUMPVERSUCHE, GEOHYDRAULISCHE KENNWERTE

Anhand der Daten aus den vorstehend beschriebenen Pumpversuchen erfolgten Pumpversuchsauswertungen für stationäre Verhältnisse (d.h. eine Quasi-Beharrung der abgesenkten GW-Spiegel zeichnete sich ab) und für instationäre Verhältnisse (d.h. die Dynamik der noch in Absenkung bzw. Wiederanstieg befindlichen GW-Stände wurde ausgewertet).

Das GW-Vorkommen im Umfeld der Brunnen G1+G2 ist insgesamt als ungespannt einzustufen, da die Oberkante des Deckenschotter-Aquifers deutlich über den GW-Spiegeln liegt (vgl. Anl. 4-1a und 4-1b). Wie in Kapitel 4.3 ausgeführt, werden durch die wasserstauenden Nagelfluh-Lagen und -Linsen im Aquifer lokal jedoch auch halbfreie, halbgespannte bzw. gespannte Verhältnisse verursacht, was auch durch die instationären Auswerteverfahren bestätigt wird (s. Kap.5.3.2).

5.3.1 STATIONÄRE AUSWERTEVERFAHREN

Da stationäre Verhältnisse nur bei ausreichend langen Pumpversuchen erreicht werden, ist eine Auswertung nur gegen Ende der Pumpversuche möglich und sinnvoll.

In Anlage 10a werden PV-Auswertungen nach BABUSCHKIN (unvollkommener Brunnenausbau, gespannte und ungespannte Verhältnisse) und nach DUPUIT (vollkommener Brunnenausbau, ungespannte Verhältnisse) sowie die Q/s-Kurven der Pumpversuche gezeigt. Eine Auswertung erfolgte hier für Br. G1 / Zwischen-PV und Ende 3. Kurz-PV, sowie für Br. G2 / Ende Leistungs-PV.

In Anlage 10b wurden ergänzend Berechnungen nach THIEM-DUPUIT vorgenommen. Hierbei geht die GW-Absenkung in den nahegelegenen GW-Meßstellen mit ein, um dadurch integrale Kennwerte für den Aquifer auch in weiterer Entfernung von den Brunnen zu erhalten.
Diese Berechnungen erfolgten für den 3. KPV an Br. G1, den LPV an Br. G2 (Annahme: ungespannte Verhältnisse) sowie den gemeinsamen DPV an Br. G1+G2 (Annahme: gespannte Verhältnisse).

Der Verlauf der **Q/s-Diagramme** in Anlage 10a lässt auf die Brunnenentwicklung und die Ergiebigkeit des Aquifers rückschließen.
Bei geringeren Entnahmemengen von Q $\leq$ 10 l/s verlaufen die Q/s-Kurven relativ flach und geradlinig und belegen somit eine gute Brunnenentwicklung. Erst bei höheren Werten von Q (15 bzw. 17 l/s) versteilt sich der Kurvenverlauf und die Q/s-Kurven zeigen deutlichere Knicke. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Aquifer und die Brunnen hierbei an ihre Belastungsgrenze geraten. Das Grundwasser, das den Brunnen zufließt, kann sich nur auf den gut wasserwegsamen Schichten mit lockerem Kies und Sand zwischen den betonartigen Nagelfluh-Lagen bewegen. Mit steigender Wasserförderung aus den Brunnen nimmt die Fließgeschwindigkeit des Wassers sowohl in den Porenräumen des Aquifers als auch im Bereich der Filterschlitze des Brunnens zu.
Bei Überschreitung der kritischen Filtergeschwindigkeit von $v_{krit.} \leq 3 \cdot 10^{-2}$ m/s geht die Strömung im brunnennahen GW-Leiter bzw. im Filterbereich vom laminaren in den turbulenten Zustand über. Dabei nehmen die Reibungsverluste exponentiell zu, was in Verbindung mit der bereits verringerten GW-Mächtigkeit und Filterlänge bei abgesenktem Betriebswasserspiegel (BWS) im Brunnen zu überproportional steigenden Absenkbeträgen führt (Brunneneintrittsverluste).

*Durch erhöhte Eintrittsverluste im Filterbereich steigt im Brunnen die scheinbare Absenkung, die gegenüber der tatsächlichen Absenkung im unmittelbar benachbarten Aquifer stark erhöht sein kann. Als Maß für die scheinbare Absenkung lässt sich die **"Sickerstrecke (s_i)"** nach NAHRGANG (1965) berechnen (s. Anl.10a). Sie erreicht hier bei den großen Fördermengen (Br. G1: 15 l/s; Br. G2: 17 l/s) Werte von s_i = 0,7 bzw. 0,4 m.*

Infolge der vorstehend beschriebenen Vorgänge nimmt bei steigender Fördermenge die **spezifische Ergiebigkeit (C = Q/s)** eines Brunnens in der Regel ebenfalls ab.
Für die beiden Brunnen wurden folgende Werte errechnet:

Tab.5: Spezifische Ergiebigkeit der Brunnen in Abhängigkeit von der Fördermenge

Brunnen G1			
Fördermenge [l/s]	5,0	10,0	15,0
C [$m^3/s \cdot m^{-1}$]	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$8,8 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-3}$
Brunnen G2			
Fördermenge [l/s]	10,0	15,0	17,0
C [$m^3/s \cdot m^{-1}$]	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$7,0 \cdot 10^{-3}$

Die in Tabelle 5 genannten Werte von C übertreffen die aus den Vorversuchen an den Versuchsbohrungen P7 und P8, d.h. die beiden Brunnen weisen etwas höhere Ergiebigkeiten auf, als die Ergebnisse der Versuchsbohrungen erwarten ließen.

Die stationären PV-Auswerteverfahren (s. Anl.10a+b) ergeben die in Tabelle 6 gezeigten k_f - Werte und Transmissivitäten.

Tab.6: geohydraulische Kennwerte aus Pumpversuchen (stationäre Auswertung)

Brunnen		Zwischen-PV	1.- 3. Kurz-PV	Leistungs-PV	Dauer-PV
G1	k_f (m/s)	0,5-1,0 • 10^{-3}	0,4-1,3 • 10^{-3}	---	6,0-7,4 • 10^{-4}
	T (m²/s)	3,5-7,1 • 10^{-3}	3,3-9,6 • 10^{-3}	---	3,0-3,7 • 10^{-3}
G2	k_f (m/s)	---	---	0,6-1,3 • 10^{-3}	1,0-1,1 • 10^{-3}
	T (m²/s)	---	---	4,6-9,9 • 10^{-3}	4,6-4,8 • 10^{-3}

Die Durchlässigkeiten (k_f -Werte) und Transmissivitäten (T) sind demnach an Brunnen G1 etwas geringer als an Brunnen G2.
Mit den stationären Auswerteverfahren errechnen sich für die Brunnen bei hoher Beanspruchung (= hohen Fördermengen) und GW-Mächtigkeiten von H bzw. M = 7,5 m mittlere Werte für den Gesamt-Aquifer von:

		Br. G1	Br. G2
k_f	[m/s]:	**4 • 10^{-4}**	**6 • 10^{-4}**
T	[m²/s]:	**3 • 10^{-3}**	**4 • 10^{-3}**
C	[m³/s • m^{-1}]:	**5 • 10^{-3}**	**7 • 10^{-3}**

5.3.2 INSTATIONÄRE AUSWERTEVERFAHREN

Bei Durchführung eines ausreichend langen Pumpversuches - wie dies auch hier mit dem gemeinsamen Dauer-PV (s. Kap.5.2.2) der Fall ist - ist eine PV-Auswertung mittels **instationärer Verfahren** möglich und sinnvoll. Hierbei können die Werte aus den stationären Berechnungen verifiziert und zusätzlich Erkenntnisse zu den Aquifer-Charakteristika und den geohydraulischen Parametern (v.a. nutzbarer Porenraum, s.u.) gewonnen werden.

Bei den instationären Berechnungsverfahren bestimmt v.a. die **Dynamik der Absenkung und des Wiederanstiegs** - weniger der Absenkungsbetrag - in den Brunnen und Beobachtungspegeln die geohydraulischen Kennwerte. Die bei den stationären Verfahren verfälschend wirkende Sickerstrecke (s. Kap.5.3.1) im Brunnen kann hierbei vernachlässigt werden.

Die Absenkverläufe während des DPV an Br. G1 und G2 für die Brunnen und die nächstgelegenen GW-Meßstellen P1 (340 m von Br. G2 entfernt), P2 (200 m von Br. G1), P7 (76 m von Br. G1) und P8 (67 m von Br. G2) werden in Anlage 9g+9h gezeigt.
Die Ergebnisse der instationären Auswerteverfahren werden in Anlage 11a-e dargestellt.

Es wurden verschiedene Verfahren nach COOPER-JACOB (Geradlinien-Verfahren) und THEIS (Theis-Standardkurven und deren Abwandlungen) eingesetzt.
Das erschlossene GW-Vorkommen weist primär die Eigenschaften eines ungespannten Aquifers auf, wie die Absenkungen nach COOPER-JACOB zeigen (s. Anl.11a-1 und 11c-1 und -2). Bei näherer Betrachtung ergeben sich jedoch auch weitere Charakteristika, die für die Bewertung des Aquifers zu berücksichtigen sind.

Aufgrund der schlechten Übereinstimmung des Absenkverlaufes mit der Typ-Kurve nach THEIS ist dieses Verfahren für die Brunnen G1 und G2 nur bedingt anwendbar (s. Anl.11a-2 bzw. 11c-3). Eine bessere Kurvenanpassung ergibt sich mit dem Verfahren nach NEUMAN (bzw. BOULTON). Diese Methode wird bei einem Aquifer-Typus mit verzögerter Entleerung (halbfreier Aquifer) angewendet (s.Abl.11a-3 und 11c-4).
Ähnliche Befunde hatten auch die Auswertungen der früheren Pumpversuche an den Versuchsbrunnen / Meßstellen P7 und P8 ergeben.

Der GW-Leiter, soweit dieser aus den Bohrergebnissen und nahegelegenen Aufschlüssen bekannt ist, entspricht am ehesten diesem Typus. Zwischen wasserstauenden Nagelfluh-Lagen und -Linsen im dm- bis m-Bereich sind gut wasserleitende Schotter eingebettet. Die GW-führenden Schotter-Lagen weisen halbfreie (bis teilgespannte) Verhältnisse auf. Bei Absenkung im Brunnen infolge der Wasserentnahme gehen die höheren Schotter-Lagen, die im Absenkungsbereich liegen, in ungespannte Verhältnisse über bzw. können auch ganz trocken fallen. Die Entwässerung des Aquifers findet dabei nur verzögert statt, da diese durch die wasserundurchlässigen Nagelfluh-Lagen behindert wird.
Mit zunehmender Entfernung von den Brunnen nehmen diese Effekte ab. Der Aquifer verhält sich hier eher wie ein gespanntes GW-Vorkommen (s.u.), bzw. ein halbgespanntes Vorkommen, wenn eine Leckage aus höher liegenden Schichten stattfindet (Leaky-Aquifer).

Die aus den instationären Auswerteverfahren (s. Anl.11a-e) berechneten, geohydraulischen Kennwerte werden in Tabelle 7 zusammengestellt.

Tab.7: geohydraulische Kennwerte aus Dauer-PV (instationäre Auswerte-Verfahren)

Brunnen		COOPER-JACOB	THEIS	NEUMAN	THEIS (Steptest)	THEIS (Wieder-anstieg)
G1	**T [m²/s]**	$4{,}3 \cdot 10^{-3}$	$2{,}7 \cdot 10^{-3}$	$2{,}1 \cdot 10^{-3}$	$2{,}8 \cdot 10^{-3}$	$1{,}9 \cdot 10^{-3}$
	M [m]	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
	k_f [m/s]	$5{,}6 \cdot 10^{-4}$	$3{,}5 \cdot 10^{-4}$	$2{,}8 \cdot 10^{-4}$	$3{,}7 \cdot 10^{-4}$	$2{,}4 \cdot 10^{-4}$
	S [%]	---	10,2	---	16,0	---
P7	**T [m²/s]**	$4{,}4 \cdot 10^{-3}$	$4{,}7 \cdot 10^{-3}$	---	---	$1{,}9 \cdot 10^{-3}$
	k_f [m/s]	$5{,}7 \cdot 10^{-4}$	$6{,}0 \cdot 10^{-4}$	---	---	$2{,}5 \cdot 10^{-4}$
	S [%]	9,5	8,5	---	---	---
G2	**T [m²/s]**	*(2,2 • 10⁻²)** $2{,}9 \cdot 10^{-3}$	$3{,}4 \cdot 10^{-3}$	$2{,}6 \cdot 10^{-3}$	---	$1{,}9 \cdot 10^{-3}$
	M [m]	7,7	7,7	7,7	---	7,7
	k_f [m/s]	*(2,8 • 10⁻³)** $3{,}8 \cdot 10^{-4}$	$4{,}5 \cdot 10^{-4}$	$3{,}4 \cdot 10^{-4}$	---	$2{,}4 \cdot 10^{-4}$
	S [%]	---	---	—	---	---
P8	**T [m²/s]**	$3{,}0 \cdot 10^{-3}$	$3{,}0 \cdot 10^{-3}$	---	---	$1{,}8 \cdot 10^{-3}$
	k_f [m/s]	$3{,}9 \cdot 10^{-4}$	$3{,}9 \cdot 10^{-4}$	---	---	$2{,}4 \cdot 10^{-4}$
	S [%]	11,8	12,0	---	---	---

**: früher Ast = Anfangswerte, Entwässerung des brunnennahen GW-Leiters*

Die mittels instationärer Auswerteverfahren berechneten geohydraulischen Kennwerte liegen in einem relativ engen Feld beieinander.

Zu beachten ist, dass die aus der Transmissivät nach $T = k_f / M$ berechneten k_f -Werte (= *"Conductivity"*) für die gesamte wassererfüllte Aquifer-Mächtigkeit gelten. Da hier GW-stauende neben GW-leitenden Bereichen vorkommen, ist der **tatsächliche k_f -Wert für die GW-leitenden Kies-Schichten wesentlich größer**, als die hier rechnerisch ermittelten Werte. Nach den Auswertungen zu Kapitel 5.3.1 (s.d. Tab.6) sind hier k_f -Werte von $1 \cdot 10^{-3}$ m/s anzusetzen.

Bei der Auswertung des Absenkverlaufes ergeben sich etwas höhere Werte als für den gemessenen Wiederanstieg des GW-Spiegels nach Abschalten der Pumpen. Dies wird möglicherweise durch das Auslaufen des GW-Vorkommens an den Quellen im Bereich Garatshausen bedingt, da hierdurch der Wiederanstieg des GW-Spiegels verzögert wird.

Die Transmissivitäten an den Beobachtungspegeln und aus den Wiederanstiegen stellen dabei die zuverlässigeren Werte dar, da hierbei die in Entnahmenbrunnen häufig verfälschende Sickerstrecke (s.o.) keine Rolle spielt.

Somit können aufgrund der vorliegenden instationären Auswertungen der Pumpversuche die nachfolgenden, mittleren Aquifer-Kennwerte im Bereich der Brunnen G1 und G2 mit den umliegenden Versuchsbohrungen P1, P2, P7 und P8 zusammengefasst werden:

Bereich	**Durchlässigkeit (k_f)**	**Transmissivität (T)**
Br. G1 + G2 (Ø):	**$5{,}0 \cdot 10^{-4}$ m/s**	**$4{,}0 \cdot 10^{-3}$ m²/s**

Dabei ist zu beachten, dass es sich hierbei um Mischwerte für den gesamten Aquifer (also Kies mit Nagelfluh-Einlagerungen) handelt. Die k_f -Werte und somit die auch die Transmissivitäten dürften im Bereich der lockeren Kies-Lagen deutlich höher sein (s.o.). Dies ist v.a. auch im Hinblick auf die horizontale Fließgeschwindigkeit relevant (vgl. Kap.5.3.3).

Zusätzlich wurde der **Wiederanstieg** an den Brunnen und den nahegelegenen Meßstellen P7 bzw. P8 mit dem Geradlinienverfahren nach THEIS ausgewertet. Hierbei ergaben sich für alle 4 Meßstellen nahezu die gleichen Werte (s. Tab.7). Von Bedeutung ist, dass der Schnittpunkt der Wiederanstiegsgeraden mit der t/t'-Achse (bei Restabsenkung s' = 0) in allen Diagrammen (s. Anl.11e) bei t/t'-Werten > 2 liegt. Hierdurch wird angezeigt, dass der Aquifer während des Dauer-PV durch nachfließendes Grundwasser ausreichend ernährt wurde (LANGGUTH & VOIGT, 2004).

Die berechneten, ebenfalls in Tabelle 7 gezeigten Werte für den **Speicherkoeffizienten S** (= *"Storativity"*) geben mit 8,5-16,0 % einen Hinweis darauf, dass das erschlossene GW-Vorkommen teilgespannte (halbfreie) Verhältnisse aufweist (s.o.).

Der Speicherkoeffizient kann hier dem **nutzbaren Porenraum (P_n)** gleichgesetzt werden.
Für ungespannte Kies-Aquifere wird üblicherweise mit Werten um P_n = 0,2 bzw. 20 %, für gespannte mit S $\leq$ $1 \cdot 10^{-5}$ gerechnet.
Der gegenüber einem reinen Kies-Aquifer verringerte Porenraum ist darauf zurückzuführen, dass ein Teil des genutzten GW-Leiters nicht aus lockerem, porösem Kies besteht, sondern aus Nagelfluh-Lagen, in denen der Porenraum durch Kalkausfällungen zementiert ist (P_n –> 0).

5.3.3 ABSTANDSGESCHWINDIGKEIT

Die **Abstandsgeschwindigkeit (v_a)** gilt als Maß für die Geschwindigkeit, mit der sich ein Wasserteilchen in der gesättigten Zone ± horizontal in Hauptfließrichtung des GW-Stroms bewegt. Sie lässt sich aus dem nutzbaren Porenraum (P_n,), dem GW-Gefälle (I) und dem Durchlässigkeitsbeiwert (k_f) berechnen:

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

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

Die k_f-Werte und der nutzbare Porenraum wurden in den vorstehenden Abschnitten ermittelt (s. Kap.5.3.1 und 5.3.2).
Das GW-Gefälle ist nach Kapitel 4.6.2 heterogen. Es liegt im brunnennahen Bereich bei Werten zwischen I = 14 ‰ (zwischen P9 und Br. G2) und I = 25 ‰ (zwischen P3 und Br. G1).

Daraus lassen sich folgende Werte für v_a für den brunnennahen Deckenschotter abschätzen:

gesamter Aquifer:	**$k_f = 5 \cdot 10^{-4}$ m/s**	**P_n = 15 % (Kies +Nagelfluh)**	
Br. G1 (P3 –> G1):	I = 25 ‰	$v_a = 8{,}3 \cdot 10^{-5}$ m/s	**(= 7,2 m/Tag)**
Br. G2 (P5 –> G2):	I = 18 ‰	$v_a = 6{,}0 \cdot 10^{-5}$ m/s	**(= 5,2 m/Tag)**
Br. G2 (P9 –> G2):	I = 14 ‰	$v_a = 4{,}7 \cdot 10^{-5}$ m/s	**(= 4,0 m/Tag)**

Für den brunnenfernen Bereich zwischen dem Brunnen P1 und dem Ortsrand von Traubing errechnen sich deutlich geringere Werte (s.a. BGU-TTZP02-11/17):

Br.P1 –>Traubing:	**$k_f = 3\text{-}6 \cdot 10^{-4}$ m/s;**	**P_n = 20 %**	
	I = 15 ‰	$v_a = 2{,}2\text{-}4{,}5 \cdot 10^{-5}$ m/s	(**= 1,9-3,9 m/Tag**)

6 ABSCHÄTZUNG DER AQUIFER- UND BRUNNEN-ERGIEBIGKEITEN

Eine Abschätzung bzw. Prognose der Ergiebigkeit des erschlossenen GW-Vorkommens (= langfristig förderbare Wassermenge) lässt sich auf Grundlage des durchgeführten, 40-tägigen Dauer-Pumpversuches (s. Kap.5.2.2) sowie der damit verbundenen Auswertungen (s. Kap. 5.3ff.) vornehmen. Beim Dauer-PV wurde gegen Versuchsende aus Br. G1 und aus Br. G2 eine Wassermenge von ingesamt Q = 26,6 l/s (G1: Q = 12,8 l/s; G2: Q = 13,8 l/s) gefördert.
Hierbei war jedoch noch keine vollständige Beharrung der Betriebswasserspiegel (BWS) eingetreten, da diese noch um wenige cm/Tag (1-6 cm) absanken (–> verzögerte Entleerung des Aquifers). Die Auswertung des Wiederanstiegs ergab nach Kapitel 5.3.2 (s.d. Anl.11e-1 bis 11e-4), dass der Aquifer während des Dauer-PV durch nachfließendes Grundwasser ausreichend ernährt worden ist.

Das **Fassungsvermögen** als Maß für die technisch kurzzeitig mögliche Maximalförderung aus jeweils einem Brunnen wurde wie in Anlage 12a+b gezeigt, für Brunnen G1 und G2 berechnet. Hierbei wurde die gemäß Kapitel 5.3.1 und 5.3.2 ermittelte Gebirgs-Durchlässigkeit (k_f -Wert) zugrundegelegt (Br. G1: $k_f = 4 \cdot 10^{-4}$ m/s; Br. G2: $k_f = 6 \cdot 10^{-4}$ m/s).
Der Schnittpunkt zwischen den Kurven Q1 (Wasserandrang bzw. kurzzeitige Aquiferergiebigkeit) und Q2 (= maximale technische Brunnenergiebigkeit) gibt das Fassungsvermögen bzw. den **optimalen Betriebspunkt (Q_{opt})** an, der im Dauerbetrieb nicht überschritten werden sollte. THOLEN (2006) empfiehlt, dass die Dauerbetriebsleistung nur bei 50 % des Q_{opt} liegen sollte.

Da im vorliegenden Fall von halbfreien bis halbgespannten Verhältnissen ausgegangen werden muss (vgl. Kap.5.3) erfolgte die Berechnung des Fassungsvermögens sowohl für ungespannte als auch für gespannte Verhältnisse. Hierbei wurde an beiden Brunnenstandorten von einer GW-Höhe (**H**) von 7,0 m (geschätzter Wert für **niedrige GW-Stände, NGW**) im ungespannten Fall, und einer angenommenen GW-Mächtigkeit (**M**) der wasserführenden Kies-Schichten von 4,5 m im gespannten Fall ausgegangen. Die Berechnungen ergeben ähnliche Werte.

Nach diesen Berechnungen ergibt sich für die beiden neuen Förderbrunnen folgendes Fassungsvermögen:

	ungespannt	gespannt
Brunnen G1:	9 l/s	8 l/s
Brunnen G2:	12 l/s	12 l/s.

Bei Annahme **mittlerer Ruhewasserspiegel (MGW)** mit GW-Mächtigkeiten von H =7,5 m errechnet sich ein etwas höheres Fassungsvermögen (G1: 9-10 l/s, G2: 12-14 l/s).
Bei diesen Entnahmemengen stellt sich bereits eine relativ hohe, rechnerische Absenkung von rund 4,5 m ein.

Bei den Kurz- und Leistungs-Pumpversuchen waren an den Brunnen etwas höhere Fördermengen erzielt worden. Nach Kapitel 5.2.1.1 und 5.2.1.2 konnten maximal 15 l/s an Br. G1 und 17 l/s an Br. G2 gefördert werden, wobei dabei allerdings nur 1 jeweils Brunnen in Betrieb war.
Bei dem Parallel-Betrieb von 2 Brunnen wird der Aquifer ingesamt stärker beansprucht und abgesenkt, was zu einer Abnahme der maximal förderbaren Wassermenge an den beiden Brunnen führt (s.o.).

Nach den vorliegenden Erkenntnissen ist davon auszugehen, dass das GW-Vorkommen im Bereich Garatshausen auch durch die Wasserentnahme aus dem neuen Brunnen der Gemeinde Tutzing nördlich des Pfaffenbergs (Br. P1, s. Anl.1) beeinflusst wird. Da bislang keine ausreichende Betriebserfahrung mit dem Brunnen P1 vorliegt, ist das Ausmaß der Beeinflussung derzeit noch nicht exakter zu quantifizieren.
Als Kriterium für eine erste Abschätzung kann der Schüttungs-Rückgang der Quellfassung in Garatshausen beim 2-monatigen Dauer-Pumpversuch am Brunnen P1 (18.10.-20.12.2011) herangezogen werden. Hierbei hatte die Wasserentnahme aus dem Brunnen von 38 l/s zu einem Abflussrückgang an der Quellfassung von 13,5 l/s auf 10 l/s, also um rund 25 % geführt.

Der Brunnen P1 ist seit dem 9.10.2023 in Betrieb (e-mail 20.11.23: Hr. Grätz, WW Tutzing). Die gemittelte Entnahmemenge betrug in diesem Zeitraum $Q_{ø}$ = 6,7 l/s (Stand: 19.11.23).
Anhand der seit Juli 2023 erfolgenden, regelmäßigen Messungen der GW-Spiegel in den Garatshauser Brunnen und GW-Meßstellen (s. Kap.4.6.1) lassen sich weitere Aussagen zur Beeinflussung der GW-Stände treffen.
Nach den ersten vorliegenden Daten sind außer einem leichten Absinken des GW-Spiegels an Meßstelle P5 um 0,3-0,4 m keine Auswirkungen an den Brunnen G1 und G2 oder den beobachteten GW-Meßstellen erkennbar (vgl. Anhang l1+l2).

Ein weiteres, wichtiges Kriterium zu einer ersten Abschätzung der zu erwartenden Brunnen-Ergiebigkeiten ist die **Grundwasser-Bilanz (s.a. Kap.8.4)**, die durch die **Größe des GW-Einzugsgebietes** der Wasserfassung und die **GW-Neubildungsrate (GWN)** in deren Einzugsgebiet definiert wird.
Als erste Näherung wurde anhand der Auswertungen zu Kapitel 4.3, 4.4 und 4.5 die Verbreitung des Aquifers (Haupt-Aquifer “Deckenschotter” und angekoppelte “Jüngere Schotter”) abgegrenzt, wie dies in Anlage 6, 15 und 16 dargestellt wird. Die Fläche dieses Kernbereichs beträgt nach derzeitigem Kenntnisstand mindestens 4,3 km². Mit der in Kapitel 4.7 vorsichtig geschätzten GWN-Rate von ca. 250 mm/Jahr oder 8 l/(s•km²) ergäbe sich theoretisch eine erschließbare Gesamt-Wassermenge von mindestens 34 l/s im genutzten Deckenschotter-Aquifer (Kernbereich Brunnen und Quellen Garatshausen). Der abgeschätzte, gemeinsame Zuspeisungsbereich für alle Wasserfassungen umfasst nach Kapitel 8.3 eine deutlich größere Fläche von 6,4 km² mit einer GWN-Rate von über 50 l/s.
Zu berücksichtigen ist hierbei, dass an den Garatshauser Brunnen eine geringere erschließbare Wassermenge zur Verfügung steht, da ein Teil des GW-Vorkommens an den Brunnen vorbei- und im Bereich der Garatshauser Quellen ausläuft (“Erschließungsfaktor” der Brunnen, s.a. Kap.8.4). Nach Kapitel 2.3 beträgt die Quellschüttung aus dem gesamten Quellhorizont geschätzt um 20 l/s (ohne Brunnenbetrieb). Beim Dauer-PV ging die Schüttung der Quelle Feldafing jedoch deutlich zurück (s. Kap.5.2.2).

7 WASSERUNTERSUCHUNGEN

An den **neuen Brunnen G1 und G2** waren im Zuge des Dauer-PV am 21.11.2012 (28 Tage nach Pumpbeginn) Wasserproben für wasserchemische und mikrobiologische Analysen nach TrinkwV und EÜV entnommen worden (s. \a2\ + \a3\).

Nach Fertigstellung der Brunnenanlage sind weitere Beprobungen des Rohwassers (Zapfstellen an den Brunnenköpfen) am 24.5.2023 und am 26.9.2023 erfolgt (s. \a4\).

Bereits bei den früheren Untersuchungen 2004 (**Versuchsbrunnen P7 und P8**) waren bei den mehrtägigen Pumpversuchen chemische sowie mikrobiologische Untersuchungen, sowie isotopenchemische Analysen zur Altersbestimmung (s. \a1\) erfolgt.

7.1 HAUPT- UND NEBENINHALTSSTOFFE

In Anlage 13a werden die 6 vorliegenden wasserchemischen Analysen der Brunnenwässer in Form von Ionenbilanzen zusammengestellt, in Anlage 13b sind die 4 Wasseranalysen der Versuchsbohrungen P7 und P8 (2004) und in Anlage 13c die Analysenergebnisse der Bohrungen P1 - P3 (1991) sowie der Bohrungen P5 und P6 (2004) zum Vergleich hinzugefügt.

Dauer-Pumpversuch 2012 (Br. G1 + G2):
Bei der Probenahme wurden die vor-Ort-Parameter (el. Leitf., Temperatur, pH-Wert und gel. Sauerstoff) erfasst. Die analytischen Bestimmungen wurden durch das Labor Dr. Blasy - Dr. Busse, Eching, vorgenommen (s.\a2\). Die Untersuchungsergebnisse für die beiden Brunnen liegen im Anhang F1+F2 bei.
Während des DPV wurden laufend die Wassertemperatur (T) und el. Leitfähigkeit (eLF; bez. auf 20 °C) durch die Bohrmannschaft und BGU gemessen. Die Messungen ergaben nahezu gleichbleibende Werte von T = 10-11 °C (Br. G1) bzw. 9-10 °C (Br. G2) und eLF-Ø = 537 µS/cm (Br. G1) bzw. Ø =497 µS/cm (Br. G2).

Aktuelle Analysen (Br. G1 + G2):
Wasseranalysen neueren Datums (24.5.2023: Erst-Beprobung nach Fertigstellung Brunnenanlage) sind als Anhang G1+G2 beigefügt.

Die Untersuchungsergebnisse der Wässer aus den älteren Versuchsbohrungen P1 und P2 sind den Analysen an den Versuchsbohrungen P7 und P8 sowie den beiden Brunnen sehr ähnlich. Daher ist in Verbindung mit den hydrogeologischen Befunden davon auszugehen, dass das erschlossene Grundwasser an den Brunnen G1 und G2, den Versuchsbohrungen (P1, P2, P7, P8) sowie den Quellaustritten im Bereich Garatshausen dem gleichen GW-Vorkommen angehört.
Das Grundwasser ist als normal erdalkalisches Hydrogencarbonat-Wasser (Kalkschotter-Wasser) zu bezeichnen, das eine Gesamthärte von 16 bis 19° dH aufweist (Härtebereich 3).

Eine deutlich höhere el. Leitfähigkeit und Härte besitzen die Wässer aus P3 und P5. Dies kann auf der Zusickerung von stärker mineralisiertem Wasser aus einem höheren GW-Stockwerk beruhen (leakage aus den Jüngeren Schottern, s. Kap.4.2).

Die elektrische Leitfähigkeit des Grundwassers und die Gesamtmineralisation sind an Br. G2 (+ P8) meist etwas geringer als an Br. G1 (+ P7).
Die Wässer beider Brunnen weisen gelösten Sauerstoff (O_2) in Höhe von rund 5,5-7 mg/l auf. Die Wässer sind somit leicht reduziert.

Die vorherrschenden Inhaltsstoffe sind Calcium (Ca^{2+}: 75-80 mg/l), Magnesium (Mg^{2+}: 25-33 mg/l) und Hydrogencarbonat (HCO_3^-: 340-380 mg/l). Hierbei sind, entsprechend den el. Leitfähigkeiten, in Br. G1 (und GWM P7) etwas höhere Konzentrationen dieser Stoffe zu verzeichnen, als in Br. G1 (und GWM P8).
Die umweltrelevanten Inhaltsstoffe Nitrat (NO_3^-) und Chlorid (Cl^-) sind nur in geringen Konzentrationen vorhanden ($\leq$ 10 mg/l), wobei Nitrat in Br. G2 (3-4 mg/l) gegenüber Br. G1 (9-10 mg/l) auffallend niedriger ist (bei ausreichend gel. Sauerstoff !).
An P7 und P8 war für beide Werte im Verlauf des Leistungs-PV ein leichtes Ansteigen bei steigenden O_2-Gehalten festzustellen (vgl. Anl.13b). An Meßstelle P3 lag der NO_3^- -Wert unter 1 mg/l, was auf den hier vorliegenden, reduzierenden Verhältnisse (gel. O_2 = 1,8 mg/l) beruht.
Hinsichtlich der Sulfat-Konzentrationen (SO_4^{2-}: 5-7 mg/l) ergeben sich kaum erkennbare Unterschiede der beiden Brunnenstandorte.
Hinweise auf eine anthropogene Grundwasser-Belastung liegen nicht vor (z.B. Ortho-Phosphat: PO_4^{3-} und Bor).
Ammonium (NH_4^+) und Nitrit (NO_2^-), Eisen (Fe-ges.) und Mangan (Mn-ges.), die bei stärker reduzierten Wässern zu erwarten sind, waren bei den durchgeführten Untersuchungen mit Ausnahme der GWM P3 (NH_4^+: 0,21 mg/l; Fe-ges.: 0,04 mg/l) nicht nachweisbar.
Auffallend ist der erhöhte Natrium-Gehalt (Na^+), der in Br. G2, GWM P8 und P3 mit 6-8 mg/l rund doppelt so hoch liegt, wie in den Br. G1 und den übrigen Meßstellen.
Für das häufig mit dem Na^+-Kation korrelierte Cl^--Anion (Straßensalz) trifft dieses Merkmal jedoch nicht eindeutig zu.

7.2 SPURENSTOFFE

Die nach TrinkwV und EÜV untersuchten Spurenstoffe (Schwermetalle, LHKW, BTEX-Aromaten, PAK, PSM) liegen im unauffälligen Bereich bzw. meist sogar unter ihrer Nachweisgrenze.
Für Acrylamid, Epichlorhydrin, Glyphosat und Vinylchlorid sind ebenfalls keine Nachweise erfolgt.

7.3 MIKROBIOLOGIE

Die Befunde der **mikrobiologischen Untersuchungen** (s.\a3\) der während des Dauer-PV entnommenen Wasserproben sind Tabelle 8a zu entnehmen (vgl. Anhang F3+F4):

Tab.8a: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen (Dauer-Pumpversuch 2012)

	PN-Datum	**07.11.2012**				**21.11.2012**	
Parameter	Einheit	**Br.1/1a**	**Br.1/1b**	**Br.2/1a**	**Br.2/1b**	**Br.1/2**	**Br.2/2**
Koloniezahl 22°C	[KBE/ml]	11	0	0	16	0	10
Koloniezahl 36°C	[KBE/ml]	0	0	0	54	0	0
Colif. Keime	[KBE/100 ml]	0	0	0	0	0	0
E. coli	[KBE/100 ml]	0	0	0	0	0	0
Enterokokken	[KBE/100 ml]	---	---	---	---	0	0
Flexibacter	[in 1 ml]	---	---	---	---	n.n.	n.n.

(n.n.: nicht nachgewiesen)

Die v.a. anfangs (7.11.2012) vorhandenen Koloniezahlen sind auf die kurz zuvor abgeschlossenen Brunnenbauarbeiten zurückzuführen (Restverkeimung).
Nach Fertigstellung der Brunnenhäuser sind 2023 zwei weitere Beprobungen erfolgt (s. \a4b\ und \a4d\). Die Ergebnisse liegen in Anhang G3+G4 bei.

Tab.8b: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen (2023)

	PN-Datum	**24.05.2023**		**26.09.2023**	
Parameter	Einheit	**Br.1 neu**	**Br.2 neu**	**Br.1 neu**	**Br.2 neu**
Koloniezahl 22°C	[KBE/ml]	0	0	1	2
Koloniezahl 36°C	[KBE/ml]	0	0	0	0
Colif. Keime	[KBE/100 ml]	0	0	0	0
E. coli	[KBE/100 ml]	0	0	0	0
Enterokokken	[KBE/100 ml]	0	0	0	0

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden die Anforderungen der TrinkwV eingehalten. Pathogene Keime (colif. Keime, E.coli, Enterokokken) waren nicht vorhanden. Ein Zutritt von Oberflächenwasser (Flexibacter) konnte nicht nachgewiesen werden.

7.4 BEURTEILUNG DER ANALYSENERGEBNISSE

Die vorliegenden Analyenergebnisse entsprechen hinsichtlich der untersuchten Parameter den Vorgaben der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) und Eigenüberwachungsverordnung (EÜV). Das Wasser weist eine sehr gute Beschaffenheit auf.
Die **korrosions-chemischen Eigenschaften** der Wässer wurden in den Prüfberichten von 2012 beurteilt (s. Anhang F1 und F2).

7.5 UNTERSUCHUNGEN DER MISCHBARKEITSVERTRÄGLICHKEIT

Eine chemisch-technische Begutachtung (Untersuchung der Mischbarkeitsverträglichkeit) liegt dem UZ nicht vor.

7.6 ALTERSBESTIMMUNG

Bei den Leistungs-PV an den Versuchsbrunnen P3, P5 - P8 waren 2004 auch Wasserproben zur **Altersbestimmung (Tritium-Isotop)** entnommen und an ein Speziallabor übergeben worden. Die Untersuchungsergebnisse (s.\a1\) liegen im Anhang H bei.

Tab.9: Ergebnisse der Tritium-Messungen

Meßstelle	Datum	Tritium [Bq/l]	Tritium [TU]	*Bewertung**
P3	03.08.04	< 0,2	< 2	*älter als 1950 (Tritium-frei)*
P5	03.08.04	1,77 ± 0,2	15,0 ± 2,0	*ca. 8-10 Jahre alt*
P6	26.07.04	2,24 ± 0,2	19,0 ± 2,0	*ca. 8-12 Jahre alt (n. "Piston-Flow-Modell")*
P7	11.05.04	1,84 ± 0,2	15,6 ± 1,8	*ca. 8-10 Jahre alt*
P8	11.05.04	0,65 ± 0,2	5,5 ± 1,5	*Mischwasser: Tritium-frei (= älter als 1950) und ca. 8-10 Jahre alt*

**) Die vorstehende Bewertung erfolgte nach telefonischer Rücksprache mit dem untersuchenden Labor (IGU - Dr. Salvamoser, Wörthsee).*

Da das Grundwasser sich meist aus älteren und jüngeren Anteilen zusammensetzt, dürfte es sich bei den o.g. Altersangaben um Misch-Alter handeln ("Exponential-Modell").

8 GRUNDWASSER-EINZUGSGEBIET DER BRUNNEN

8.1 ALLGEMEINES

Im Zuge der Beantragung des Wasserrechts zur Trinkwasserentnahme aus den beiden neuen Brunnen G1 und G2 bei Garatshausen soll auch das für eine öffentliche Wasserversorgung notwendige Wasserschutzgebiet (**WSG**) erarbeitet und festgesetzt werden.
Die bestehenden WSG der Quellfassung Feldafing (Q-F) in Garatshausen sowie des Brunnens P1 der Gemeinde Tutzing werden in Anlage 1a-c gezeigt.
Der Brunnen G1 befindet sich im WSG der Quelle, Brunnen G2 liegt außerhalb davon.

Die Festsetzung eines WSG (s. Kap.9ff.) beruht dabei generell auf der Ermittlung des GW-Einzugsgebietes für die Brunnen. Dieses setzt sich i.A. aus dem Anstrombereich und dem Zuspeisungsbereich zusammen.
Da alle 3 Brunnen den gleichen Aquifer nutzen, berühren bzw. überlagern sich deren GW-Einzugsgebiete und daher ist auch davon auszugehen dass sich auch deren WSG überschneiden.

Der **Anstrombereich** bildet 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 können. 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 Grundwasserströmungszustände (BLFW, 1995).

Hierbei ist auch die zeitliche Variabilität des natürlichen Strömungsfeldes in Abhängigkeit von den wechselnden Neubildungs- und Abflussverhältnissen zu berücksichtigen.

Das GW-Einzugsgebiet der Garatshauser Brunnen muss sich entsprechend der bekannten GW-Fließrichtung (s. Anl.8a) nach Nordwesten erstrecken.

8.2 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 **oberstromige 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 ist - wie auch im vorliegenden Fall - ein GW-Leiter jedoch mehr oder minder inhomogen und anisotrop, da zum einen der GW-Stauer eine ausgeprägte Morphologie aufweist und sich dadurch GW-Fließrichtung und -Gefälle verändern. Zum anderen finden Zuflüsse aus lateral und vertikal angekoppelten GW-Vorkommen statt, was die Variabilität weiter erhöht. Zusätzlich werden auch die tatsächlichen Strömungspfade eines Wasserteilchens durch longitudinale und transversale Dispersion von der generellen Fließrichtung abgelenkt.
Die sich hierdurch ergebenden Unschärfen bei der Definition des Anstrombereiches, die mit wachsender Entfernung nach GW-oberstrom akkumulieren, werden 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.

8.2.1 ZUGRUNDEGELEGTE ENTNAHMEMENGEN

Wie in Kapitel 5.2.1 näher ausgeführt, konnten bei den Kurz- und Leistungs-Pumpversuchen Maximal-Mengen von 15 l/s an Br. G1 und 17 l/s an Br.G2 gefördert werden.

Beim gemeinsamen Dauer-Pumpversuch von 24.10.- 3.12.2012 (s. Kap.5.2.2) war die maximal förderbare Wassermenge aufgrund der gegenseitigen Beeinflussung der Brunnen geringer und lag bei Q = 12,8 l/s (Br. G1) bzw.13,8 l/s (Br. G2) mit Absenkungen von s = 4,5 m bzw. 3,1 m. Eine Abschätzung des rechnerischen Brunnen-Fassungsvermögens (s. Kap.6.und Anl. 12a+b) ergab für angenommene NGW-Bedingungen Mengen von 8-9 l/s für Brunnen G1 und 12 l/s für Brunnen G2. Allerdings stellen sich bei diesen Werten bereits relativ hohe rechnerische Absenkungen des Betriebswasserspiegels (BWS) ein.

Anhand dieser Daten wird die zu beantragende **tägliche Maximalfördermenge ($Q_{d\text{-}max}$)** an Br. G1 mit 1.100 m³ (≙ 12,5 l/s) und an Br. G2 mit 1.150 m³ (≙ 13,5 l/s) vorgeschlagen.
Zur Berechnung des brunnennahen Anstrombereichs (x_u) wurden sicherheitshalber die kurzzeitig möglichen **Maximalwerte (Q_{max}) bei einem Einzelbetrieb** der beiden Brunnen (s.o.: Br. G1: Q_{max} = 15 l/s; Br. G2: Q_{max} = 17 l/s) angesetzt.

Bei der Bemaßung des GW-oberstromigen Anstrombereiches werden in der Praxis das zu erwartende **Monats- und Jahres-Maximum** zugrunde gelegt.
Um einer Überbeanspruchung des Aquifers und des Brunnenbauwerks vorzubeugen, empfiehlt sich eine schonende Brunnenbewirtschaftung mit moderaten Absenkbeträgen des Betriebswasserspiegels (s.a. THOLEN, 2006).

Es wird daher eine **Monats-Maximalentnahme ($Q_{mt\text{-}max}$)** für Br. G1 von 19.000 m³ (Ø = 7 l/s) und für Br. G2 von 24.000 m³ (Ø = 9 l/s) vorgeschlagen (gesamt: 43.000 m³/mt, bzw. 16 l/s). Nach den vorliegenden geohydraulischen Kennwerten aus den Pumptests (s. Kap.5.3.1 und 5.3.2) errechnen sich für diese Entnahmemengen Absenkungen des Betriebswasserspiegels um s = 1,4 m (Br.G1) bzw. s = 1,3 m (Br. G2). Da die Brunnen sich gegenseitig beeinflussen, dürfte die tatsächliche Absenkung allerdings noch etwas größer sein.
Bei diesen Entnahmemengen würden die in den Brunnen eingebauten U-Pumpen (s. Kap.2.2) bei der in Kapitel 2.2 angegebenen, maximalen Förderleistung um 14 l/s rund 12 Std./Tag (Br. G1) bzw. 15,5 Std./Tag (Br. G2) laufen.

Mit den vorgeschlagenen maximalen Monatsentnahmen für den Förderbetrieb an den neuen Brunnen dürfte im Normalfall ein vollständiger Ersatz der WGA Garatshausen (Q-F) und der WGA Wieling (Br. W4) möglich sein (s. Tab.2c und Kap.3.2.4: durchschnittliche Monats-Maxima 2018-2022: ≤ 40.000 m³/mt).

8.2.2 ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN

Die Berechnung der Werte für x_u und B erfolgte nach TODD (1964) und BLFW (1995) in Anlage 14a+b. Hierbei wurden die in Tabelle 10a aufgelisteten Ausgangsparameter zugrunde gelegt. Die zugrunde gelegten Aquifer-Kennwerte wurden bereits in Kapitel 5.3 abgeleitet.

Die nachstehende, analytische Berechnung des Anstrombereiches gilt an sich nur für **homogene, isotrope Verhältnisse** im GW-Leiter. Dies ist hier allerdings nur im näheren Anstrombereich der Brunnen G1 und G2 der Fall.

Entsprechend den vorliegenden Befunden zur Kapitel 4.6.2 ist das GW-Gefälle (I) im GW-Einzugsgebiet sehr uneinheitlich (vgl. Anl.8a). In den brunnennahen Anstrombereichen liegt es zwischen 14 ‰ (P9 –> Br. G2), 18 ‰ (P5 –> Br. G2) und 25 ‰ (P3 –> Br. G1). In Richtung Br. P1, nordwestlich der Linie P3 - P5 - P9 (vermutete Schwellenbereiche im GW-Stauer, s.a. Anl.15 und Kap.4.5) ist eine deutliche Gefälle-Verflachung erkennbar. Um den Br. P1 beträgt I = <1-5 ‰ und nimmt weiter nach Nordwesten in Richtung Traubing (GWM VT1 und VT2) wieder auf rund 15 ‰ zu. Die GW-Mächtigkeit im Deckenschotter-Aquifer - und damit auch die Transmissivität - sind ebenfalls sehr variabel, wie Anlage 8b zu entnehmen ist.
Da die geohydraulischen Verhältnisse mit steigender Entfernung von den beiden Garatshausener Brunnen zunehmend komplexer werden, wird eine analytische Berechnung der Anstrombereiche nur bis zur 600-700 m entfernten Linie P3 - P5 - P9 als sinnvoll erachtet. Ab hier findet zudem eine Überlagerung mit dem Anstrombereich des Brunnen P1 und damit eine gegenseitige hydraulische Beeinflussung statt, die je nach Wasserentnahme aus den 3 Brunnen variabel ist. So ist davon auszugehen, dass sich die Lage des Anstrombereichs von Br. G2 bei Betrieb des Br. P1 verändert und möglicherweise sogar nach deutlich nach Süden ausweicht (südlich Anstrombereich Br. P1).

Insofern lassen sich die berechneten Werte für die Parameter x_u, B und D nur für die Dimensionierung der brunnennahen Anstrombereiche verwenden.

Zur Sicherheit erfolgten die Berechnungen für ungespannte Verhältnissen bei angenommenen **NGW-Ständen** (H_{min}: brunnennah = 7,0 m), da hierbei die errechneten Werte etwas größer werden. Ebenfalls erfolgte eine Berechnung für gespannte Verhältnisse, da im GW-Leiter durch das Auftreten von Nagelfluh-Lagen halbgespannte bis halbfreie Verhältnisse vorliegen (s. Kap.5.3). Hierbei wurde die GW-Mächtigkeit der wasserleitenden Kies-Lagen zwischen den wasserstauenden Nagelfluh-Schichten auf M = 4,5 m reduziert.

Tab.10a: geohydraulische Parameter zur Berechnung der Anstrombereiche und der L50

		Br. G1	**Br. G2**
k_f -Wert:	[m/s]	$4 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
GW-Mächtigkeit (H / M):			
GW ungespannt (H_{min} bei NGW):	[m]	7	7
GW gespannt (M):	**[m]**	**4,5**	**4,5**
Transmissivität (T):			
ungespannt:	[m²/s]	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$4,2 \cdot 10^{-3}$
gespannt:	**[m²/s]**	**$1,8 \cdot 10^{-3}$**	**$2,7 \cdot 10^{-3}$**
GW-Gefälle (I):	[‰]	25	16 (14-18)
nutzbarer Porenraum (P_n) (Kies-Lagen, sandig und Nagelfluh):	[%]	15 % (brunnennah)	15 % (brunnennah)

Da bei Annahme gespannter Verhältnisse die Berechnungen eine größere Ausdehnung des Anstrombereiches (und der L50 ergeben), werden zur Sicherheit diese Werte im folgenden weiter verwendet.

Tab.10b: Eingabe- und Rechenwerte zur Berechnung des Anstrombereiches (aus Anl.14b)

Parameter	Br. G1		Br. G2	
	Q_{max}	$Q_{mt\text{-}max}$	Q_{max}	$Q_{mt\text{-}max}$
Fördermenge Q (l/s)	**15**	**7**	**17**	**9**
k_f - Wert (m/s)	$4{,}0 \cdot 10^{-4}$	$4{,}0 \cdot 10^{-4}$	$6{,}0 \cdot 10^{-4}$	$6{,}0 \cdot 10^{-4}$
GW-Mächtigkeit M (m)	4,5	4,5	4,5	4,5
Transmissivität T (m²/s)	$1{,}8 \cdot 10^{-3}$	$1{,}8 \cdot 10^{-3}$	$2{,}7 \cdot 10^{-3}$	$2{,}7 \cdot 10^{-3}$
GW-Gefälle I (‰)	25	25	16	16
GW-Fließrichtung	NW–>SO	NW–>SO	NW–>SO	NW–>SO
untere Kulmination x_u (m)	**53**	(25)	**63**	(33)
Entnahmebreite B (m)	(333)	**156**	(394)	**208**
Beginn ungestörter Bereich D (m)	(236)	**110**	(278)	**147**

In Anlage 15 und 16 wurden die Anstrombereiche sowie der abgeschätzte Zuspeisungsbereich (s. Kap.8.3) für die Brunnen G1 und G2 (inkl. Br. P1 / Pfaffenberg) eingezeichnet.

In GW-oberstromiger Richtung ist mit zunehmender Entfernung von den Brunnen die Lage des GW-Einzugsgebiets mit einer zunehmenden Unschärfe behaftet. Aus diesem Grund müssen die Anstrombereiche mit zunehmender Entfernung vom Brunnen eine größere randliche Aufweitung erfahren. Der Sicherheitszuschlag wurde deshalb hier beidseitig mit je 25° angesetzt.

8.3 ZUSPEISUNGSBEREICH

Der **Zuspeisungsbereich** der beiden neuen Brunnen (Br. G1 / G2) lässt sich nur grob abschätzen, da die Oberflächenmorphologie nicht zwangsläufig mit der Untergrundbeschaffenheit bzw. der Morphologie des GW-Stauers unter dem Deckenschotter-Aquifer in 40-80 m Tiefe korreliert.

Die südöstliche Begrenzung fällt etwa mit der unterstromigen Randstromlinie der Anstrombereiche (= untere Kulmination: x_u) zusammen.

Die nordöstliche und südwestliche Berandung orientiert sich an der Ausdehnung des Aquifer-Kernbereichs, soweit diese derzeit bekannt ist. Nach Norden, Nordwesten und Westen hin wird angenommen, dass sich der Deckenschotter über den durch Bohrungen und Sondierungen belegten Kernbereich ausdehnt (vgl. Kap.4.4). Die Zuspeisungsbereiche der Brunnen G1 / G2 und des Brunnen P1 (Tutzing) überlagern sich zum großen Teil, da die Wasserfassungen ein gemeinsames GW-Vorkommen nutzen.
Wie in Anlage 15 und 16 gezeigt wird, besitzt der gemeinsame Zuspeisungsbereich für alle 3 Brunnen eine Ausdehnung von rund 5,2 km², das südöstlich daran angrenzenden Teil-Einzugsgebiet für die Garatshauser Brunnen (ohne Br. P1) eine Flächengröße von 1,2 km².
Somit weist der abgeschätzte Zuspeisungsbereich für die beiden Garatshauser Brunnen eine Gesamt-Fläche von 6,4 km² auf.

8.4 BILANZKONTROLLE

Anhand des in Kapitel 4.7 angegebenen, konservativ geschätzten Werts für die GW-Neubildung (GWN = 250 mm/a) bzw. einer GWN-Rate von 8 l/(s•km²) errechnet sich bei der o.g. Größe des gemeinsamen Zuspeisungsbereichs von 6,4 km² (inkl. der Brunnen Garatshausen) eine GWN von etwas über 51 l/s. Dieser Wert wird durch die beim Dauer-PV an Br. P1 ermittelte, maximal förderbare Wassermenge bei Beharrung des Betriebswasserspiegels von 38 l/s (s. Kap.6) und die dabei etwas zurückgegangene Schüttung der Quelle Feldafing (Q-F) von rund 10 l/s (zzgl. der anderen Quellaustritte am Quellhorizont Garatshausen: ca. 5-10 l/s) gestützt.

Bei der Bilanzierung ist zu berücksichtigen, dass das GW-Vorkommen von 2 Wasserversorgern genutzt wird.

Br. P1 (Tutzing): Laut gültigem Wasserrechtsbescheid ist eine maximale Wasserförderung von 420.000 m³/a (≙ 13,3 l/s) und von 65.000 m³/mt (≙ 25 l/s) aus dem Br. P1 erlaubt. Für die Jahresentnahme errechnet sich bei Normalbetrieb (ohne Ausfall der Kerschlacher Brunnen) sich eine nötige Neubildungsfläche von F_{GWN} = 1,7 km² für den Br. P1, die durch den ermittelten Anstrombereich ausreichend gedeckt wird (s.u.). Der in Anlage 15 und 16 dargestellte Anstrombereich wurde sicherheitshalber für eine Entnahme von 25 l/s berechnet.

Br. G1 / G2 (WV Feldafing-Pöcking): Nach Kapitel 8.2.1 liegen die prognostizierten Monats-Maxima ($Q_{mt\text{-}max}$) bei rund 7 l/s für Br. G1 bzw. 9 l/s für Br. G2. Für die kurzzeitigen Entnahme-Spitzen (Q_{max}) wurden zur Sicherheit die bei den Leistungs-PV an den Einzelbrunnen geförderten Spitzenwerte von 15 l/s bzw. 17 l/s angesetzt.

Mit diesen Werten ergeben sich folgende Bilanzdeckungsflächen für die Br. G1 und G2:

	$Q_{mt\text{-}max}$	F_{GWN}	Q_{max}	F_{GWN}
Br. G1:	7 l/s	0,88 km²	15 l/s	1,88 km²
Br. G2:	9 l/s	1,13 km³	17 l/s	2,13 km³
Σ Br. G1+G2:	**16 l/s**	**2,00 km²**	**32 l/s**	**4,00 km²**

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

Br. G1/G2 + P1:	Anstrombereiche ohne Sicherheitszuschlag (Σ 41 l/s):	3,1 km²;
	Anstrombereiche mit Sicherheitszuschlag (Σ 41 l/s):	4,6 km²;
Br. P1:	Anstrombereich ohne Sicherheitszuschlag (25 l/s):	1,7 km²;
	Anstrombereich mit Sicherheitszuschlag (25 l/s)	2,5 km²;
Br. G1/G2:	Anstrombereiche ohne Sicherheitszuschlag (16 l/s):	1,4 km²;
	Anstrombereiche mit Sicherheitszuschlägen (16 l/s):	2,1 km²;
Br.G, Br.P + Q-F	Kernbereich Aquifer:	4,3 km²;
Br. G1/G2 + P1:	gemeinsamer Zuspeisungsbereich:	6,4 km²;
Br. P1:	Zuspeisungsbereich:	5,2 km²;
Br. G1/G2:	Zuspeisungsbereich, Teileinzugsgebiet:	1,2 km²;

Nach der vorliegenden Flächenbilanzierung ist durch die Flächengröße der dargestellten Anstrombereiche von 4,6 km² eine gleichzeitig erfolgende Maximalförderung von 37 l/s aus allen 3 Brunnen gedeckt. Letztendlich ist bei diesen Betrachtungen auch die oberstromige Ausdehnung des Aquifers und damit die mögliche Längserstreckung der Anstrombereiche zu berücksichtigen, die über die Darstellung in Anlage 15 und 16 hinaus gehen kann.
Für die beantragte, maximale Jahresentnahme von 500.000 m³/a bzw. 16 l/s wird eine Bilanzdeckungsfläche von 2,0 km² benötigt. Die Anstrombereiche der Brunnen G1 und G2 inkl. Sicherheitszuschlag weisen mit mindestens 2,1 km² eine ausreichende Größe auf.
Nicht näher bekannt ist bei derzeitigem Kenntnisstand der Erschließungsfaktor der Brunnen Garatshausen im Aquifer, der auch durch die Quellen in Garatshausen entwässert wird. Die GW-Neubildung von 51 l/s im gemeinsamen Zuspeisungsbereich (6,4 km²) liegt um 10 l/s über den bewilligten bzw. beantragten maximalen Monatsentnahmen von 41 l/s (Br. P1: 25 l/s; Br. G1+G2: 16 l/s). Der Erschließungsfaktor beträgt dabei 0,2, was einen plausiblen Wert ergibt.

Die vorliegende Bilanzierung zeigt, dass das gemeinsame GW-Einzugsgebiet des erschlossenen Deckenschotter-Aquifers nach den vorliegenden Erkenntnissen ausreichend zur Deckung der prognostizierten monatlichen und jährlichen Maximalförderung aus den beiden neuen Brunnen G1 und G2 sowie aus dem Brunnen 1 Pfaffenberg ist.

8.5 BERECHNUNG DER HORIZONTALEN 50-TAGE-LINIE

Die Berechnung der horizontalen 50-Tage-Linie (**L50**) erfolgte nach FRISCH (1983) gemäß Anlage 14c+d.

Nach DVGW W 101 (s.d. Kap.5.3) gilt:
"*Bei Hinweisen auf heterogene Strukturen im Grundwasserleiter mit besonders hoch durchlässigen Fließwegen (z.B. wenn die maximale Abstandsgeschwindigkeit erheblich größer ist als das Doppelte der modalen Abstandsgeschwindigkeit) ist eine Vergrößerung der Schutzzone II zur Erreichung des hygienischen Schutzzieles notwendig.*"

Dies ist hier der Fall, da hier gering durchlässigen Nagelfluh-Bänke mit hochdurchlässigen Kies-Lagen wechseln.

Sicherheitshalber wurde daher unter Ansatz der maximalen Entnahme (Q_{max}) und eines verringerten nutzbaren Porenraums P_n (s. Kap.5.3.2 und 5.3.3) gerechnet. Die Berechnungen erfolgten für ungespannte und gespannte Verhältnisse, da der Aquifer eine Zwischenstellung einnimmt (halbfrei bzw. halbgespannt: s. Kap.5.3 und 5.3.2).

Tab.10c: berechnete Werte der L50 (aus Anl. 14c+d)

Brunnen	**G1**		**G2**	
Q_{max} [l/s]	**15**		**17**	
	ungespannt	**gespannt**	ungespannt	**gespannt**
L50 - GW-oberstromig [m]:	369	**402**	373	**402**
L50 - GW-stromseitlich [m]:	137	**175**	154	**186**
L50 - GW-unterstromig [m]:	36	**53**	46	**62**

Die Berechnungen für gespannten GW-Verhältnisse ergeben etwas größeren Werte, die im folgenden weiter verwendet werden.
Die so ermittelte L50 wurde für die beiden Brunnen in Anlage 16 eingezeichnet.

8.6 BEWERTUNG DER DECKSCHICHTEN

8.6.1 DECKSCHICHTEN-SITUATION

Wichtig bei der Ausweisung eines WSG ist nach BLFU (2010) bzw. Kapitel 9ff. 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 bzw. Belastungen (wie z.B. Nitrat, Pflanzenschutzmittel oder Bakterien) zurückgehalten und abgebaut werden.
Diese Schutzfunktion der GW-Überdeckung ist in starkem Maße abhängig von der Mächtigkeit, Wasserdurchlässigkeit und Sorptionsfähigkeit der GW-Deckschichten.

Die Deckschichtensituation stellt sich für das nähere Einzugsgebiet der Br. G1 und G2 nach vorliegendem Kenntnisstand differenziert dar (vgl. Anl.5: Hydrogeologische Profilschnitte):

Nahbereich der Brunnen:
Das GW-Vorkommen in den Deckenschottern wurde in den Brunnen G1 und G2 in 31-36 m Tiefe (= Flurabstand) erbohrt. Die Deckschichten in der näheren Umgebung der Brunnen werden von 19-23 m mächtiger Moräne (Geschiebelehm: übw. Schluff, kiesig) und Verwitterungslehm aufgebaut. Darunter folgen in der ungesättigten Zone bis zum GW-Spiegel noch sandige Kiese der Deckenschotter, die in erheblichem Ausmaß lagenweise zu Nagelfluh zementiert sind und v.a. in den höheren Bereichen auch Sand-Lagen führen (vgl. Anl.4-1a und -1b). Diese Deckschichten weisen eine relativ geringe Wasserdurchlässigkeit und ein erhöhtes Rückhaltepotential für Schadstoffe auf (s.u., Tab.11).
Allerdings ist zu beachten, dass in den tiefen Bacheinschnitten des Kalkgrabens, des Säggrabens und des Hagergrabens die Mächtigkeit dieser Deckschichten stark verringert ist und in den tiefer liegenden, östlichen Bacheinschnitten nahe der Bahnlinie die Deckenschotter angeschnitten werden (vgl. Anl.1b, 1e und 5c). In diesen Bereichen treten auch sog. Bachschwinden auf, d.h. hier kommt es zu einer Bachversickerung in den Aquifer (s.a. Kap.4.2).
Die Infiltration von Oberflächenwasser ins Grundwasser kann zu hygienischen und chemischen Verunreinigungen führen. Um mögliche Beeinträchtigungen des Brunnenwassers zu vermeiden, wurde die Lage der Förderbrunnen so gewählt, dass deren Anstrombereich außerhalb des Bereichs einer Bachversickerung liegt.

Die neuen Brunnenstandorte sind somit auch gegenüber der bestehenden Quellfassung Q-F wesentlich besser geschützt.

brunnenferner Bereich:
Mit dem nach Nordwesten ansteigenden Hang nimmt auch die GW-Überdeckung über dem GW-Vorkommen deutlich zu. Die NN-Höhen an den Brunnen betragen 645 - 650 mNN. Zum Moränenwall im Bereich Pfaffenberg, GWM P5 und P3 steigt die Geländehöhe um rund 40 m auf über 680 mNN an (vgl. Anl.5b). Die Deckschichten erreichen hier Mächtigkeiten von ca. 60 m im Bereich des Moränenwalls und um 50 m an den GW-Meßstellen P5/P6 und dem Br. P1 und werden überwiegend von bindigen Moränenablagerungen (Geschiebelehm) aufgebaut. In diese eingelagert finden sich vereinzelt sandige Kies-Lagen mit wenigen Metern Mächtigkeit. Diese können lokal Schichtwasser oder gespanntes Grundwasser führen.
In Bohrung P3 wurden unter 40 m Geschiebelehm (Schluff, kiesig) die “jüngeren Schotter” (s.a. Kap.4.3) erbohrt, die hier den Deckenschottern aufliegen.

Zu den Bohrungen P9 (GW-stromseitlich) und P10 (GW-oberstromig) hin nimmt der Flurabstand auf 64 m (an P9) bzw. 54 m (an P10) zu.
An P10 treten die Kies-Zwischenlagen in der Moränen-Auflage zurück. In P9 wurden in der Geschiebelehm-Decke höhere Anteile von Kies-Lagen mit gespanntem Grundwasser erbohrt. Über diese findet nach den vorliegenden Erkenntnissen (u.a. schlickartiger Geruch an GWM P9 bei Wasserfüllung des Langen Weihers) sehr wahrscheinlich eine Zusickerung von Grundwasser aus höher liegenden Vorkommen statt (leakage: s. Kap.4.2, 5.3.2 und Anl.5a).

Jenseits von P10 nach Nordwesten in Richtung Traubing (= GW-oberstrom) liegen keine Bohrergebnisse vor. Es sind jedoch die Ergebnisse von einigen Schußseismik-Bohrungen und geoelektrischen Sondierungen vorhanden (s. Kap.4.4 und 4.5). Nach den Auswertungen von CONRADI (1986) liegen nach Norden hin in Richtung der St 2067 (Traubing-Feldafing) die Schotter (bzw. Deckenschotter ?) bei rund 30 m u.GOK. Wie die Befunde der Bohrungen BH und BE (beide: Privatbrunnen) am Nordostrand des Anstrombereichs zeigen, folgen hier unter ca. 30 m Moränenauflage, noch unverfestigte “jüngere Schotter”. Diese werden jedoch nicht von Tertiär (OSM), sondern von Grundmoräne unterlagert (s. Anl.5a). Die Tertiär-Oberkante liegt hier mit rund 65 m deutlich tiefer.
Südlich von Traubing an der B2 im Bereich Quellenstraße wurden in älteren geoelektrischen Sondierungen niederohmige Schichten mit einer berechneten Tiefe bis 60-70 m gemessen, die hier möglicherweise von Deckenschotter unterlagert werden.

8.6.2 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-Aquifer im Anstrombereich für die Brunnen G1 und G2 wie folgt beurteilt werden.

Tab.11: Bewertung der Gesamtschutzfunktion der GW-Überdeckung (nach BGLA, 1995)

Schicht	**Beschreibung**	**Punkte**	**brunnennaher Anstrombereich (Br. G1 und G2 bis 400 m NW)**		**brunnenferner Anstrombereich (Br. P1, GWM P5, P9, P10)**	
			M (m)	Punkte	M (m)	Punkte
Böden°	Σ nFK: 90-150 mm	125	0,5	63	0,5	63
Verwitterungslehm	L, u*, g, s	200	1,5	300	1,5	300
Moräne, Geschiebelehm	U, g'-g, s-s'	100	16,0	1.600	40,0	4.000
Sand-Lagen	S, u'-u, g'	50	4,0	200	2,0	100
Kies-Zwischenlagen	G, s-s*, ± u, x'	30	1,0	30	4,5	135
Verwitterungslehm	L, u*	200	1,0	200	1,5	300
Deckenschotter (ungesättigt)	G, s'-s, u-u' +	20	2,0	40	0,0	0
Nagelfluh-Lagen	Gst (Konglomerat)	100	5,5	550	0,0	0
			M	Punkte	M	Punkte
Summen			**31,5**	**2.983**	**50,0**	**4.898**

°: Bodentypen (aus \k6\):
- brunnennahe Bereiche (Wald und Lichtungen) in den tieferen Hanglagen:
"30a: Vorherrschend Braunerde, gering verbreitet Parabraunerde aus kiesführendem Lehm (Deckschicht oder Jungmoräne) über Schluff- bis Lehmkies (Jungmoräne, carbonatisch, kalkalpin geprägt)"
- mittlere Hanglagen (Feuchtgebiete):
"60: Bodenkomplex: Hanggleye und Quellengleye aus Substraten unterschiedlicher Herkunft mit weitem Bodenartenspektrum"
- höhere Lagen (Moränenrücken): 30a (s.o.)
- Bereiche westlich des Moränenwalls:
überwiegend "68) Bodenkomplex: Gleye mit weitem Bodenartenspektrum (Moräne), verbreitet mit Deckschicht, selten Moore; im Untergrund überwiegend carbonathaltig"

Auch an der GW-Meßstelle P3 (im Anstrombereich von Br. G1) errechnet sich allein aus der 40 m mächtigen Geschiebelehm-Auflage eine Gesamtpunktzahl von 4.000.

Unter Berücksichtigung der GW-Neubildung von 250 mm/a (s. Kap.4.7) ist eine Korrektur der errechneten Punktzahlen um den Faktor 1,25 anzusetzen.
Somit ergibt sich für das brunnennahe Einzugsgebiet der Br. G1 und G2 eine Gesamtpunktzahl von rund 3.700 und für den brunnenfernen Bereich von über 6.000.

Nach BGLA (1995) ist somit die Gesamtschutzfunktion der GW-Überdeckung (S_g) für den brunnennahen Anstrombereich als "*hoch*" und für den brunnenfernen Anstrombereich als "*sehr hoch*" einzustufen. Die Verweildauer des Sickerwassers ist demnach hier mit 10-25 Jahren (brunnennah) bzw. mit > 25 Jahren (brunnenfern) anzusetzen.
Da im Anstrombereich nordwestlich der Bohrung P10 die geologische Situation nicht mehr durch Bohrbefunde belegt ist, wird bei vorsichtiger Abschätzung im Bereich zwischen der Bohrung P10 und dem südlichen Ortsrand von Traubing eine mindestens "mittlere bis hohe" Gesamtschutzfunktion (>1.000 - 4.000 Punkte, Verweilzeit 3-25 Jahre) angesetzt.
Die geringste Schutzfunktion der Überdeckung ergibt sich allgemein in den tiefen Bacheinschnitten, die sich in die Moränendecke eingegraben haben. Hier liegt bei Anschneiden der Deckenschotter eine nur sehr geringe bis geringe Gesamtschutzfunktion vor (< 1.000 Punkte).
Im Vergleich zu diesen Angaben ergab die **Tritium-Untersuchungen zur Altersbestimmung** (s. Kap.7.6) an GW-Meßstelle P3 ein Alter von über 50 Jahren (Tritium-freies Wasser). An den GW-Meßstellen P5, P6 und P7 wurden Alter von rund 8-12 Jahren bestimmt. Hierbei handelt es sich um ein Mischalter aus jüngeren und älteren Grundwasser-Anteilen. Auch an GWM P8 dürfte demnach ein Mischwasser aus altem, Tritium-freien Wasser und 8-10 Jahre altem Grundwasser vorliegen.

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 Deckenschotter-Aquifer kann anhand der Fließgeschwindigkeit des Grundwassers (= mittlere Abstandsgeschwindigkeit $\mathbf{v_a}$: s. Kap.5.3.3) abgeschätzt werden. Für den weiter von den Brunnen G1 und G2 entfernten, GW-oberstromigen Bereich lässt sich aus dem mittleren GW-Gefälle von I = 15 ‰ zwischen dem Br. Pfaffenberg (k_f -Wert: 3-6 • 10^{-4} m/s, P = 20 %) und dem 1,5 km entfernten südlichen Ortsrand von Traubing bzw. der B2 ein Wert für **v_a = 1,9 - 3,9 m/Tag** und damit eine **horizontale Fließdauer von 400 - 800 Tagen** abschätzen.

Die bisher vorliegenden **Befunde der Wasseranalysen** (s. Kap.7 ff.) belegen eine sehr gute Wasserqualität. Hinweise auf eine anthropogene Hintergrundbelastung des im Brunnen erschlossenen Grundwassers liegen nicht vor. **Dies bestätigt die vorstehende Bewertung hinsichtlich der hohen Schutzfunktion der Deckschichten.**

9 WASSERSCHUTZGEBIET

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 (inkl. Verbotskatalog) für die öffentliche Wasserversorgung erfolgt zum Wohl der Allgemeinheit.
Die Bemessung eines WSG beruht dabei generell auf der Ermittlung des GW-Einzugsgebietes für den jeweiligen Brunnen. Sie ist u.a. von der Höhe der Wasserentnahme aus dem jeweiligen Brunnen abhängig.

Für die neu erschlossenen Brunnenstandorte (G1, G2) oberhalb von Garatshausen wurde bislang noch kein WSG ausgewiesen.

Das bestehende WSG der Quellfassung Feldafing (Q-F) in Garatshausen sowie das WSG für den Brunnen P1 Paffenberg (Gde. Tutzing, 2021) werden in Anlage 1a-c dargestellt.
Der Brunnen G1 liegt in der Zone W III (Weitere Schutzzone) der Quelle nahe der bestehenden Zone W II (Engere Schutzzone), der Brunnen G2 befindet sich außerhalb des WSG.

9.1 KRITERIEN FÜR DIE BEMESSUNG DES WASSERSCHUTZGEBIETES

Der nachfolgende Vorschlag zur Neuausweisung des WSG für die Brunnen 1 und 2 Garatshausen (Br.G1 und G2) basiert auf den amtlichen Leitlinien (BLFU, 2010) und dem DVGW-Arbeitsblatt W 101 (DVGW, 2021).
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 soll in der Regel das gesamte unter-

irdische GW-Einzugsgebiet (i.e.S. Anstrombereich, s. Kap.8.2) einer Wassergewinnungsanlage umfassen, ggf. ist auch das oberirdische Einspeisungsgebiet zu berücksichtigen. Ein WSG wird im allgemeinen in die Zonen W I, W II und W III unterteilt. Wenn das Einzugsgebiet weiter als 2 km reicht, kann eine Aufgliederung in eine Zone IIIA und IIIB zweckmäßig sein.

Nach DVGW (2021) und BLFU (2010) 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**). Die 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, wird auch die **vertikale Sickerzeit** in der GW-Überdeckung (= ungesättigte Zone) berücksichtigt. 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 (2021) 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 entfallen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn tiefere, abgedichtete Grundwasser-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 (2021) 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 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, 2010).
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 nach DVGW W 101 die wasserrechtlich gestattete Jahresentnahme zugrunde zu legen.

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, 2010).

Ausgedehnte WSG mit einer Zone IIIB werden i.d.R. nur in weit reichenden und sensiblen GW-Einzugsgebieten mit hohen Gefährdungspotentialen ausgewiesen. Nach DVGW W 101 soll die Grenze der Schutzzone IIIA / IIIB eine Entfernung von 2 km von der Wassergewinnungsanlage nicht unterschreiten.
In weniger gefährdeten GW-Einzugsgebieten sind die Anforderungen zum flächendeckenden GW-Schutz im allgemeinen schon durch andere öffentlich-rechtliche Bestimmungen weitgehend gewährleistet ("Allgemeiner Gewässerschutz"; gem. WHG und BayWG).
Es sollte jedoch auch bei günstiger Untergrundbeschaffenheit die Entfernung der Zone III (bzw. IIIA) bis zur Wasserfassung mindestens 1.000 m betragen.

9.2 VORSCHLAG EINES WASSERSCHUTZGEBIETES

Der vorgeschlagene Umgriff des Wasserschutzgebietes für die Brunnen G1 und G2 bei Garatshausen ist Anlage 16 und 17 zu entnehmen. Er basiert im wesentlichen auf dem ermittelten GW-Einzugsgebiet (s. Kap.8ff. und Anl.15+16). Zusammen mit dem Vorschlag des neuen WSG werden in Anlage 16 auch die beiden bereits vorhandenen WSG der Quellen Garatshausen und des Brunnen Pfaffenberg P1 (Gde. Tutzing) dargestellt.
Der vorgelegte WSG-Vorschlag überlagert die älteren Schutzgebiete. Hierdurch wird sichergestellt, dass die Wasserfassungen unabhängig voneinander jeweils ein eigenständiges, vollwertiges Schutzgebiet besitzen.
Mit der beabsichtigten Außerbetriebnahme der Garatshauser Quellen, sollte auch deren WSG aufgelöst werden.

Die Fassungsbereiche (Zone W I) der beiden Brunnen wurden bereits eingezäunt (s. Anl.2a). Sie wurden nicht abgemarkt, sondern von den Eignern angepachtet. Für Br. G1 liegt die Schutzzone I vollständig auf dem Brunnengrundstück Flur-Nr. 1143 (Gmkg. und Gde. Feldafing). Der Fassungsbereich von Br. G2 erstreckt sich über die Flur-Nr. 1129 (Brunnengrundstück) und die westlich daran anschließende Nr. 1130 (beide Gmkg. und Gde. Feldafing). Nach Angaben aus der Entwurfsplanung (s. Beilage 9 in \t2b\) ist der Gitterstabzaun 1,8 m hoch.
Der Rand der Zone W I ist von den Brunnen allseitig 10 m entfernt.

Die Grundlagen zur Bemessung der Engeren Schutzzone (Zone W II) können Anlage 16 entnommen werden. Sie orientiert sich primär an der berechneten, horizontalen 50-Tage-Linie (s. Kap.8.5) sowie an den vorhandenen Flurgrenzen und an markanten Punkten im Gelände.
Die vorgeschlagene Zone II endet in GW-oberstromiger Richtung 350 - 400 m von den Brunnen entfernt.

Bei der Festsetzung der Weiteren Schutzzone (Zone W III) kann davon ausgegangen werden, dass aufgrund der günstigen Beschaffenheit der Deckschichten das Fließzeitkriterium (3 Jahre vertikal und horizontal) im Anstrombereich der Brunnen eingehalten wird. Aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse aus Bohrungen sind bis auf Höhe des Brunnens P1 und weiter darüber hinaus nach Nordwesten (GWM P10) eine mindestens hohe Gesamtschutzfunktion der Deckschichten und somit günstige Überdeckungsverhältnisse belegt (s. Kap.8.6.2).
Für das weiter in Richtung Traubing und Feldafing liegende GW-Einzugsgebiet kann von einer mindestens mittleren bis hohen Schutzfunktion (Sickerzeit > 3 Jahre) ausgegangen werden.

Da es sich im vorliegenden Fall nicht um ein lang gestrecktes GW-Einzugsgebiet handelt und die berechneten Abstandsgeschwindigkeiten im brunnenfernen Einzugsgebiet unter 5 m/Tag betragen (s. Kap.5.3.3) ist eine Unterteilung in eine Zone IIIA und IIIB nicht angezeigt.
Aufgrund der günstigen Deckschichtensituation muss die Zone W III auch nicht das gesamte unterirdische Einzugsgebiet umfassen.
Das vorgeschlagene WSG der Brunnen Garatshausen weist einen Flächenumgriff von 1,7 km² auf. Bei einer GWN-Rate von 8 l/(s•km²) (s. Kap.4.7) wird allein durch die Schutzgebietsfläche eine Jahreswasserentnahme von 429.000 m³ (bzw. Ø 13,6 l/s) gedeckt, d.h. dass rechnerisch rund 85 % der beantragten Wasserentnahme von 500.000 m³/a (s. Kap.12.1) aus der WSG-Fläche gedeckt werden können.

Für die gesamten, gemeinsamen WSG-Flächen der Brunnen G1, G2 und P1 (Gde. Tutzing) errechnet sich eine Flächengröße von 3,14 km², entsprechend einer GWN von 25 l/s.

Nach BLFU (2010) und DVGW (2021) soll auch bei günstiger GW-Überdeckung die GW-oberstromige Entfernung der Zone III zumindest 1.000 m von der Wasserfassung betragen.
Bei dem vorliegenden Vorschlag wird dieses Kriterium mit einem Mindestabstand von rund 1.100 m eingehalten.

Der in Anlage 16 und 17 gezeigte Verlauf der Zone W III orientiert sich soweit möglich an vorhandenen Flurgrenzen, gut erkennbaren natürlichen Grenzen im Gelände und an markanten Geländestrukturen.

Ein aktuelles Grundstücksverzeichnis nach § 12 WPBV liegt im Anhang K bei.

9.3 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.
Im Zuge der Neuausweisung des Wasserschutzgebiets ist es daher notwendig einen Schutzgebietskatalog (n. § 3 der Schutzgebietsverordnung) zu erarbeiten, der den Erfordernissen für einen wirksamen und nachhaltigen Trinkwasserschutz gerecht wird.

Der Vorschlag zur Formulierung des neuen Schutzgebietskatalogs (Verbote, Beschränkungen, Handlungspflichten) liegt in Anlage 19 als Entwurf bei.
Er basiert auf der aktuellen Musterverordnung für Wasserschutzgebiete des BLFU (i.d.F.v. 15.2.2023) und soll noch unter Berücksichtigung der aktuell gültigen Richtlinien, Normen und Gesetze an die spezifischen Verhältnisse im Einzugsgebiet der Brunnens G1 und G2 Garatshauen angepasst werden.

10 WIRKSAMKEIT DES WASSERSCHUTZGBIETES

10.1 KONKURRIERENDE NUTZUNGEN

Eine Übersicht über die Flächennutzung und die bekannten Gefährdungspotentiale geben die Anlagen 1c (Luftbild), 15 und 18.

Das vorgeschlagene WSG umfasst bis 600-700 m oberstromig der Brunnen ganz überwiegend Waldflächen am Ost-Abhang des Moränenwalls, der sich vom Pfaffenberg nach Nordosten zieht. Diese sind mit Moorflächen durchsetzt ("Sattelwiese", "Märchenwiese"). Unmittelbar östlich von Br. G1 beginnt das Naturdenkmal (ND) "Scheinwerferwiese".
Nordwestlich der Kammlinie, also etwa ab der Gemeindegrenze, geht der Wald in landwirtschaftlich genutzte Flächen über, wobei es sich im wesentlichen um Grünlandflächen handelt.

An der Nordost-Ecke des WSG treten vermehrt naturgeschützte moorige Flächen im Bereich um das "ND Geigerfilz" hinzu. Nach Westen zum Brunnen Pfaffenberg hin sind weitere Waldgebiete sowie ein weiteres mooriges Gebiet ("ND Quellmoor am Schlagberg") vorhanden.
Das WSG fällt zu 80-90 % mit einem FFH-Gebiet (Natura 2000: s. Kap.12.2.1) mit zahlreichen Biotop-Flächen zusammen, das sich von der Bahnlinie aus nach Nordwesten in Richtung Traubing erstreckt.

In der äußersten westlichen Ecke des Schutzgebiets-Umgriffs bildet der "Lange Weiher" die oberstromige Begrenzung des WSG. Der ehemals künstlich aufgestaute Fischweiher ist seit einigen Jahren abgelassen und das Dammbauwerk geöffnet.

Am südwestlichen Rand des WSG-Vorschlags wurde eine flache Kiesgrube kürzlich mit Aushubmaterial verfüllt.
Im Wielinger Becken nördlich von Traubing wurde und wird ebenfalls Kies abgebaut. Die Kiesgruben in den oberflächennahen, spät- bis post-glazialen Abschmelzschottern sind mittlerweile weitgehend verfüllt, wobei dem Unterzeichner die Art der Verfüllungen nicht näher bekannt ist. Der am weitesten südlich gelegene Kiesabbau endet ca. 200 m nördlich des Ortsrandes von Traubing und liegt somit nicht mehr im künftigen WSG.

An der alten Traubinger Straße auf Flur- Nr. 1550 Gmkg. Traubing ist eine Altlastenverdachtsfläche vorhanden (Kat.- Nr. 18800792: ehem. Hausmülldeponie bis Ende 60-er Jahre, rund 6.000 m³). Nach den vorliegenden Angaben des LRA Starnberg (Schreiben 1.7.2013) und der Gemeinde Tutzing ergibt sich auf Grundlage einer orientierenden Untersuchung nur ein geringes Emissionspotential. Daher wurde die Altablagerung "*als nutzungsorientiert (für Brachland) Verdacht ausgeräumt*" aus dem Altlastenkataster entlassen. Die Fläche wird in Anlage 18 dargestellt. Sie befindet sich außerhalb des WSG-Vorschlages für die Garatshausener Brunnen.

Als einziger öffentlicher Verkehrsweg quert die Verbindungsstraße zwischen Garatshausen und Traubing (St 2067), die bei Traubing auf die B2 einmündet, das nördliche WSG in Südost/-Nordwest-Richtung.
Die alte Traubinger Straße verläuft über ein kurzes Stück der westlichen Zone W III von Tutzing nach Traubing. Sie ist für den öffentlichen Verkehr gesperrt und nicht asphaltiert.

Der Süd-Teil des ehemaligen Baumschulgeländes an der St 2067 befindet sich in der nördlichen Weiteren Schutzzone. Hier ist aufgrund der intensiven gärtnerischen Nutzung von einem erhöhten Ausbringen von PSM auszugehen.

Im Bereich Schlagberg (vgl. Anl.1c) findet sich eine Streubebauung mit wenigen Anwesen in der Zone W III. Hinsichtlich der Gefährdungspotentiale (v.a. Abwasserentsorgung und Lagerung wassergefährdender Stoffe) wurde dieser Bereich bereits im Zug des WSG-Verfahrens für den Br. Paffenberg durch die Behörden eingehender behandelt.
Der Golfplatz nördlich von Gut Deixlfurt liegt nordwestlich außerhalb der vorgeschlagenen WSG-Fläche.
Nach derzeitigem Kenntnisstand dürfte sich das weitere, gemeinsame Einzugsgebiet der Brunnen Garatshausen und Pfaffenberg unter die Ortschaft Traubing (Gemeinde Tutzing) erstrecken, die sich nicht mehr im WSG befindet.

Als konkurrierende Nutzung ist ebenfalls der neue Brunnen P1 der Gemeinde Tutzing anzusprechen, da die Wasserentnahme aus Br. P1 möglicherweise den Grundwasser-Zufluss zu den Br. G1 und G2 und damit auch der Ergiebigkeit beeinflusst.
Weitere Ausführungen hierzu finden sich in Kapitel 12.2.2.

10.2 BEURTEILUNG DER SCHÜTZBARKEIT DES GW-VORKOMMENS

Die Schutzfunktion der Deckschichten wurde bereits in Kapitel 8.6.2 näher beurteilt. Sie ist demnach für den brunnennahen Anstrombereich mit "*hoch*" und für den brunnenfernen Anstrombereich mit "*sehr hoch*", in Richtung Traubing mit mindestens "*mittel bis hoch*" einzustufen.
Die in Kapitel 10.1 benannten, konkurrierenden Nutzungen stellen aufgrund der Tiefenlage des Aquifers und der Deckschichten-Situation die Schützbarkeit des durch die Brunnen Garatshausen erschlossenen GW-Vorkommens nicht in Frage.
Als positiv im Sinne des Grundwasserschutzes sind zudem die weiträumig verbreiteten Biotope und FFH-Flächen innerhalb des WSG-Umgriffs zu bewerten.
Dies wird durch die bislang vorliegenden Ergebnisse der Wasseruntersuchungen bestätigt.

Durch die im Verbotskatalog (s. Kap.9.3) benannten Verbote und Beschränkungen wird bei deren Einhaltung dem erhöhten Schutzbedürfnis des Grundwassers im WSG Rechnung getragen.
Hinsichtlich der möglichen Gefährdungspotentiale, die von den bebauten Flächen bzw. dem Ortsbereich Traubing im GW-Einzugsgebiet ausgehen, sind v.a. tiefe Bodeneingriffe (i.e.S.: Bohrungen) zu nennen. Bei größeren Bohrtiefen können die Deckenschotter (= Haupt-GW-Leiter der Brunnen Pfaffenberg und Garatshausen) erreicht werden, sofern diese hier im Untergrund verbreitet sein sollten.
Nach dem Kartenwerk *"Wasserwirtschaftliche Standortbeurteilung für die Errichtung von Erdwärmesonden*" der Wasserwirtschaftsverwaltung (WWA Weilheim) ist für den Bereich Traubing bei Bohrtiefen ab 20 m eine wasserrechtliche Einzelfallprüfung notwendig.

Zu beachten ist die stark verringerte Mächtigkeit und damit auch der Schutzfunktion der GW-Überdeckung in den Bacheinschnitten des Kalkgrabens, des Säggrabens sowie des Hagergrabens (vgl. Anl.5c). Bei vollständiger Ausräumung der Moränenauflage über den Deckenschottern kann es zu einer Infiltration von Oberflächenwasser ins Grundwasser (Bachschwinde) und infolgedessen zu einem Eintrag v.a. von mikrobiologischen, ggf. auch chemischen Kontaminationen in das Grundwasser kommen. Um Beeinträchtigungen des Brunnenwassers hierdurch zu vermeiden, wurde die Lage der Förderbrunnen so gewählt, dass deren Anstrombereich außerhalb des Bereichs einer Bachversickerung liegt (s.a. Anl.1b) .
Die neuen Brunnenstandorte sind somit auch gegenüber der bestehenden Quellfassung wesentlich besser geschützt.

11 ALTERNATIVENPRÜFUNG

Nach aktueller Rechtsprechung des BayVGH (Az. 22 N 08.190) ist bei dem Erlass einer Wasserschutzgebietsverordnung für die Prüfung Ihrer Rechtmäßigkeit eine Alternativenprüfung erforderlich. Hierbei gilt als Grundsatz u.a.: "*Je geringer die Schutzfähigkeit eines Wasserschutzgebiets ist, desto höher sind die Anforderungen an seine Erforderlichkeit und desto eingehender müssen sich aufdrängende Alternativen zu seiner Festsetzung geprüft werden.*"

Nach den vorliegenden Untersuchungen und Erkenntnissen können die generelle Schützbarkeit des erschlossenen GW-Vorkommens und die Wirksamkeit des vorgeschlagenen Wasserschutzgebietes für die beiden neuen Brunnen oberhalb von Garatshausen insgesamt als gut beurteilt werden (s.a. Kap.10). Diesem Sachverhalt wird auch durch die Fachbehörde (WWA Weilheim) zugestimmt (s. AV zur Besprechung am 16.9.2013, LRA Starnberg). Die Brunnen sollen die ca. seit fast 90 Jahren zur Trinkwasserversorgung genutzte Quelle Garatshausen ersetzen und erschließen das gleiche GW-Vorkommen. Sie stellen somit eine wesentlich bessere Alternative für die nur eingeschränkt schützbare Quelle dar (vgl. Kap.1.2, 3.2.1 und 8.6.1).

Vorhandene Anlagen zur Trinkwassergewinnung:

Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) sieht eine Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser aus ortsnahen Wassergewinnungsanlagen (WGA) vor.

Diese Anforderung wird durch die Garatshausener Brunnen G1 und G2 als Ersatz für die unzureichend schützbare Quelle Garatshausen erfüllt, da diese überwiegend einer Belieferung des südlichen Versorgungsgebiets (Gemeinde Feldafing) dienen.

Der WV Feldafing-Pöcking stehen daneben noch die beiden Brunnen bei Aschering (s. Anl.1d) zur Verfügung, die ein gut geschütztes, tieferes GW-Vorkommen im Quartär erschließen. Sie weisen jedoch nur eine begrenzte Kapazität auf.

In der WGA Wieling wird bislang von ehemals 5 Flachbrunnen nur noch 1 Brunnen bedarfsweise als Behelfsbrunnen genutzt, um Versorgungslücken zu vermeiden. Die Nutzungsgenehmigung für diesen Brunnen ist abgelaufen. Da das Gewinnungsgebiet Wieling nach Einschätzung der Fachbehörden erhebliche Defizite bei der Schützbarkeit besitzt (v.a. sehr geringer Flurabstand, Bach im brunnennahen Anstrombereich, Gefährdung durch nahegelegene Bundesstraße B2, verfüllte Kiesgruben im GW-Einzugsgebiet), soll für die Wielinger Brunnen keine

wasserrechtliche Genehmigung mehr erteilt werden. Es wird angestrebt, die WGA Wieling mittelfristig aufzulassen. Bis zur Behebung der vorhandenen Versorgungsdefizite kann/muss der Brunnen W4 jedoch als “Behelfsbrunnen” (i.S.d. LfU-MB 1.1/3; 01/2019) vorerst weitergenutzt werden.

Weitere eigene WGA sind nicht vorhanden.

Weiterhin existiert mit der Wassergewinnung Vierseenland (WG4SL) ein Notverbund zwischen dem Hochbehälter Seebuchet und dem Hochbehälter Aschering (WV). Diese kann derzeit aufgrund von Problemen mit der Mischbarkeit der Wässer nicht genutzt werden.
Die beiden kleinere Notverbünde mit dem Netz der Stadt Starnberg (in Niederpöcking) und der Gemeinde Tutzing (in Garatshausen) eignen sich aufgrund der geringen Anschluss-Kapazitäten nur zur Versorgungsdeckung der jeweiligen Ortsteile (s.a. Kap.3.6).

Aufgrund der beschränkten Kapazität der vorhandenen Anlagen ist mit ihnen eine Vollversorgung der Gemeinde Feldafing und Pöcking bestenfalls nur dann möglich, wenn alle 4 Brunnen der WGA Aschering und Garatshausen in Betrieb sind.

Entsprechend der Vorgaben der DIN 2000 (2017) soll die Versorgungssicherheit einer zentrale Trinkwasserversorgung auch beim Ausfall der eines Anlagenteils oder bei vorhersehbaren Extrembedingungen noch uneingeschränkt gegeben sein. Nach Kapitel 3.5 und 3.6 ist dies jedoch derzeit nicht der Fall. Insofern ergeben sich auch keine anderen “Alternativen”, die es zu prüfen gälte.
Der WV ist jedoch bestrebt, weitere Gewinnungsgebiete zu erkunden und falls sinnvoll zu erschließen, um ein weiteres möglichst unäbhängiges Standbein zur Absicherung Wasserversorgung (Redundanz) zu erreichen.

Erschließung weiterer Gewinnungsgebiete:
Die bestehenden Wasserschutzgebiete (WSG) der WV Feldafing Pöcking (Br. A1+A1, Br. W4 und Q-F) sowie die weiteren WSG im Landkreis Starnberg und den angrenzenden Landkreisen werden in Anlage 1f im Maßstab 1:100.000 gezeigt. Ebenfalls wird hier die Geologie aus der amtlichen Geologischen Karte von Bayern 1:500.000 dargestellt.

Es lässt sich v.a. im nördlichen Landkreis Starnberg eine hohe Dichte von Trinkwassergewinnungen mit ihren WSG erkennen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass hier zum einen aufgrund der relativ hohen Bebauungs- und Besiedelungsdichte ein erhöhter Wasserbedarf vorliegt, zum anderen die geologischen Verhältnisse günstig sind, da hier wasserführende Quartär-Schotter der Nieder- und Hochterrasse (Würm- und Riß-Glazial: hellgelbe, punktierte Flächen) verbreitet sind. Hier liegen auch die Haupt-Gewinnungsgebiete einiger anderer WVU.

Nach Süden hin, etwa ab der Linie Weßling-Starnberg nimmt die Verbreitung der GW-führenden Schotter ab. Hier gehen die fluvioglazial abgelagerten Schotterflächen in die Moränengebiete der letzten beiden Eiszeiten über (Riß-Altmoräne: graue Flächen; Würm-Jungmoräne: grüne Flächen). Grundwasserführende Strukturen finden sich hier nur noch vereinzelt entlang der zwischen- oder nacheiszeitlichen, rinnenförmigen Entwässerungsstrukturen, die die Wurzelzonen der Schotterflächen des nördlichen Landkreises bilden.

Vereinzelt sind neben diesen oberflächennahen Abfluss-Rinnen im Untergrund auch noch Jüngere Deckenschotter (Mindel-Eiszeit) vorhanden, die jedoch an der Geländeoberfläche nur in geringem Maße aufgeschlossen sind.

All den GW-Vorkommen in den Moränengebieten im mittleren und südlichen Landkreis ist gemein, dass diese aufgrund ihrer relativ geringen flächigen Ausdehnung nur eine begrenzte Ergiebigkeit für eine Wasserentnahme besitzen. Dies wird in Anlage 1f auch durch die hier deutlich geringere Ausdehnung der Schutzgebiete verdeutlicht.
So sind auch die WGA im Versorgungsgebiet der WV Feldafing Pöcking aufgrund ihrer begrenzten Kapazität nicht in der Lage eine Redundanz der Wasserversorgung zu gewährleisten, zumal für 2 WGA (Br. Wieling und Qu. Garatshausen) eine Außerbetriebnahme infolge unzureichender Genehmigungsfähigkeit absehbar ist.

Weitere Ausschlusskriterien für eine Neuerschließung von Trinkwasser sind - neben dem begrenzten Vorkommen hinreichend ergiebiger GW-Leiter - das Vorhandensein von Feuchtgebieten (s.a. Anl.1f), die häufig einem strengen Naturschutz unterliegen, sowie Nutzungskonkurrenten, die die Ausweisung eines wirksamen Wasserschutzgebietes ausschließen. Hier sind im Wesentlichen die bereits andersweitig genutzten Flächen für Bebauung, Verkehr, Gewerbe und Industrie zu nennen, deren Ausdehnung im Ballungsraum München und v.a. auch im Landkreis Starnberg ständig zunimmt.

In den vergangenen 30 Jahren wurden unter unserer Mitwirkung zahlreiche Studien und Untersuchungsprogramme zur Erkundung neuer Trinkwasser-Erschließungsgebiete im Landkreis Starnberg und den angrenzenden Gebieten durchgeführt. Als ein Ergebnis wurde der hier verfahrensgegenständliche Brunnenstandort oberhalb von Garatshausen weiter entwickelt.
Das aktuell laufende GW-Erkundungsprogramm im Bereich Aschering-Wieling ist noch nicht abgeschlossen, so dass hier derzeit noch keine belastbaren Angaben zu gewinnbaren Wassermengen und zu deren Nutzbarkeit möglich sind.

Bei derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass es eine sinnvolle, adäquate Alternative hinsichtlich der Wassermenge und -qualität, der Schützbarkeit und der Anbindung der WGA an das Versorgungsnetz nicht gibt.

12 BEANTRAGUNG DES WASSERRECHTES

12.1 BEANTRAGTE WASSERENTNAHMEMENGEN

Die künftige Entnahme aus den beiden Brunnen G1 und G2 Garatshausen soll nach Maßgabe der maximal möglichen Brunnen-Ergiebigkeit bzw. der maximalen Förderleistung der eingebauten Brunnenpumpen, der prognostizierten kurz- und langzeitigen Ergiebigkeit der beiden Brunnen (s. Kap.6), der Wasserbedarfszahlen aus Kapitel 3.2 (s.d. Tab. 2b+2c) und 3.5 sowie den Erläuterungen in Kapitel 8.2.1 wie folgt beantragt werden:

	Br. G1	Br. G2	gesamt
kurzeitige Maximalentnahme ($\mathbf{Q_{max}}$)	15 l/s	17 l/s	(nur bei Einzelbetrieb)
max. Entnahme, täglich ($\mathbf{Q_{d\text{-}max}}$):	1.100 m³ (≅ 12,5 l/s)	1.150 m³ (≅ 13,5 l/s)	2.250 m³ (≅ 26,0 l/s)
max. Entnahme, monatlich ($\mathbf{Q_{mt\text{-}max}}$):	19.000 m³ (≅ 7,0 l/s)	24.000 m³ (≅ 9,0 l/s)	43.000 m³ (≅ 16,0 l/s)
max. Entnahme, jährlich ($\mathbf{Q_{a\text{-}max}}$):			500.000 m³ (≅ 15,9 l/s)

12.2 AUSWIRKUNGEN AUF DIE UMWELT UND AUF DRITTE

12.2.1 NATURSCHUTZFACHLICHE BELANGE

12.2.1.1 Beschreibung der Naturschutzflächen

Die Brunnen-Grundstücke und die nach Westen anschließenden Hangbereiche sind überwiegend bewaldet (vgl. Anl.1c) und werden forstwirtschaftlich genutzt.
In die Waldflächen eingebettet finden sich häufig mit “ND” (Naturdenkmal) bezeichnete, teilweise anmoorige Lichtungen.
Die Verteilung der Naturschutzflächen wurde dem BayernAtlas entnommen und ist in Anlage 1c (auf Luftbild) und 18 (FINweb) dargestellt.

Die Brunnen Garatshausen und deren vorgeschlagenes Wasserschutzgebiet liegen vollständig im Landschaftsschutzgebiet (LSG-00403.01: “Starnberger See und westlich angrenzende Gebiete”). In der näheren Umgebung der Brunnen (500 m - Radius) sind zahlreiche kartierte Biotope, tw. mit Schutzstatus verzeichnet, die innerhalb von FFH-Flächen (s.u.) liegen.

Biotope:

- ND Scheinwerferwiese (Artenreiche Mähwiese an der Scheinwerferwiese westlich von Garatshausen) - Teilfläche-Nr. 8033-0311-001: ca. 50 m östlich von Br. G1;
- Eutrophierter Hangsumpf in Garatshausen - Teilfläche-Nr. 8033-1063-000: ca. 400 m östlich Br. G1, unterhalb der Bahnlinie;
- Hangquellmoor an den "Hagener Gruben" nordwestlich von Garatshausen - Teilfläche-Nr. 8033-0314-001: ca. 300 m nordwestlich Br. G1;
- ND "Märchenwiese" nordwestlich von Garatshausen - Teilfläche-Nr. 8033-0244-001: ca. 150 m nördlich Br. G1;
- "Sattelwiese" nordwestlich von Garatshausen - Teilfläche-Nr. 8033-0243-001: ca. 300 m nordnordöstlich von Br. G1;
- Streuwiese am ND "Im Geigerfilz" südwestlich von Feldafing - Teilfläche-Nr. 8033-0241-001-003: ca. 800 m nordnordwestlich von Br. G1;

- Moore, Streuwiesen und ehemalige Hutung im Quellgebiet des Eichgrabens südwestlich von Feldafing - Teilfläche-Nr. 8033-0238-001-003: ca. 1000 m nordnordwestlich von Br. G1;

- Quellmoore mit Streuwiesen auf dem Pfaffenberg nördlich von Tutzing - Teilfläche-Nr. 8033-0315-001 und -002: ca. 200 m westlich von Br. G2;

- ND Quellmoor am "Schlagberg" zwischen Traubing und Tutzing - Biotopteilfl.-Nr. 8033-0253-001: ca. 800 m nordnordöstlich von Br. G2:

- "Sprungl" (Pulverwiese) am Pfaffenberg westlich von Garatshausen - Teilfläche-Nr. 8033-0313-001: ca. 150 m östlich von Br. G2.

Eine genauere Beschreibung der Biotope erfolgt zudem Anhang J2 (s.a. Kap. 12.2.1.3).

Die Brunnen Garatshausen und deren Einzugsgebiet befinden sich zu 80-90 % in dem ***FFH-Gebiet 8033-371 (Teilfläche 12) "Moränenlandschaft zwischen Ammersee und Starnberger See"***.

Aus diesem Grund benötiget die Fachbehörde (UNB) im Zuge des Genehmigungsverfahrens zusätzlich zur allgemeinen Vorprüfung nach UVPG eine FFH-Verträglichkeitsabschätzung.

12.2.1.2 Umweltverträglichkeit (Vorprüfung)

Das beantragte Vorhaben wird im Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG, i.d.F. v. 8.9.2017), Anlage 1, aufgelistet:

"Nr. 13.3.2: Entnehmen, Zutagefördern oder Zutageleiten von Grundwasser oder Einleiten von Oberflächenwasser zum Zwecke der Grundwasseranreicherung, jeweils mit einem jährlichen Volumen an Wasser von 100 000 m³ bis weniger als 10 Mio. m³;"

Aufgrund der Kategorisierung "A" in Spalte 2 der Anlage 1 UVPG ist bei einem Neuvorhaben eine allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls nach § 7, Abs. 1, Satz 1, durch die zuständige Behörde vorgesehen. Die allgemeine Vorprüfung wird als überschlägige Prüfung unter Berücksichtigung der in Anlage 3 UVPG aufgeführten Kriterien durchgeführt.

Eine UVP-Pflicht besteht dann, wenn das Neuvorhaben nach Einschätzung der zuständigen Behörde erhebliche nachteilige Umweltauswirkungen haben kann, die nach § 25 Absatz 2 bei der Zulassungsentscheidung zu berücksichtigen wären.
Nach § 7, Abs.4, ist zur Vorbereitung der Vorprüfung ist der Vorhabenträger verpflichtet, der zuständigen Behörde geeignete Angaben nach Anlage 2 UVPG zu den Merkmalen des Neuvorhabens und des Standorts sowie zu den möglichen erheblichen Umweltauswirkungen des Neuvorhabens zu übermitteln.

Durch das Büro Terrabiota, Starnberg, wurde mit Datum vom 10.10.2022 eine Allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls zur Umweltverträglichkeitsprüfung (gemäß §7 Abs. 1 UVPG (s. \2a\ und Anhang J1) erstellt. Diese kommt zu folgendem Ergebnis:

"Auswirkungen: Mögliche erhebliche Auswirkungen auf die Schutzgüter bestehen nur im Zusammenhang mit den Auswirkungen auf das Schutzgut Wasser.
Insgesamt sind schwere und komplexe Auswirkungen durch das Vorhaben für die Schutzgüter Wasser, Boden, Vegetation und Fauna nicht zu erwarten. Zwar ergeben sich durch das Vorhaben Auswirkungen von langer Dauer, da die Genehmigung i.d.R. für ca. 20 Jahre erteilt wird, allerdings ist weder eine große Schwere, ein hohes Ausmaß noch eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit zu erwarten."

*"Fazit: ... Nach Auffassung der Fachgutachter*innen verspricht die Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung keinen zusätzlichen Erkenntnisgewinn. Eine UVP sowie auch eine formelle Abarbeitung der naturschutzfachlichen Eingriffsregelung im Rahmen eines Landschaftspflegerischen Begleitplans wird deshalb im vorliegenden Fall für entbehrlich gehalten."*

12.2.1.3 FFH-Verträglichkeitsabschätzung

Die Brunnen Garatshausen sowie deren GW-Einzugsgebiet und künftiges Wasserschutzgebiet liegen fast vollständig in einer FFH-Fläche. Nach § 34, Abs.1, BNatSchG wird somit eine Prüfung der Verträglichkeit erforderlich.
Eine FFH-Verträglichkeitsabschätzung im Auftrag der WV Feldafing Pöcking wurde seitens des Büros Terrabiota, Starnberg, mit Datum vom 10.10.2022 erstellt (s. \2b\, Anhang J2).
Diese sollte klären, ob und in welchem Ausmaß durch eine Wasserentnahme und die ggf. zusätzlichen Baumaßnahmen die FFH-Erhaltungsziele beeinträchtigt werden können.

Dem vorliegenden Gutachten ist zu entnehmen:

"4. FFH-Verträglichkeitsabschätzung
Durch die beantragte Nutzung der Brunnen wird kein FFH-Lebensraumtyp nach Anhang I oder Arten nach Anhang II der FFH-Richtlinie unmittelbar beeinträchtigt. Aufgrund der Hangneigung und des hohen Grundwasserflurabstands im Bereich des FFH-Gebiets führt eine Absenkung des Grundwasserspiegels um maximal 3 m (unmittelbar an den Brunnen) zu keinen negativen Auswirkungen auf die vorkommenden FFH-Lebensraumtypen, Arten oder amtlich kartierten Biotope. Diese beziehen ihren Wasserbedarf aus lokal vorkommendem Schichtwasser sowie Regenwasser.
Auch der außerhalb des FFH-Gebiets liegende Biotop Eutrophierter Hangsumpf in Garatshausen" (Biotopteilflächen-Nr. 8033-1063-000) ist nicht von Auswirkungen betroffen, da dort keine Absenkung des Grundwassers entstehen wird. Durch die Auflassung der bisherigen Quellfassung ist vielmehr mit einer Erhöhung der ablaufenden Wassermenge und einer Verbesserung der Biotopeigenschaften zu rechnen.

5. Zusammenfassung
Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass durch die geplanten Brunnen keine erheblichen Beeinträchtigungen des FFH-Gebietes „Moränenlandschaft zwischen Ammersee und Starnberger See ausgelöst werden. Von einer FFH-Verträglichkeitsprüfung kann daher abgesehen werden. Das Vorhaben steht den Schutzzielen des FFH-Gebiets nicht entgegen und ist daher ***zulässig****".*

12.2.2 AUSWIRKUNGEN AUF BENACHBARTE WASSERVERSORGUNGEN

Im Bereich Schlagberg (s. Anl. 1c+16) befinden sich einige Einzelanwesen, die sich aus eigenen Flachbrunnen versorgen (nachrichtlich Gde. Tutzing). Diese nutzen lokal ein hangendes, oberflächennahes GW-Stockwerk. Durch die Wasserförderung aus den Brunnen Garatshausen kann aufgrund von deren großer Entfernung, der GW-unterstromigen Lage und des hohen Flurabstandes von über 30 m keine Beeinflussung der Flachbrunnen erfolgen.

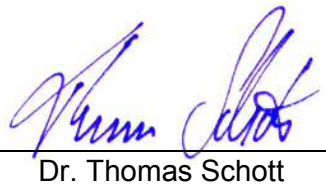
Eine Beeinflussung des Tiefbrunnens der Gemeinde Tutzing (Br. P1) durch den Betrieb von Br. G1+G2 ist nicht zu erwarten, da dieser rund 1 km GW-oberstromig liegt.

Die vorliegenden Pumpversuchsergebnisse (Dauer-PV an Br. P1: 18.10.- 20.12.2011) belegen, dass es bei einer Maximalförderung von 38 l/s zu einem rund 25 %-igen Rückgang der Quellschüttung in Garatshausen kam. Dies lässt erwarten, dass es bei dieser sehr hohen Entnahmemenge auch zu einer Beeinflussung des GW-Spiegels im Bereich der Brunnen G1 und G2 kommen wird. Wie in bereits in Kapitel 6 ausgeführt, liegen derzeit allerdings noch zu wenige belastbare Daten vor, um eine mögliche Beeinflussung der Brunnenergiebigkeit an Br. G1 und

G2 durch die Wasserentnahme aus Br. P1 exakter quantifizieren zu können. Die seit Juli erfolgenden, regelmäßigen Messungen der GW-Stände durch die WV lassen zumindest bislang keine Änderung des GW-Spiegels im Bereich der Garatshausener Brunnen durch die seit 9.10.2023 erfolgende Wasserförderung aus Br. P1 ($Q_{ø}$ = 6,7 l/s) erkennen.
Sollte sich eine nennenswerte Beeinträchtigung ergeben, so wäre ggf. ein gemeinsames Bewirtschaftungskonzept für das durch die Brunnen Pfaffenberg und Garatshausen genutzten GW-Vorkommen zu erarbeiten (s.a. § 22 WHG: Ausgleich zwischen konkurrierenden Gewässerbenutzungen).
Durch Br. G1+G2 ist allerdings keine Beeinflussung des Br. P1 zu erwarten, da dieser GW-oberstromig liegt.
Ein Rückgang der Quellschüttungen in Garatshausen (Fischteiche) ist anhand der Ergebnisse des Dauer-Pumpversuchs an Br. G1+G2 (s. Kap.5.2.2) nicht belegbar. Nach der Außerbetriebnahme bzw. Auflassung der Quellfassung Q-F dürfte sogar eher mehr Quellabfluss vorhanden sein.

Sonstige nachteilige Auswirkungen auf Dritte sind bei derzeitigem Kenntnisstand nicht erkennbar, insbesondere da die beantragte Wasserförderung aus dem Brunnen durch die natürliche Grundwasser-Neubildung ausreichend gedeckt wird.

Starnberg, 12.12.2023 /
aktualisiert und ergänzt am 9.9.2024 und 22.10.2024



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

13 VERWENDETE LITERATUR

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

BLFU - Bayerisches Landesamt für Umwelt (2010): Wasserschutzgebiete für die öffentliche Wasserversorgung - Teil 1: Wasserschutzgebiete als Bereiche besonderer Vorsorge - Aufgaben, Bemessung und Festsetzung.- Merkblatt Nr. 1.2/7, 25 S., Augsburg (01/2010);

BLFU - Bayerisches Landesamt für Umwelt (2018): Karte 1:1.250.000 - Mittlere jährliche Grundwasserneubildung in Bayern 1981-2010.- Augsburg;

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

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

BLFW - Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (1998): Karte 1:1.250.000 zur Gewässerkunde - Mittlerer Jahresniederschlag, Jahresverdunstung und Jahresabfluss in Bayern, Periode 1961-1990.- 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;

DVGW - Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (2003/2017): Rohrnetzinspektion und Wasserverluste / Wasserverlust in Rohrnetzen.- Techn. Regel Arbeitsblatt W 392 (A), Bonn (05/2003, 09/2017);

DVGW - Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (2021): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; I. Teil, Schutzgebiete für Grundwasser.- Techn. Regel Arbeitsblatt W 101, Bonn (3/2021);

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;

LANGGUTH, H.R. & VOIGT, R. (2004): Hydrogeologische Methoden, 2. Aufl.- Springer, Berlin-Heidelberg;

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;

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;

THOLEN, M. (2006): Arbeitshilfen für den Brunnenbauer.- wvgw GmbH, Bonn;

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