Wasserwirtschaftsamt Rosenheim

Hochwasserschutz Unteres Mangfalltal

Hochwasserrückhaltebecken Feldolling

- Grundwassermodell -

Teil 3

Einsatz des Grundwassermodells

BCE
BJÖRNSEN BERATENDE INGENIEURE
AUGSBURG

Björnsen Beratende Ingenieure GmbH, Niederlassung Augsburg
Viktoriastraße 3, 86150 Augsburg
Telefon Nr. : 0821/319 4908-0, Fax Nr.: 0821/319 4908-17

Planer am Bau

www.tuv.com TÜVRheinland ID:0000021410

Juli 2013

Knö/hrf0608940

Inhaltsverzeichnis

Erläuterungsbericht

		Seite
1	Veranlassung und Auftrag	1
2	Randbedingungen und Modellparameter	2
2.1	Aufbau Grundwassermodell	2
2.2	Randbedingungen	3
2.3	Untersuchte Zustände	8
3	Auswirkungen des BHQ im Bezugszustand	12
4	Auswirkungen des HRB-Einsatzes ohne Anpassungsmaßnahmen	16
4.1	Auswirkungen auf die Ortsteile (OT) Gries und Schwaig	16
4.2	Auswirkungen auf die Unterbecken der Leitzachwerke (Stadtwerke München)	18
5	Auswahl, Bemessung und Wirkung von Anpassungsmaßnahmen	19
5.1	Bemessung der Sickerleitung im OT Gries	19
5.2	Bemessung von Dichtwänden für die Unterbecken der Leitzachwerke	22
5.3	Bemessung Dichtwand westlich der Straßenbrücke über die Mangfall	22
5.4	Dauerhafte Auswirkungen der Anpassungsmaßnahmen	23
6	Auswirkungen der geplanten Maßnahmen auf die Brunnen des Marktes Bruckmühl bei Vagen	25
6.1	Einzugsgebiet der Brunnen im Ist-Zustand	25
6.2	Auswirkungen von Bau und Einsatz des HRB auf die Gewinnung des Marktes Bruckmühl	26
6.2.1	Auswirkungen infolge Bau des HRB	26
6.2.2	Einsatz des HRB	27
6.2.3	Aktualisierte Gefährdungsabschätzung	28
6.2.3.1	Schutzwirkung der Deckschichten	28
6.2.3.2	Gefährdungspotenziale	29
6.2.3.3	Gefährdungsabschätzung für den Bauzustand	34
6.2.3.4	Gefährdungsabschätzung unter mittleren Verhältnissen	36
6.2.3.5	Gefährdungsabschätzung bei Hochwasserereignissen	37
6.2.3.6	Zusammenfassende Beurteilung zur Gefährdung der Brunnen des Marktes Bruckmühl bei Vagen	41
6.2.4	Quantitative Grundwasserüberwachung	41
6.3	Verhältnisse im Bereich des Hauptbeckens (HRB)	44
7	Qualitative Grundwasserüberwachung (WWA Rosenheim)	49

Abbildungen

Abbildung 1:	Schematischer hydrogeologischer Aufbau	2
Abbildung 2:	Modellaufbau	2
Abbildung 3:	Ganglinie Bemessungshochwasser (BHQ)	3
Abbildung 4:	Regelprofil 3 mit geplanter Innendichtung	4
Abbildung 5:	Beckenganglinie bei BHQ mit Befüllungsabfolge HRB/UWB	7
Abbildung 6:	Teilgebiete mit Ermittlung der Aussickerungsmengen über Gelände	13
Abbildung 7:	Verlauf Druckwasserstand im Grundwasser an Messstelle G3 und Einstauhöhe in nordöstlicher Rest-Einstaufläche	46

Tabellen

Tabelle 1:	Bezugszustand - Austritte an der Geländeoberfläche [l/s]	14
Tabelle 2:	Austrittsmengen an der Geländeoberfläche [l/s] - BHQ Planungszustand ohne Anpassungsmaßnahmen	17
Tabelle 3:	Austrittsmengen an der Geländeoberfläche [l/s] - BHQ Planungszustand mit Anpassungsmaßnahmen – „worst case“ - Parameterverteilung	21
Tabelle 4:	Abschnittsweise anfallende Sickerwassermengen	21
Tabelle 5:	Zusammenstellung wassergefährdender Stoffe im Einzugsgebiet des HRB Feldolling	30
Tabelle 6:	Auswirkungen auf den Planungsbereich des HRB	48

Anlagen

A-1 Randbedingungen

A - 1.1 Lageplan Untersuchungsgebiet

A - 1.2 Übersichtslageplan Hochwasserschutzmaßnahme Feldkirchen-Westerham, Bauabschnitt 02 (BA02), Gries

A - 1.3 Hochwasserschutz Feldkirchen-Westerham, BA02, Gries, Längsschnitt mit unvollkommener Deichinnendichtung

A - 1.4 Zusammenstellung der durchgeführten Rechenfälle

A - 1.5 Berechnete Grundwassergleichen, Stationärer Ausgangszustand, Tiefenbereich II, (Mittlere Parameterverteilung, Mittlere hydrologische Verhältnisse)

A - 1.6 Berechnete Grundwassergleichen, Stationärer Ausgangszustand, Tiefenbereich II, („worst case" Parameterverteilung, Mittlere hydrologische Verhältnisse)

A - 1.7 Berechnete Grundwassergleichen, Stationärer Ausgangszustand mit Anpassungsmaßnahmen, Tiefenbereich II („worst case" Parameterverteilung, Mittlere hydrologische Verhältnisse)

A-2 Auswirkungen im Bezugszustand

A-2.1 Lageplan Überschwemmungsgebiet BHQ Bezugszustand

A-2.2 Berechnete maximale Grundwasserstände, BHQ Bezugszustand (Mittlere Parameterverteilung, nasse hydrologische Verhältnisse)

A-2.3 Berechnete Grundwasserstände bzw. Druckwasserhöhe, BHQ Bezugszustand - Bereich OT Gries und OT Schwaig (Mittlere Parameterverteilung, nasse hydrologische Verhältnisse)

A-2.4 Berechnete Grundwasserstände bzw. Druckwasserhöhe, BHQ Bezugszustand - Bereich HRB und UWB (Mittlere Parameterverteilung, nasse hydrologische Verhältnisse)

A-2.5 Berechnete Aussickerungsmengen über Geländeoberkante - Feldolling, BHQ Bezugszustand (Mittlere Parameterverteilung, nasse hydrologische Verhältnisse)

A-3 Auswirkungen Planungszustand ohne Anpassungsmaßnahmen

A-3.1 Berechnete Grundwasserspiegeldifferenzen, BHQ Planungszustand ohne Anpassungsmaßnahmen gegen BHQ Bezugszustand (Mittlere Parameterverteilung, nasse hydrologische Verhältnisse)

A-3.2 Berechnete Grundwasserstände bzw. Druckwasserhöhe, BHQ Planungszustand ohne Anpassungsmaßnahmen und BHQ Bezugszustand - Bereich OT Gries und OT Schwaig, (Mittlere Parameterverteilung, nasse hydrologische Verhältnisse)

A-3.3 Berechnete Grundwasserstände bzw. Druckwasserhöhe, BHQ Planungszustand ohne Anpassungsmaßnahmen und BHQ Bezugszustand - Bereich HRB und UWB (Mittlere Parameterverteilung, nasse hydrologische Verhältnisse)

A-3.4 Berechnete Aussickerungsmengen über Geländeoberkante - Feldolling, BHQ Planungszustand ohne Anpassungsmaßnahmen und BHQ Bezugszustand (Mittlere Parameterverteilung, nasse hydrologische Verhältnisse)

A-4 Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse bei Einsatz HRB – Dimensionierung von Anpassungsmaßnahmen

A - 4.1.1 Berechnete Grundwasserspiegeldifferenzen, BHQ Planungszustand mit Anpassungsmaßnahmen gegen BHQ Bezugszustand („worst case“ - Parameterverteilung, nasse hydrologische Verhältnisse)
A - 4.1.2 Berechnete Grundwasserstände bzw. Druckwasserhöhe, BHQ Planungszustand mit Anpassungsmaßnahmen und BHQ Bezugszustand - Bereich OT Gries und OT Schwaig („worst case“ - Parameterverteilung, nasse hydrologische Verhältnisse)
A - 4.1.3 Berechnete Grundwasserstände bzw. Druckwasserhöhe, BHQ Planungszustand mit Anpassungsmaßnahmen und BHQ Bezugszustand - Bereich HRB und UWB („worst case“ - Parameterverteilung, nasse hydrologische Verhältnisse)
A - 4.1.4 Berechnete Aussickerungsmengen über Geländeoberkante, BHQ Planungszustand mit Anpassungsmaßnahmen und BHQ Bezugszustand („worst case“ - Parameterverteilung, nasse hydrologische Verhältnisse)
A - 4.2.1 Berechnete Aussickerungsmengen, Sickerleitung OT Gries, BHQ Planungszustand mit Anpassungsmaßnahmen
A - 4.2.2 Lageplan Anpassungsmaßnahmen Sickerleitung OT Gries
A - 4.2.3 Hochwasserschutz Feldkirchen-Westerham, BA02, Gries, Längsschnitt mit unvollkommener Deichinnendichtung und Anpassungsmaßnahme Sickerleitung OT Gries
A - 4.3.1 Lageplan Anpassungsmaßnahme vollkommene Dichtwand im Absperrdamm HRB
A - 4.3.2 Längsschnitt Anpassungsmaßnahme vollkommene Dichtwand im Absperrdamm HRB/Unterbecken
A-4.4 Lageplan Anpassungsmaßnahme Innendichtung West

A-5 Dauerhafte Auswirkungen auf die Grundwasserstände und die Unterbecken der Leitzachwerke

A - 5.1 Berechnete Grundwasserspiegeldifferenzen, Planungszustand mit vollkommener Dichtwand im Absperrdamm gegen Bezugszustand (Mittlere Parameterverteilung, Mittlere hydrologische Verhältnisse)

A-6 Auswirkungen auf die Gewinnung des Marktes Bruckmühl

A-6.1 Berechnete Grundwasserströmung, Ist-Zustand, Tiefenbereich II (Mittlere Parameterverteilung, Mittlere hydrologische Verhältnisse)
A-6.2 Berechnete Grundwasserströmung, Planungszustand, Tiefenbereich II (Mittlere Parameterverteilung, Mittlere hydrologische Verhältnisse))
A-6.3 Berechnete Grundwasserströmung, Planungszustand, Tiefenbereich III (Mittlere Parameterverteilung, Mittlere hydrologische Verhältnisse)

A-7 Quantitative Grundwasserüberwachung

A-7.1 Lageplan Grundwasserüberwachung, Quantitatives Messnetz
A-7.2 Vorgeschlagenes Sondermessnetz HRB Feldolling, Stammdaten und erforderliche Maßnahmen

A-8 Qualitative Grundwasserüberwachung (WWA Rosenheim)

A-8.1 Lageplan Grundwasserüberwachung, qualitatives Messnetz
A-8.2 Umfang der chemischen Analysen
A-8.3 Konzept für die qualitative Beweissicherung zur Grundwasserbeeinflussung

Verwendete Unterlagen

[1] Björnsen Beratende Ingenieure GmbH, Koblenz (Niederlassung Augsburg)
Hochwasserschutz Unteres Mangfalltal, Hochwasserrückhaltebecken Feldolling, Grundwassermodell, Teil 1: Hydrogeologisches Modell – Datenstand September 2008 (Auftraggeber: Wasserwirtschaftsamt Rosenheim)

[2] Björnsen Beratende Ingenieure GmbH, Koblenz (Niederlassung Augsburg)
Hochwasserschutz Unteres Mangfalltal, Hochwasserrückhaltebecken Feldolling, Grundwassermodell, Teil 2: Modellaufbau und -anpassung – Bearbeitungsstand Juni 2010 (Auftraggeber: Wasserwirtschaftsamt Rosenheim)

[3] Büro für Geotechnik und Umweltfragen Dr. Schott und Partner (BGU)
Hochwasserrückhaltebecken Feldolling, Gefährdungsabschätzung Brunnen Dezember 2006 (Auftraggeber: Wasserwirtschaftsamt Rosenheim)

[4] BGU Dr. Schott & Partner
Hydrogeologisches Gutachten zum Vorschlag eines Wasserschutzgebietes mit Verbotskatalog für die Brunnen Vagen I und II, Markt Bruckmühl (Entwurf), 1997 (Auftraggeber: Markt Bruckmühl)

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
2d-Berechnung	Zweidimensionale hydrotechnische Berechnung
℃	Grad Celsius
‰	Promille
%	Prozent
∆h	Höhendifferenz-/unterschied
A	
Abs.	Absatz
AN	Auftragnehmer
AG	Auftraggeber
Art.	Artikel
AS	Altstandort
AW	Abwasser
Az	Aktenzeichen
B	
BayNatSchG	Bayerisches Naturschutzgesetz
BayWG	Bayerisches Wassergesetz
BCE	Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
BHQ	Bemessungshochwasser
Bgm.	Bürgermeister
bspw.	beispielsweise
BWK	Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V.
BY	Bayern
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
C	
ca.	cirka
CAD	Computer aided design (Computer unterstütztes Konstruieren)
D	
DIN	Deutsche Industrie-Norm oder Deutsches Institut für Normung e.V.
d.h.	das heißt
DN	Nenndurchmesser Rohrleitung oder Grundwassermessstelle
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
DVWK	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
DXF	Dateiformat eines CAD-Programms (Datenaustausch)
E	
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz

EN	Euro-Norm (wird in Deutschland als DIN EN veröffentlicht)
Evtl.	eventuell
EZG	Einzugsgebiet
F	
Fa.	Firma
FFH	Fauna-Flora-Habitat
FIS-Natur	Bayerisches Fachinformationssystem Naturschutz
Fl.km	Flusskilometer
FNP	Flächennutzungsplan
G	
Gde.	Gemeinde
GEP	Gewässerentwicklungsplan
ggf.	gegebenenfalls
GIS	Geographisches Informationssystem (z.B. ESRI ArcGIS 9.3)
GmbH	Gesellschaft mit bedingter Haftung
GOK	Geländeoberkante
GW	Grundwasser
GWL	Grundwasserleiter
GWM	Grundwassermessstelle
H	
ha	Hektar
HHGW	höchstmöglicher Grundwasserstand
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
HW	Hochwasser
HWT	Hochwasser mit statistischem Wiederkehrintervall T in Jahren
HWS	Hochwasserschutz
HQ_T	Hochwasserabfluss mit statistischem Wiederkehrintervall T in Jahren
HYDRO_AS-2D	2D-Strömungsmodell
I	
IB	Ingenieurbüro
i.d.R.	in der Regel
inkl.	inklusive
i. V. m.	in Verbindung mit
K	
KA	Kläranlage
Kap.	Kapitel
kf	Durchlässigkeitsbeiwert oder Hydraulische Leitfähigkeit, Proportionalitätsfaktor, der die Durchlässigkeit von Boden oder Fels für Wasser kennzeichnet
km	Kilometer

km²	Quadratkilometer
L	
l	Liter
l/s	Liter/Sekunde
LEP	Landesentwicklungsprogramm
LBP	Landschaftspflegerischer Begleitplan
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
LGD	Landesgrundwasserdienst Bayern
LISA	Liegenschaftsinformationssystem Außenanlagen (ein GIS)
LKNr.	Liegenschaftskennnummer
Lkr.	Landkreis
LNr.	Liegenschaftsnummer
LRA	Landratsamt
LSA	Lösungsansatz
LSG	Landschaftsschutzgebiet
LV	Leistungsverzeichnis
LWF	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
LWG	Landeswassergesetz
M	
M	Maßstab
m	Meter
m³	Kubikmeter
m³/s	Abfluss in Kubikmeter pro Sekunde
max.	maximal
mg	Milligramm
min	Minute
Mio.	Millionen
mm	Millimeter
mNN	Meter über Normal Null
m u. GOK	Meter unter Geländeoberkante
MW	Mischwasser
N	
NA-Modell	Niederschlag-Abfluss-Modell
n.b.	nicht bekannt
Nr.	Nummer
NT	Niederterrasse (morphologisch, geologisch)
O	
o.g.	oben genannt
OSM	Obere Süßwassermolasse
P	

PV	Pumpversuch
Q	
Q	Abfluss oder Förderleistung [m³/s]
Q(a)	Jährliche Entnahme [m³/a]
QM	Qualitätsmanagement
Q-s	Leistungsdiagramm (Auswertung Pumpversuch) mit Gegenüberstellung von Förderleistung Q und Absenkung s
Q-t	Pumpversuchsdiagram (Auswertung Pumpversuch) mit Gegenüberstellung von Förderleistung Q und Zeit t
R	
RAS-LG	Richtlinien für die Anlage von Straßen – Teil: Landschaftsgestaltung
rd.	rund
RiStWag	Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten
S	
s	Sekunde
s.	siehe
s.a.	siehe auch
SMS	Surface Water Modeling System; Computerprogramm zur Vor- und Nachbearbeitung für 2-dimensionale hydrotechnische Berechnungen mit HYDRO_AS-2D
s. o.	siehe oben
sog.	sogenannt
St.d.T.	Stand der Technik
StLB	Standardleistungsbuch für das Bauwesen
StLK	Standardleistungskatalog für den Straßen- und Brückenbau/bzw. für den Wasserbau
SW	Schmutzwasser
T	
t	Time (Zeit, Zeitachse)
TEG	Teileinzugsgebiet
TdV	Träger des Vorhabens
Tsd.	Tausend
TU	Technische Universität
U	
u. a.	unter anderen
UG	Untersuchungsgebiet
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
UVS	Umweltverträglichkeitsstudie

UVU	Umweltverträglichkeitsuntersuchung
ÜSG	Überschwemmungsgebiet
V	
v.a.	vor allem
VHB	Vergabehandbuch
VO	Verordnung
VOB	Verdingungsordnung für Bauleistungen
VOL	Verdingungsordnung für Leistungen, ohne Bauleistungen
vs.	versus
vsl.	voraussichtlich
VVAwS	Verwaltungsvorschrift zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe
VwV	Verwaltungsvorschrift
VwVwS	Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe
W	
WA	Wehranlage
WG	Wassergesetz
WHG	Wasserhaushaltsgesetz (des Bundes; Rahmengesetz)
WKA	Wasserkraftanlage
WP	Wärmepumpe
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WSA	Wasser- und Schifffahrtsamt
WSG	Wasserschutzgebiet
WSP	Wasserspiegel
WWA	Wasserwirtschaftsamt
Z	
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
ZTV	Zusätzliche technische Vertragsbedingungen
ZVB	Zusätzliche Vertragsbedingungen

1 Veranlassung und Auftrag

Im Rahmen der Planungen für den „Hochwasserschutz Unteres Mangfalltal“ ist das Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Feldolling geplant (s. Anlage A - 1.1). Bau und Einsatz des HRB können sich auf das Grundwasser auswirken.

Zur Untersuchung der temporären und dauerhaften Auswirkungen auf das Grundwasser wurde ein numerisches Grundwassermodell erstellt. Das numerische Grundwassermodell wurde entsprechend den Vorgaben des Hydrogeologischen Modells [1] aufgebaut und angepasst [2]. Es wird das Modellsystem MODFLOW SURFACT eingesetzt, basierend auf dem Programm MODFLOW des US Geological Survey (USGS). Zur Visualisierung wurde GROUNDWATER VISTAS, Version 6.17 verwendet.

Mit dem kalibrierten Modell wurden stationäre und instationäre grundwasserhydraulische Untersuchungen durchgeführt, wie sich Bau und Einsatz des geplanten Hochwasserrückhaltebeckens Feldolling (HRB) auf die Grundwasserstände im Untersuchungsgebiet auswirken und mit welchen technischen Lösungen nachteilige Auswirkungen verhindert werden können.

2 Randbedingungen und Modellparameter

2.1 Aufbau Grundwassermodell

Die Abbildung der im Hydrogeologischen Modell (HGM) ermittelten Stratigrafie erfolgt mit drei Grundwasserleitern (Tiefenbereiche I bis III (TB I bis TB III); s. Abbildung 1 und Abbildung 2).

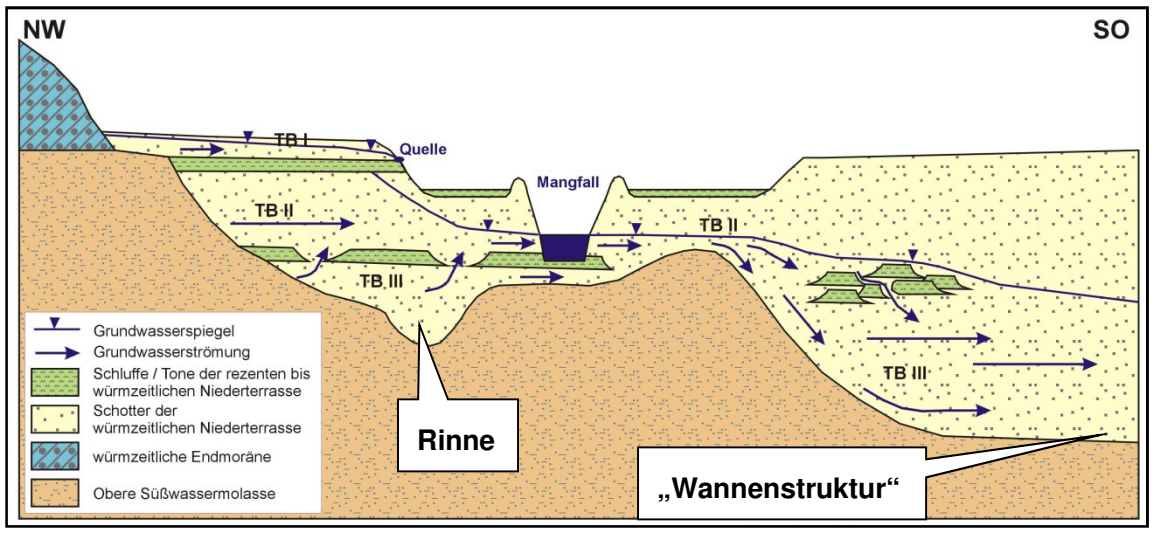

Abbildung 1: Schematischer hydrogeologischer Aufbau

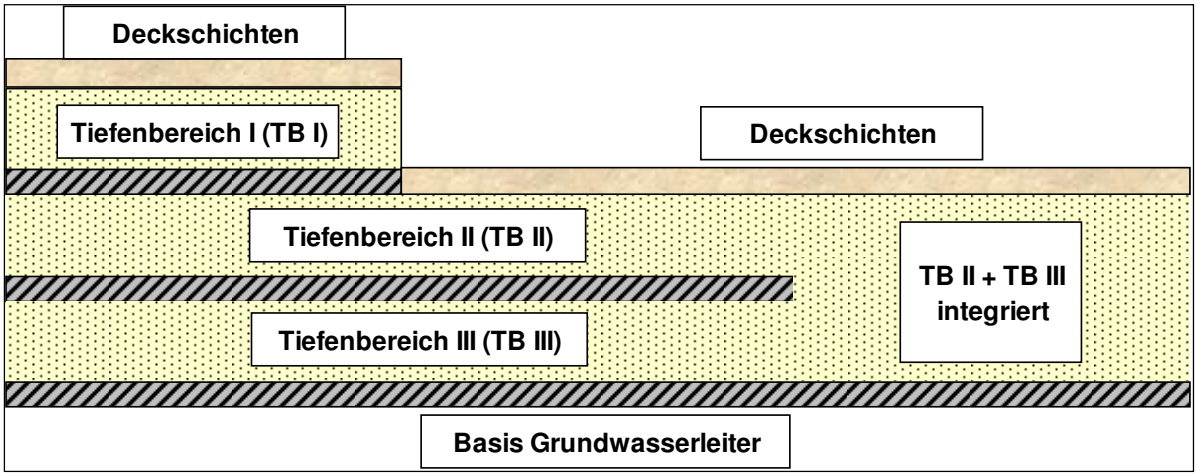

Abbildung 2: Modellaufbau

Die Modellunterkante wird durch die Schichtgrenze zwischen Quartär und Tertiär bzw. zwischen den grobkiesigen, quartären Ablagerungen und den sandigen Schwemmablagerungen gebildet. Die hydrogeologischen Parameter wurden entsprechend den Ergebnissen der Modellanpassung übernommen.

2.2 Randbedingungen

Bemessungshochwasser (BHQ) Mangfall

Grundlage für die Ermittlung der Auswirkungen der geplanten Maßnahmen auf die Grundwasserverhältnisse bildet das sogenannte Bemessungshochwasser (BHQ). Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) hat nach einer intensiven Untersuchung verschiedener abgelaufener Ereignisse ein Bemessungshochwasser (HQ_{100} (einschließlich Klimazuschlag) - auf Basis des Hochwassers von 1899) - abgeleitet (Abbildung 3).

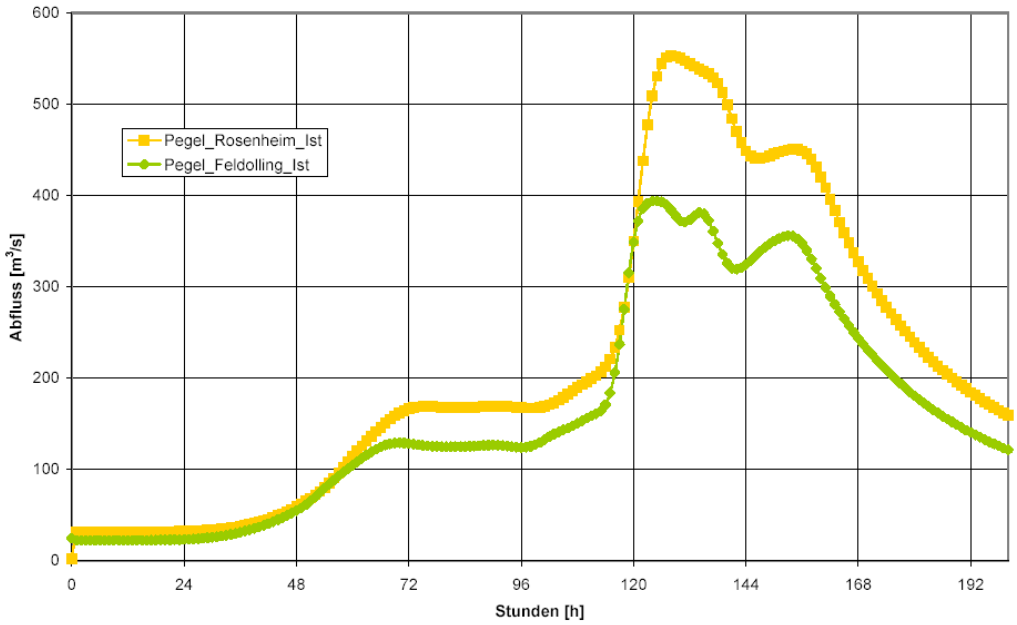

Abbildung 3: Ganglinie Bemessungshochwasser (BHQ)

Die beim BHQ in Mangfall/Leitzach und in den Überschwemmungsgebieten auftretenden Wasserspiegellagen wurden vom WWA Rosenheim mit einem 2-dimensionalen Wasserspiegellagenmodell (2D-WSP-Modell) berechnet. Die zeitliche Veränderung der ermittelten Wasserspiegel wird an das Grundwassermodell als Randbedingung übergeben.

Randbedingungen Bezugszustand

Hochwasserschutzmaßnahmen Feldkirchen-Westerham, Bauabschnitt 02 (BA02), Ortsteil Gries

Im Bezugszustand wird nördlich der Mangfall der geplante Hochwasserschutz für den Ortsteil Gries im Bauabschnitt 02 (BA02), HWS Feldkirchen-Westerham, als bereits umgesetzt angenommen (Anlage A - 1.2). Der BA02 beinhaltet im Wesentlichen die Ertüchtigung der Deiche (Neubau), wodurch besiedelte Bereiche gegen ein Hochwasserereignis geschützt werden, welches statistisch gesehen in etwa 100 Jahren einmal erreicht oder überschritten wird (HQ100). Die Deichertüchtigung im BA02 erstreckt sich am nördlichen Mangfallufer zwischen Mangfallkilometer 24+800 und 23+250.

Darüber hinaus ist im ertüchtigten Deich auf Höhe von Feldolling die Errichtung einer Innendichtung vorgesehen, die ab Deichoberkante bzw. Oberkante der dort abschnittsweise geplanten Hochwasserschutzmauer, mehrere Meter in den Untergrund einbindet. In Abbildung 4 ist beispielhaft ein Querschnitt durch den Deich im Abschnitt Fl.km 24.000 bis 23.700 dargestellt (Regelprofil 3).

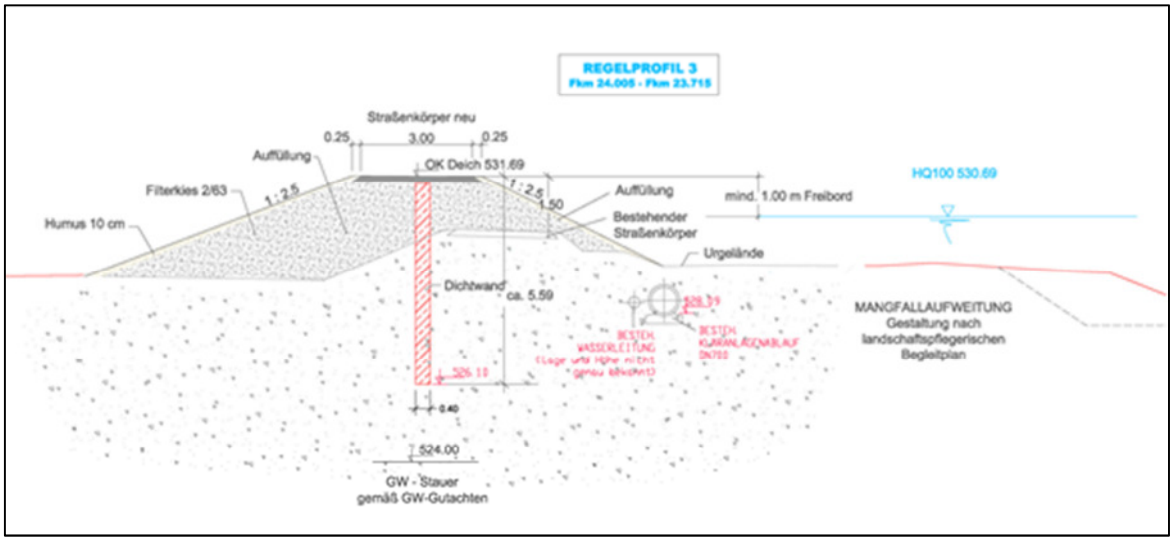

Abbildung 4: Regelprofil 3 mit geplanter Innendichtung

Die Längsabwicklung der Innendichtung ist zusammen mit maßgebenden Wasserspiegellagen und hydrogeologischen Randbedingungen aus Anlage A - 1.3 ersichtlich. Hieraus ist zu erkennen, dass durch die Innendichtung die Querschnittsfläche des Grundwasserleiters (Tiefenbereich II bzw. Tiefenbereich II/Tiefenbereich III) teilweise verringert, jedoch nicht abgesperrt wird. Diese Innendichtung wird daher auch als unvollkommene Innendichtung bezeichnet. Die Prüfung der Notwendigkeit von „Fenstern“ zur Verbesserung der hydraulischen Durchgängigkeit erfolgt in der Ausführungsplanung.

Unterbecken der Leitzachwerke

Östlich des Absperrdammes des HRB befinden sich die Unterbecken 1 bis 3 (UWB1 bis UWB3) der Leitzachwerke der Stadtwerke München (SWM) GmbH. Entsprechend den Auswertungen im HGM wird im Beckenbereich die Unterkante der Beckendichtung als Oberkante des Grundwasserleiters (Tiefenbereich II) angesetzt. Am Unterbecken 2 (UWB2) wird zudem die abschnittsweise hydraulische Absperrung der Grundwasserleiter im Tiefenbereich II und Tiefenbereich III, durch den im Bauentwurf von 1925 beschriebenen „Dichtungssporn“ (an der Nord- und Ostseite des Beckens) berücksichtigt.

Übernahme Wasserspiegel 2D-WSP-Modell
Die seitens des WWA Rosenheim mit dem 2D-WSP-Modell für den Bezugszustand (BHQ) berechneten Wasserspiegellagen in der Mangfall und im Überschwemmungsgebiet werden als Randbedingung in das Grundwassermodell übernommen.

Grundwasserneubildung aus Niederschlag
Die mittlere Grundwasserneubildung im Modellgebiet wird entsprechend dem Ergebnis der Modellanpassung mit 19,0 l/(s·km²) festgelegt. Hiervon abweichende Ansätze (z.B. für hydrologisch nasse oder hydrologisch trockene Perioden) werden bei den jeweiligen Untersuchungsvarianten gesondert benannt.

Bei den instationären Berechnungen wurden nasse Verhältnisse“ angesetzt, d.h. die Grundwasserneubildung aus Niederschlag im Modellgebiet wurde während der gesamten Dauer der betrachteten Ereignisse (BHQ) um 30% erhöht (auf 24,7 l/(s·km²)). Die Erhöhung um 30% entspricht der Bandbreite der Grundwasserneubildung zwischen trockenen und nassen Jahren. Die im Rahmen der Modellkalibrierung (Teil 2) abgeschätzten, seitlichen Zuflüssen aus den orohydrografischen Einzugsgebieten in das Modellgebiet wurden ebenfalls über den gesamten Betrachtungszeitraum um 30% erhöht angesetzt (Zuflüsse an den südlichen und nördlichen Modellgrenzen).

Randzustrom und –abstrom im quartären Grundwasserleiter
Am nordwestlichen Modellrand (Eintritt Mangfall in das Modellgebiet) wurden die dort angesetzten Festpotenziale unverändert beibehalten. Dieser Rand liegt weit von den für die vorliegende Untersuchungen relevanten Bereichen entfernt. Im HGM [1] wurde der Zufluss über diesen Abschnitt zudem als gering abgeschätzt.

Am südöstlichen Rand (Abstrom im Mangfalltal) wurden die Festpotenziale stetig um bis zu 0,35 m erhöht um so dem möglichen Anstieg des Grundwasserspiegels in diesem Abschnitt Rechnung zu tragen. Dieser Wert wurde auf Grundlage der mit zunehmender Entfernung vom HRB zu beobachtenden Dämpfung der Auswirkungen abgeschätzt.

Grundwasserentnahmen
Die Entnahme aus den Brunnen Vagen des Marktes Bruckmühl wird für die vorliegenden Untersuchungen mit 51 l/s angesetzt. Dies entspricht den Vorgaben des WWA Rosenheim, Sachgebiet Hydrogeologie, demzufolge das Mittel aus der genehmigten Jahresentnahme von 1,08 Mio. m³/a (= 34,2 l/s) um den Faktor 1,5 zu erhöhen ist, da in den Sommermonaten Juli/ August der Verbrauch steigen kann.

Erfassung von Austrittsmengen an der Geländeoberfläche im Ortsteil (OT) Gries

Im Untersuchungsgebiet liegen Deckschichten unterschiedlicher Mächtigkeit und Beschaffenheit vor. Insbesondere bei Hochwasserverhältnissen kann es zu einem Anstieg des Grundwasserspiegels bis an die Deckschichtunterkante kommen. Bei weiter steigendem „hydraulischen Druck“ (z.B. infolge weiter ansteigendem Mangfallwasserspiegel) kommt es zu einem Wechsel von einem „freien Grundwasserleiter“ zu einem „gespannten Grundwasserleiter“, im Grundwasserleiter liegt dann ein Druckwasserspiegel vor. Neben der dominierenden horizontalen Strömungsbewegung kommt es aufgrund des unter der Deckschicht anstehenden Druckwasserspiegels zu einer vertikalen Strömungskomponente Richtung Geländeoberkante. Die Deckschichten bilden hierbei gegenüber dem gespannten Grundwasserleiter eine halbdurchlässige Schicht, durch die Grundwasser hindurchsickern und bei entsprechendem Druckanstieg an der Geländeoberkante austreten kann.

Im Grundwassermodell wird die Geländeoberkante im Bereich des Ortsteiles (OT) Gries, zwischen dem Deich und dem Geländeanstieg zur Niederterrasse nördlich der Mangfall, so definiert, dass bei einem Anstieg des (Druck-) Wasserspiegels über die Geländeoberkante hinaus, die Austrittsmengen von Grundwasser an der Oberfläche quantitativ erfasst wird (Drain-Randbedingung). Die Durchlässigkeit der Deckschichten (L = Leakage-Faktor) wird im betrachteten Bereich entsprechend der im HGM abgeleiteten, flächigen Verteilung angesetzt. In Randbereichen, dort wo keine Deckschichtauswertungen vorlagen, wurde ein pauschaler Wert von $L = 5 \cdot 10^{-6}\ ^{1}/_{s}$ angesetzt.

<u>Randbedingungen Planungszustand</u>

Übernahme Wasserspiegel 2D-WSP-Modell

Die seitens des WWA Rosenheim für den Planungszustand (BHQ) berechneten Wasserspiegellagen in der Mangfall und auf den überfluteten Vorländern werden als Randbedingung in das Grundwassermodell übernommen.

Innerhalb des HRB wird der für den jeweiligen Zeitschritt maßgebende Befüllungswasserspiegel auf Grundlage der von RMD durchgeführten Speicherberechnung und der hieraus abgeleiteten Beckenganglinie festgelegt. Planmäßig erfolgt die vollständige Befüllung der Unterbecken der Leitzachwerke vor dem Hauptbecken. Ab einem Wasserstand von 530,5 mNN wird das Hochwasser vom HRB in die UWB geleitet. Für die Berechnungen mit dem Grundwassermodell wird davon ausgegangen, dass beim BHQ zunächst die vollständige Befüllung des Hauptbeckens erfolgt, erst dann wird das Wasser in die UWB übergeleitet. Durch diese Steuerung entsteht der maximale Gradient zwischen Hauptbecken und UWB. Dieser Gradient wird auch nicht überschritten, wenn lediglich das Hauptbecken genutzt wird.

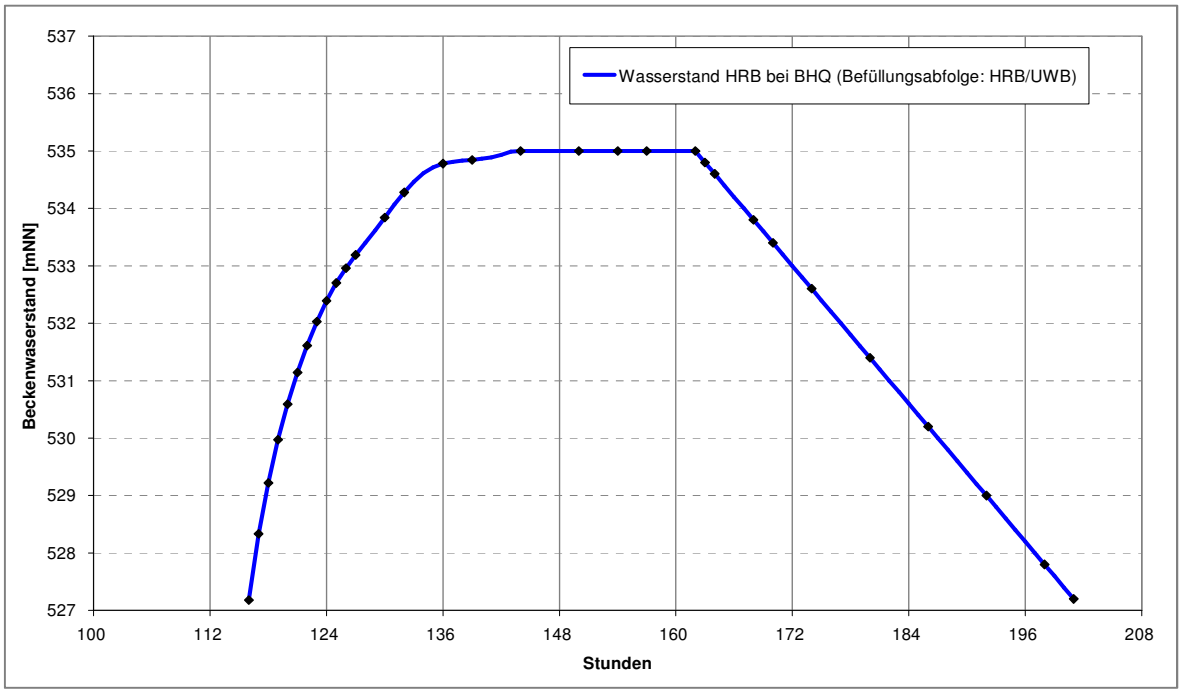

Abbildung 5: Beckenganglinie bei BHQ mit Befüllungsabfolge HRB/UWB

Die Sicherheitsreserven durch den Ansatz der Befüllung des kompletten Hauptbeckens (vor den UWB) sind zwingend erforderlich, da die Überleitung ins UWB aus verschiedenen Gründen nicht planmäßig nutzbar sein könnte (z.B. Ausfall Schütz Überleitungsbauwerk, keine Nutzung UWB)

Zusätzliche Randbedingungen

Für den Planungszustand werden, mit Ausnahme der unterschiedlichen Wasserspiegellagen aus dem 2D-WSP-Modell, die gleichen Randbedingungen wie im Bezugszustand angesetzt. Es werden jedoch darüber hinaus zusätzlich die nachstehend aufgeführten Randbedingungen berücksichtigt.

Restwasserentleerung Unterbecken 3

Am Unterbecken 3 (UWB3) besteht eine Restentleerung. Die Ableitung erfolgt zunächst über eine Rohrleitung (1. Rohrleitung) die in einen nördlich des UWB3 verlaufenden, ca. 100 m langen, offenen Graben mündet (Lage siehe Anlage A - 1.1). Am nördlichen Ende des offenen Grabens wird das Wasser wieder in einer Rohrleitung gefasst (2. Rohrleitung), die unter dem UWB2 hindurch zur Mangfall, im Unterwasser des Brucker Wehres, führt.

Unter derzeitigen Bedingungen wird das zwischen dem Mangfalldamm und dem Damm des UWB3 anfallende Oberflächenwasser über die 2. Rohrleitung in die Mangfall abgeführt. Entsprechendes gilt für das bei hohen Grundwasserständen in den Graben austretende Grundwasser.

Im Rahmen der Planungen ist die Einbindung der Restentleerungsleitung in das HRB vorgesehen, wobei Modifikationen gegenüber dem derzeitigen Stand erfolgen sollen. Dies umfasst u.a.

- Die Verkürzung des offenen Graben um ca. 30 m und entsprechende Verlängerung der 1. Rohrleitung. Letztlich verbleibt ein rd. 67 m langer, offener Graben. Abstimmungsgemäß wurden hierfür folgende Randbedingungen festgelegt:
  - Sohlhöhe neuer Auslauf 1. Rohrleitung: 524,74 mNN
  - Sohlhöhe am Ende des Grabens (Einmündung 2. Rohrleitung): 524,60 mNN
- Den Einbau eines Absperrschiebers in die zweite Rohrleitung, um im Hochwasserfall die Abgabe von Wasser aus dem HRB zu verhindern.

Im Grundwassermodell wird dementsprechend für alle Betrachtungen ohne Einsatz des HRB der offene Graben als Aussickerungsrandbedingung (Drainage) mit den o.a. Sohlhöhen angesetzt, dazwischen wird linear interpoliert. Dies betrifft damit die Untersuchungen zur Ermittlung der dauerhafter Auswirkungen (siehe Anlage A - 1.4: stationäre Berechnungen; Ziff. 5.4). Bei Einsatz des HRB (instationäre Berechnungen) wird der Graben nicht berücksichtigt, da die Ableitung zur Mangfall dann unterbunden wird.

2.3 Untersuchte Zustände

Einen Überblick über die betrachteten Zustände und die durchgeführten Rechenfälle gibt die tabellarische Zusammenstellung in Anlage A - 1.4. Dort sind die jeweiligen Randbedingungen für Bezugszustand und Planungszustand aufgeführt.

Zur Ermittlung der beim BHQ Bezugszustand und beim BHQ Planungszustand (mit Einsatz des HRB) im Grundwasser auftretenden Reaktionen und zur Bemessung von Anpassungsmaßnahmen werden jeweils instationäre Berechnungen durchgeführt. Entsprechend den Eingangsdaten aus dem 2D-WSP-Modell wird ein Zeitraum von rd. 17 Tagen betrachtet. Die zeitliche Auflösung der Berechnung mit dem Grundwassermodell variiert, in Abhängigkeit von der Intensität der Änderung der Wasserstände in der Mangfall und im HRB, zwischen 1 Stunde und 15 Stunden.

Den instationären Berechnungen für das BHQ liegt jeweils ein Ausgangszustand zugrunde. Die mittels stationärer Berechnungen hierfür jeweils ermittelten Grundwassergleichen sind aus Anlage A - 1.5 bis Anlage A - 1.7 ersichtlich.

- Ausgangszustand für BHQ Bezugszustand und BHQ Planungszustand ohne Anpassungsmaßnahmen, Mittlere Parameterverteilung: Anlage A - 1.5
- Ausgangszustand für BHQ Bezugszustand und BHQ Planungszustand **ohne** Anpassungsmaßnahmen, "worst case" Parameterverteilung: A - 1.6

- Ausgangszustand für BHQ Planungszustand **mit** Anpassungsmaßnahmen, "worst case" Parameterverteilung: Anlage A - 1.7

Darüber hinaus wurden zur Beurteilung langzeitiger Auswirkungen der geplanten Maßnahmen (ohne Einsatz HRB), ebenfalls stationäre Berechnungen durchgeführt. Dies schließt die permanenten Auswirkungen von erforderlichen Anpassungsmaßnahmen ein.

Untergrunddurchlässigkeiten

Die dauerhaften Auswirkungen der geplanten Maßnahmen werden mit den aus der Modellkalibrierung ermittelten Untergrunddurchlässigkeiten ermittelt.

Im Rahmen der Modellanpassung wurden Sensitivitätsberechnungen mit Variation von Modellparametern durchgeführt. Bei einer Variation der Durchlässigkeiten der Grundwasserleiter um den Faktor ½ bzw. 2 wurde für stationäre, d.h. langzeitig mittlere Verhältnisse, eine relativ geringe Sensitivität der Modellergebnisse gegenüber dieser Bandbreite des Parameters ermittelt.

Zur Bemessung von erforderlichen Anpassungsmaßnahmen für den Planungszustand (Sickerleitung im Ortsteil Gries) wurden im Rahmen der hierzu durchgeführten instationären Modellrechnungen die Durchlässigkeiten der Grundwasserleiter im Sinne einer „worst case“ - Betrachtung um den Faktor 2 erhöht (Wert an der oberen Grenze der wahrscheinlichen Schwankungsbreite). Eine entsprechende Vorgehensweise wurde in vergleichbaren Planungen angewendet. Die mit diesen Parametern ermittelten Auswirkungen und Mengen liegen auf der sicheren Seite der Betrachtung.

Durchlässigkeit der Deckschichten

Bei Einsatz des HRB erfolgt aus den überfluteten Flächen eine vertikale Zusickerung von Oberflächenwasser in den Grundwasserbereich, entsprechendes gilt für die überfluteten Flächen auf dem linken Mangfallufer. Die Höhe der Zusickerungsmenge in den Grundwasserbereich wird hierbei durch verschiedene Faktoren beeinflusst (Wasserstand auf den überstauten Flächen, Grundwasserstand bzw. Druckwasserspiegel im Grundwasserleiter, Mächtigkeit der Deckschichten, Durchlässigkeit der Deckschichten). Die summarische Wirkung von Mächtigkeit und Durchlässigkeit der Deckschichten wird durch den sogenannten Leakage-Faktor beschrieben, der sich als Quotient von Durchlässigkeitsbeiwert (k_f-Wert) der Deckschicht und Mächtigkeit der Deckschicht ergibt.

$$\text{Leakage-Faktor } L = k_f \text{ – Deckschicht / Mächtigkeit der Deckschicht}$$

Entsprechend der Vorgehensweise bei den Untergrunddurchlässigkeiten werden die Durchlässigkeit der Deckschichten in einer „worst case“ - Betrachtung um den Faktor 2 erhöht. Hierdurch werden auch die Auswirkungen möglicher Inhomogenitäten in den Deckschichten, ins-

besondere Regionen mit höherer Durchlässigkeit, die aus den vorliegenden Daten und Informationen nicht erkennbar sind, mit erfasst.

Auswertung der Berechnungsergebnisse

Die Ergebnisse der stationären Berechnungen mit dem Grundwassermodell werden je nach Fragestellung unterschiedlich grafisch veranschaulicht:

- Die berechnete Grundwasseroberfläche bzw. der berechnete Druckwasserspiegel wird zu einem flächigen Grundwassergleichenplan ausgewertet. Es handelt sich hierbei um auf die Kartenebene projizierte Linien gleicher berechneter Grundwasserstände (Isolinien), diese werden i.d.R. in äquidistanten Abständen in [mNN] dargestellt.
- Zur Visualisierung der Auswirkungen von geplanten Maßnahmen werden die für zwei verschiedene Zustände berechneten Grundwasserstände zu einem Differenzenplan ausgewertet. Die Unterschiede zwischen den beiden betrachten Zuständen (z.B. Planungszustand gegen Bezugszustand) werden als Linien gleicher berechneter Grundwasserspiegeldifferenzen (Isolinien) in [m] dargestellt.
- Zur Veranschaulichung der Zustrombereiche zu Brunnen, insbesondere Trinkwassergewinnungsanlagen, werden die mit dem Modell berechneten Bahnlinien (Fließwege von Wasserteilchen) zu einem Grundwasserströmungsplan ausgewertet.

Die Ergebnisse der instationären Berechnungen mit dem Grundwassermodell werden wie folgt veranschaulicht:

- Für das betrachtete instationäre Ereignis (Hochwasserwelle, Befüllung HRB) werden die maximalen berechneten Grundwasserstände zu einem Grundwassergleichenplan ausgewertet. Diese Linien gleicher berechneter Grundwasserstände (Isolinien) stellen den beim betrachteten Ereignis im Grundwasser auftretenden Scheitelwert dar. Dieser Scheitelwert tritt im Grundwasser nicht an allen Stellen zeitgleich auf, da sich die Auswirkungen von Hochwasserereignissen mit zunehmender Entfernung vom Gewässer gedämpft auf die Grundwasserstände auswirken. Die Dämpfung betrifft sowohl den Scheitelwert selbst, als auch die zeitliche Verzögerung beim Auftreten des Scheitelwertes. Im Hinblick auf die Nutzungen im Untersuchungsraum stellen die maximalen Grundwasserstände jedoch den für die Beurteilung der Auswirkungen maßgebenden Grundwasserstand dar.
- Die Auswirkungen von geplanten Maßnahmen werden durch einen Differenzenplan veranschaulicht. Die Differenzen wurden hierbei zwischen den jeweils maximalen berechneten Grundwasserständen (Scheitelwerte) der zwei betrachteten Zustände gebildet (z.B. Planungszustand gegen Bezugszustand). Durch die vergleichende Betrachtung wird die Änderung der maximalen Grundwasserstände ermittelt, dies stellt im Hinblick auf die potenziell betroffenen Nutzungen die ungünstigste Änderung dar. Je nach zeitlichem Verlauf der betrachteten Ereignisse können temporär auch höhere Differenzen zwischen den be-

trachteten Ereignissen auftreten, die Absolutwasserstände liegen zu diesen Zeitpunkten jedoch tiefer als der jeweilige maximale Grundwasserstand.

- Zur Beurteilung der zeitlichen Veränderung der Grundwasserstände beim betrachteten Ereignis erfolgte für ausgewählte Messstellenstandorte eine Auswertung der berechneten Grundwasserstände zu Grundwasserstandsganglinien. Durch die Gegenüberstellung der Ganglinien für verschiedene Zustände lassen sich die Auswirkungen am Standort der Messstelle in ihrer zeitlichen Entwicklung veranschaulichen. Bei der Beurteilung der Ganglinien ist zu berücksichtigen, dass für die Messtellen im OT Gries eine feinere Auflösung der y-Achse [mNN] gewählt wurde (2 m) als an den anderen Messstellen, um auch geringe Unterschiede zwischen den Berechnungsergebnissen der betrachteten Zustände sichtbar zu machen.

3 Auswirkungen des BHQ im Bezugszustand

Überschwemmungsflächen

Das mit dem 2D- Wasserspiegellagenmodell des WWA Rosenheim für das BHQ im Bezugszustand ermittelte Überschwemmungsgebiet ist aus Anlage A-2.1 ersichtlich, dargestellt sind maximale Einstautiefen von mehr als 0,01 m. Hieraus ist ersichtlich, dass sowohl an der Mangfall als auch an der Leitzach Ausuferungen auftreten. Auf dem rechten Mangfallufer, im Bereich des geplanten HRB, sind Überschwemmungsflächen zu erkennen. Die größten Einstautiefen mit bis zu rd. 5 m treten im mangfallnahen Bereich, nördlich des Unterbeckens 3 (UWB3) der Leitzachwerke auf.

Nördlich der Mangfall kommt es, aufgrund der Hochwasserschutzmaßnahmen im BA02, auf Höhe des OT Gries von Feldolling, nicht zu Überschwemmungen. Östlich der Kläranlage, ab etwa Fl.km 23+800, sind jedoch durch Ausuferungen und durch Rückstau am Feldkirchener Bach verursachte Überschwemmungsbereiche festzustellen.

Grundwasserstände

In Anlage A-2.2 sind die für den BHQ Bezugszustand berechneten maximalen Grundwasserstände dargestellt. Die Darstellung umfasst im westlichen Untersuchungsgebiet den Tiefenbereich II und östlich der Unterbecken den integrierten Tiefenbereich II/III. Am südlichen Rand des geplanten HRB sind Gebiete mit kleinräumig hohen maximalen Grundwasserständen zu erkennen. Hierbei handelt es sich um diejenigen Regionen, in denen eine sehr hohe Durchlässigkeit der Deckschichten angesetzt wurde (anthropogen gestörte Bereiche), wodurch das auf den Überschwemmungsflächen stehende Wasser verstärkt in den Grundwasserleiter einsickern kann.

Auswirkungen auf die Ortsteile Schwaig und Feldolling, Ortsteil Gries

Schwaig ist ein Ortsteil der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. Der Weiler liegt im Südwesten der Gemeinde, südlich der Mangfall, auf Höhe von ca. Fl.km 25+800. Feldolling ist ebenfalls ein Ortsteil der Gemeinde Feldkirchen-Westerham. Er befindet sich nördlich der Mangfall auf Höhe von Fl.km 24+00 bis 25+200. Die nördlichen Bebauungsbereiche von Feldolling liegen auf der Niederterrasse, mit einer Höhenlage von 535 mNN bis 540 mNN. In der Mangfallaue, mit Höhen zwischen 530 mNN und 535 mNN, befinden sich u.a. die Straßen „Am Gries“ und „Breitensteinstraße“ die im Weiteren zusammenfassend als Ortsteil (OT) Gries bezeichnet werden.

Die zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände im BHQ Bezugszustand ist für 8 ausgewählte Grundwassermessstellen im Bereich OT Gries und eine Messstelle beim OT Schwaig in Anlage A-2.2 dargestellt. An einigen Messstellen ist festzustellen, dass die Druckhöhe im Grundwasser über das Niveau der Geländeoberkante ansteigt (Messstelle B4G in Anlage A-2.3.4; Messstelle B6G in Anlage A-2.3.6).

Dieser Druckanstieg ergibt sich aufgrund des Widerstandes, den die halbdurchlässige Deckschicht gegenüber dem ansteigenden Grundwasser darstellt. Zur Überwindung dieses Widerstandes ist eine Druckdifferenz gegenüber dem Niveau der Geländeoberkante erforderlich. Die Höhe der Druckdifferenz hängt von der lokalen Beschaffenheit der Deckschicht ab. Bei relativ „offener Deckschicht“, d.h. sandig-kiesiger Beschaffenheit, ist eine geringere Druckdifferenz erforderlich als bei „dichter Deckschicht“, d.h. feinsandiger und schluffiger bis toniger Beschaffenheit, damit das Grundwasser die Deckschicht vertikal durchsickern und an der Oberfläche austreten kann. Der Grundwasserspiegel steigt hierbei jedoch nicht höher als Geländeoberkante bzw. Deckschichtunterkante an.

Zur vergleichenden Betrachtung der Auswirkungen bei den verschiedenen betrachteten Zuständen wurden für die Mangfallaue bei Feldolling die berechneten Aussickerungsmengen über Gelände für drei verschiedene Teilgebiete ausgewertet. Die Lage der Teilgebiete ist aus Abbildung 6: ersichtlich. Für die westlich der Vagener Straße gelegene Bebauung von Feldolling wurden keine Aussickerungsmengen an Grundwasser festgestellt.

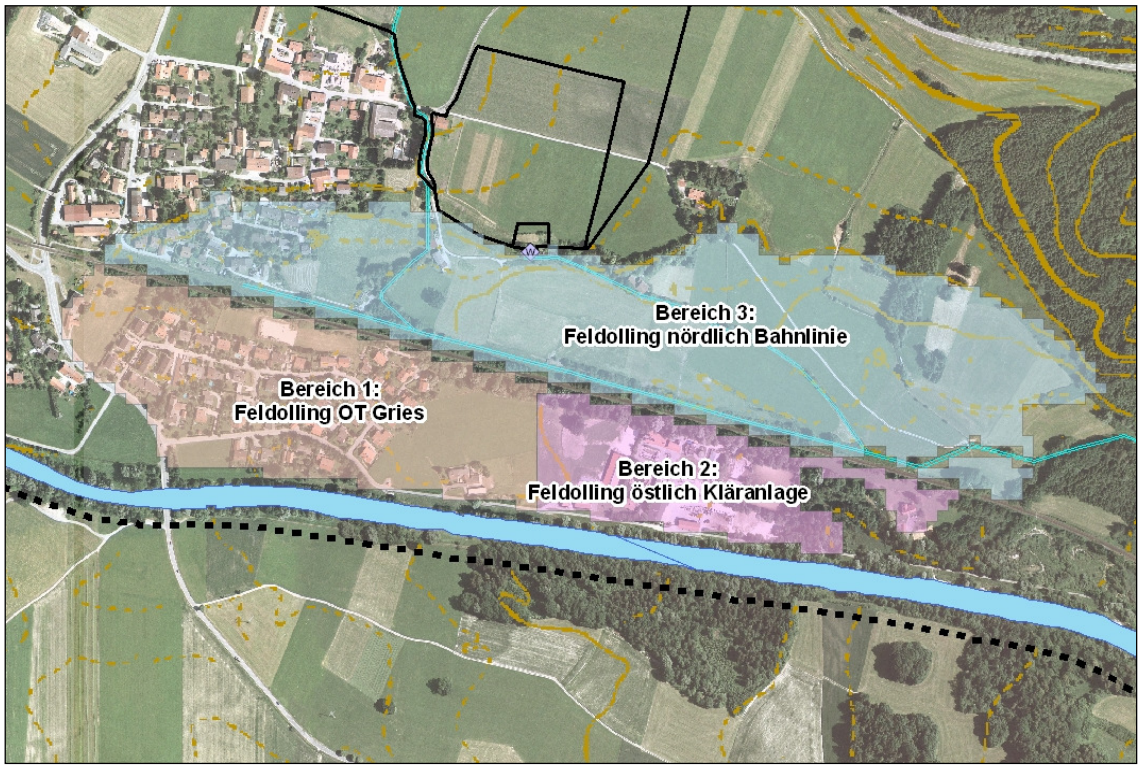

Abbildung 6: Teilgebiete mit Ermittlung der Aussickerungsmengen über Gelände

Der für den Bezugszustand BHQ ermittelte zeitliche Verlauf der Aussickerungsmengen in den 3 Teilgebieten ist aus Anlage A-2.5 zu ersehen. Für das Teilgebiet 1, welches den OT Gries umfasst, wird eine maximale Aussickerungsmenge von rd. 75 l/s ermittelt. In der Summe ergibt sich dort ein Austrittsvolumen von rd. 15.400 m³. Bezogen auf die betrachte Fläche von rd. 13,5 ha (abzüglich rd. 1,3 ha Gebäudeflächen) lässt sich hieraus eine mittlere Einstauhöhe von rd. 0,13 m ableiten.

Die höchsten Grundwasseraustritte werden mit bis zu rd. 180 l/s für das Teilgebiet 3 nördlich der Bahnlinie ermittelt. Im Teilgebiet 2, östlich der Kläranlage liegt der Maximalwert bei rd. 120 l/s. Das über die Gesamtdauer des BHQ ermittelte Austrittsvolumen und die hieraus ableitbare mittlere Einstauhöhe ist in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Bezugszustand - Austritte an der Geländeoberfläche [l/s]

BHQ Bezugszustand - Mittlere Parameter	Maximale Aussickerungsmenge in [l/s] rd.	Austrittsfläche rd. [ha]	Austrittsvolumen [m³]	Mittlere Einstauhöhe [m]
Feldolling - OT Gries	75	12,3	15.400	0,13
Feldolling - Bereich Kläranlage	120	4,4	53.900	1,24
Feldolling – Mangfallaue nördlich Bahnlinie	180	26,8	118.150	0,44

Die Grundwasseraustritte nördlich der Bahnlinie sind darauf zurückzuführen, dass das hangseitig zufließende Grundwasser infolge des Grundwasseranstiegs beim BHQ nicht mehr Richtung Feldkirchener Bach und Mangfall (natürliche Vorflut) abfließen kann. Hierdurch bedingt kommt es zu einem Rückstau im Grundwasser und in der Konsequenz zu einem Austritt über Gelände. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit den Beobachtungen beim Hochwasser im August 2002, das mit Starkniederschlägen verbunden war und bei dem nördlich der Bahnlinie Grundwasseraustritte an der Oberfläche zu beobachten waren, infolgedessen es bereichsweise zur Überflutung von Straßen kam.

Die auf die Fläche bezogen höchsten Grundwasseraustritte über Gelände sind für das Gebiet im Umfeld der Kläranlage Feldolling festzustellen. Ursächlich hierfür sind die bis nahe an die Kläranlage heranreichenden Überschwemmungsflächen (s. Anlage A-2.1).

Auswirkungen auf die Unterbecken der Leitzachwerke

Vom Betreiber Stadtwerke München (SWM) wird der tiefste Beckenwasserspiegel mit 526,0 mNN und der höchste Beckenwasserspiegel mit 530,5 mNN angegeben. Aus den berechneten maximalen Grundwasserständen in Anlage A-2.2 und den berechneten Grundwasserstandsganglinien in Anlage A-2.4 für 12 ausgewählte Grundwassermessstellen im Bereich des HRB und der Unterbecken (UWB1 bis UWB3) der Leitzachwerke ist ersichtlich, dass beim BHQ Bezugszustand die maximalen Grundwasserstände am UWB3 Werte von über 528 mNN aufweisen und somit überwiegend über dem o.a. tiefsten Betriebswasserspiegel im Becken (526,0 mNN) liegen. Das UWB3 kommt somit bei diesem Betriebswasserstand bereits beim BHQ Bezugszustand unter Auftrieb (Anlage A-2.4.4 bis Anlage A-2.4.6). Dies trifft auch auf den nördlichen Bereich des UWB2 zu (Anlage A-2.4.8). Am UWB1 und im südlichen Bereich des UWB 2 liegen die maximalen Grundwasserstände tiefer als der tiefste Betriebswasserspiegel im Becken (Anlagen A-2.4.7 und A-2.4.12).

4 Auswirkungen des HRB-Einsatzes ohne Anpassungsmaßnahmen

In einem ersten Schritt werden die Auswirkungen der geplanten Maßnahmen für den Planungszustand mit Einsatz des HRB untersucht. Den Berechnungen liegt die Parameterverteilung für mittlere Verhältnisse zugrunde. Im Vordergrund der Betrachtungen stehen die Auswirkungen auf folgende Bereiche und Nutzungen:

- Ortsteil OT Gries von Feldolling und OT Schwaig in der Gemeinde Feldkirchen-Westerham
- Unterbecken 1 bis 3 der Leitzachwerke (Pumpspeicherwerk)
- Trinkwassergewinnung des Marktes Bruckmühl bei Vagen

4.1 Auswirkungen auf die Ortsteile (OT) Gries und Schwaig

In Anlage A-3.1 sind die berechneten Grundwasserspiegeldifferenzen zwischen den für den BHQ Planungszustand und den BHQ Bezugszustand jeweils ermittelten maximalen Grundwasserständen dargestellt. Hieraus lässt sich erkennen:

- Im Bereich der Siedlung Schwaig werden im Planungszustand um bis zu ca. 1,5 m geringere maximale Grundwasserstände berechnet. Ursächlich hierfür ist das dort vorgesehene Zulaufgerinne, über welches das HRB befüllt werden soll. Diese Maßnahme beinhaltet u.a. eine Absenkung des bestehenden Geländes im Bereich des Zulaufgerinnes. Im BHQ Bezugszustand, mit derzeitigem Geländeverlauf, werden diese Flächen überflutet. Im BHQ Planungszustand liegt der Wasserspiegel im Zulaufgerinne tiefer als das derzeitige Gelände und somit auch tiefer als der Wasserspiegel im BHQ Bezugszustand. Dementsprechend ergeben sich im Planungszustand auch im Grundwasser geringere maximale Wasserstände als im BHQ Bezugszustand.
- In Feldolling werden östlich der Kläranlage, bei ca. Fl.km 24+000, Grundwasserstandserhöhungen bzw. Druckwasserstandserhöhungen gegenüber dem Bezugszustand von bis zu 0,75 m ermittelt. Durch den Einsatz des HRB kommt es im Planungszustand zu einer Erhöhung des Druckwasserspiegels im Grundwasser, der sich insbesondere östlich des OT Gries, Richtung Kläranlage - infolge der dort zunehmenden Mächtigkeit des Grundwasserleiters - unter der Mangfall hindurch nach Norden ausbreiten kann.
- Westlich der Kläranlage nehmen die Auswirkungen ab, im OT Gries werden Aufspiegelungen von weniger als 0,25 m ermittelt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass bei einem Anstieg des Druckwasserspiegels über Gelände, im Grundwassermodell zugelassen wird, dass Grundwasser austreten kann. Dies ist letztlich eine realitätsnahe Wahl der Randbedingungen.
- Auf Höhe der westlich der Vagener Straße gelegenen Bebauung von Feldolling (Straßen: An der Mangfall, Im Hofpoint) wird kleinräumig ein Anstieg des maximalen Druckwasserspiegels von < 0,25 m ermittelt. Da das Gelände dort höher liegt als der Druckwasserspiegel, erfolgt kein Austritt von Grundwasser über Gelände.

- Westlich von Feldolling, in Richtung OT Hammer von Feldkirchen-Westerham (bei ca. Fl.km 25+400), sind Absenkungen von rd. 0,25 m festzustellen. Dies ist auf die dort im Planungszustand entsprechend geringeren Wasserspiegellagen am Mühlbach zurückzuführen.
- Die Auswirkungen im Planungszustand nehmen auch in östlicher Richtung ab. Für den nördlich der Mangfall und unterstromig des Brucker Wehres gelegenen Bereich der Ausgleichsmaßnahmen im BA02 (Berghamer Leiten) wurden keine Auswirkungen ermittelt.

Die zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände im BHQ Planungszustand ist, zusammen mit den entsprechenden Ganglinien für den BHQ Bezugszustand, für 9 ausgewählte Grundwassermessstellen im OT Gries und im OT Schwaig aus Anlage A-3.2 zu ersehen. Bei der Beurteilung der Ganglinien ist zu berücksichtigen, dass für die Messtellen im OT Gries eine feinere Auflösung der y-Achse [mNN] gewählt wurde (2 m), um auch geringe Unterschiede zwischen den Berechnungsergebnissen der beiden betrachteten Zustände sichtbar zu machen (Anlagen A-3.2.2 bis A-3.2.8). Insgesamt bestätigen die Darstellungen die vorstehenden Aussagen.

Der im Planungszustand ohne Anpassungsmaßnahmen für den OT Gries ermittelte zeitliche Verlauf der Aussickerungsmengen von Grundwasser an der Geländeoberkante ist, zusammen mit dem entsprechenden Verlauf für den Bezugszustand, in Anlage A-3.4 dargestellt. Es wird im Planungszustand eine maximale Aussickerungsmenge von rd. 100 l/s ermittelt, in der Summe ergibt sich ein Austrittsvolumen von rd. 17.500 m³, bezogen auf die potenzielle Austrittsfläche lässt sich hieraus eine mittlere Einstauhöhe von rd. 0,14 m ableiten. Die entsprechenden Werte sind zusammen mit den Ergebnissen der anderen Bereiche, in denen die Geländeoberkante als Austrittsrandbedingung definiert wurde, in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Austrittsmengen an der Geländeoberfläche [l/s] - BHQ Planungszustand ohne Anpassungsmaßnahmen

BHQ Planungszustand ohne Anpassungsmaßnahmen - Mittlere Parameter	Maximale Aussickerungsmenge in [l/s] rd.	Austrittsfläche rd. [ha]	Austrittsvolumen beim BHQ [m³]	Mittlere Einstauhöhe [m]
Feldolling - OT Gries	100	12,3	17.500	0,14
Feldolling - Bereich Kläranlage	225	4,4	76.400	1,75
Feldolling – Mangfallaue nördlich Bahnline	265	26,8	144.150	0,54

Insgesamt ist festzustellen, dass sich Auswirkungen infolge der geplanten Maßnahmen (Planungszustand BHQ mit Einsatz HRB), insbesondere für das Umfeld der Kläranlage Feldolling und das östlich davon gelegene Gebiet ergeben, in dem auch Wohnbebauung (1 Anwesen) vorliegt. Im OT Gries ist nur von einem geringen zusätzlichen Anstieg des Grundwassers bzw. des Druckwasserspiegels und geringen zusätzlichen Grundwasseraustritten über Gelände auszugehen. Es ergeben sich somit für den OT Gries im BHQ Planungszustand selbst ohne Anpassungsmaßnahmen kaum nachteilige Auswirkungen. Um die Grundwasserstände nördlich der Mangfall auf dem Niveau des BHQ Bezugszustand zu halten bzw. diese zu unterschreiten sind Anpassungsmaßnahmen (z.B. Wasserfassungssystem, Dichtwände) erforderlich.

4.2 Auswirkungen auf die Unterbecken der Leitzachwerke (Stadtwerke München)

Bei Einsatz des HRB kommt es am östlichen Absperrdamm zu einem Befüllungswasserstand von mehr als 8,5 m über Gelände. Dies wirkt sich im Grundwasser auf Höhe des Absperrdammes in einer Zunahme der maximalen Grundwasserstände bzw. Druckwasserhöhe gegenüber dem Bezugszustand um bis rd. 6 m aus (Anlage A-3.1). Der Anstieg des Druckwasserspiegels im Grundwasser nimmt mit zunehmender Entfernung vom HRB nach Osten ab. Im Bereich des Unterbecken 3 (UWB3) liegt der Anstieg des Druckwasserspiegels bei ca. 1,5 m bis 5,5 m, beim Unterbecken 2 (UWB2) bei ca. 1 m bis 4 m und auf Höhe des Unterbecken 1 (UWB1) bei ca. 1,0 m bis 1,75 m.

In Anlage A-3.3 ist für 12 ausgewählte Grundwassermessstellen im Bereich des HRB und der Unterbecken der Leitzachwerke die zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände im BHQ Planungszustand (ohne Anpassungsmaßnahmen) und im BHQ Bezugszustand dargestellt, wodurch die beschriebenen Auswirkungen weiter veranschaulicht werden.

Im Planungszustand ist für das UWB3 mit maximalen Druckwasserspiegeln von bis zu ca. 534 mNN (Anlage 3.3.4) nicht nur eine Überschreitung des tiefsten Beckenwasserspiegels von 526 mNN, sondern auch eine Überschreitung des höchsten Beckenwasserspiegels von 530,5 mNN festzustellen. Somit ergibt sich bereits hieraus, dass zur Vermeidung nachteiliger Auswirkungen auf die Unterbecken der Leitzachwerke Anpassungsmaßnahmen erforderlich sind.

5 Auswahl, Bemessung und Wirkung von Anpassungsmaßnahmen

5.1 Bemessung der Sickerleitung im OT Gries

Um nachteilige Auswirkungen zu kompensieren ist, unter Berücksichtigung der Planungen zum HWS Feldkirchen-Westerham, BA02, eine Drainageleitung samt Ableitung entlang der im Hochwasserschutzdamm geplanten Innendichtung (landseitig) vorgesehen.

Vorgehensweise

Zur Ermittlung der erforderlichen Dimensionierung der Sickerleitung wurde, mit Hilfe des Grundwassermodells, der zu haltende Grundwasserstand und die hierbei anfallende Wassermenge ermittelt. Die Ermittlung erfolgte in einem iterativen Berechnungsprozess. Zielsetzung war, dass im OT Gries und in der Bebauung im Umfeld der Kläranlage Feldolling, im Planungszustand keine Verschlechterung der Grundwasserstände und der Austrittsmengen gegenüber dem BHQ Bezugszustand festzustellen ist.

Dimensionierung

Die im Rahmen der iterativen Untersuchung ermittelte Höhenlage der Sickerleitung für den OT Gries ist aus Anlage A - 4.2.3 zu entnehmen. Es wurde zudem festgestellt, dass zur Erreichung der angestrebten Begrenzung des Grundwasseranstiegs im Planungszustand, der Betriebsbeginn der Sickerleitung ab einem Mangfallabfluss von ca. 90 m³/s erfolgen muss. Da andererseits eine Ableitung von Sickerwasser bereits bei mittleren Abflüssen vermieden werden soll, wurde davon ausgegangen, dass im Einsatzfall des HRB die Drainage bis zu einem Abfluss von HQ1 = 88 m³/s durch einen Schieber abgesperrt bleibt. Ab einem Abfluss HQ1 wird die Drainage aktiviert, bezogen auf die Abflusskurve des BHQ (Abbildung 3) entspricht dies einem Zeitfenster von Stunde 53 bis Stunde 194 und somit einer Gesamtöffnungsdauer der Drainage von rd. 6 Tagen.

Wirkung bei „worst case“ - Modellparametern

Im Hinblick auf eine auf der sicheren Seite liegenden Bemessung der Sickerleitung für den OT Gries wurden die Berechnungen für den Planungszustand mit Anpassungsmaßnahme auf Grundlage der „worst case“ - Parameterverteilung gemäß Anlage A - 1.4 berechnet.

In Anlage A - 4.1.1 sind die unter Berücksichtigung der Sickerleitung für die „worst case“ - Parameterverteilung berechneten Grundwasserspiegeldifferenzen zwischen dem Planungszustand mit Anpassungsmaßnahmen und dem Bezugszustand dargestellt. Hieraus lässt sich entnehmen:

- Im OT Gries sind generell geringere maximale Grundwasserstände als im Bezugszustand zu verzeichnen. Im Nahbereich der eingerechneten Drainage ergibt sich eine Reduzierung des maximalen Grundwasserspiegels von bis zu 0,5 m.

- Westlich von Feldolling, auf Höhe des Ortes Hammer bei Fl.km 25+400, sind kleinräumig Absenkungen von rd. 0,25 m festzustellen, die jedoch nicht auf die Anpassungsmaßnahmen, sondern auf einen im Planungszustand geringeren Wasserstand im Mühlbach zurückzuführen sind.
- Für den Bereich der Ausgleichsmaßnahmen im Zuge HWS Markt Bruckmühl, Bauabschnitt 01 (BA01), mit der Anlegung eines dauerhaft bespannten Gewässers unterstromig des Brucker Wehres bei Fl.km 21+100 bis 22+600 (Berghamer Leiten), wird ein Rückgang des maximalen Grundwasserspiegels von weniger als 0,25 m ermittelt. Aufgrund der betrachteten Hochwassersituation mit oberflächiger Überflutung der Rinnenstrukturen ist dies jedoch unerheblich.
- Die sonstigen Auswirkungen innerhalb des HRB und im Bereich Schwaig (Grundwasserspiegelabsenkungen) entsprechen weitgehend denen im Planungszustand ohne Anpassungsmaßnahmen.

Die zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände bei BHQ im Planungszustand mit Anpassungsmaßnahmen bei „worst case“ - Parameterverteilung ist, zusammen mit dem entsprechenden Verlauf bei BHQ im Bezugszustand (ebenfalls „worst case“ – Parameterverteilung) , für 9 ausgewählte Grundwassermessstellen im OT Gries in Anlage A - 4.1.2 gegenübergestellt. Die maximalen Grundwasserstände des Bezugszustandes werden flächendeckend unterschritten.

Die zeitliche Entwicklung der Aussickerungsmengen in der Mangfallaue bei Feldolling beim Ansatz „worst case“ - Parameterverteilung ist für den BHQ Planungszustand mit Anpassungsmaßnahmen, zusammen mit dem entsprechenden Verlauf für den BHQ Bezugszustand, ebenfalls mit „worst case“ - Parameterverteilung, in Anlage A - 4.1.4 dargestellt. Die für den BHQ Bezugszustand ermittelten Aussickerungsmengen werden im BHQ Planungszustand deutlich unterschritten, dies gilt insbesondere für das Teilgebiet 1 (OT Gries). Die umgerechnete mittlere Einstauhöhe liegt bei 5 cm, im zugehörigen BHQ Bezugszustand wurde eine mittlere Einstauhöhe von 22 cm ermittelt.

Die maximalen Aussickerungsmengen in den 3 betrachteten Teilgebieten sind zusammen mit den abgeleiteten mittleren Einstautiefen in Tabelle 3 gegenüber gestellt. Die Werte des BHQ Bezugszustandes mit „worst case“ - Parameterverteilung sind jeweils rot in Klammern beigefügt. Die Werte für den BHQ Bezugszustand werden im BHQ Planungszustand mit Anpassungsmaßnahmen überall deutlich unterschritten.

Tabelle 3: Austrittsmengen an der Geländeoberfläche [l/s] - BHQ Planungszustand mit Anpassungsmaßnahmen – „worst case“ - Parameterverteilung[1]

BHQ Planungszustand mit Anpassungsmaßnahmen „worst case“ - Parameterverteilung	Maximale Aussickerungsmenge in [l/s] rd.	Austrittsfläche rd. [ha]	Austrittsvolumen [m³]	Mittlere Einstauhöhe [m]
Feldolling - OT Gries	35 (125)	12,3	6.450 (27.000)	0,05 (0,22)
Feldolling - Bereich Kläranlage	65 (150)	4,4	22.500 (67.000)	0,51 (1,53)
Feldolling – Mangfallaue nördlich Bahnlinie	160 (270)	26,8	99.000 (268.000)	0,37 (0,67)

Die maximale Aussickerungsmenge in die geplante Sickerleitung für den OT Gries wurde zu ca. **3 m³/s** ermittelt. Der zeitliche Verlauf der Aussickerungsmengen ist aus Anlage A - 4.2.1 zu ersehen.

Als Grundlage für die Dimensionierung der Sickerleitung und der Ableitung sind in Tabelle 4 die im Modell abschnittsweise ermittelten Sickerwassermengen zusammengestellt.

Tabelle 4: Abschnittsweise anfallende Sickerwassermengen

Drainage-abschnitt	**Angesetzter Wasserspiegel im Rohr [mNN]**	**Maximale berechnete Aussickerungsmenge [m³/s]**	**Abschnittlänge [m] ca.**	**maximale Ausickerung [l/s / lfm]**
Beginn	532,19			
1	531,01	0,2	184	1,1
2	530,84	0,1	86	1,2
3	530,15	0,2	173	1,2
4	529,46	0,3	316	0,9
5	527,42	1,2	210	5,7
6	527,06	1,0	80	12,5
SUMME		3,0	1.049	

Die Lage der Abschnitte ist aus Anlage A - 4.2.2 ersichtlich, die den Berechnungen zugrunde liegende Höhenlage des Wasserspiegels in der Sickerleitung ist in Anlage A - 4.2.3 darge-

[1] Die Werte des BHQ Bezugszustandes mit „worst case“ - Parameterverteilung sind jeweils rot in Klammern beigefügt.

stellt. Das in der Sickerleitung anfallende Sickerwasser wird über ein Ableitungsrohr in freiem Gefälle einem Vorfluter zugeführt. Die Einleitungsstelle wird im Rahmen der technischen Planung festgelegt, eine mögliche Einleitungsstelle ist im Triftfbach-Kanal.

5.2 Bemessung von Dichtwänden für die Unterbecken der Leitzachwerke

Zielsetzung einer Konzeption von Anpassungsmaßnahmen für die Unterbecken der Leitzachwerke (SWM) ist, dass es im Planungszustand (mit Einsatz des HRB) zu keinen nachteiligen Veränderungen gegenüber dem Bezugszustand (Betrachtung des BHQ) kommt. Dies wird durch die Absperrung des Grundwasserleiters auf Höhe des östlichen Absperrdamms des HRB mittels einer Dichtwand erzielt. Die Gesamtlänge der geplanten Dichtwand umfasst rd. 1.106 m.

Wirkung bei „worst case“ –Modellparametern

Im Hinblick auf eine auf der sicheren Seite liegende Bemessung des Drainagesystems für die Unterbecken, wurden die Berechnungen für den Planungszustand mit Anpassungsmaßnahmen auf Grundlage der „worst case“ - Parameter gemäß Anlage A - 1.4 durchgeführt.

In Anlage A - 4.1.1 sind die unter Berücksichtigung der „worst case“ - Parameterverteilung berechneten Grundwasserspiegeldifferenzen zwischen den maximalen Grundwasserständen im BHQ im Planungszustand mit Anpassungsmaßnahmen und den maximalen Grundwasserständen im BHQ im Bezugszustand dargestellt. Unmittelbar hinter der Dichtwand werden im Planungszustand mit Anpassungsmaßnahmen um bis zu ca. 5,5 m geringere maximale Grundwasserstände ermittelt.

Die maximalen Grundwasserstände bzw. Druckhöhen an den Unterbecken UWB1 bis UWB3 sind flächendeckend geringer als im Bezugszustand. Dies bestätigen auch die Auswertungen der berechneten Grundwasserstände an ausgewählten Grundwassermessstellen und Referenzpunkten in Anlage A - 4.1.3.

5.3 Bemessung Dichtwand westlich der Straßenbrücke über die Mangfall

Zur Vermeidung nachteiliger Auswirkungen auf die Bebauung von Feldolling, westlich der Vagener Straße, wird südlich der Mangfall in den Trenndeich eine vollkommene Innendichtung eingebracht, die bis in den Grundwasserstauer einbindet. Die vollkommene Innendichtung erstreckt sich über 425 m von Mangfall Fl.km 25+200 bis Fl.km 24+775 (s. Anlage A-4.4).

5.4 Dauerhafte Auswirkungen der Anpassungsmaßnahmen

Die Anpassungsmaßnahmen greifen unterschiedlich in den Grundwasserhaushalt ein. Die Sickerleitung im BA02 für den OT Gries darf erst ab einem Mangfallabfluss Q >= HQ_1 in Betrieb genommen werden (s. Kapitel 5.1), bei mittleren hydrologischen Verhältnissen ist die Sickerleitung nicht wirksam.

Demgegenüber stellen die Dichtwand im östlichen Absperrdamm HRB (Anlage A - 4.3.1) und die westliche vollkommene Innendichtung (Anlage A-4.4) einen permanenten Eingriff in den Grundwasserleiter dar. Die nach Errichtung des HRB mit Anpassungsmaßnahmen dauerhaften Auswirkungen wurden im Rahmen stationärer Berechnungen für mittlere hydrologische Verhältnisse ermittelt. Bei den stationären Berechnungen wurden Parametervariationen für eine mittlere Parameterverteilung entsprechend den Randbedingungen in Anlage A - 1.4 durchgeführt.

Auswirkung bei mittleren Modellparametern

Die berechneten Grundwasserspiegeldifferenzen zwischen Planungs- und Bezugszustand sind aus Anlage A - 5.1 ersichtlich. Wesentliche Feststellungen hieraus sind:

- nordwestlich der Dichtwand entstehen Grundwasseraufspiegelungen. Diese erreichen im Nahbereich der Dichtwand Werte bis zu 1,5 m, in einer Entfernung von bis zu ca. 500 m von der Dichtwand werden Aufspiegelungen von 0,25 m ermittelt. Die Linie mit einer berechneten Aufspiegelung von 0,1 m erstreckt sich in einer Entfernung von bis zu ca. 200 m nordwestlich der Dichtwand.
- Südöstlich der Dichtwand, im Bereich der Unterbecken der Leitzachwerke, ergeben sich Grundwasserspiegelabsenkungen von bis zu ca. 4 m.
- Die Absenkungen erstrecken sich bereichsweise auch unter der Mangfall hindurch in das Gebiet der Berghamer Leiten. Für den dort unterstrom des Brucker Wehres gelegenen Bereich der Ausgleichsmaßnahmen im Zuge HWS Markt Bruckmühl, BA01, Berghamer Leiten (siehe Anlage A - 1.1), werden Absenkungen von kleiner als 0,25 m berechnet.
- Für den offenen Graben an der Restentleerung des UWB3 wird eine Aussickerungsmenge von rd. 20 l/s ermittelt. Im Bezugszustand erfolgt dort keine Aussickerung von Grundwasser.
- Südlich der Mangfall, bis zur Kreisstraße RO 13, liegen im Bezugszustand überwiegend Flurabstände von 1,5 m bis 3,0 m vor. In Geländesenken können auch geringere Werte auftreten. Im Planungszustand liegen dort ähnliche Flurabstände vor.

Die dauerhaften Absenkungen südlich der RO13 und östlich des geplanten HRB liegen überwiegend in Flächen mit bereits derzeit großen Flurabständen (> 4 m). Die dauerhaften Absenkungen im Bereich der UWB könnten ggf. zu Setzungen führen. Die Setzungen wurden vom

LfU mit wenigen Zentimetern abgeschätzt, wobei ein nicht konsolidierter Untergrund angesetzt wurde (siehe Entwurfsteil 8.3 Setzungsberechnung).

An der Ausgleichsmaßnahmen (Reaktivierung/Auskofferung Altarm) zum HWS Markt Bruckmühl, BA01, Berghamer Leiten, liegen im Bezugszustand überwiegend Flurabstände von mehr als 2 m vor, bereichsweise auch von 1 m bis 2 m. Die berechneten dauerhaften Absenkungen betragen weniger als 0,25 m. Die ständige Bespannung des Altarms wirkt dieser berechneten Absenkung entgegen.

6 Auswirkungen der geplanten Maßnahmen auf die Brunnen des Marktes Bruckmühl bei Vagen

Der Markt Bruckmühl betreibt bei Vagen zwei Brunnen zur öffentlichen Trinkwasserversorgung. Durch die geplante Verlagerung der Förderung aus den Brunnen auf eine Neuerschließung auf Höhe des OT Götting des Marktes Bruckmühl, ist die künftige Trinkwasserversorgung des Marktes Bruckmühl gesichert.

Es ist eine Weiternutzung durch den Markt Bruckmühl mit künftig reduziertem Umfang vorgesehen. Im Folgenden wird das Gefährdungspotenzial durch den Bau und Einsatz des HRB für die Wasserversorgung für den Brunnen Vagen dargestellt. Als Vergleichszustand wurden zunächst die unter derzeitigen mittleren Verhältnissen (Ist-Zustand) maßgebenden Zustromverhältnisse und das zugehörige Einzugsgebiet ermittelt.

6.1 Einzugsgebiet der Brunnen im Ist-Zustand

Die Untersuchungen zum Einzugsgebiet der beiden Brunnen für den Ist-Zustand erfolgten für mittlere hydrologische Verhältnisse und eine mittlere Parameterverteilung gemäß Anlage A - 1.4. Die Entnahme aus den Brunnen Vagen des Marktes Bruckmühl wird entsprechend Ziff. 2.2 mit 51 l/s angesetzt.

Die Grundwasserströmung südlich der Mangfall ist aus Anlage A-6.1 ersichtlich. Dargestellt sind die berechneten Bahnlinien (Fließwege) von Wasserteilchen, deren Fließweg südlich der Mangfall, zwischen Fl.km 24+700 und Fl.km 23+200 beginnt. Die Wasserteilchen wurden äquidistant, im Abstand von 25 m angesetzt. Bei der Beurteilung ist zu beachten, dass zwischen den verschiedenen Bahnlinien (Stromröhren), auch bei gleichem Abstand der Bahnlinien, also gleicher Breite der Stromröhre, nicht die gleichen Grundwassermengen fließen! In den Haupttendenzen ist für das Gebiet westlich der Unterbecken eine dominierende Grundwasserfließrichtung von Nordwesten nach Südwesten zu erkennen. Im Bereich der Unterbecken erfährt die Fließrichtung dann eine Drehung in östliche Richtung, die sie im weiteren Verlauf beibehält.

Die westlich von ca. Fl.km 23+800 beginnenden Bahnlinien folgen zunächst der großräumigen Orientierung der Grundwasserfließrichtung nach Südosten. Mit beginnender Aufweitung des Mangfalltales erfahren sie eine Umlenkung in südliche Richtung, auf Höhe der Unterbecken folgen sie dann wieder der großräumig nach Osten orientierten Fließrichtung. Dies ist einerseits auf die im südwestlichen Bereich partiell trocken fallenden Bereiche und andererseits auf den Übergang aus dem westlichen, geringmächtigen GWL (Tiefenbereich II) in den mächtigeren, östlichen GWL (Tiefenbereiche II und III) zurückzuführen. Östlich von Fl.km 23+800 folgen die Bahnlinien der großräumig nach Südosten orientierten Grundwasserfließrichtung.

Das Einzugsgebiet der beiden Brunnen des Marktes Bruckmühl bei Vagen ist in Anlage A-6.1 gesondert gekennzeichnet. Es erstreckt sich von der Mangfall, entsprechend der großräumigen Strömungsrichtung zunächst nach Südosten und verläuft dabei über Teilbereiche der Unterbecken 2 und 3 hinweg. Im Bereich der Unterbecken und damit im Übergang aus dem einschichtigen Grundwasserleiter (Tiefenbereich II) zum mehrschichtigen Grundwasserleitersystem (Tiefenbereich II / Tiefenbereich III) weitet sich der Zustrombereich auf. Mit dem Übergang in den integrierten Grundwasserleiter (Tiefenbereich II + Tiefenbereich III), östlich der Unterbecken, mit größeren Aquifermächtigkeiten, bündelt sich der Zustrombereich wieder.

Gemäß den vorliegenden Untersuchungen erfolgt der Zustrom zu den Brunnen des Marktes Bruckmühl bevorzugt aus dem Mangfallabschnitt zwischen Fl.km 23+800 und Fl.km 23+600. Für den Brunnen 2 des Marktes Bruckmühl ergeben sich aus den vorliegenden Untersuchungen [3] Hinweise auf einen Zustrom an Uferfiltrat von der Mangfall. Der genaue Infiltrationsbereich des Uferfiltratzustromes zum Brunnen 2 konnte nicht ermittelt werden. Ein direkter Zustrom von der Mangfall, auf dem kürzesten Weg von der Mangfall zum Brunnen 2 (Bereich der Messstelle R35 beim Unterbecken 2), kann jedoch ausgeschlossen werden, der Infiltrationsbereich ist westlich der Messstelle R35 zu vermuten.

Für die Abschätzung der Auswirkungen des HRB auf die Brunnen liegt der im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen ermittelte vollständige Zustrom von Westen (Bereich HRB) auf der sicheren Seite der Betrachtung, da einer der beiden Brunnen seine Anströmung mit hoher Wahrscheinlichkeit aus diesem Bereich erhält.

6.2 Auswirkungen von Bau und Einsatz des HRB auf die Gewinnung des Marktes Bruckmühl

Teile des geplanten HRB Feldolling liegen im Einzugsgebiet der Brunnen des Marktes Bruckmühl. Hierdurch bedingt besteht während der Bauzeit am HRB ein erhöhtes Gefährdungspotenzial durch Eingriffe an der Erdoberfläche (Verletzung Deckschicht). Zur Minimierung des Risikos sind zum einen Maßnahmen zur Vermeidung des Eintrags vorzusehen, zum anderen müssen während der relevanten Bauzeit entsprechende Schutzvorkehrungen zur Vermeidung nachteiliger Auswirkungen auf die Grundwasserqualität getroffen werden, entsprechendes gilt für den Einsatz des HRB.

6.2.1 Auswirkungen infolge Bau des HRB

Die nach Errichtung des HRB und Realisierung der zugehörigen Anpassungsmaßnahmen dauerhaften Auswirkungen wurden im Rahmen stationärer Berechnungen für mittlere hydrologische Verhältnisse ermittelt. Erfasst werden hierbei nur die Auswirkungen infolge der baulichen Eingriffe (westliche vollkommene Innendichtung, Dichtwand im östlichen Absperrdamm

HRB). Betriebliche Auswirkungen der Sickerleitung OT Gries werden nicht erfasst, da diese nur bei Einsatz des HRB, nicht aber bei mittleren hydrologischen Verhältnissen wirksam sind.

Die dauerhaften Auwirkungen der Anpassungsmaßnahmen wurden unter Ziff. 5.4 beschrieben. Die berechneten Grundwasserspiegeldifferenzen zwischen Planungs- und Bezugszustand sind aus Anlage A - 5.1 ersichtlich. Die für langzeitig mittlere Verhältnisse ermittelte Grundwasserströmung im Planungszustand ist aus Anlage A-6.2 (Tiefenbereich II) und Anlage A-6.3 (Tiefenbereich II + III) ersichtlich. Insgesamt ergeben sich hieraus für die Gewinnung des Marktes Bruckmühl bei Vagen folgende Feststellungen:

- Der Zustrom zu den beiden Brunnen des Marktes Bruckmühl bei Vagen erfolgt weiterhin von der Mangfall in südlicher bis südöstlicher Richtung, über Teilbereiche der Unterwasserbecken 2 und 3 hinweg, zur TW-Gewinnung des Marktes Bruckmühl. Im Nahbereich der Mangfall und östlich der UWB stimmen der Zustrombereiche zu den Brunnen Vagen weitgehend mit denen im Ist-Zustand überein.
- Durch die geplante Dichtwand erfolgt abschnittsweise eine Umlenkung des Brunnenzustromes entlang der Dichtwand nach Süden. Am südlichen Ende der Dichtwand verschwenkt der Brunnenzustrombereich wieder nach Osten und folgt der großräumigen Grundwasserströmung.
- Nördlich des UWB 3 führt der Aufstau des Grundwassers vor der Dichtwand (siehe Anlage A - 5.1) zu einer teilweisen Umlenkung der Grundwasserströmung nach Nordosten, Richtung Mangfall.
- Die Absenkung des Grundwasserspiegels, hinter der Dichtwand, auf der Beckenseite, wirkt sich bis in den Bereich der Brunnen Vagen aus und führt dort zu einem um ca. 0,3 m – 0,4 m geringeren Grundwasserstand am Standort der Brunnen.

6.2.2 Einsatz des HRB

Bei einem BHQ erfolgt bereits derzeit ein Eintrag aus Oberflächenwasser in das Einzugsgebiet der Brunnen des Marktes Bruckmühl bei Vagen (s.a. Ziff. 6.2.3). Bei Einsatz des HRB erhöhen sich, aufgrund des höheren Einstaus auf der überfluteten Fläche, die Infiltrationsmengen aus den überfluteten Flächen in den Grundwasserleiter und damit auch in den Zustrom zu den beiden Brunnen.

Während Bau und Einsatz des HRB ist eine qualitative Überwachung des Grundwassers an ausgewählten Grundwassermessstellen und an den beiden Brunnen bei Vagen vorgesehen um auf eventuell auftretende Gefährdungen reagieren zu können (siehe Anlage A-8.1 bis Anlage A-8.3). Durch die Verlagerung der Förderung aus den Brunnen Vagen auf die Neuerschließung bei Götting ist die erforderliche Abschaltung der Brunnen Vagen im Einsatzfall des HRB möglich und damit die Trinkwasserversorgung des Marktes Bruckmühl gesichert.

6.2.3 Aktualisierte Gefährdungsabschätzung

Die nachfolgenden Bewertungen erfolgten unter Einbeziehung der entsprechenden Ausführungen in der Gefährdungsabschätzung von BGU aus dem Jahr 2006 für die beiden Brunnen des Marktes Bruckmühl bei Vagen [3]. Im Rahmen der vorliegenden Gefährdungsabschätzung wurden die derzeit bestehenden Wasserschutzzonen der TW-Gewinnung des Marktes Bruckmühl zugrunde gelegt sowie die im Zuge der Untersuchungen mit dem Grundwassermodell gewonnen Erkenntnisse zum Zustrombereich berücksichtigt.

In einem ersten Schritt wird auf die Schutzwirkung der Deckschichten innerhalb des geplanten HRB und den angrenzenden Überschwemmungsflächen eingegangen (Ziff. 6.2.3.1). Im zweiten Schritt werden die, im Hinblick auf einen möglichen Schadstoffeintrag aus den Oberflächengewässern in das Grundwasser, im Untersuchungsgebiet bestehenden Gefährdungspotenziale betrachtet (Ziff. 6.2.3.2). Hiervon ausgehend werden die potenziellen Gefährdungen für die Trinkwassergewinnung (TW) des Marktes Bruckmühl bei Vagen für den Bauzustand (Ziff. 6.2.3.3), bei langzeitig mittleren Verhältnissen (Ziff. 6.2.3.4) und bei Hochwasserereignissen (Ziff. 6.2.3.5) bewertet. Im Vordergrund der Betrachtungen steht die Veränderung möglicher Gefährdungspotenziale für die TW-Gewinnung des Marktes Bruckmühl bei Vagen durch die geplanten Maßnahmen, diese werden abschließend unter Ziff. 6.2.3.6 zusammengefasst.

6.2.3.1 Schutzwirkung der Deckschichten

Im Allgemeinen ist das Grundwasser durch die Bodenüberdeckung gegen den Eintrag unerwünschter Stoffe gut geschützt. Mit seinen Filter- und Abbauprozessen schützt ein biologisch intakter Boden das Grundwasser vor Verunreinigungen. Im Hochwasserfall kommt den Deckschichten im Überschwemmungsgebiet eine Schutzfunktion gegenüber dem aus den überfluteten Flächen zusickernden Oberflächenwasser zu.

Allerdings liegen im Bereich des geplanten HRB überwiegend nur geringe Deckschichtmächtigkeiten von weniger als 1 m vor (siehe HGM in [1]). Die Deckschichten werden im Wesentlichen aus einer wenigen Dezimeter mächtigen Humusauflage und den darunter liegenden Auelehmen aufgebaut. Hinsichtlich der Zusammensetzung der Auelehme lassen sich sandige Auelehme und schluffigtonige Auelehme unterscheiden. Bereichsweise liegen durch anthropogene Einflüsse (Kiesentnahme, Auffüllungen) gestörte Deckschichten vor.

Im Rahmen der Entwicklung des hydrogeologischen Modells (HGM) wurde auf Grundlage der von 108 Aufschlüssen (Bohrungen, Schürfe) und zusätzlichen bodenkundlichen Informationen eine räumliche Verteilung der vertikalen Durchlässigkeit der Deckschichten abgeleitet. Insgesamt ist festzustellen dass die Schutzfunktion der Deckschichten innerhalb des geplanten HRB bereichsweise als gering anzusehen ist. Vor diesem Hintergrund ist auch nur von einem geringen Rückhalt von Wasserinhaltsstoffen in den Deckschichten auszugehen.

Zudem liegen im Ausdehnungsbereich des geplanten HRB überwiegend geringe Aquifermächtigkeiten vor, bereits bei mittleren hydrologischen Verhältnissen sind geringe Flurabstände zu verzeichnen (rd. 1 m bis 2,5 m im mangfallnahen Bereich und am westlichen Rand des Unterbecken 3, zum südlichen Talrand hin zunehmend auf über 3 m). Dementsprechend kommt es bei Hochwasserereignissen schnell zu einer vollständigen Sättigung des Untergrundes im Bereich des HRB. Hinsichtlich der Grundwasserschutzfunktion des Bodens liegen somit im Bereich des geplanten HRB und der angrenzenden Überschwemmungsflächen sensible Verhältnisse vor.

6.2.3.2 Gefährdungspotenziale

- **Mikrobiologische Verunreinigungen im Oberflächenwasser**

Bei vom seinerzeitigen Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft, jetzt LfU, am 06.05.1996 durchgeführten mikrobiologischen Untersuchungen im Zustrom zu den Brunnen des Marktes Bruckmühl wurde eine ausreichende biologische Reinigungswirkung des Untergrundes ermittelt [4].

Bei Hochwasserereignissen und damit einhergehenden Starkniederschlägen ist generell von einer erhöhten mikrobiellen Belastung der Oberflächengewässer durch Einleitung ungeklärter Abwässer (Notüberläufe von Kanälen, Kläranlagen, Überlaufbecken) und durch Eintrag aus dem Überschwemmungsgebiet, auszugehen (Bodenabtrag, Tierkadaver, etc.). Hierdurch können humanpathogene Keime in die Überschwemmungsgebiete südlich der Mangfall bzw. den Einstaubereich des geplanten HRB und von dort über vertikale Zusickerung in den Grundwasserleiter und damit möglicherweise auch in den Zustrom zu den beiden Brunnen des Marktes Bruckmühl gelangen.

- **Direkter Schadstoffeintrag mit dem Oberflächenwasser**

Bei Hochwasser besteht die Möglichkeit eines Eintrages wassergefährdender Stoffe aus dem Überschwemmungsgebiet in das Oberflächengewässer. Hierbei sind insbesondere zu nennen:

- Heizöle und Betriebsstoffe aus auslaufenden oder aufschwimmenden Öltanks und Kraftfahrzeugen
- Chemikalien und Düngemittel aus offenen und geschlossenen Lagern und Tanks
- Nährstoffe (Z.B. Nitrat, Phosphat) aus überlaufenden Abwasseranlagen oder aus der Abschwemmung von landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen

Auf Anfrage des WWA Rosenheim wurde 2006 durch das Landratsamt (LRA) Miesbach eine Erhebung von Anlagen mit wassergefährdenden Stoffen im Einzugsgebiet des HRB Feldolling durchgeführt. In diesem Zusammenhang erfolgte auch eine Abschätzung der bei einem Katastrophenhochwasser maximal zu erwartenden Zuflüsse an wassergefährdenden Stoffen. Die entsprechenden Daten und Informationen wurden vom LRA Miesbach (E-Mail vom 02.02.2006) zur Verfügung gestellt.

Demzufolge überwiegen die nachfolgend aufgeführten wassergefährdende Stoffe (Tabelle 5) mit den entsprechend geschätzten Mengen.

Tabelle 5: Zusammenstellung wassergefährdender Stoffe im Einzugsgebiet des HRB Feldolling

Wassergefährdender Stoff	Gewässer	Menge ca. [m³]
Heizöl aus privaten Tanks	Mangfall	120
	Leitzach	200
	Schlierach	500
Farben, Säure, Laugen	Mangfall	20
Holzimprägniermittel	Mangfall	20
Öle, Fette, Schmiermittel,	Mangfall	13
Flusssäure	Leitzach	unbekannt
Fällungsmittel aus Kläranlagen	Mangfall	20

Insgesamt ergibt sich im Einzugsgebiet des HRB Feldolling bei einem Katastrophenhochwasser somit ein potenzieller maximaler Eintrag von rd. 900 m³ an wassergefährdenden Stoffen. Hierbei wurden weitere 200 m³ aus einer Lackfabrik am Schliersee nicht berücksichtigt, da bei einem eventuellen Austritt eine Pufferung am See und ggf. ein Abfangen der Schadstoffe durch Sperren erfolgen kann.

Eine konkrete Gefährdungsabschätzung für die Brunnen des Marktes Bruckmühl ist anhand dieser Daten nicht möglich, da auch Angaben zur Lagerung bzw. Hochwassergefährdung fehlen. Die VAwS – Anlagenverordnung (Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe) vom Januar 2006 regelt den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen. Dies beinhaltet sowohl Anlagen mit Umschlag wassergefährdender Stoffe, als auch Anlagen zum Lagern und Abfüllen von Jauche, Gülle und Silagesickersäften. Diese Anlagen müssen so beschaffen und so eingebaut, aufgestellt, unterhalten und betrieben werden, dass der bestmögliche Schutz der Gewässer vor Verunreinigung oder sonstiger nachteiliger Veränderung ihrer Eigenschaften erreicht wird. In §9 der Verordnung sind Auflagen für Schutzgebiete und Überschwemmungsgebiete formuliert. Im Hinblick auf Überschwemmungsgebiete wird dort in Absatz (4) Bezug auf Anlagen nach § 19g (Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) Abs. 1 und 2 WHG genommen. In der am 01.03.2010 in Kraft getretenen Fassung des WHG werden die Anforderungen an den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen in §§ 62,63 beschrieben.

Entsprechende Anlagen dürfen in Überschwemmungsgebieten nur aufgestellt, errichtet oder betrieben werden, wenn

1. sie so aufgestellt sind, dass sie vom Hochwasser nicht erreicht werden können oder
2. Anlagen und Anlagenteile so gesichert sind, dass sie bei Hochwasser nicht aufschwimmen oder ihre Lage verändern; sie müssen mindestens eine 1,3 fache Sicherheit gegen Auftrieb der leeren Anlage oder des leeren Anlagenteils haben und
3. Anlagen und Anlagenteile so aufgestellt sind, dass bei Hochwasser kein Wasser in Entlüftungs-, Befüll- oder sonstige Öffnungen eindringen kann und eine mechanische Beschädigung z.B. durch Treibgut oder Eisstau ausgeschlossen ist.

Bei Einhaltung der vorstehenden Verordnung ist von einer geringen Gefährdung im Hochwasserfall auszugehen. Die mögliche Gefährdung durch dennoch auftretende Schadensfälle kann nicht beurteilt werden. Hinsichtlich der im Einzugsgebiet des HRB ermittelten wassergefährdenden Stoffe kann jedoch grundsätzlich festgestellt werden:

- Heizöl-Verunreinigungen schwimmen aufgrund ihrer geringeren Dichte auf der Wasseroberfläche und werden dementsprechend mit der ablaufenden Welle wieder weitgehend aus den überfluteten Flächen bzw. dem HRB ausgetragen. In abflusslosen Senken kann jedoch mit Öl belastetes Wasser verbleiben. Das Restwasser verdunstet oder versickert in den Untergrund. An der Oberfläche erfolgen eine Zersetzung und ein Abbau der Heizölbestandteile (z.B. Ausgasung). Aufgrund des Absorptionsvermögens der Böden und des mikrobiellen Abbaus im Boden durch ubiquitär verbreitete Kohlenwasserstoff abbauende Mikroorganismen dringt das Öl nur wenige Zentimeter in den Boden ein und wird in wenigen Monaten abgebaut, so dass eine Grundwasserbeeinträchtigung aus dem HRB durch Heizöle praktisch ausgeschlossen werden kann.
- Austretende Säuren und Laugen werden beim Auslaufen in das Oberflächenwasser aufgrund des Verdünnungseffektes vermutlich relativ rasch neutralisiert.
- Sonstige wassergefährdende Inhaltsstoffe können je nach vorliegender Konzentration eine Gefährdung darstellen. Für organische Halogenverbindungen (LHKW), wie z.B. Tetrachlorethen und Trichlorethen, die in Entfettungs-, Lösungs- und Reinigungsmitteln enthalten sind, ist in der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) für die Summe beider Stoffe ein Grenzwert von 0,01 mg/l angegeben. Für Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte liegt der Grenzwert bei 0,0001 mg/l. Bei einem Eintrag von Schadstoffbelastetem Oberflächenwasser aus den überfluteten Flächen bzw. dem HRB in den Zustrom zu den Brunnen des Marktes Bruckmühl ist eine Gefährdung nicht auszuschließen. Bei intakten Deckschichten reduziert sich die Gefährdung, da durch die Adsorption der Schadstoffe an die organische Substanz und Tonmineralien der Böden und Auelehme ein geringerer Eintrag erfolgt.

Im Hinblick auf den direkten Eintrag aus dem Oberflächenwasser besteht somit am ehesten eine potenzielle Gefährdung durch im Mangfallwasser gelöste wassergefährdende Inhaltsstoffe. In Anbetracht der Vorgaben der VAwS – Anlagenverordnung einerseits und der im Hochwasserfall hohen Verdünnungseffekte im Flusswasser, sowie den hohen Durchflussraten im Grundwasser andererseits, ist die Gefährdung für die Brunnen des Marktes Bruckmühl bei Vagen als gering einzustufen.

- **Veränderung der chemisch-physikalischen Wasserbeschaffenheit**

Das Flusswasser der Mangfall weist nach den vorliegenden Daten und Informationen einen um ca. 30% geringeren Lösungsinhalt (vor allem Calcium, Magnesium, Hydrogencarbonat) und einen etwas höheren pH-Wert (pH 8,0 – 8,5) auf, als das Grundwasser in den Brunnen des Marktes Bruckmühl (pH 7,0 – 7,3) [3]. Durch Infiltration von Mangfallwasser auf den Überschwemmungsflächen bzw. im HRB in den Grundwasserbereich kann es zu einer Beeinflussung der Grundwasserbeschaffenheit, z.B. zu einer Anhebung des pH-Wertes kommen. Dies stellt keine direkte Gefährdung der Trinkwasserversorgung dar, es könnte sich jedoch nachteilig auf das Rohrleitungssystem der Wasserversorgung auswirken (Schutzschichten). Aufgrund des seltenen Auftretens der Ereignisse (Einsatz HRB statistisch seltener als 1 Mal in 100 Jahren) wird dieser mögliche Einfluss jedoch als vernachlässigbar angesehen.

Bei einem längeren Einstau von überfluteten Flächen und der vollständigen Sättigung der dort befindlichen Böden können sich aufgrund der Sauerstoffzehrung im Boden reduzierende Verhältnisse einstellen. Hierbei kann eine Umwandlung von im Boden befindlichen Nitrat zu Nitrit und ggf. weiter zu Ammonium erfolgen. Die Grenzwerte der TrinkWV liegen für Nitrat bei 50 mg/l und für Nitrit und Ammonium bei 0,5 mg/l.

In welchem Umfang diese Umwandlungen tatsächlich stattfinden, kann nicht beurteilt werden. Längere Einstauzeiten und Einstauhöhen erhöhen tendenziell die Wahrscheinlichkeit der vorstehend genannten qualitativen Veränderung des Grundwassers.

- **Auswaschung aus dem natürlichen Boden**

Beim Einstau der überfluteten Flächen und der vollständigen Sättigung der Bodenschichten kann es zu einer verstärkten Auswaschung von Bodeninhaltsstoffen kommen, die sich in der vorangegangenen Zeit im ungesättigten Bodensystem akkumuliert haben. Dies gilt sowohl für natürlich vorkommende Inhaltsstoffe (z.B. Huminstoffe), als auch für die durch die landwirtschaftliche Nutzung eingetragenen Substanzen (z.B. Nitrat) und ggf. vorhandene Schwermetalle.

Bei einer Überflutung in Verbindung mit einem Frühjahrshochwasser kann dies – je nach Beginn der ersten Düngephase – eine stoßweise Belastung des Grundwasserkörpers zur Folge haben. Die Auswaschung organischer Stoffe zieht i.d.R. eine Veränderung der Grundwasser-

beschaffenheit nach sich, z.B. eine erhöhte Oxidierbarkeit oder steigende DOC/TOC-Gehalte. Die Menge und Art des gelösten organischen Kohlenstoffs ist ein wichtiger Faktor in den meisten Wasserreinigungsprozessen. Ein hoher TOC-Wert beeinflusst Farbe und Geschmack des Grundwassers, bei der Chlordesinfektion können giftige Nebenprodukte entstehen, es schränkt die Effektivität von UV- Desinfektionsprozessen ein.

Im Mangfalltal erstreckt sich die Hochwasserzeit von Mai bis Oktober, also nach der ersten Düngephase, dies gilt insbesondere für extreme Hochwasserereignisse, die für den Betrieb des HRB relevant sind (Sommerhochwässer). Zudem ist zu berücksichtigen, dass im Hochwasserfall infolge der hohen Zusickerungsmengen von Flusswasser in den Grundwasserbereich auch eine deutliche Verdünnung der aus dem Boden gelösten Inhaltsstoffe erfolgt, was zu einer Reduzierung der Konzentrationen von Bodeninhaltsstoffen im Grundwasser führt. Wie sich die Wechselwirkung der verschiedenen Einflüsse insgesamt auswirkt lässt sich beim derzeitigen Kenntnisstand nicht beurteilen.

- **Auswaschungen aus anthropogenen Ablagerungen**

Mögliche Gefährdungen für das Grundwasser ergeben sich zudem aus Altablagerungen im Bereich der Überschwemmungsflächen, konkret durch die Auswaschung bzw. Mobilisierung von Schadstoffen aus den dort abgelagerten Stoffen. Zur Beurteilung einer möglichen Gefährdung sind Informationen über das Schadstoffinventar der Altablagerung und über mögliche Verfrachtungswege (Durchsickerung von Niederschlagswasser, Auswaschung durch Grundwasser) erforderlich. Durch das WWA Rosenheim wurde bereits 2002 eine „Übersichtserkundung mit Gefährdungsabschätzung“ beauftragt, die folgende Ergebnisse über Altablagerungen im Bereich des geplanten HRB brachte:

- Altablagerung am südlichen Rand des Unterbeckens 3 (Flur-Nr.: 325/0, 326/0, 584/0):
  Dort wurden Ablagerungen bis in eine Tiefe von 7,5 m u. GOK, entsprechend ca. 524mNN angetroffen. Als Schadstoffe wurden Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), Schwermetalle (Thallium, Quecksilber) und vereinzelt auch weitere Parameter (Kupfer, Blei, Zink, PAK) nachgewiesen, für die jedoch der Hilfswert 2 nach LfU-Merkblatt Nr. 3/8.1, Tabelle 1 bei den meisten gemessenen Werten nicht überschritten wurde. Eluat-Untersuchungen hatten ergeben, dass für die untersuchten Stoffe nur in geringem Maße eine Wasserlöslichkeit vorhanden ist. Der mittlere Grundwasserspiegel liegt am Standort bei rd. 522 mNN und damit 2 m unter dem tiefsten Ablagerungspunkt. Die Altablagerung liegt innerhalb des Überschwemmungsgebietes im BHQ Ist-Zustand, aber außerhalb der Einstaufläche des geplanten HRB.

- Altdeponie am westlichen Rand des Unterbeckens 3 (Flur-Nr.: 552/0):
  Die Altdeponie befindet sich westlich des Unterbecken 3 zwischen den Grundwassermessstellen G10, G20, G22. Es wurde nur eine „*Altdeponie von geringem Ausmaß*“ festgestellt, wobei „*kaum Schadstoffe mit größeren Konzentrationen gefunden wurden*“. In ei-

ner Bohrung (B3) wird bis in eine Tiefe von 3,9 m u.GOK, entsprechend rd. 523,8 mNN, „*Haushaltmüll*“ angetroffen. Der mittlere Grundwasserspiegel liegt an den benachbarten Messstellen bei rd. 524,6 mNN bis 525, 4 mNN und damit innerhalb der Verfüllung. Demzufolge wurde die Altdeponie vermutlich über viele Jahre ausgespült.

Im Abstrom der Altablagerung wurden 2006 Grundwassermessstellen beprobt (G17, G20, G22). An G17 wurden keine Hinweise auf qualitative Beeinträchtigungen gefunden, an G20 und G22 wurden relativ geringe Beeinflussungen durch organische Inhaltsstoffe festgestellt. Für die Altdeponie wurde insgesamt festgestellt, dass „*keine Hinweise auf bedenkliche Schadstoff-Austräge*“ bestehen.

- Bei der Anlegung von Schurfen wurden im westlichen Bereich des geplanten HRB bis in 2,1 m Tiefe Verfüllungen festgestellt (Schurf SCH1: Ziegelreste u.ä.). Eine sensorische Überprüfung ergab keine Auffälligkeiten. Der Standort liegt innerhalb des Einstaubereiches des HRB.

Insgesamt ist das Gefährdungspotenzial durch Auswaschungen aus den o.a. Altablagerungen nach derzeitigem Kenntnisstand als gering einzustufen.

- **Schlammablagerungen**

Im Hochwasserfall kommt es in den Überschwemmungsgebieten zu einem Eintrag von suspendierten Feinanteilen, die nach dem Rückgang des Hochwassers als Schlamm innerhalb der Überschwemmungsgebiete abgelagert werden. Vom WWA Rosenheim wurden zu verschiedenen Terminen, bei unterschiedlichen Abflüssen Messungen der Schwebstofffracht an Leitzach und Mangfall durchgeführt (September 2001: ca. HQ_1; Ende August 2005: ca. HQ_{20}). Die Probenahme erfolgte jeweils im anlaufenden Ast der Hochwasserwelle. Im Ergebnis wurde ein Schwebstoffgehalt (abfiltrierbarer Anteil) von weniger als 1 g/l (2001) bis zu 2,3 g/l (2005) ermittelt. Bei stärkeren Hochwasserereignissen ist von einem höheren Schwebstoff-Anteil auszugehen.

Die Sedimentation von Schlamm bei Hochwasser erfolgt sowohl im derzeitigen Zustand, als auch bei Einsatz des geplanten HRB voraussichtlich mit mittleren Schlamm-Dicken im mm-Bereich.

6.2.3.3 Gefährdungsabschätzung für den Bauzustand

Bei der Errichtung des HRB sind entlang der Dammtrassen und insbesondere auch im Bereich der zu erstellenden Bauwerke, wie Auslaufbauwerk, Überleitungsbauwerk und Einlassbauwerk mit ca. 1,1 km langem Zulaufgerinne (1 m – 3 m tief), umfangreiche Erdbewegungen vorgesehen. Durch die Erdbewegungen während der Baumaßnahmen kommt es bauzeitlich zur Verringerung der Deckschichten, im Gründungsbereich der Bauwerke kann es zu Grund-

wasseraufschlüssen kommen. Am Zulaufgerinne werden zur Herstellung der Ausmuldung dauerhaft ca. 260.000 m³ Bodenmaterial entnommen.

Wie in Ziff. 6.2.3.1 festgestellt ist die Schutzfunktion der Deckschichten innerhalb des geplanten HRB bereits derzeit, zumindest bereichsweise, als gering anzusehen. Es ist daher auch nur von einem geringen Rückhalt von Wasserinhaltsstoffen in den Deckschichten auszugehen. Durch das bauseitige Abschieben der Oberböden wird das Gefährdungspotenzial im Hinblick auf einen Eintrag in den Grundwasserbereich im Bereich der Bauflächen jedoch generell erhöht (direkter Schadstoffeintrag aus Baufahrzeugen, mikrobiologische und chemisch-physikalische Gefährdung, Auswaschung von Nährstoffen aus umgelagerten Oberboden).

Alle Baumaßnahmen finden außerhalb des bestehenden Wasserschutzgebietes (WSG) der beiden Brunnen des Marktes Bruckmühl bei Vagen statt. Der überwiegende Bereich des HRB und der dort geplanten Baumaßnahmen befindet sich auch außerhalb des Einzugsgebietes der beiden Brunnen. Dies gilt insbesondere auch für den geplanten Einlassbereich von Mangfall-km 26,230 bis 26,150 und das dort beginnende Zulaufgerinne. Entsprechendes gilt für die westlich der Mangfallbrücke vorgesehene Anpassungsmaßnahme einer Dichtwand im Trenndamm (Einbindung bis in die tertiären Schichten).

Aus dem im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen ermittelten Einzugsgebiet der beiden Brunnen (A-6.1) ergibt sich jedoch, dass der überwiegende Teil des geplanten Absperrdammes zu den Unterwasserbecken und auch Teilbereiche des geplanten nördlichen Trenndeiches, insbesondere zwischen Fl.km 23+800 und 23+600, sowie das Überleitungsbauwerk am Absperrdamm, im Zustrom zu den beiden Brunnen liegen. Auch die im Bereich des östlichen Absperrdammes vorgesehene Anpassungsmaßnahme (Vollkommene Dichtwand) liegt teilweise im derzeitigen Zustrombereich zu den beiden Brunnen. Bei der Errichtung der Dichtwand im östlichen Absperrdamm ist ein Eingriff in die Deckschichten und in den Grundwasserbereich unvermeidlich.

Für die Baudurchführung sind dort, außer den üblichen Maßnahmen und Sicherheitsvorschriften für Baustellenbetrieb und Lagereinrichtungen in WSG, einige zusätzliche Maßnahmen erforderlich. In den relevanten Bauabschnitten sollte z.B. die Fläche mit gleichzeitigem Abtrag der Deckschichten (Oberbodenschicht) möglichst minimiert werden. Grundwasseraufschlüsse sind möglichst zu vermeiden. Bei der Lagerung von Erdmaterial im Einzugsgebiet der beiden Brunnen sind ggf. Abdichtungen zum Boden vorzusehen um Versickerung zu vermeiden. Verfüllungen sollen dort generell nur mit inertem Material erfolgen.

Baufahrzeuge können bei Unfällen oder Defekten Betriebsstoffe (Kraftstoffe, Öle o.ä.) verlieren. Um einer Gefährdung durch unbemerkte Verluste vorzubeugen sollten bei Arbeiten in den o.a. Bauabschnitten Öle und Betriebsstoffe mit WSG-Zulassung verwendet werden. Nicht im

Einsatz befindliche Fahrzeuge sind außerhalb des Einzugsgebietes der beiden Brunnen abzustellen.

Zur Vermeidung einer Gefährdung der Wasserversorgung des Marktes Bruckmühl werden die Brunnen während der Baumaßnahmen im Bereich des Absperrdammes vorübergehend, voraussichtlich über die Dauer von ca. 3 Jahren, vom Netz genommen. Die Außerbetriebnahme erfolgt während der folgenden Maßnahmen (s. auch Anlage A-8.3):

- Errichtung Dichtwand im Absperrdamm
- Gründungsarbeiten beim Überlaufbauwerk, Auslassbauwerk am UWB2 und am Auslassbauwerk des Hautbeckens (HRB)
- Während der Dammschüttung des Absperrdammes zu den Unterbecken und den Maßnahmen zur Straßenanhebung RO13 im Bereich des Absperrdammes

Ab Baubeginn an diesen Bauwerken bzw. Bauabschnitten muss der neue Brunnen bei Götting in Betrieb sein und das Wasserschutzgebiet festgesetzt sein. Nach Abschluss der o.g. Arbeiten ist eine Weiternutzung der Brunnen Vagen möglich. Derzeit ist eine Weiternutzung der Brunnen Vagen durch den Markt Bruckmühl mit künftig reduzierten Umfang vorgesehen.

Die Baumaßnahmen werden zudem durch ein quantitatives (Anlagen A-7.1 und A-7.2) und ein qualitatives Messprogramm (Anlagen A-8.1 bis A-8.3) begleitet, um auf eventuell auftretende Gefährdungen infolge der Baumaßnahmen reagieren zu können.

6.2.3.4 Gefährdungsabschätzung unter mittleren Verhältnissen

Das DVGW Arbeitsblatt W 101 (Stand Juni 2006) dient als Grundlage und Handlungsrahmen für die Bemessung und Ausweisung von Trinkwasserschutzgebieten für Grundwasser. Es dient dabei einem über den flächigen Grundwasserschutz hinausgehenden Schutz für Wassergewinnungsgebiete. Die Anwendung erfolgt unter Berücksichtigung der lokalen geologischen und hydrologischen Gegebenheiten der betrachteten Gewinnung.

Im Arbeitsblatt wird vorgegeben: *Das Trinkwasserschutzgebiet umfasst i.d.R. das gesamte unterirdische Einzugsgebiet einer Wassergewinnungsanlage, ggf. ist auch das oberirdische Einzugsgebiet zu betrachten*. Im Hinblick auf die Bemessung der Schutzzone II (Engere Schutzzone) werden folgende Vorgaben gemacht: „*Die Zone II muss von der Fassungsanlage mindestens bis zu einer Linie reichen, von der aus das genutzte Grundwasser eine Fließzeit von 50 Tagen benötigt. … Diese Bemessung gewährleistet in der Regel, dass pathogene Mikroorganismen zurückgehalten werden und deshalb eine Berücksichtigung der Dispersion bei der Bemessung der engeren Schutzzone nicht erforderlich ist.“*

Das bestehende Schutzgebiet für die Brunnen des Marktes Bruckmühl ist in die Schutzzonen I bis III gegliedert. Die Zone II erstreckt sich rd. 190 m nach Westen, die hieran anschließende Zone III liegt bis zu 470 m vom Brunnen I entfernt.

Das im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ermittelte unterirdische Einzugsgebiet der beiden Brunnen erstreckt sich im derzeitigen Zustand (Ist-Zustand) von der Mangfall, in südöstlicher Richtung, über die Unterwasserbecken und Teilbereiche des geplanten HRB hinweg zu den beiden Brunnen der Gewinnung des Marktes Bruckmühl (Anlage A-6.1).

Im Planungszustand werden unter stationären, also langzeitig mittleren Bedingungen, die Hauptcharakteristiken des Brunnenzustromes aus dem Ist-Zustand nur abschnittsweise verändert (s. Anlage A-6.2 und Anlage A-6.3). Eine quantitative Veränderung ist hierdurch nicht zu befürchten.

6.2.3.5 Gefährdungsabschätzung bei Hochwasserereignissen

1.) Potenzielle Gefährdungen für die Brunnen des Marktes Bruckmühl im Ist-Zustand

Aus hydraulischen Berechnungen, die 1999 im Zusammenhang mit dem Raumordnungsverfahren (ROV) durchgeführt wurden ergibt sich, dass die Überströmung des bestehenden rechten Hochwasserschutzdeiches (HWS-Deich) der Mangfall bei Abflüssen in der Mangfall von $Q > 255$ m³/s (HQ_{35}) am Pegel Feldolling beginnt. Dieses Ereignis wurde beim Hochwasser vom Mai 1999 mit einem Scheitelabfluss $Q = 254$ m³/s nahezu erreicht (www.hnd.bayern.de).

Beim HQ_{35} ist am rechten Mangfallufer zudem mit Deichbrüchen zu rechnen. Damit ist das Gebiet im rechten Vorland der Mangfall, hinter dem bestehenden rechten HWS-Deich, von der Mündung der Leitzach bis zu den Unterbecken der Leitzachwerke (Mangfall Fl.km 26,300 bis Fl.km 23,200), im bestehenden Zustand ab HQ_{35} Überschwemmungsgebiet. Bei HQ_{100} sind mit etwa 123 Hektar fast die gesamten Flächen des geplanten Beckenbereiches des HRB Feldolling überflutet.

Das Einzugsgebiet der Brunnen des Marktes Bruckmühl erstreckt sich über das Überschwemmungsgebiet (Anlage A-6.1) und insbesondere auch über einen Teilbereich nördlich des Unterbeckens 3, in dem nach Durchgang der Hochwasserwelle in abflusslosen Senken mehrere Tage lang Wasser stehen bleibt (s.a. Ziff. 6.3). Dementsprechend besteht bei Hochwasserabflüssen in der Mangfall > HQ_{35} bereits derzeit ein Gefährdungspotenzial für die beiden Brunnen des Marktes Bruckmühl. Die Gefährdungen ergeben sich infolge:

- der Zusickerung von Mangfallwasser aus dem Überschwemmungsgebiet in das Einzugsgebiet der Brunnen und aus den im Mangfallwasser potenziell vorhandenen qualitativen Belastungen (mikrobiologische Verunreinigungen, direkter Schadstoffeintrag mit dem Oberflächenwasser). Die Gesamtzusickerungsmenge aus den Überschwemmungsflächen

südlich der Mangfall in den Grundwasserleiter wurde beim BHQ zu rd. 450.000 m³ ermittelt.

- der Veränderung der chemisch-physikalischen Wasserbeschaffenheit. Es liegen keine Informationen über entsprechende Auswirkungen bei den in der Vergangenheit aufgetretenen Hochwasserereignissen vor. Entsprechende Datengrundlagen sollten seitens des Marktes Bruckmühl durch eine zeitlich dichtere Beprobung der beiden Trinkwasserbrunnen bei Hochwasserabflüssen in der Mangfall ermittelt werden.
- der Auswaschung von Bodeninhaltsstoffen aus dem natürlich anstehenden Boden, wobei allerdings starke Verdünnungseffekte auftreten. Wie sich die Wechselwirkung der verschiedenen Einflüsse insgesamt auswirkt lässt sich beim derzeitigen Kenntnisstand nicht beurteilen. Es liegen keine Angaben über entsprechenden Beeinträchtigungen bei den in der Vergangenheit bereits aufgetretenen Hochwasserereignissen vor.
- der Auswaschung von Inhaltsstoffen aus anthropogenen Ablagerungen. Die o.a. Altablagerung bzw. Altdeponie liegen beide im Einzugsgebiet der beiden betrachteten Brunnen. Bei einem Hochwasserereignis BHQ werden beide Standorte überflutet, hierdurch können Inhaltsstoffe aus den Ablagerungen in den Brunnenzustrom gelangen. Das Gefährdungspotenzial wird nach derzeitigem Kenntnisstand als gering eingestuft.
- der Ablagerung von Schwebstoffen, die innerhalb der Überschwemmungsflächen als Schlamm ausfallen. Dieser Schlamm wird sich vermutlich bevorzugt in abflusslosen Geländesenken nördlich und südlich des Unterbeckens 3 ablagern, die im Zustrombereich zu den beiden Brunnen liegen. Durch Niederschlag können Inhaltsstoffe im Schlamm ausgewaschen werden und in den Zustrom zu den Brunnen gelangen. Welche Gefährdung hiervon ausgeht kann nicht beurteilt werden, da die Inhaltsstoffe dieser Schlämme nicht bekannt sind.

2.) Potenzielle Gefährdung im Planungszustand mit Einsatz des HRB

Nach Errichtung des HRB sind die Gebiete südlich der Mangfall bis zu einem BHQ (HQ_{100} einschließlich Klimazuschlag auf Basis des Hochwassers von 1899) vor Überschwemmungen geschützt. Derzeit werden diese Flächen bei Abflüssen Q>= HQ_{35} überflutet. Dementsprechend ergibt sich infolge der geplanten Maßnahmen für Hochwasserabflüsse von HQ_{35} bis HQ_{100} (ohne Einsatz des HRB), eine Verbesserung der Verhältnisse gegenüber dem derzeitigen Zustand (Ist-Zustand).

- **Schutzwirkung der Deckschichten**

Zur Vermeidung zusätzlicher direkter Einträge aus dem HRB in den Grundwasserleiter sollen die innerhalb des HRB bestehenden und nicht mehr benötigten Grundwassermessstellen rückgebaut werden. Die Schutzwirkung der Deckschichten am Standort der Messstellen wird durch entsprechende Abdichtungen wieder hergestellt. Für die Grundwasserüberwachung ggf. auch künftig notwendige Grundwassermessstellen innerhalb des HRB sollen mit druckwas-

serdichten Messstellenkappen ausgestattet werden (s.a. Ziff. 6.2.4). Bei entsprechender Umsetzung ergeben sich keine planungsbedingten Veränderungen in der Schutzwirkung der Deckschichten.

- **Mikrobiologische Verunreinigungen im Oberflächenwasser**

Die potenziellen Belastungen im Flusswasser auf den Überschwemmungsflächen sind unter derzeitigen Verhältnissen (Bezugszustand) und im Planungszustand grundsätzlich als gleich anzusetzen. Durch den Schutz der Gebiete südlich der Mangfall vor Überschwemmungen bis zu einem BHQ (HQ_{100} einschließlich Klimazuschlag auf Basis des Hochwassers von 1899) ergibt sich infolge der geplanten Maßnahmen für Hochwasserabflüsse von HQ_{35} bis HQ_{100} (ohne Einsatz des HRB), eine Verbesserung der Verhältnisse gegenüber dem derzeitigen Zustand (Ist-Zustand).

Bei Hochwasserabflüssen > HQ_{100} mit Einsatz des HRB wird eine kleinere Fläche als im derzeitigen Zustand (BHQ Bezugszustand) eingestaut. Es ergeben sich vorübergehend höhere Einstauhöhen, hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese statistisch seltener als 1 Mal in 100 Jahren auftreten (Einsatz HRB). Außerdem werden durch die gezielte Entleerung des HRB und die geringeren Verweilzeiten im Einstaubereich potenzielle Belastungen schneller aus dem HRB abgeführt, als dies derzeit der Fall ist.

- **Direkter Schadstoffeintrag mit dem Oberflächenwasser**

Die bei den Planungen ursprünglich angedachte ökologische Flutung (bzw. Wiederbenetzung der Auenstruktur) im nordwestlichen Bereich des HRB wird vom WWA Rosenheim nicht weiter verfolgt. Hintergrund dafür ist, dass der hieraus resultierende permanente Eintrag von Oberflächenwasser im potenziellen Einzugsgebiet der Brunnen des Marktes Bruckmühl bei Vagen aus hydrogeologischer und wasserwirtschaftlicher Sicht als problematisch angesehen wird.

Eine Auflassung der Brunnen Vagen ist derzeit, trotz Verlagerung des Hauptanteils der Förderung auf die Neuerschließung bei Götting, nicht beabsichtigt. Derzeit ist eine Weiternutzung der Brunnen Vagen durch den Markt Bruckmühl mit künftig reduziertem Umfang vorgesehen.

Bei Einsatz des HRB im BHQ ergeben sich innerhalb des HRB um bis zu 6,5 m höhere Einstauhöhen als im Bezugszustand, zudem wird der gesamte Bereich des HRB überflutet. Dies führt im Planungszustand (mit Anpassungsmaßnahmen) insgesamt zu einem höheren Eintrag von Oberflächenwasser in den Grundwasserleiter als im BHQ Bezugszustand. Dies kann auch zu einem erhöhten Eintrag von Schadstoffen in das Grundwasser führen.

Im Planungszustand kommt es gegenüber dem BHQ Bezugszustand dementsprechend auch zu einer Erhöhung der Zustromanteile aus den Überschwemmungsflächen zu den Brunnen Vagen.

Hinsichtlich der Standzeit des Wassers in den überschwemmten Gebieten, die im Einzugsgebiet der Brunnen liegen, ist festzustellen, dass sich im Planungszustand mit Einsatz des HRB eine Verringerung der Standzeiten gegenüber dem Ist-Zustand ergibt. Dies gilt insbesondere für die abflusslosen Senken nördlich des UWB3. Während unter derzeitigen Bedingungen von einer Standzeit des Wassers von über 6 Tagen auszugehen ist, erfolgt durch den Einsatz des HRB eine Befüllung und gezielte Entleerung innerhalb von rd. 3,5 Tagen. Durch das Anlegen von Gräben und dem Einbau von Durchlässen zwischen Geländemulden wird die Entwässerung der eingestauten Flächen und damit auch der Rest-Einstauflächen verbessert.

Die Gefahr einer Beeinträchtigung der Grundwasserqualität bei Einsatz des HRB, durch die Infiltration von belastetem Wasser aus dem HRB in den Zustrom zu den Brunnen des Marktes Bruckmühl, ist als gering einzustufen, kann jedoch nicht ausgeschlossen werden.

- **Auswaschungen aus anthropogenen Ablagerungen**

Im Hinblick auf die im südlichen Randbereich des UWB3 bekannte Altablagerung ist festzustellen, dass durch den geplanten Absperrdamm des HRB zukünftig Überflutungen am Standort der Altablagerung unterbunden werden. Somit ergibt sich generell eine Verbesserung hinsichtlich möglicher Auswaschungen aus diesem Bereich. Bei Einsatz des HRB kommt es am Standort der Altablagerung kurzzeitig zu einem gegenüber dem Ist-Zustand um mehrere Dezimeter erhöhten Druckwasserspiegel. Aufgrund der Kurzzeitigkeit des Ereignisses sind hieraus jedoch keine nachteiligen Auswirkungen für die Grundwasserqualität zu erwarten. Die am westlichen Beckenrand des UWB3 gelegene Altdeponie ist künftig ebenfalls gegenüber Überschwemmungen abgeschirmt.

- **Schlammablagerungen**

Die Sedimentation von Schlamm bei Hochwasser erfolgt sowohl im derzeitigen Zustand, als auch bei Einsatz des geplanten HRB voraussichtlich mit mittleren Schlamm-Dicken im mm-Bereich.

Aus den o.a. Schwebstoffmessungen wurde bei einem Befüllungsvolumen des Hauptbeckens des HRB von 4,62 Mio. m³ bezogen auf die Fläche von 120 ha eine mittlere Dicke der Schlammschicht innerhalb des HRB von 6 – 7 mm abgeleitet. Dieser Wert ergibt sich, wenn die gesamte Suspensionsfracht aus dem Wasser abgesetzt wird. In Anbetracht der schnellen Befüllung und Entleerung des HRB, mit einer Standzeit ohne Fließbewegung von nur 6 Stunden ist aber davon auszugehen, dass ein deutlich geringerer Schlammanteil zurückbleibt. Vermutlich lagert sich dieser auch bevorzugt in Geländesenken ab. Durch die geplante gezielte Entleerung insbesondere von Geländesenken ist insgesamt von einer geringeren Schlammablagerung als im Ist-Zustand auszugehen.

6.2.3.6 Zusammenfassende Beurteilung zur Gefährdung der Brunnen des Marktes Bruckmühl bei Vagen

Insgesamt ergibt sich hinsichtlich der Beurteilung einer Gefährdung der beiden Brunnen des Marktes Bruckmühl bei Vagen:

- Das bestehende Wasserschutzgebiet der beiden Brunnen des Marktes Bruckmühl bei Vagen ist in den Zonen II und III nicht ausreichend bemessen.
- Das Einzugsgebiet der beiden Brunnen erstreckt sich derzeit über den nordöstlichen Bereich des geplanten HRB. Dieser Bereich gehört derzeit zum potenziellen Überschwemmungsgebiet. Eine Überflutung erfolgt dort etwa ab Hochwasserabflüssen >= HQ_{35}, ein entsprechendes Ereignis ist zuletzt beim Hochwasser vom Mai 1999 nahezu erreicht worden. Bei einem Hochwasserereignis BHQ kommt es derzeit zu weiträumigen Überflutungen, die nahezu die gesamte Fläche des HRB abdecken.
- Die Deckschichten im potenziellen Überschwemmungsgebiet weisen eine geringe Schutzfunktion auf.
- Bei Abflüssen Q >= HQ_{35} kann es derzeit, über die Zusickerung von Oberflächenwasser aus den im Brunnenzustrom liegenden Flächen, zu einer nachteiligen Beeinflussung der Grundwasserqualität im Brunnenzustrom und einer Gefährdung der Brunnen kommen. Diese ergibt sich einerseits aus Inhaltsstoffen im zusickernden Flusswasser, andererseits aus der Überflutung von im Zustrombereich liegenden Altablagerungen sowie möglichen Einflüssen aus Schlammablagerungen im Zustrombereich der Brunnen.
- Mit der Errichtung des geplanten HRB sind die derzeitigen Überschwemmungsflächen südlich der Mangfall bis zu einem Ereignis, das statistisch seltener als 1-mal in 100 Jahren auftritt vor einer Überflutung geschützt. Somit ergibt sich für alle statistisch häufigeren Ereignisse eine Verbesserung der Situation für die Brunnen des Marktes Bruckmühl. Zudem kann die Altablagerung am südlichen Ende des UWB3 grundsätzlich nicht mehr überflutet werden.
- Durch die schnelle gezielte Befüllung und Entleerung des HRB ergibt sich eine geringere Standzeit des Wassers auf den überfluteten Flächen als im Ist-Zustand, zudem werden Schlammablagerungen im Einzugsgebiet der Brunnen voraussichtlich verringert.
- Infolge des höheren Einstauniveaus bei Einsatz des HRB (535 mNN) ergibt sich vorübergehend eine erhöhte Infiltration von Flusswasser aus dem HRB in den Grundwasserleiter. Zur Vermeidung nachteiliger Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung des Marktes Bruckmühl ist bei Einsatz des HRB die vollständige Verlagerung der Förderung aus den Brunnen Vagen auf die Neuerschließung bei Götting vorgesehen. Hierdurch ist die Trinkwasserversorgung des Marktes Bruckmühl gesichert.

6.2.4 Quantitative Grundwasserüberwachung

Infolge der geplanten Maßnahmen zum Hochwasserschutz Feldkirchen-Westerham, Bauabschnitt 2 (BA02) und den geplanten Maßnahmen im Zusammenhang mit der Errichtung des HRB Feldolling (bis in den Grundwasserstauer einbindende Dichtwand im Absperrdamm des

HRB und vollkommene Innendichtung im Trenndeich westlich der Straßenbrücke über die Mangfall; unvollkommene Innendichtung im Hochwasserschutzdeich BA02, Ortsteil Gries) sind Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse zu erwarten.

Zur Erfassung der Grundwasserstände ist die Einrichtung eines Grundwassermessnetzes mit zugehörigem Überwachungsprogramm erforderlich. Es bildet die Grundlage für die Ermittlung und Beurteilung der Einflussgrößen (Hydrologie, anthropogene Auswirkungen) auf die Grundwasserverhältnisse. Darüber hinaus dient es zur Überprüfung der mit dem Grundwassermodell prognostizierten Auswirkungen infolge der geplanten Maßnahmen. Im Vordergrund der Betrachtung stehen mögliche Auswirkungen auf die Bebauung von Feldolling, auf die Unterbecken der Leitzachwerke und auf die Trinkwassergewinnung des Marktes Bruckmühl bei Vagen.

Die Lage der für das „*Sondermessnetz HRB Feldolling*“ vorgeschlagenen Grundwassermessstellen ist aus Anlage A-7.1 ersichtlich. Das Sondermessnetz umfasst insgesamt 40 Grundwassermessstellen. In Anlage A-7.2 sind die vorgeschlagenen Grundwassermessstellen mit kennzeichnenden Angaben (Stammdaten) und den für die Einrichtung des Sondermessnetzes erforderlichen Maßnahmen zusammengestellt. Hieraus ergibt sich:

- Von den ausgewählten bestehenden Messstellen befinden sich 7 auf der Trasse des geplanten Absperrdammes (G3, G6, G12, G18, G19, G21, G22). Um diese Messstellen nach Errichtung des HRB weiterhin nutzen zu können, ist die Verlängerung der Aufsatzrohre bis oberhalb der künftigen Geländeoberkante und die Neueinmessung der Messstelle erforderlich.
- Die Messstellen Gw1, G2, G20 befinden sich ebenfalls auf der Trasse geplanter Bauwerke (Einlaufbauwerk, Absperrdamm), diese drei Messstellen können jedoch zurückgebaut werden. Entsprechendes ist für die Messstelle G14 im Bereich HWS Markt Bruckmühl, BA01, Berghamer Leiten vorgesehen.
- Fünf Messstellen befinden sich innerhalb des HRB (G5, G9, G10, G11 und R34). Da für diese Standorte mehrjährige Grundwasserstandsaufzeichnungen vorliegen (Messstelle R 34) oder den Messstellen eine besondere Bedeutung hinsichtlich der Beweissicherung zukommt (G9: Naturschutz; G5, G11: Landwirtschaft), wird der Erhalt dieser Messstellen und ein wasserdichter, überflutungssicherer Umbau empfohlen.
- Zur detaillierten Erfassung der Grundwasserstände im Zustrom zu den Brunnen des Marktes Bruckmühl wird die Einbeziehung von 6 bestehenden Grundwassermessstellen des Marktes Bruckmühl in das Sondermessnetz empfohlen. Diese Messstellen sind derzeit noch nicht mit Datensammlern ausgestattet und müssen entsprechend ausgerüstet werden (Messstellen V1 bis V5). Entsprechendes gilt für die Messstelle G13 im Bereich HWS Markt Bruckmühl, BA01, Berghamer Leiten.
- Es wird zunächst die Errichtung von 2 neuen Grundwassermessstellen im Nahbereich der Bebauung empfohlen. Es handelt sich hierbei um eine neue Messstelle südlich der Mangfall, auf Höhe des OT Schwaig (NEU1), und eine neue Messstelle nördlich der

Mangfall, im Bereich zwischen dem OT Gries und dem OT Hammer (NEU2). Die neuen Grundwassermessstellen sollten bis zum Grundwasserhemmer niedergebracht werden, dies ist an den vorgesehenen Standorten die Basis des Tiefenbereichs II. Auf Grundlage der vorliegenden Daten und Informationen lässt sich für die beiden vorgeschlagenen neuen Messstellen eine Gesamtbohrtiefe von rd. 12 m ableiten.

- Darüber hinaus wird die hydraulische Wirkung der Dichtwand im östlichen Absperrdamm durch die Errichtung von 3 neuen Messstellen zwischen dem Absperrdamm und dem UWB 3 überwacht. Die genaue Lage dieser Messstellen wird in Abstimmung mit den SWM unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse festgelegt. In Abhängigkeit von den angetroffenen Untergrundverhältnissen sind ggf., jeweils getrennt für die Tiefenbereiche II und III, tiefendifferenzierte Messstellen zu errichten. An diesen Messstellen sind zudem Pumpversuche zur Bestimmung von Untergrundkennwerten vorgesehen.

Bei der Errichtung von neuen Grundwassermessstellen ist generell darauf zu achten, dass hierdurch kein Kurzschluss zwischen verschiedenen Grundwasserstockwerken hergestellt wird. Sofern verschiedene Grundwasserstockwerke, d.h. verschiedene Tiefenbereiche erbohrt werden, so sind diese jeweils durch getrennte Grundwassermessstellen zu erfassen. Doppelmessstellen sind grundsätzlich zu vermeiden.

Die meisten der vorgeschlagenen Grundwassermessstellen sind bereits derzeit mit digitalen Datensammlern ausgestattet (Datenlogger), die Erfassung der Grundwasserstände erfolgt dort in stündlichem Turnus. Dementsprechend wird auch für das „*Sondermessnetz HRB Feldolling“* ein stündlicher Messturnus vorgeschlagen. Insgesamt werden für derzeit noch nicht mit Datenlogger ausgestattete Grundwassermessstellen und die neu zu errichtenden Messstellen 12 Datenlogger benötigt (s. Anlage A-7.2). Im Hinblick auf die Betriebssicherheit, vor allem im Hochwasserfall, ist ggf. die Umrüstung der bestehenden, als Winkelkodierer ausgelegten Datensammler auf Drucksonden zu überprüfen.

Die sonstigen, nicht in das „*Sondermessnetz HRB Feldolling*“ aufgenommenen amtlichen Messstellen im Untersuchungsgebiet sollten zumindest solange in bisheriger Weise weiterbetrieben werden, bis Daten über einen 10-jährigen Messzeitraum vorliegen.

6.3 Verhältnisse im Bereich des Hauptbeckens (HRB)

Zur Veranschaulichung und Beurteilung der Überschwemmungssituation (Ausdehnung Überschwemmungsflächen, Einstautiefen und Einstaudauer) im Gebiet des geplanten HRB und der Wechselwirkung mit dem Grundwasserbereich werden verschiedene Zustände betrachtet und gegenübergestellt:

- Ist-Zustand („Nullvariante“)
- Bezugszustand BHQ (Ist-Zustand mit BA02)
- Planungszustand BHQ

Unter dem **Ist-Zustand** werden die Auswirkungen von Hochwasserereignissen an der Mangfall (Pegel Feldolling) mit einer Jährlichkeit bis zu HQ_{100} beim derzeitigen Ausbauzustand der Deiche betrachtet (natürliche Überschwemmung).

Die Überströmung des bestehenden rechten Hochwasserschutzdeiches (HWS-Deich) der Mangfall beginnt bei Abflüssen in der Mangfall von Q > 255 m³/s (HQ_{35}) am Pegel Feldolling. Bei HQ_{100} sind mit ca. 123 ha fast die gesamten Flächen des geplanten Beckenbereiches des HRB Feldolling überflutet. Bei den Hochwasserereignissen von 1940 (289 m³/s), 1946 (294 m³/s) und 1954 (272 m³/s) wurden am Pegel Feldolling Abflüsse ermittelt, die im Ist-Zustand den Planungsbereich überfluten. Die letzten großen Hochwasserereignisse im August 2005 (233 m³/s) und Pfingsten 1999 (255 m³/s) überfluteten die Deiche gerade nicht.

Ab einem HQ_{35} ist am rechten Mangfallufer mit Deichbrüchen zu rechnen. Damit ist das Gebiet im rechten Vorland der Mangfall, hinter dem bestehenden rechten HWS-Deich, von der Mündung der Leitzach bis zu den Unterbecken der Leitzachwerke (Mangfall Fl.km 26,300 bis Fl.km 23,200), bereits im bestehenden Zustand Überschwemmungsgebiet. Alle Gebäude im Ortsteil Schwaig liegen somit im bestehenden Überschwemmungsgebiet.

Bei Ereignissen Q >= HQ_{35} verbleiben nach Durchgang der Hochwasserwelle im Bereich des geplanten HRB Rest-Einstauflächen. Hierbei handelt es sich einerseits um abflusslose Geländesenken, andererseits um Gebiete, in denen durch den bestehenden HWS-Deich am rechten Mangfallufer eine Entwässerung Richtung Mangfall unterbunden ist. Eine große zusammenhängende Rest-Einstaufläche befindet sich nördlich des Unterbeckens 3 (UWB3) der Leitzachwerke. Die potenzielle Einstaufläche, die durch die Höhenlage des Deiches in diesem Bereich bestimmt wird, wurde zu rd. 9,5 ha ermittelt.

Im **BHQ Bezugszustand** entsprechen die Randbedingungen am rechten, südlichen Mangfallufer denen des Ist-Zustandes. Am linken, nördlichen Mangfallufer werden die HWS-Maßnahmen Feldkirchen-Westerham, BA02 berücksichtigt. Durch diese Deichsanierung werden bis zu einem HQ_{100} Ausuferungen auf Höhe des OT Gries unterbunden.

Das mit dem 2D-WSP-Modell des WWA Rosenheim ermittelte Überschwemmungsgebiet im BHQ Bezugszustand ist aus Anlage A-2.1 ersichtlich. Aus den Ergebnissen des 2D-WSP-Modell ergibt sich zudem, dass nach Durchgang des BHQ Teilflächen innerhalb des geplanten HRB weiterhin eingestaut bleiben. Die größte zusammenhängende Rest-Einstaufläche befindet sich nördlich des Unterbeckens 3 (UWB3) der Leitzachwerke („nordöstlicher Zwickel"). Dort ergibt sich aus dem 2D-WSP-Modell ein Wasserstand von 527,53 mNN, dies entspricht auch in etwa der Deichhöhe im betrachteten Bereich. Durch Verschneidung mit der Geländeoberkante wurde eine Ausdehnung der Einstaufläche von rd. 9,5 ha ermittelt. Die Einstautiefen innerhalb dieses Bereiches betragen bis zu rd. 2,8 m, die mittlere Einstautiefe ergibt sich zu rd. 0,6 m, das resultierende Einstauvolumen wurde zu rd. 56.600 m³ abgeleitet.

Eine Absickerung des in den Rest-Einstauflächen verbleibenden Wassers kann erfolgen, sobald der Druckwasserspiegel im Grundwasser unter den Einstauwasserspiegel absinkt. Eine die Absickerungsmenge bestimmende Größe ist die Differenz zwischen dem Wasserspiegel im Einstaubereich und dem Druckwasserspiegel im Grundwasser. Sobald der Druckwasserspiegel im Grundwasser unter die Geländeoberkante absinkt, ergibt sich die maßgebende Differenz aus der Einstauhöhe über Geländeoberkante. Eine weitere die Absickerungsgeschwindigkeit bestimmende Größe sind die jeweiligen Leakage-Faktoren der Deckschichten innerhalb der Rest-Einstaufläche.

In Abbildung 7 ist der Verlauf des Grundwasserstandes bzw. des Druckwasserstandes beim BHQ Bezugszustand an der Messstelle G3 dargestellt, die sich am Rande der Rest-Einstaufläche Richtung Mangfall befindet. Mit dargestellt sind der nach Durchgang der HW-Welle auftretende Wasserspiegel in der Rest-Einstaufläche und die Geländeoberkante (GOK). Hieraus ist zu erkennen, dass die Einstaudauer in diesem Bereich in einer Größenordnung von 106 Stunden, entsprechend rd. 4,4 Tagen liegt. Der Druckwasserspiegel sinkt bereits kurzzeitig nach Durchgang des Hochwasserscheitels unter den Einstauwasserspiegel ab, so dass dann schon die Absickerung durch die Deckschichten beginnt. An der Messstelle G3 dauert es beim BHQ rd. 2,5 Tage bis der Druckwasserspiegel unter GOK absinkt.

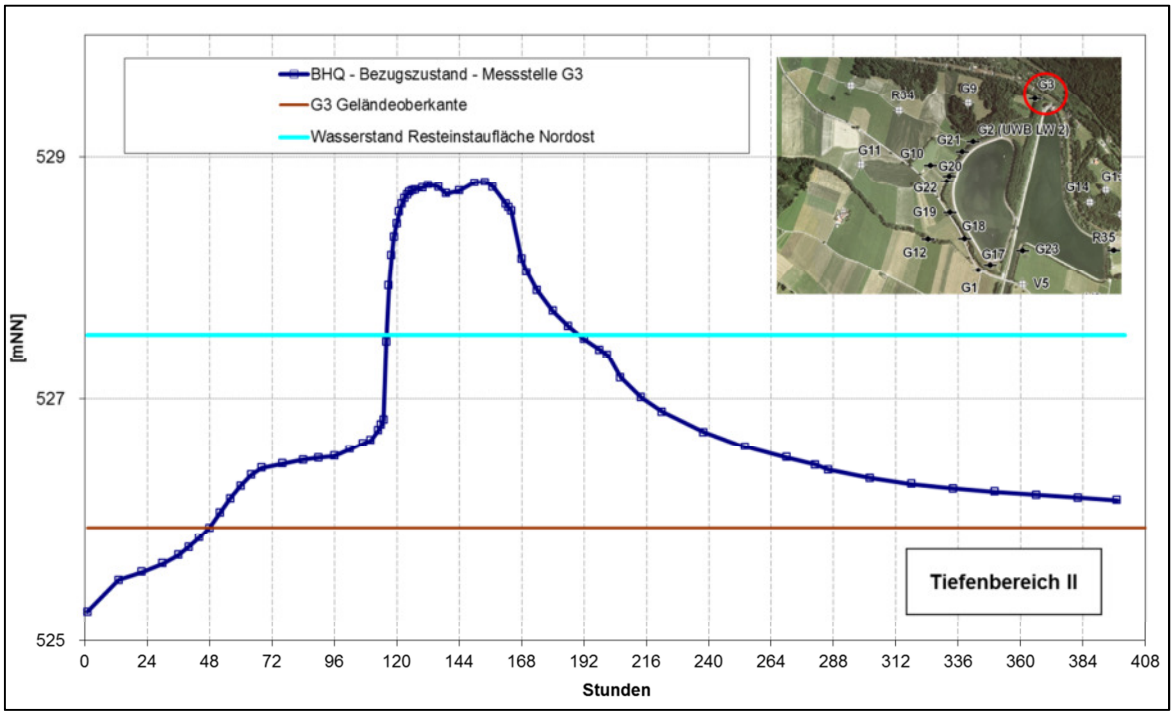

Abbildung 7: Verlauf Druckwasserstand im Grundwasser an Messstelle G3 und Einstauhöhe in nordöstlicher Rest-Einstaufläche

Mit dem Grundwassermodell wurden die Zusickerungsmengen in der nordöstlichen Resteinstaufläche ermittelt. Es treten Zusickerungsmengen in einer Größenordnung von 160 l/s auf. Die Zeit bis zur vollständigen Versickerung des o.a. Volumens von 56.600 m³ wurde zu rd. 92 Stunden, also rd. 4 Tagen ermittelt. Insgesamt ergibt sich, zusammen mit der Überflutungsdauer von rd. 2,2 Tagen eine Gesamtstandzeit des Wassers im nordöstlichen Bereich von etwas über 6 Tagen.

Beim BHQ mit Einsatz des HRB (**BHQ Planungszustand**) sieht das Steuerkonzept für das HRB Feldolling eine Befüllung des Rückhaltebeckens vor, wenn

- für den Inn eine Prognose für ein Hochwasserereignis größer HQ_{100} besteht und gleichzeitig an der Mangfall ein Hochwasserereignis größer HQ_{30} prognostiziert wird. In diesem Fall gleicht die Befüllung des HRB den durch den Linienausbau an der Mangfall verursachten Retentionsraumverlust aus.
- an der Mangfall ein Hochwasserereignis größer HQ_{100} prognostiziert wird. Auch in diesem Fall gleicht die Befüllung des HRB den durch den Linienausbau verursachten Retentionsraumverlust aus. Zudem kann für alle Anwohner des unteren Mangfalltales der Schutz unter Berücksichtigung des Klimaänderungsfaktors gewährleistet werden.

Beim BHQ Planungszustand sind die Flächen im Becken künftig unterschiedlich stark betroffen. Die Flächen bei Schwaig, die oberstromig des eigentlichen Staubereiches, zwischen dem

rechten Hochwasserschutzdeich und dem Zulaufgerinne liegen, sind zukünftig bis zu einem $HQ_{1.000}$ zuzüglich 1 Meter Freibord geschützt.

Innerhalb des HRB wird die gesamte Fläche geflutet. Die Fläche des (Voll-)Staubereiches des HRB, ohne das Zulaufgerinne (ca. 15 ha) und die Flächen, die dauerhaft für die Bauwerke des HRB Feldolling in Anspruch genommen werden müssen, umfasst etwa 112 ha. Im HRB ergeben sich größtenteils größere Einstauhöhen als im Ist-Zustand bzw. BHQ Bezugszustand. Dies betrifft insbesondere Flächen am östlichen Absperrdamm, auf Höhe der Unterbecken, dort ergeben sich um bis zu 6,5 m höhere Einstauhöhen als im BHQ Bezugszustand.

Die Befüllung des HRB erfolgt über das Zulaufgerinne, die Entleerung über das Überlaufbauwerk zum Unterbecken 3 bzw. über das auf Höhe von ca. Fl.km 23+400 geplante *Auslassbauwerk Hauptbecken* nördlich des Unterbeckens 3. Die Dauer der Befüllung und Entleerung des HRB beim BHQ resultieren aus der entsprechenden Speicherberechnung von RMD. Für das BHQ ergibt sich hieraus für die einzelnen Phasen folgende Zeitdauer:

- Befüllung: ca. 40 h
- Standzeit: ca. 6 h
- Entleerung: ca. 39 h
- Gesamtstandzeit: ca. 85 h = rd. 3,5 Tage

Aufgrund der beiden Auslassbauwerke wird die Einstauzeit im HRB im BHQ Planungszustand somit auf ca. 3,5 Tage reduziert, gegenüber rd. 6 Tagen im BHQ Bezugszustand. Durch das Anlegen von Gräben und dem Einbau von Durchlässen zwischen Geländemulden wird die Entwässerung der eingestauten Flächen und damit auch der Rest-Einstauflächen verbessert. Die Auswirkungen auf den Planungsbereich des HRB sind für die verschiedenen betrachteten Zustände in Tabelle 6 zusammenfassend gegenübergestellt.

Tabelle 6: Auswirkungen auf den Planungsbereich des HRB

Abfluss Mangfall am Pegel Feldolling	Ist-Zustand	Bezugszustand (Ist-Zustand + BA02)	Planungszustand
$Q < HQ_{35}$	Keine Überschwemmung	Keine Überschwemmung	Keine Überschwemmung[2]
$HQ_{35} <= Q$ $Q < HQ_{100}$	Überschwemmung bis zu ca. 123 ha, Einstautiefen bis ca. 2,5 m; Gesamteinstaudauer bis ca. 6 Tage	Überschwemmung bis zu ca. 123 ha; Einstautiefen bis ca. 2,5 m; Gesamteinstaudauer bis ca. 6 Tage	Keine Überschwemmung[2].
$HQ100 < Q$ $Q < BHQ$	Überschwemmung von mehr als 123 ha; Einstautiefen > 2,5 m; Gesamteinstaudauer > 6 Tage	Überschwemmung von mehr als 123 ha; Einstautiefen > 2,5 m; Gesamteinstaudauer > 6 Tage	Überschwemmung bis zu ca. 112 ha; Einstautiefen bis ca. 9 m, Gesamteinstaudauer bis ca. 3,5 Tage

- Insgesamt ergibt sich somit durch die geplanten Maßnahmen für den Bereich des HRB bei Abflüssen $HQ_{30} <= Q< BHQ$ eine Verbesserung der Überschwemmungssituation im Gebiet des geplanten HRB.

- Ab einem Hochwasserabfluss mit Einsatz des HRB, dieses Ereignis entspricht einer Jährlichkeit von seltener als 100 Jahren, ergeben sich geringere Einstauflächen, bei kurzzeitig größeren Einstautiefen im Planungsbereich des HRB. Die Entleerung der eingestauten Flächen im HRB erfolgt jedoch schneller als im Bezugszustand bzw. Ist-Zustand.

[2] Annahme: Wenn in der Mangfall ein Hochwasser > HQ_{30} und gleichzeitig am Inn ein Hochwasser > HQ_{100} auftritt, dann ist das Überschwemmungsgebiet < 112 ha. Gesamteinstaudauer < 3,5 Tage. Eintretenswahrscheinlichkeit seltener als 1 Mal in 200 Jahren.

7 Qualitative Grundwasserüberwachung (WWA Rosenheim)

Die in das qualitative Messprogramm des WWA Rosenheim einbezogenen Grundwassermessstellen sind aus Anlage A-8.1 ersichtlich. Der vorgesehene Analyseumfang ist aus Anlage A-8.2 zu entnehmen. Anlage A-8.3 enthält das Konzept für die qualitative Beweissicherung zur Grundwasserbeeinflussung des WWA Rosenheim.

Projektbearbeiter:
Dipl.-Ing. D. Knötschke

Augsburg, im Juli 2013
Björnsen Beratende Ingenieure GmbH

i.V.

ppa.

gez. Keyl
Dipl.-Ing. M.Keyl

gez. Ueberfeldt
Dipl.-Ing. R. Ueberfeldt