



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite	
1	Vorhabensträger	3
2	Zweck des Vorhabens	3
3	Bestehende Verhältnisse	3
3.1	Örtliche Situation	3
3.2	Gewässersystem	4
3.3	Grundwasser	4
4	Art und Umfang des Vorhabens	9
4.1	Drainagenetz in den Quadranten Q I, Q II und Q IV	9
4.2	Drainage im Quadranten Q III	11
4.3	Aufgaben und Funktionen	13
4.4	Bisherige Inbetriebnahmen	14
4.5	Geplante Schieber-Einstellungen	15
4.6	Bedeutung für die Regenwasserableitung	18
5	Auswirkungen des Vorhabens	20
6	Rechtsverhältnisse	21
7	Durchführung des Vorhabens	21
8	Wartung und Verwaltung der Anlage	21

Anhang 1: Systemskizzen Zulauf Drainagen

Anhang 2: Betriebssituation Drainage in Quadranten Q I, Q II und Q IV

Anhang 3: Stellungnahme zum Durchlässigkeitsbeiwert vom Grundbaulabor München

Anhang 4: Filterberechnungen nach Terzaghi

Anhang 5: Rechtsverhältnisse Grundstückssituation

Anhang 6: Zielkorridore der Grundwasserdrainage

Anhang 7: Grundwassergleichen Geotechn. Ing. Gesellschaft Prof. Dr. Schuler Dr.-Ing. Gödecke mbh

1 Vorhabensträger

Der Vorhabensträger zur Grundwasserdrainage für das Wohngebiet „Urbanes Leben am Papierbach“ in Landsberg am Lech ist

Am Papierbach Entwicklungsgesellschaft mbH
Gautinger Straße 1d
82319 Starnberg
Telefon 08151 65225100.

Die Am Papierbach Entwicklungsgesellschaft mbH hat die Grundbaulabor München GmbH und die SEHLHOFF GMBH mit der Erstellung der Unterlagen für den Wasserrechtsantrag dieses Vorhabens beauftragt. Der Wasserrechtsantrag wurde im Oktober 2019 bereits vorgelegt und dann aufgrund neuer Erkenntnisse mehrfach aktualisiert. Die Grundwasserdrainage wurde mit dem Ziehen der Spundwände im Süden und Osten von Q I ab Mitte Mai 2020 in Betrieb genommen, wasserrechtlich gesichert durch ein Übergangswasserrecht.

2 Zweck des Vorhabens

Die Errichtung der großen Baukörper für das Wohngebiet „Urbanes Leben am Papierbach“ auf dem ehemaligen Gelände der Pflugfabrik in Landsberg am Lech verändert den Grundwasserabfluss zum Lech. Im Bescheid zur Bauwasserhaltung im Quadranten Q I vom 24.10.2018 wird im Kapitel 1.4 Beschreibung der Anlagen ein rechnerischer Grundwasseranstau von 1,75 m genannt. Aus diesem Grund ist ein regulierendes Grundwasserdrainagenetz im Baugebiet geplant, mit dem die Grundwasserstände und auch die Grundwasserzuflüsse zur geplanten Grundwasserentnahme für geothermische Zwecke geregelt werden können. Für dieses Netz besteht bereits ein Wasserrechtsbescheid vom 26.08.2018, der aber nur vorläufig ist und bereits am 31.12.2019 endete und durch Übergangswasserrechte ergänzt wurde.

Zweck dieses Vorhabens ist es daher, die Gehobene Erlaubnis für den Bau und Betrieb der Grundwasserdrainage-Anlage nach § 15 WHG zu beantragen.

3 Bestehende Verhältnisse

3.1 Örtliche Situation

Das geplante Wohngebiet „Urbanes Leben am Papierbach“ entsteht zwischen Spöttinger Straße und Von-Kühlmann-Straße in Landsberg am Lech, auf dem Gelände der ehemaligen Pflugfabrik.

Das gesamte Areal ist unterteilt in 4 Quadranten, getrennt durch den geplanten Lechbogen in West-Ost-Richtung und die bestehende Bahnlinie Kaufering-Landsberg in Süd-Nord-Richtung. Die Quadranten Q I und Q III liegen östlich, die Quadranten Q II und Q IV westlich der Bahnlinie.

Der Abriss der alten Gebäude der Pflugfabrik ist erfolgt, die Gebäude in den Quadranten Q I und Q II bereits größtenteils errichtet. Momentan läuft die Vorbereitung des Geländes für den Bau der Gebäude im Quadranten Q III östlich der Bahnlinie.

Der Papierbach verläuft durch die südlichen Quadranten Q II und Q I und durchschneidet das Planungsgebiet von Westen nach Osten.

Die Höhenlage des Planungsgebietes bewegt sich vorwiegend zwischen 584,0 m ü NN und 586,5 m ü NN.

3.2 Gewässersystem

Das geplante Wohngebiet befindet sich im Einzugsgebiet des Papierbachs. Der Papierbach besitzt ein oberflächiges Einzugsgebiet von rund 23 ha und wird aus einem Quellgebiet an der Rot-Kreuz-Straße und aus der Verrohrung vom Hungerbach (Drainageanschlüsse) gespeist. Weitere Quellen erhöhen den Basisabfluss des Papierbachs auf seinem Weg zum Lech.

Der Papierbach erreicht das Planungsgebiet nach Querung der Spöttinger Straße und verläuft dann als rund 4 m breiter Bach bis zur Querung der Bahnlinie.

Der Papierbach quert die Bahnlinie durch einen 3,10 m breiten und 0,80 m hohen rechteckigen Durchlass. Unterhalb der Bahnlinie verläuft der Papierbach in einem neuen offenen Gewässerbett bis zu einem neu angelegten Teich. Der Ablauf aus dem Teich mündet in einen Durchlass unter der Von-Kühlmann-Straße (1,60 m breit und 0,50 m hoch). Anschließend verläuft der Papierbach durch den Park am Herkomer Museum, ehe er nach mehreren Abstürzen in den Lech einmündet.

3.3 Grundwasser

Das Grundwasser bewegt sich im quartären Grundwasserhorizont in nordöstlicher Richtung. Ein Teilstrom schwenkt am südlichen Rand des Planungsgebietes in Richtung Osten zum Lech und mündet in den Lech. Die Sohle des Grundwasserleiters bildet der tertiäre Grundwasserstauer, der in Richtung des Lechs nördlich des Quadranten Q III und südlich des Quadranten Q I ansteigt und im Übergangsbereich der Quadranten einen Trichter bildet, in dem bereits in der Vergangenheit durch den Betrieb einer Grundwasserdrainage unter der ehemaligen Halle C der ehemaligen Pflugfabrik Grundwasserstand und Grundwasserableitung geregelt wurden. Auch wenn die Gebäude schon abgerissen wurden, so diente die alte Drainage noch eine Zeitlang der bauzeitlichen Grundwasserhaltung im Quadranten Q III.

Bei einer Stichtagsmessung am 26.09.2017 wurde der Ablauf der Drainage zum Lech von der SEBA Hydrometrie GmbH + Co. KG gemessen und dabei 16,1 l/s festgestellt.

In der Aktennotiz zur Wasserdurchlässigkeit im Untergrund der Grundbaulabor München GmbH (siehe Anhang 3 der Erläuterung) wurde auf die Inhomogenität des obersten Grundwasserleiters hingewiesen und dementsprechend schwankende Durchlässigkeiten. Die ersten hydraulischen Berechnungen der Drainageleitung erfolgten daher mit einer Schwankungsbreite: k_f -Wert von 5×10^{-4} m/s, 1×10^{-3} m/s und 5×10^{-3} m/s.

Bei den nachfolgenden Inbetriebnahmen von Teilen der Drainage zunächst in Q I und später in Q I und Q II erfolgte eine Überprüfung der Durchlässigkeit mit dem Ergebnis, dass sich der k_f -Wert ungefähr bei 2×10^{-3} m/s befindet. Mit diesem k_f -Wert wurde nachfolgend weitergerechnet, hier bestand auch eine gute Übereinstimmung von Rechnung und Entnahme beim Probetrieb der Geothermie.

Wegen der hohen Bedeutung der Grundwasserbewegungen wurden bereits frühzeitig Grundwassermessstellen eingerichtet und für ständige Messungen ausgerüstet. Messergebnisse liegen teilweise schon seit 2016, auf jeden Fall seit Ende 2018 vor.

Im Planungsgebiet bzw. im Umfeld des Planungsgebietes liegen folgende Grundwassermessstationen vor (siehe auch Übersichtslageplan Drainage, in dem die Grundwassermessstellen im Planungsgebiet eingezeichnet sind):

Im Oberstrom des Planungsgebietes:

GWMSSt LL-B: Hungerbachweg, gegenüber Haus-Nr. 4

GWMSSt LL-GW2: nordwestlich Bahnhof Landsberg

Im Planungsgebiet:

GWMSSt LL-C-neu: östlich Spöttinger Straße, nördlich Papierbach

GWMSSt LL-H: östlich Spöttinger Straße, nordöstlich Kreisel

GWMSSt LL-8-neu: westlich Bahnlinie, nördlich Papierbach

GWMSSt LL-LAN459: östlich Bahnlinie, auf Höhe ehem. Karl-Schrem-Bau Nord

GWMSSt LL-LAN460: östlich Bahnlinie, auf Höhe ehem. Karl-Schrem-Bau Süd

Im Unterstrom des Planungsgebietes:

GWMSSt LL-D: Herkomer Park Nord

GWMSSt LL-F: Herbstweg, westlich Von-Kühlmann-Straße

Die beobachteten Schwankungen der Grundwasserstände sind hauptsächlich jahreszeitlich bedingt. Auswirkungen von der Baustelle zeigen sich bei den Grundwassermessstellen im bzw. in unmittelbarer Nähe zum Baustellenbereich.

Nachfolgend werden die Grundwasserstände sämtlicher Stationen kurz erläutert:

GWMSSt LL-B: Hungerbachweg, gegenüber Haus-Nr. 4

Bei dieser Messstelle liegen Daten seit 01.07.2016 vor. Es herrschen ausgeprägte jahreszeitliche Schwankungen mit Tiefpunkten meistens zu Jahresbeginn und Hochpunkten im Frühjahr bzw. Jahresmitte. Die Hochpunkte schwanken zwischen 585,45 m ü. NN und 585,90 m ü. NN, die Tiefpunkte zwischen 584,90 m ü. NN und 585,25 m ü. NN. In den letzten zwei Jahren ergab sich ein uneinheitliches Bild der jahreszeitlichen Schwankungen. Während in 2022 kein Hochpunkt zu erkennen ist, gab es in 2023 zwei Hochpunkte, einer Anfang Juni und einer wie in den Jahren zuvor zum Jahreswechsel (2024). Die Tiefpunkte in 2022 und 2023 lagen bei 584,95 m ü. NN und die Hochpunkte in 2023 bei 585,50 m ü. NN und 585,65 m ü. NN. Es sind keine Auswirkungen durch die Baustelle erkennbar.

GWMSSt LL-GW2: nordwestlich Bahnhof Landsberg

Daten liegen seit Ende 2017 vor. Es besteht eine jahreszeitlich geprägte Ganglinie mit einer Reihe von Peaks, ansonsten aber geringen Schwankungen. Die Werte (ohne Peaks) liegen bei 584,65 m ü. NN bis 584,75 m ü. NN (Tiefpunkte bei Jahreswechsel) bzw. bei 584,80 m ü. NN bis 584,90 m ü. NN (Hochpunkte in der Jahresmitte). Ab Anfang 2022 bewegten sich die Grundwasserstände auf einem tieferen Niveau (584,50 m ü. NN) und haben sich mit einem Hoch Mitte 2023 (584,66 m ü. NN) teilweise und erst im Januar 2024 (584,80 m ü. NN) wieder erholt. Es sind keine Auswirkungen durch die Baustelle erkennbar.

Im Planungsgebiet:

GWMSt LL-C-neu: östlich Spöttinger Straße, nördlich Papierbach

Daten liegen seit 2018 vor (vorher gab es die Messstelle GWMSt LL-C). Auch hier sind geringe jahreszeitliche Schwankungen erkennbar (Hochpunkt – Tiefpunkt in 2019 bei 584,65 m ü. NN bzw. 584,35 m ü. NN), aber nicht sehr ausgeprägt. Im Jahr 2020 steigen die Wasserspiegel bis 585,15 m ü. NN. Besonders große Ausschläge nach oben und unten lassen auf Einflüsse aus der Baumaßnahme (Baugrube Q II) schließen. Ende 2021 fiel der Grundwasserstand um 1,0 m, zum Zeitpunkt, als in Q II die Spundwände gezogen wurden und die nahegelegene Drainage in Betrieb ging. Im Endzustand mit Drosselung der Drainageabflüsse wird der Grundwasserstand hier wieder ansteigen.

GWMSt LL-H: östlich Spöttinger Straße, nordöstlich Kreisel

Die Messungen liegen seit 2016 vor und beschreiben eine jahreszeitliche Ganglinie mit nur wenigen Peaks. Die Hochpunkte liegen bei 583,70 m ü. NN bis 584,20 m ü. NN. Die Tiefpunkte zu Jahresbeginn schwanken zwischen 583,40 und 583,65 m ü. NN. In 2022 gab es keinen Hochpunkt (Tiefpunkt 24.09.2022 mit 583,27 m ü. NN), in 2023 gab es einen Hochpunkt am 16.06.2023 mit 583,61 m ü. NN und einen weiteren zum Jahresende (Spitze am 25.01.2024 mit 583,84 m ü. NN). Auswirkungen wegen der Baumaßnahme sind nicht offensichtlich erkennbar. Zum einen fällt der sinkende Grundwasserstand Ende 2021 mit der Inbetriebnahme der Drainage in Q II zusammen (deren Ende allerdings noch fast 100 m von dieser GWMSt entfernt liegt), andererseits hat sich an der Leistung der Drainage bis heute nichts geändert und es werden in der GWMSt wieder Wasserstände mit Hochpunkten wie vor der Inbetriebnahme erreicht. Die Entwicklungen der GWMSt sind somit eher auf natürliche Gegebenheiten zurückzuführen (Regenperioden und Trockenperioden).

GWMSt LL-8-neu: westlich Bahnlinie, nördlich Papierbach

Messdaten liegen seit 2018 vor. Jahreszeitliche Schwankungen liegen gering ausgeprägt vor, zwischen 584,10 m ü. NN und 584,40 m ü. NN. Eine zeitlich begrenzte Auswirkung der Baustelle liegt im April 2019 vor, als während der Rammborung unter dem Bahngleis eine plötzliche und deutliche Grundwasserabsenkung (bis 583,60 m ü. NN als Peak) festgestellt wird. Dagegen sind in 2020 ansteigende Grundwasserstände zu beobachten, bis 584,60 m ü. NN, Ende 2021 sogar bis 584,83 m ü. NN. Dieser hohe Grundwasserstand kann bereits mit dem Spundwandkasten in Q II in Zusammenhang stehen, das Absinken des Grundwasserstandes Ende 2021 auf 583,03 m ü. NN steht in jedem Fall mit der Inbetriebnahme der Drainage in Q II in Zusammenhang. Die Grundwassermessstelle liegt direkt neben der Drainageleitung. Trotz der Nähe sind jahreszeitliche Entwicklungen wie in anderen weiter entfernt liegenden Grundwassermessstellen zu erkennen.

GWMSt LL-LAN459: östlich Bahnlinie, auf Höhe ehem. Karl-Schrem-Bau Nord

Messdaten liegen seit 2018 vor. Zunächst folgen die Grundwasserstände einem jahreszeitlichen Verlauf bis auf einen Höchstwert von 583,75 m ü. NN Mitte 2019. Anfang 2020 fallen die Werte plötzlich auf einen Grundwasserstand von rd. 583,20 m ü. NN und verharren hier. Erst Mitte 2020 steigen die Grundwasserpegel wieder bis auf einen Wert von 583,55 m ü. NN. Diese Schwankungen sind auf den Baubetrieb von Q II zurückzuführen. Seit Inbetriebnahme der Drainage Q II Ende 2021 ist dieser Brunnen vermutlich trocken gefallen und bringt keine aussagekräftigen Ergebnisse mehr.

GWMSSt LL-LAN460: östlich Bahnlinie, auf Höhe ehem. Karl-Schrem-Bau Süd
Messdaten liegen seit 2018 vor. Jahreszeitliche Schwankungen gibt es nur gering ausgeprägt zwischen 584,00 m ü. NN und 584,20 m ü. NN. Wie bei Grundwassermessstelle GWMSSt LL-8-neu ist im April 2019 eine plötzliche Grundwasserabsenkung zu beobachten (wegen der Rammbohrung unter dem Bahngleis). Ebenfalls wie bei der genannten Grundwassermessstelle steigen die Grundwasserstände in 2020 an, bis auf 584,50 m ü. NN. Mit Inbetriebnahme der Drainage in Q II fällt der Grundwasserstand um rd. 0,80 m ab.

Im Unterstrom des Planungsgebietes:

GWMSSt LL-D: Herkomer Park Nord

Messdaten liegen seit 2016 vor. Zunächst verharrte der Grundwasserstand relativ konstant bei 579,30 m ü. NN. Ende 2017 fiel der Grundwasserstand auf 579,10 m ü. NN und stieg dann in den Folgemonaten wieder an bis auf 579,30 m ü. NN. Mit der Inbetriebnahme der Grundwasserdrainage in Q I ab Mitte Mai 2020 stieg der Grundwasserstand zunächst bis 579,55 m ü. NN und dann konstant weiter bis 579,75 m ü. NN. Hintergrund ist die Tatsache, dass die Drainage zunächst Grundwasser aufnimmt und dann in der Haltung zwischen D1-01 und D1-02 wieder abgibt an den Grundwasserleiter zum Lech. Genau hier befindet sich diese Grundwassermessstelle. In 2022 verharrte der Grundwasserstand relativ konstant bei 579,75 m ü. NN und stieg ab Mitte April 2023 an bis zu einem Spitzenwert von 580,12 m ü. NN am 20. Januar 2024.

GWMSSt LL-F: Herbstweg, westlich Von-Kühlmann-Straße

Diese Grundwassermessstelle greift auf Daten bis 2016 zurück und fällt auf wegen ihrer Konstanz (mit Ausnahme einiger extremer Peak-Ausschläge). Es gibt keine jahreszeitlichen Schwankungen. Stattdessen verharrt der Grundwasserstand bei 582,80 m ü. NN, ab 2018 bei 582,75 m ü. NN bis 582,77 m ü. NN. Ab 09.12.2023 steigt der Grundwasserstand an bis zu einem Höchstwert von 583,31 m ü. NN am 28.01.2024. Eventuell besteht hier ein Zusammenhang mit dem Bau des Spundwandkastens von Q III.

Wenn man die tatsächlich gemessenen Grundwasserstände zu verschiedenen Zeiten von 2016 bis heute innerhalb des Planungsgebietes zu Grundwassergleichen verbindet, so fallen 3 Tatsachen auf:

1. Die Grundwasserfließrichtungen haben sich über die Jahre trotz des Baustellenbetriebs kaum verändert.
2. Das größte Grundwassergefälle besteht im Süden des Planungsgebietes und verläuft von Westen nach Osten auf den Lech zu. Hier erfolgt der größte Grundwasserabfluss. Auf einer Strecke von nur 110 m zwischen Bahnlinie und Herkomer Park fällt der Grundwasserstand um rd. 5,0 m (=> Grundwassergefälle von 4,5 %).
3. Das geringste Grundwassergefälle besteht in einem weiten Bogen westlich und nördlich um das Planungsgebiet herum. Hier fällt der Grundwasserstand von der Spöttinger Straße nördlich des Kreisels bis zum Herbstweg auf einer Strecke von 240 m nur um rd. 1,0 m (Grundwassergefälle 0,42 %).

Für das Projekt „Urbanes Wohnen am Papierbach“ bedeutet das, dass trotz der erheblichen Auswirkungen der Baumaßnahme auf den Untergrund (Tiefgarage) das Grundwasser seinen Abfluss fortführt, entweder südlich des Planungsgebietes vorbei direkt zum Lech oder mit geringen Fließgeschwindigkeiten in einem weiten Bogen westlich und nördlich am Planungsgebiet vorbei.

Diese Aussage ändert aber nichts an der Notwendigkeit und Funktion des geplanten Drainagesystems. Das Drainagesystem kann negative Auswirkungen auf den Grundwasserstrom regeln und ausgleichen. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass die Regenentwässerung des Planungsgebietes zukünftig über Rigolen in den Untergrund erfolgt, während diese Regenwässer früher in den Mischwasserkanal eingeleitet wurden. Diese zusätzlichen Wassermengen gelangen schließlich auch in die nächstgelegenen Drainageleitungen und werden zeitverzögert abgeleitet zum Lech. Der Untergrund dient somit zusammen mit den Rigolenkörpern wie ein Retentionsraum, die Ableitung wird durch die Drainageleitungen gewährleistet. Direkte Ableitungen in den Lech müssten weit größer dimensioniert werden als die Drainageleitungen und würden zu unerwünschten extremen Einleitungsabflüssen in den Lech führen, die mit dem geplanten System vermieden werden.

Im Bescheid für das Aufstauen, Absenken und Umleiten von Grundwasser vom 26.09.2018 (auf Grundlage des wasserrechtlichen Antrages von der Grundbaulabor München GmbH vom 28.03.2018) sind die Grundwasserstände MGW (Mittlerer Grundwasserstand) und HHGW (Höchster Grundwasserstand) für alle 4 Ecken der 4 Quadranten des Bauvorhabens abgeschätzt und für nachfolgende Berechnungen festgelegt worden.

Für diese Grundwasserstände wird das Abflussverhalten grob abgeschätzt. Wie bereits gesagt sind zwei Fließbewegungen auf dem Baugrundstück zu beobachten und zu unterscheiden. Die Grundwasserfließrichtung kommt von Südwesten und trifft auf das Baugrundstück. Ein Teilstrom knickt dann nach Osten ab und läuft mit relativ hohem Gefälle zum Lech (auf einer Breite von rd. 80 m, GW-Strom Q II – Q I), während ein breiterer Strom (Breite rd. 150 m, GW-Strom Q II – Q IV) sich nach Nordosten bewegt, mit einem deutlich schlechteren Gefälle und das Baugrundstück mit Fließrichtung Nordosten zunächst parallel zur Lechschleife wieder verlässt.

Die natürlichen Grundwasserabflüsse betragen grob geschätzt:

Allgemeine Formel nach Darcy: $Q = A \times v = A \times k_f \times I$

Für MGW

GW-Strom Q II – Q I - Lech

$Q_{GW} = 80 \text{ m} \times 2,0 \text{ m (Mächtigkeit Wasserstand)} \times 0,002 \text{ (} k_f\text{-Wert } 2 \times 10^{-3} \text{ m/s)} \times 0,045 \text{ (Gefälle } 4,5 \text{ ‰)} = 14,4 \text{ l/s}$

GW-Strom Q II – Q IV – NO

$Q_{GW} = 150 \text{ m} \times 2,0 \text{ m (Mächtigkeit)} \times 0,002 \times 0,0042 \text{ (Gefälle } 0,42 \text{ ‰)} = 2,5 \text{ l/s}$

Summe: $Q_{MGW} = \text{rd. } 16,9 \text{ l/s.}$

Für HHGW (GW-Stand rd. 2,0 m höher, aber Mächtigkeit der durchlässigen Schicht nur rd. 1,0 m über MGW)

GW-Strom Q II – Q I - Lech

$Q_{GW} = 80 \text{ m} \times 3,0 \text{ m} \times 0,002 \times 0,045 = 21,6 \text{ l/s}$

GW-Strom Q II – Q IV – NO

$Q_{GW} = 150 \text{ m} \times 3,5 \text{ m (GW-Stand rd. } 1,5 \text{ m höher, in durchlässiger Schicht)} \times 0,002 \times 0,0042 = 4,4 \text{ l/s}$

Summe: $Q_{HHGW} = \text{rd. } 26,0 \text{ l/s.}$

4 Art und Umfang des Vorhabens

4.1 Drainagenetz in den Quadranten Q I, Q II und Q IV

Das Hauptdrainagenetz verläuft durch die 3 Quadranten Q I, Q II und Q IV und entwässert in die bereits bestehende Ableitung DN 500 zum Lech, an die früher der Ablauf der Wassergasse auf dem Gelände der Pflugfabrik angeschlossen war.

Von hier verläuft eine Drainageleitung PE-HD Da 450 x 25,5 mm mit Schlitzweiten von 8 mm zunächst zwischen Gebäude und Von-Kühlmann-Straße nach Süden und knickt dann nach Westen ab, in Richtung Q II. Die Drainageleitung verläuft am Rand der zum Bau errichteten Baugrube, die eine Verlegung im Trockenen (ohne Grundwasserzufluss) erlaubte.

Ein zusätzlich geplanter Stich nach Süden mit einem Vollsickerrohr PE-HD Da 225 x 12,8 mm wurde nicht gebaut. Es ist nicht mehr notwendig, weiteres Grundwasser von Süden aufzunehmen, weil die für die Geothermie benötigte Wassermenge von ursprünglich 70 l/s auf 24,7 l/s begrenzt werden konnte.

Die Bahnquerung erfolgte mit einem Vollrohr (im Schutzrohr). Westlich der Bahnquerung (im Quadranten Q II) führt die Hauptdrainage dann mit 2 Trassen um den Gebäudekomplex im Quadranten Q II. An der Vereinigungsstelle D2.10 folgt die Verbindung weiter zum Quadranten IV, in dem ein Vollsickerrohr PE-HD Da 225 x 12,8 mm die Gebäudekomplexe dieses Quadranten westlich und nördlich umschließt.

Die Vollsickerrohrverlegung geschieht mit einem Gefälle in Richtung Lech zwischen 4 und 6 ‰. Das bedeutet unter anderem, dass die Verlegung zum großen Teil (Quadrant Q I und fast im gesamten Bereich des Quadranten Q II) bis 1,0 m unterhalb der Sohle des Grundwasserstauers erfolgt. Für die Anströmung bedeutet dies, dass nach Ziehen der Spundwände der Baugrube der Grundwasserzustrom über eine Kante des Grundwasserstauers (der jenseits der Baugrube nicht angetastet wurde) in den Graben des Drainagerohres erfolgt (siehe Skizzen - Querschnitte im Anhang 1). Erst ab Schacht D2-08 im Quadranten Q II taucht das Vollsickerrohr auf und verläuft dann oberhalb der Sohle des Grundwasserstauers im Kies des Grundwasserleiters.

Die Vollsickerrohre werden eingebettet in ein Kiesbett 16/32. Innerhalb des Grundwasserleiters reicht dieser Filter aus, um eine Filterstabilität zu erhalten (siehe Berechnungen nach Terzaghi im Anhang 4 der Erläuterung). In den Bereichen, in denen das Grundwasser vom Grundwasserstauer in den Graben des Sickerrohres fließt, ist zur Filtersicherheit ein weiterer Filter 0/32 zwischen Grundwasserstauer und Filterkies 16/32 einzubringen (siehe Querschnitte Drainage Q1 in Anlage 3.2).

Eine Besonderheit dieses Hauptdrainagenetzes besteht darin, dass das abgeführte Drainagewasser genutzt werden soll, zunächst von der Geothermie zu Heizungszwecken und weiter unterhalb noch zur Speisung der Brunnenanlage „Wasserspiele“. Dazu ist es geplant, im Schacht D1-05 bis 24,7 l/s für die Geothermie zu entnehmen und im Schacht D1-04 wieder einzuleiten. Im Schacht D1-03 werden bis zu 30 l/s für den Brunnen entnommen und im Schacht D1-02 wieder eingeleitet. Für diese Nutzungen wurde ein eigener Wasserrechtsantrag gestellt. Im Rahmen der Drainageplanung wurden die Grundwasserzuflüsse grob ermittelt, sowohl für die bereits erfolgte Inbetriebnahme der Drainage in Q I und Q II als auch für den geplanten Endzustand mit Q IV und mit Einstellung der Drosseln.

Die Berechnungsergebnisse bzw. Betriebszustände sind im Anhang 2 tabellarisch dargestellt, die Berechnungen erfolgten für die angetroffenen Untergrundsituationen (Fälle siehe Anhang 1) mit folgenden Formeln:

Fall 1 und 2 (Drainage im GW-Leiter): $Q = l_{\text{drain}} \times k_f \times (H^2 - h^2) / (R - r) / 2$ (einseitiger Zufluss) mit

l_{drain} : Länge der Drainageleitung

k_f -Wert: Durchlässigkeit Untergrund

H: Eintrittshöhe bei GW-Stand

h: Eintrittshöhe bei Drainage

R: Reichweite der Absenkung (für Drainagen)

Fall 3 (Drainage im GW-Stauer):

Wie vor, aber h gemessen an der Kante Höhengsprung UK Grundwasserleiter zu Graben Drainage

Die Zuflussberechnungen wurden ohne Berücksichtigung eines Ansatzes für einen zu erwartenden Grundwasseraufstau aufgrund der Gebäudekomplexe mit Tiefgarage durchgeführt (weil dieser Aufstau nur ohne eine Drainage eintritt), auf Grundlage der bestehenden bzw. über Jahre gemessenen Grundwasserstände. Bei den durchgeführten Zuflussberechnungen zu den Drainagen für die Durchlässigkeit k_f -Wert = 2×10^{-3} m/s und für verschiedene Grundwasserstände (MGW, MGW \pm 0,5 m und HHGW und HHGW – 0,5 m) haben sich folgende Eckpunkte gezeigt (Ergebnisse in Tabelle im Anhang 2 der Erläuterung). Die Drainage ist in der Lage, das Grundwasser auf das Niveau der Leitungsverlegung abzusenken. Die Reichweite bis zur Einflussgrenze (Absenkung = 0 m) schwankt je nach Wasserstand und Betriebsfall (Schieber offen, wie heute, oder teilweise geschlossen) i. d. R. zwischen 20 m und 25 m, im aktuellen Betrieb mit offenen Schiebern bei hohen Grundwasserständen auch bis 30 m, im Endzustand an den Enden der Drainage auch unter 15 m. Außerhalb dieser Grenze erfolgt keine hydraulische Beeinflussung des Grundwasserstandes.

Die Grundwasserdrainage, die die Quadranten I, II und IV umschließt, wird vom Zufluss des Grundwassers (aus Südwest) direkt und zuerst versorgt. Die dahinter praktisch im Grundwasserschatten liegenden Drainagen erhalten weitaus weniger Zufluss, weil hier der Grundwasserstand schon vorgeregelt ist und die Versorgung aus dem „Meer“ des Grundwassers nur auf schmalen Korridoren zwischen den Gebäuden erfolgen kann.

Eine Besonderheit der Drainage besteht in der Regelbarkeit. In der hier beschriebenen Hauptdrainage sind an 5 Stellen Schieber vorgesehen, die aktuell wegen der aktiven Grundwasserhaltung und Auftriebssicherung in Q II offenstehen, im Endzustand aber den Wasseranfall auf das notwendige Maß von rd. 24,7 l/s bis 30 l/s begrenzen. Auf diese Weise können Abfluss und Grundwasserstände geregelt und auf das Maß eingestellt werden, das ein Optimum darstellt.

Die Entnahme von 24,7 l/s für die Geothermie ist selbst bei einem Grundwasserstand von MGW – 0,5 m noch möglich, wenn im Drosselschacht D2-01 mit dem Schieber 89,2 % der Querschnittshöhe verschlossen wird. Der Verschluss findet statt, um dem Grundwasser nicht mehr Wasser zu entnehmen als erforderlich.

Die Grundwasserentnahmen für die Versorgung von Geothermie und Wasserspiele geschehen durch Pumpen, die in den besagten Schächten installiert werden. Da die Drainagen in der Lage sind, das Grundwasser bis auf die Drainagehöhe abzusenken, die Pumpen für die Entnahme aber voll im Wasser stehen müssen, erhalten die Entnahmeschächte eine Übertiefe von 1,0 m (2 Pumpen im D1-05) bzw. 0,5 m (1 Pumpe im D1-03).

Eine weitere Besonderheit des Drainagenetzes besteht in seinen Notentlastungen, die zur Sicherheit vom Wasserwirtschaftsamt Weilheim gefordert wurden. Auch bei extremen Grundwasserständen und bei Versagen der Grundwasserableitung sollen Notentlastungen für eine gesicherte Grundwasserableitung sorgen. Eine Notentlastung besteht im Quadranten Q II bei Schacht D2-14 (siehe Lageplan Drainage gesamt, Anlage 2.3). Hier ist eine Überfallschwelle geplant, bei 584,00 m ü. NN.

Die Rechenergebnisse für den aktuellen Bestand sowie die aktuellen Beobachtungen zeigen, dass mit offenen Schieberstellungen die Grundwasserstände nicht (bzw. nur bei sehr hohen Grundwasserständen von HHGW) über den Scheitel der Drainageleitung hinaus ansteigen. Selbst bei HHGW wird die Leistung der Drainageleitungen durch den hohen Zufluss zwar überschritten, es kommt dennoch nicht zu einem Anspringen der Notentlastung in Q II. Erst mit Begrenzung der Abflüsse von Q I nach Q II mittels Schieberstellung kann ein Anspringen der Notentlastung in Q II eintreten, jedoch auch dieses erst ab Grundwasserständen von MGW + 0,25 m.

Die Notentlastung im Schacht D2-14 ist an einen geplanten Kanal DN 500 angeschlossen, der im Medienkorridor verläuft und eine eigene Einleitung in den Lech besitzt. Die Hauptfunktion dieses Regenwasserkanals DN 500 besteht in der Regenwasserableitung der Flächen der Bahnunterführung. Weiter sind an diesen Kanal die Drainagen angeschlossen, die eigens zur Absicherung der Bahnunterquerung geplant sind (siehe nachrichtliche Darstellung im Lageplan Drainage gesamt, Anlage 2.3). Mit diesen Drainagen soll der Grundwasserstand ab einem mittleren Grundwasserstand geregelt werden. Ansteigendes Grundwasser darf weder für die Bahnunterquerung noch für das umgebende Gelände in Q I eine Gefahr der Überflutung darstellen.

Eine weitere Notentlastung erfolgt im Zusammenhang mit der im folgenden Kapitel 4.2 beschriebenen Drainageleitung südlich vom Quadranten Q III im Lechbogen, die an eine andere bestehende Ableitung zum Lech angebunden wird. Zur Sicherheit wird eine Verbindung über ein Vollrohr DN 500 zwischen den beiden Drainagesystemen von Q I bis Q IV und dem System von Q III geschaffen. Wenn ein Drainagesystem nicht ableiten kann, so übernimmt die Ableitung der anderen Drainage die gemeinsame Ableitung. Die Notentlastung kann somit in beiden Richtungen genutzt werden.

4.2 Drainage im Quadranten Q III

Das 2. Drainagesystem dient einzig der Aufnahme von Grundwässern im Lechbogen / Medienkorridor. Hier befinden sich mehrere Rigolen für die Regenwasserableitung verschiedener Gebäude in Q III und in Q I. Im Untergrund stellt sich ein Abfluss in Richtung Lech ein. Um diesen Abfluss zu unterstützen, besteht die Drainage mit Anschluss an einen Bestandskanal DN 500 in Richtung Lech.

Diese Drainage ist für die Regelung des Grundwasserabflusses und Grundwasserstandes vorwiegend für den Quadranten Q III (und den Nordrand des Quadranten Q I) zuständig. Der Wasseranfall ist weitaus geringer als im Hauptdrainagenetz, weil praktisch kein direkter Zufluss aus dem Grundwasser erfolgen kann, wegen der Lage im Schatten des Hauptdrainagenetzes. Es sind aber mehrere Rigolen im Lechbogen für die Regenwasserableitung geplant. Das damit in den Untergrund geleitete Wasser kann über die Drainage aufgefangen und abgeleitet werden, wenn der natürliche Grundwasserabfluss zum Lech nicht ausreicht.

Auf der Nordseite von Q III wird auf eine Drainageleitung verzichtet, weil hier der natürliche Grundwasserfluss nach Norden erfolgt und damit ohne Einfluss der Baukomplexe stattfindet. Eine Ableitung von Regenwasser über eine Rigole in den Untergrund kann sich im Norden verteilen und nach Norden abfließen.

Die Drainageleitung von Q III besitzt eine Notverbindung DN 500 zu dem bereits erläuterten Hauptdrainagenetz nach Süden entlang der Von-Kühlmann-Straße.

Im Rahmen der Baugrubenplanung für den Quadranten Q III mit Bohrpfahlwänden und Spundwänden wurden die Grundwasserzuflüsse zum Quadranten Q III näher betrachtet, insbesondere für den Moment, dass die Spundwände im Norden, Süden und Osten gezogen werden. Im Westen besteht dauerhaft eine Bohrpfahlwand entlang der Bahnlinie, die mit einer Oberkante der Bohrpfahlwand von 583,5 m ü. NN bei höheren Grundwasserständen überströmt werden kann. Die Grundwasserstände MGW liegen hier 0,3 m (Süden) bis 1,5 m (Norden) niedriger als die OK Bohrpfahlwand, aber die Grundwasserstände HHGW liegen 1,7 m (Süden) bis 0,5 m (Norden) über der OK Bohrpfahlwand.

Da es für den Bauablauf der zu errichtenden Gebäude B3 und C in Q III erforderlich ist, die Spundwände zu ziehen, bevor die endgültige Auftriebssicherheit der Gebäude erreicht ist, wurden hier zur Beurteilung von Auftrieb und Flutungsöffnungen und für den Bau einer provisorischen Drainageleitung um Q III die Zuflüsse betrachtet und grob berechnet.

Grundwasserstände MGW und HHGW

Im Ergebnis zeigte sich eine sehr unterschiedliche Situation bei den Grundwasserständen MGW und HHGW. Die Tatsache, dass noch keine Bauwerke in Q IV bestehen, bedeutet, dass das Grundwasser von Westen ohne Hindernisse bis Q III zuströmen kann. Der Hauptzufluss zu Q III erfolgt damit von Westen. Die Bohrpfahlwand zur Begrenzung der Baugrube von Q III im Westen (mit bestehendem Anschluss an die Bohrpfahlwand der Bahnunterführung im Süden) führt dazu, dass das Grundwasser bis zu Wasserständen von MGW dieses Hindernis nicht überwinden kann. Selbst bei einem Grundwasseranstau (aufgrund der Hinderniswirkung) würde Grundwasser nur mit unwesentlichen Mengen über die Bohrpfahlwand „schwappen“ können.

Da die natürlichen Grundwasserstände von Süden nach Norden und auch von Westen nach Osten mit teilweise hohem Gefälle absinken, findet bei MGW im Norden und noch eindeutiger im Osten kein Grundwasserzufluss zu Q III statt.

Im Süden schließt an die den Lechbogen der Quadrant Q I mit seiner eigenen Drainage an und der Grundwasserstand ist damit bereits vorgeregelt. Ein Zufluss zur dauerhaften Drainage von Q III findet nur statt, wenn es regnet und der Lechbogen abseits vom Grundwasserzustrom von Süden mit versickerndem Regenwasser versorgt wird.

Die Wirkung der bestehenden Bohrpfahlwand im Westen wird auch deutlich, wenn man die Berechnungen ohne diese Wand durchführt. In diesem Fall bestehen von Westen Grundwasserzuflüsse von rd. 2,8 l/s, die mit Berücksichtigung der Bohrpfahlwand auf nahezu 0 l/s sinken.

Bei einem maximalen Grundwasserstand HHGW stellt sich der Grundwasserzufluss ganz anders dar, weil diese Grundwasserstände oberhalb der bestehenden OK Bohrpfahlwand im Westen liegen. Dennoch wird der Grundwasserzufluss von Westen durch die Bohrpfahlwand gebremst, findet aber statt und daher kann auch die geplante Drainage im Süden mit Grundwasser versorgt werden. Bei einer Berechnung ohne Berücksichtigung der Bohrpfahlwand ergibt sich ein Gesamtzufluss zur Drainage Q III von rd. 33,7 l/s, der sich aufgrund der Wirkung der Bohrpfahlwand auf rd. 15,0 l/s verringert.

Insgesamt verteilt sich der Grundwasserzufluss auf rd. 6,75 l/s von Westen, 4,3 l/s von Norden, rd. 3,9 l/s von Süden und 0 l/s von Osten.

Ohne die Bohrpfahlwand im Westen würden die Zuflüsse zur Grundwasserdrainage wie folgt höher liegen: rd. 24,4 l/s von Westen, 6,4 l/s von Norden, rd. 1,8 l/s von Süden und 0 l/s von Osten.

4.3 Aufgaben und Funktionen

Im Bescheid vom 26.09.2018 wurde die Grundwasserdrainage (Aufstauen, Absenken und Umleiten sowie Ableiten von Grundwasser mit Wiedereinleiten des abgeleiteten Wassers in den Lech zur ständigen Wasserhaltung auf dem Bebauungsplangebiet „Am Papierbach“ der Stadt Landsberg am Lech) genehmigt und die ersten Abschnitte gebaut. Damals ging es hauptsächlich um die Vermeidung eines Aufstaus aufgrund der Unterbrechung der Fließvorgänge durch die bis in den Grundwasserstauer ragenden Gebäude, daher mit besonderem Augenmerk auf Notentlastungen, aber auch um die Versorgung der Geothermie mit Grundwasser für die Wärmeengewinnung zu gewährleisten.

Im Laufe des Planungsprozesses und auch im Laufe der jahrelangen Grundwasserbeobachtungen haben sich die Aufgaben und Funktionen der Grundwasserdrainage erweitert:

- Funktion 1: Verhinderung von Grundwasseraufstau durch Grundwasserüberleitung und Notentlastung Drainage in Q II (Betrieb Baugrube und Beobachtung Grundwasserstände zeigen, dass der Aufstau aufgrund des Hindernisses Baugrube nur gering ist)
- Funktion 2: Grundwasserentnahme für Geothermie (Wärmenutzung im Winter), ursprünglich max. 70 l/s geplant, aktuell max. 24,7 l/s
- Funktion 3: Entnahme Wasser für Brunnenanlage Wasserspiele, max. 30 l/s
- Funktion 4: Unterstützung der Grundwasserabflüsse aufgrund der Versickerungen mittels Rigolenanlagen in beengten Zwischenräumen von Gebäuden
- Funktion 5: Verhinderung negativer Folgen der Grundwasserdrainage in Form von Regelungsmöglichkeiten (Schieber)
- Funktion 6: Unterstützung des Grundwasserabflusses auf der Westseite entlang der Spöttinger Straße (Q II – Q IV) mit der Grundwasserfließrichtung und gegen das Leitungsgefälle.

Die Funktionen 2 und 3 für die Entnahmen Geothermie und Brunnenbetrieb Wasserspiele und die Funktion 6 gegen das Leitungsgefälle können trotz unterschiedlicher Ableitungsrichtungen gleichzeitig erfolgen, mittels einer dementsprechenden Aufteilung der Zuflüsse zur Drainage. Eine Kontrolle erfolgt, indem zusätzlich zu den bereits vorhandenen Grundwassermessstellen in einigen maßgebenden Drainageschächten ebenfalls Messungen installiert werden, die regelmäßig beobachtet werden.

4.4 Bisherige Inbetriebnahmen

Bau und Inbetriebnahme der Drainage im Quadranten Q I

Der Baugrubenverbau von Q I erfolgte vom 04.10.2018 bis 11.12.2018. Im April 2019 wurde die Querung der Drainage unter der Bahnlinie durchgeführt und damit die Verbindung zum nächsten Quadranten Q II vollzogen.

Das Ziehen der Spundwände in Q I und damit die Inbetriebnahme der Drainage in Q I, die mit Entfernung der Spundwände automatisch angeströmt wurde, begann am 18.05.2020 und dauerte rund zwei Wochen.

Da das Ziehen der Spundwände nach dem Bau der Außenbalkone nicht mehr möglich war, musste das Ziehen bereits zu einem Zeitpunkt durchgeführt werden, als das Bauwerk B 2 noch nicht auftriebssicher war. Mit Flutungsöffnungen wurde das Bauwerk gegen Aufschwimmen abgesichert, bevor die Spundwände gezogen wurden. Die Drainage wurde damit sofort nach ihrer Inbetriebnahme einem „Stresstest“ und Funktionstest unterzogen und hat diesen einwandfrei bestanden. Die Flutungsöffnungen sind nicht angesprungen, da die Drainage das anströmende Grundwasser aufnehmen und ableiten können.

In zwei Ortsterminen am 20.05.2020 und am 29.05.2020 wurden die Auswirkungen der Drainage überprüft und dokumentiert. Im Ergebnis wurde der berechnete Zufluss zur Drainage mit den beobachteten Füllgraden und Fließgeschwindigkeiten verglichen.

Danach stellte sich bei der Drainage in Q I zwischen den Schächten D1-02 und D1-04 ein Abfluss von rd. 10 bis 15 l/s ein.

In der theoretischen Berechnung vom 15.05.2020 wurden die Zuflüsse zur Drainage auf Grundlage einer Durchlässigkeit des Untergrundes von $k_f = 1 \times 10^{-3}$ m/s abgeschätzt mit 7 l/s (für MGW) und 35 l/s für HHGW. Die theoretisch berechneten Werte lagen daher etwas zu niedrig (Grundwasserstand lag bei Inbetriebnahme ungefähr bei MGW), was zum Schluss führte, dass die Durchlässigkeit des Untergrundes etwas höher liegt als 1×10^{-3} m/s.

Im Übergabeschacht D1-01 bzw. in der Ableitung zum Lech floss kein Grundwasser aus der Drainage, weil die Drainage auf der Haltung D1-01 bis D1-02 das gesammelte Grundwasser wieder an den Grundwasserleiter zum Lech abgab. Die Grundwassermessstelle GWMSt LL-D im Herkomer Park Nord bestätigte diesen Zusammenhang, da hier nach der Inbetriebnahme der Grundwasserstand deutlich anstieg.

Bau und Inbetriebnahme der Drainage im Quadranten Q II

Der Baugrubenverbau von Q II war zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Drainage von Q I bereits fast abgeschlossen (Bau in April/Mai 2020). Auch hier musste aufgrund des Bauablaufs das Ziehen der Spundwände schon vorgenommen werden, bevor die Gebäude A 2 und A 3 auftriebssicher waren. Das Ziehen der Spundwände begann am 30.11.2021. Am gleichen Tag erfolgte die Beobachtung der Auswirkungen vor Ort, die zunächst nur eine Momentaufnahme darstellte. Bis zum Abend stieg der Drainageabfluss von Q II nach Q I von 0 l/s auf rd. 13 l/s an. Am 15.12.2021 wurden die Wasserstände im Übergabeschacht Q I – Q II (D2-01) noch einmal geprüft und daraus ein Abfluss von rd. 28 l/s abgeschätzt. Die Ableitung in der Drainage erfolgte problemlos und übernahm die schützende Funktion für die Gebäude A 2 und A 3 vor dem Grundwasserzustrom, die zuvor der Spundwandkasten leistete. Das Ziehen der Spundwände begann an der Bahnlinie bei Gebäude A 3, es folgte die Südseite, dann die Nordseite und zum Abschluss die Westseite bei Gebäude A 2. Das Ziehen erfolgte ohne Unterbrechung mit zwei Ziehgeräten.

Weitere Messungen ergaben sich in der Zeit vom 23.02.2022 bis zum 28.02.2022, als im Schacht D1-05 die Entnahme für die Geothermie ihren Probelauf hatte. Vorab erfolgte eine weitere Abschätzung der Zuflüsse zum Schacht D1-05 am 14.12.2021 mit 44,8 l/s (MGW, $k_f = 10^{-3}$ m/s) bzw. 63,1 l/s (MGW, $k_f = 2 \times 10^{-3}$ m/s) und eine Prüfung der Wasserstände vor Ort am 14.01.2022 mit einer groben Abschätzung von 50 l/s Abfluss am Entnahmeschacht für die Geothermie (D1-05). Mit dieser Prognose eines ausreichenden Wasseranfalls konnte der Probelauf der Geothermie stattfinden.

Im vorgenannten Zeitraum wurde dann zunächst für etwas über einen Tag 10 l/s entnommen, dann für die folgenden 2 Tage 20 l/s und zum Abschluss ebenso für 2 Tage 30 l/s. Dabei wurden die Wasserspiegel im Entnahmeschacht DN 1500 kontinuierlich gemessen. Die Wasserspiegel blieben während der konstanten Entnahmen nahezu konstant. Zwischen der Entnahme von 10 l/s und 30 l/s ergab sich nur ein Wasserspiegelunterschied von 2,25 cm. Der Wasserstand im Schacht lag bei einer Entnahme von 10 l/s 26,65 cm über der Sohle des ablaufenden Rohres DN 400, bei einer Entnahme von 30 l/s 24,40 cm über der Sohle. Die entnommene Wassermenge wird bereits im folgenden Schacht D1-04 wieder zugeleitet. Die hydraulische Nachrechnung der gemessenen Situation ergibt einen Zufluss zum Schacht D1-05 von rd. 68 l/s, was ungefähr der theoretischen Berechnung mit einem k_f -Wert von 2×10^{-3} m/s entspricht. Dieser k_f -Wert wird ab jetzt den Folgeberechnungen zugrunde gelegt. In der theoretischen Berechnung teilt sich der Abfluss von 63,1 l/s auf in 58,1 l/s von Q II (Schacht D2-01) und weitere 5,0 l/s von Q I bis zur geothermischen Entnahme (Schacht D1-05). Die Ergebnisse dieser Berechnung für den Probetrieb der Geothermie sind in der Tabelle „Betriebssituation Drainage in Quadranten Q I, Q II und Q IV“ im Anhang 2 enthalten.

Die Absenkung entlang der Drainageachse beträgt rd. 2,0 m (nur entlang der Achsel), die Reichweite der Drainage (einseitig nach außen) beträgt rd. 28 m und verbleibt daher größtenteils auf dem Grundstück Urbanes Leben am Papierbach.

Die Berechnungen für den Grundwasserstand MGW wurden ergänzt durch Berechnungen für MGW – 0,5 m, MGW + 0,5 m und HHGW (der rd. 1,5 m bis 2,0 m über MGW liegt und in den bisherigen Beobachtungen mit Jahresschwankungen selten über 0,5 m bei weitem nicht erreicht wurde) durchgeführt, mit dem Ergebnis eines Abflusses von 186,7 l/s an der Entnahmestelle der Geothermie, wodurch die Leistungsfähigkeit der Drainagerohre geringfügig überstiegen würde. Bei einem Grundwasserstand von MGW – 0,5 m könnten dagegen „nur“ 38,5 l/s bei D1-05 entnommen werden, immer noch ausreichend für die Geothermie.

4.5 Geplante Schieber-Einstellungen

Die geplante und in Teilen bereits erstellte Drainage mündet letztlich in den Lech. Auch ein Teilstrom des natürlichen Grundwasserstroms mündet in den Lech, im Kapitel 3.3 Grundwasser mit 16,9 l/s (für MGW) bzw. 26,0 l/s (für HHGW) grob abgeschätzt. Die Leistung der Drainage liegt höher (ungedrosselt heute bei ungefähr 63 l/s bei MGW) und muss daher auf das Maß der erforderlichen Entnahme durch die Geothermie bzw. die Wasserspiele begrenzt werden. Im Endzustand incl. Q IV würde der Abfluss zum Lech auf ungefähr 58 l/s sinken (Zufluss zur Drainage von Q IV geringer als ein aktuell ungestörter Zufluss zur Drainage von Q II von Norden). Mit einem Verschluss des Schiebers im Schacht D2-01 verringert sich der Abfluss zum Lech im Endzustand auf rd. 36 l/s (Entnahme Geothermie von 34,6 l/s möglich). Damit wird der natürliche Grundwasserstrom nach Norden so wenig wie möglich gestört.

Geplant für den Beginn der Grundwasserregelung sind folgende Schieberstellungen:
Schacht D2-01: Verschluss von 89,2 % der Höhe des weiterleitenden Kanals

Schacht D2-10: vollständige Öffnung zum nächsten Schacht D2-09 und
vollständiger Verschluss zum nächsten Schacht D2-11

Alle anderen Schieber bleiben zunächst vollständig geöffnet.

Die starke Regelung im Schacht D2-01 erfolgt zur Begrenzung der Grundwasserentnahme für die Geothermie und die Wasserspiele. Mehr als 30 l/s müssen nicht entnommen werden, weitere Grundwasserzuflüsse sollen im Untergrund verbleiben und nach Norden abfließen.

Die Schieberung im Schacht D2-10 soll den direkten Abfluss zur nahegelegene Notentlastung verhindern. Die Notentlastung ist sowieso schon tonangebend im Vergleich zu den anderen Abflüssen aus der Drainageanlage und soll daher nicht weiter aktiviert werden.

Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen werden nachfolgend näher erläutert.

Drossel in D2-01

Die Drosselstellung wurde so gewählt, dass einerseits die Geothermie mit den notwendigen 24,7 bis 30 l/s versorgt werden kann, andererseits aber so weit offensteht, dass ein störungsfreier Drosselabfluss gewährleistet wird. Das Drosselrohr unter der Bahnlinie besitzt einen Durchmesser von 30 cm, wovon 89,2 % der Höhe verschlossen werden. Dieser Verschluss ist so intensiv wegen der hohen Druckhöhe. Die Drainage liegt hier rd. 0,6 m tief im Grundwasserstauer, so dass erst ab einem Anstau von 0,6 m überhaupt eine Wirkung auf den Grundwasserzufluss zu spüren ist. Somit stellen sich hohe Druckhöhen mit hohen Drosselabflüssen ein, die nur durch einen fast vollständigen Verschluss deutlich zu vermindern sind.

Die Drossel erzeugt einen Anstau im gesamten Drainagesystem, so dass alle Leitungen unter Wasser stehen. Das wiederum bedeutet, dass das Gefälle der Rohre keine Bedeutung mehr für den Abfluss spielt, stattdessen das Wasserspiegelgefälle des Grundwassers. Damit kann sich auch eine Fließbewegung rückwärts zu Q IV einstellen und in Q IV das Wasser aus der Drainage austreten. Diese umgekehrte Fließbewegung tritt wegen ihrer geringen Leistungsfähigkeit bei geringem Gefälle nur in einem unbedeutenden Umfang ein und auch nur solange der Notüberlauf in Q II nicht anspringt. Dieser Notüberlauf in Form einer Schwelle ist deutlich leistungsfähiger als die (weit geschlossene) Drossel und die Ausleitung aus der Drainage in Q IV. Wegen der hohen Leistungsfähigkeit des 1,0 m breiten Notüberlaufs in D2-14 sind folgende Einstellungen geplant, um diese Leistungsfähigkeit zu begrenzen. Zum einen wird die Schwellenhöhe auf 584,00 m ü. NN festgelegt, dass ein Grundwasserstand MGW + 0,25 m noch sicher nicht entlastet, ebenso alle niedrigeren Grundwasserstände. Bei diesen niedrigen oder normalen Grundwasserständen ist keine Notentlastung erforderlich. Weiter wird der Schieber in D2-10 in Richtung zur Notentlastung geschlossen, um einen möglichst langen Weg zur Notentlastung zu erzwingen. Andernfalls würde die Notentlastung von 2 Seiten angeströmt und würde den Grundwasserstand so stark beeinflussen, dass kaum noch höhere Grundwasserstände möglich wären. Weiter wird der Notüberlauf bis zu einer Höhe von 40 cm auf eine Breite von 0,20 m (mit einem Blech) begrenzt. Diese Überfallhöhe tritt ein bei einem Grundwasserstand von HHGW, darüber ist kein weiterer Grundwasseranstieg erforderlich bzw. sollte kein weiterer Grundwasserstand überhaupt eintreten. Die 40 cm mit einer geringen Überfallbreite von 0,20 m führen wenigstens zu einem geringen Grundwasseranstieg an der Notentlastung zwischen MGW und HHGW. In der Natur liegen rd. 1,50 m bis 2,00 m zwischen den Grundwasserständen von MGW und HHGW.

In der nachfolgenden Tabelle werden die Abflüsse zusammengestellt, die aus der Drainage herausfließen (in Q IV) bzw. die Drainage von Q II verlassen (Drosselschacht D2-01) bzw. den Entnahmeschacht D1-05 für die Geothermie erreichen und dort entnommen werden können.

	D4-01 bis D4-04	D2-14 Notentlast.	D2-01 Drossel	D1-05 Geothermie
MGW-0,5 m			25,4 l/s	28,3 l/s
MGW	0,3 l/s		29,7 l/s	34,6 l/s
MGW+0,5 m		16,9 l/s	31,3 l/s	38,8 l/s
HHGW-0,5 m		49,0 l/s	35,0 l/s	45,9 l/s
HHGW		72,6 l/s	36,2 l/s	50,7 l/s

Die Reichweite beträgt im ungedrosselten Fall bei HHGW rd. 24,0 bis 30,0 m, im gedrosselten Fall rd. 22,0 bis 26,0 m, bei MGW liegen die Werte im ungedrosselten Fall zwischen 22,0 und 27,0 m und im gedrosselten Fall zwischen 18,0 und 24,0 m.

Im Fall, dass der Schieber in D2-01 vollständig verschlossen würde, ergäben sich folgende Abflüsse:

	D4-01 bis D4-04	D2-14 Notentl.	D2-01 Drossel	D1-05 Geothermie
MGW	4,7 l/s	10,1 l/s	0,0 l/s	5,0 l/s
HHGW		93,0 l/s	0,0 l/s	14,5 l/s

Das Grundwasser würde durch die Abschieberung in einen Ruhezustand versetzt, aus dem es fast nur über die Notentlastung und in geringerem Umfang auch über die Drainage in Q IV abfließen kann.

Das hydraulische Gefälle der Drainage entspricht ohne Schieber-Regelung ungefähr dem Gefälle der verlegten Drainageleitungen, weil die Drainage in diesem Fall sehr leistungsfähig ist und das Grundwasser selbst bei hohen Wasserständen bis auf das Niveau der verlegten Leitungen herunter senkt (zeigte sich bei der Nutzung der Drainageleitungen zur Auftriebssicherung der Gebäude A1 Süd, A2 und A3). Mit Drosselregelung werden die Leitungen eingestaut und der Abfluss erfolgt mit dem Gefälle des Wasserspiegels oberhalb der verlegten Leitungen. Ein relativ hohes Wasserspiegelgefälle unter Einstau gibt es nur im Entlastungsfall bei hohen Grundwasserständen, hier der Vergleich:

Drainageleitungen verlegt: Gefälle 4,0 ‰ bis 6,0 ‰

Gefälle bei Einstau durch Drossel bei MGW: 0,2 ‰ bis 0,5 ‰

Gefälle zur Entlastung bei HHGW: 3,0 ‰ bis 4,0 ‰.

Einfluss Drainage auf die Grundwasser-Lastfälle

Die Leistungsfähigkeit der Drainage setzt sich wie folgt zusammen:

Leistung Drainage DN 400 (Q IV über Q II bis Q I):

Q_{voll} ($k_b = 1,5 \text{ mm}$) (Gefälle $i = 4,0 \text{ ‰}$) = 132 l/s

Leistung Drainage DN 250 (Q III):

Q_{voll} ($k_b = 1,5 \text{ mm}$) (Gefälle $i = \text{rd. } 10,0 \text{ ‰}$) = 60,3 l/s

Leistung Notentlastung mit Überfall in Q II (Schwelle 584,00 m ü. NN entspricht ungefähr MGW + 0,35 m, Breite zunächst 0,20 m, erst ab einer Überfallhöhe von 0,40 m wird die Gesamtbreite der Entlastung freigegeben: 1,0 m), Ableitung in eigenem Regenwasserkanal DN 500

Angesetzte Überfallhöhe: 0,40 m

$Q_{\text{ü}} = \frac{2}{3} \times \mu \times b \times \sqrt{2g} \times h_{\text{ü}}^{3/2} = \frac{2}{3} \times 0,64 \times 0,20 \times \sqrt{19,81} \times 0,4^{3/2} = 96,1 \text{ l/s}$

Summe der Ablaufleistungen des Gesamtdrainagesystems: 132 + 60,3 + 96,1 = 288 l/s

Zur Notentlastung sei noch angemerkt, dass die Schwellenhöhe so angeordnet wurde, dass im Drosselbetrieb keine Entlastung eintritt, wenn es nicht erforderlich ist (bis MGW + 0,25 m).

Wenn man diese Leistung mit dem „natürlichen“ Grundwasserfluss von 16,9 l/s (bei MGW) vergleicht, so sieht man, dass die Leistung der Drainage die Störung der Fließbewegung durch die Gebäude mehr als ausgleichen kann, ganz im Gegenteil: die Leistung ist zu hoch und es könnte aus dem Grundwasserleiter zu viel Wasser entnommen werden, so dass die Leistung mittels Schiebern in den Schächten reduziert wird.

Es ist allerdings auch noch zu berücksichtigen, dass die Entwässerung der Dach- und Hofflächen im Bauvorhaben vollständig durch Versickerung vorgesehen ist und daher zusätzliche Wassermengen in den Untergrund gelangen, die im Grundwasser oder mit dem Grundwasser abgeführt werden müssen.

Um sich der Größenordnungen klar zu werden, sei hier ein Vergleich vorgenommen:

Grundwasserabfluss unbeeinflusst: 16,9 l/s ganzjährig => 533.000 m³

Leistung der Drainage bei Einsatz von Schiebern:

Drainage Q IV über Q II zu Q I und in den Lech: rd. 34,6 l/s (bei Drosselung zur Geothermie)

Drainage Q III: nur im Lechbogen meistens = 0 l/s, weil Grundwasser bereits im Zulauf Q II abgefangen wird

Notentlastung Q II: kein Anspringen im Normalfall MGW

=> 1.090.000 m³ im Jahr

Regenwasseranfall der Gesamtfläche des Bauvorhabens von rd 7,0 ha bei einem Regenfall von 850 mm und keinem Ansatz für Verdunstung => 59.500 m³ im Jahr.

Allein aus diesem Vergleich wird deutlich, dass die zugeführten Regenwassermengen insgesamt nur einen kleinen Anteil an den Gesamtwasserbewegungen darstellen. Allerdings fällt der Niederschlag ungleichmäßig verteilt und kann bei Starkregen durchaus zu einer hydraulischen Belastung der Kanäle und der Rigolen führen. Die Bedeutung der Drainage für die Regenwasserableitung wird im nachfolgenden Kapitel behandelt.

4.6 Bedeutung für die Regenwasserableitung

Im Folgenden wird der Einfluss der Regenwasserversickerung mittels Rigolen auf das Drainagenetz bzw. die Bedeutung des Drainagenetzes für die Rigolenversickerung erläutert.

Das geplante Bauvorhaben umfasst eine Fläche von rd. 7,0 ha. Die Regenwasserableitung geschieht vollständig über Versickerung mittels Rigolen.

Im Folgenden werden die Entwässerungen in den einzelnen Quadranten näher erläutert.

Quadrant Q I:

Die Entwässerungen des Quadranten Q I orientieren sich vorwiegend in Richtung Lech, weil auch der natürliche Grundwasserfluss in diese Richtung erfolgt. Aufgrund der verschiedenen Gebäude gibt es insgesamt 4 Rigolen, im Norden im Lechbogen (für Bauteil B 1), in den Zufahrten nördlich und südlich Bauteil B 2 und am südlichen Rand in unmittelbarer Nähe zum Papierbach (Bauteil D).

Quadrant Q II:

Der Quadrant Q II hat die Besonderheit, dass die Drainage den gesamten Quadranten umfasst, auf allen Seiten. Die Entwässerungen der Hof- und Dachflächen gelangen zu insgesamt 15 Füllkörperrigolen, die auf allen Seiten des Quadranten angeordnet sind, um kurze

Fließwege einhalten zu können. Die darunter liegenden Drainagen sorgen dafür, dass keine Stausituationen eintreten. Der natürliche Grundwasserabfluss ist innerhalb der Gebäudekomplexe beschränkt, nur die 5 Rigolen auf der Westseite zur Spöttinger Straße hin haben einen direkten Zufluss zum Grundwasserleiter.

Für den Fall von Störungen oder Überlastungen der Grundwasserableitung besteht zusätzlich im Quadranten Q II eine Notentlastung am nördlichen Rand mit einer Einleitung in den Regenwasserkanal DN 500 im Lechbogen mit Einmündung in den Lech.

Quadrant Q III:

Der Quadrant Q III hat eine besondere Entwässerung und hängt auch als einziger Quadrant nicht an der langen Drainageleitung von Q IV bis Q I (nur Verbindung Notentlastung).

Auf den Dachflächen sind größere Anteile an Gründächern geplant, mit einem Regenwasserspeicher (Drain- und Speichermatte) von 4 cm Höhe, so dass hier bereits bei den Dachflächen mit der Regenwasserspeicherung und der Aktivierung von Verdunstung begonnen wird.

Der Ablauf von den Dächern gelangt dann in eine Retentionsbox auf der Tiefgarage, mit seitlichen Abläufen nach Norden und nach Süden mit dem Einsatz von jeweils 3 Drosseln für 3 x 6,5 l/s. Diese Drosselabflüsse wurden von einem Hersteller so dimensioniert, dass das Entwässerungssystem auf ein 100jähriges Regenereignis ausgelegt ist.

Die Drosselabflüsse von 19,5 l/s im Norden und im Süden (Lechbogen) werden von einer 31,5 m langen Rohrrigole mit einer Breite von 2,0 m und einer Höhe von 1,0 m aufgenommen und das Regenwasser verteilt und in den Untergrund zur Versickerung abgegeben. Während im Norden die Versickerung in den Grundwasserleiter nach Norden gelangt, erfolgt die Versickerung im Lechbogen in den Grundwasserleiter nach Osten zum Lech. Um die Ableitung zu unterstützen, ist im Lechbogen noch eine Drainage in der Tiefe geplant, mit der Grundwasser aufgenommen und direkt über einen Anschluss an den Regenwasserkanal im Lechbogen in den Lech eingeleitet werden kann.

Quadrant Q IV:

Hier besteht noch keine Detailplanung, aber Flachdächer mit Gründächern sind bereits vorgesehen. Rigolenstandorte sollen bevorzugt nach Westen und nach Norden angeordnet werden, um einen direkten Anschluss an den natürlichen Grundwasserstrom zu erhalten. Die geplante Drainage umfasst den Quadranten Q IV auf seiner West- und Nordseite, um den Grundwasserstrom von Südwesten kommend nach Nordosten unterstützen zu können. Die Aufnahme von Grundwasser zur Ableitung und Nutzung in der geothermischen Anlage ist möglich, wenn die Grundwasserstände dieses erlauben und genügend Grundwasser zur Verfügung steht.

Einfluss von Rigolenversickerung auf die Drainage:

Wenn die Versickerung aus den Rigolen zu den Drainageleitungen am westlichen und nördlichen Rand des Baugeländes erfolgt, so kann das Regenwasser in das angrenzende Grundwasser außerhalb des Baugeländes abfließen und ist auf die Drainage nicht angewiesen.

Wir haben deshalb den „Stresstest“ eines Überflutungsnachweises für die Rigolen 5 und 6 im Bauteil A 3 des Quadranten II durchgeführt. Diese beiden Rigolen liegen zwischen Bahnlinie und Bauteil A 3 inmitten des Baugeländes und sind bei der Weiterleitung auf das Drainagenetz angewiesen, weil keine kurze Verbindung zum Grundwasserkörper besteht. Diese beiden Rigolen wurden mit den neuen Regendaten von Landsberg/Lech aus KOSTRA-DWD 2020 nachberechnet und in die Überflutungsberechnung übernommen. Wenn, wie bei der Bemessung, der k_f -Wert des umgebenden Materials mit 10^{-4} m/s anzusetzen ist, so leisten beide Rigolen rd. 0,5 l/s im Mittel. Wenn die Durchlässigkeit dagegen mit 5×10^{-4} m/s höher

angesetzt wird (zum Vergleich: der natürliche Grundwasserleiter besitzt einen k_f -Wert von 2×10^{-3} m/s), so erhöht sich die mittlere Leistung auf 2,5 l/s und die maximale Leistung sogar auf 3,1 l/s. Bei 4 Rigolen entlang der Bahnlinie und 1 Rigole am Lechbogen würde ein kurzzeitiger Abfluss in den Untergrund von $5 \times 3,1$ l/s = 15,5 l/s die hier bestehende Leistung der Drainage DN 300 (Notfall => Verbindung zur Notentlastung, Wasserspiegelgefälle mit 2 ‰ angenommen) von rd. 43,5 l/s nicht überfordern. Weiteres Grundwasser tritt hier kaum zu (weil, wie vorher ausgesagt, hier keine kurze Verbindung zum Grundwasserleiter besteht). Außerdem kann der Ablauf aus einer Rigole nicht direkt in die Drainage eintreten, sondern muss erst versickern, dann die Luftporen um die Drainage füllen und hat erst dann einen Zufluss und eine Wirkung auf die Drainage.

Nebenbei bemerkt zum Überflutungsnachweis:

Bei Ansatz der geringen Durchlässigkeit lt. Bemessung kann es bei Starkregen zu Überlastungen der Rigolen kommen und zu Wasseraustritten an der Oberfläche. Bei Ansatz höherer Durchlässigkeiten und Versickerungsabflüsse besitzen die Rigolen selbst bei einem 100jährigen Starkregen (also über die Bemessungsgrundsätze hinaus) noch ein ausreichendes Retentionsvolumen.

5 Auswirkungen des Vorhabens

Mit dem Aufbau eines regelbaren Drainagenetzes sollen und werden negative Auswirkungen (Aufstau) der in den Grundwasserkörper gebauten Gebäudekomplexe auf den Grundwasserabfluss und die Grundwasserstände ausgeglichen. Gleichzeitig erfolgt mit der Drainage eine Grundwasserentnahme für eine geothermische Anlage. Der Grundwasserabfluss und die Grundwasserstände werden mittels Schiebern geregelt und eingestellt.

Die Drainage führt zu einem Grundwasserzufluss und damit zu einer Grundwasserabsenkung im unmittelbaren Zustrombereich, der in dem Lageplan „Hydraulische Reichweite der Grundwasserdrainage“ in Anlage 2.5 für 3 unterschiedliche Betriebsfälle dargestellt ist:

- Bestandssituation heute
- Planungssituation bei MGW und
- Planungssituation bei HHGW.

Insgesamt reicht der Einfluss der Drainage nicht deutlich über 20 m hinaus. Im aktuellen Betriebszustand liegt die Reichweite etwas höher als im Endzustand, weil der Abfluss ungedrosselt ist und damit auch der Zufluss weitaus höher liegt als im gedrosselten Endzustand.

Im Endzustand bei MGW besteht ein Einflussbereich auf der Westseite um die Quadranten Q II und Q IV herum. Auf der Nordseite bildet sich ein kleiner Bereich, in dem der aufgrund der Drosselung aufgestaute Grundwasserstand in der Drainage höher liegt als der natürliche Grundwasserstand und es damit zu einem geringfügigen Abfluss nach außen kommt. Bei HHGW findet dieser Abfluss aus der Drainage in Q IV nicht statt, dafür springt die Notentlastung an.

Wenn man sich die Reichweiten der Drainage ansieht, so bleibt der Einfluss meistens auf das Grundstück des Bauvorhabens begrenzt. Und auch außerhalb des eigenen Grundstücks sind keine bedeutenden Bauwerke betroffen, so z. B. die Spöttinger Straße und der Kreisverkehr im Westen. Auswirkungen der Grundwasserstände auf benachbarte Grundstücke sind nicht zu befürchten.

6 Rechtsverhältnisse

Mit diesem Genehmigungsentwurf wird die Gehobene Erlaubnis nach § 15 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) für den Bau und Betrieb einer Grundwasserableitungs- und -absenkungsanlage im geplanten Baugebiet „Urbanes Leben am Papierbach“ auf dem Grundstück der ehemaligen Pflugfabrik beantragt.

Die betroffenen Grundstücke zur Realisierung der Gewässerplanungen Papierbach und Wasergasse befinden sich mit dem Stbl.V und Erschließungsvertrag mit Grundstücksveräußerung und weiteren Vereinbarungen, beurkundet am 21.02.2017, im Besitz der Am Papierbach Entwicklungsgesellschaft (siehe Anhang 5 der Erläuterung).

7 Durchführung des Vorhabens

Der Bau des Drainagesystems erfolgte und erfolgt parallel zur Errichtung der Gebäude in den jeweiligen Baugruben der 4 Quadranten, bereits begonnen in 2019 im Quadranten Q I mit Fortsetzung in den Folgejahren. Die Inbetriebnahme des Drainagesystems erfolgt dementsprechend in mehreren Abschnitten. Die ersten Inbetriebnahmen erfolgten beim Ziehen der Spundwände im Quadranten Q I und später im Quadranten Q II. Erst nach Abschluss der Gesamtmaßnahme kann das Drainagenetz vollständig in Betrieb gehen.

8 Wartung und Verwaltung der Anlage

Die Inbetriebnahme des Drainagesystems erfolgt und erfolgte abschnittsweise in den einzelnen Bauabschnitten. Beim Ziehen der Spundwände der Baugrube erfolgt automatisch die Inbetriebnahme durch Zufluss von Grundwasser zur Drainage. Bereits erfolgt ist die Inbetriebnahme in den beiden südlichen Quadranten Q I und Q II. Hier läuft bereits das Monitoring.

Für Inbetriebnahme und Monitoring des endgültigen Drainagesystems werden 3 Phasen unterschieden, die im Nachfolgenden näher beschrieben werden:

1. Inbetriebnahme der Drainageleitung in den einzelnen Bauabschnitten
2. Einstellung der Drainageleitung (Schieberregelung) nach der Inbetriebnahme
3. Kontrolle und Wartung der Drainageleitung im späteren ständigen Betrieb

Zu 1. und 2.

Die Inbetriebnahme und Einstellung der Drainageleitung erfolgt durch die „Am Papierbach Entwicklungsgesellschaft mbH“, die wiederum die SEHLHOFF GMBH mit der Unterstützung bei dieser Aufgabe beauftragt hat. Wenn zu den gegebenen Zeitpunkten ein zukünftiger Betreiber der Drainageanlage feststeht, so wird dieser ebenfalls eingebunden.

Ab dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Drainageabschnitte ist zunächst eine tägliche Kontrolle der nahegelegenen Grundwassermessstellen erforderlich. Geplant ist eine Beobachtung der bereits im Kapitel 3.3 aufgezählten Grundwassermessstellen, in denen kontinuierlich gemessen wird:

Im Oberstrom des Planungsgebietes:

GWMSSt LL-B: Hungerbachweg, gegenüber Haus-Nr. 4
GWMSSt LL-GW2: nordwestlich Bahnhof Landsberg

Im Planungsgebiet:

GWMSSt LL-C-neu: östlich Spöttinger Straße, nördlich Papierbach
GWMSSt LL-H: östlich Spöttinger Straße, nordöstlich Kreisel
GWMSSt LL-8-neu: westlich Bahnlinie, nördlich Papierbach
GWMSSt LL-LAN459: östlich Bahnlinie, auf Höhe Karl-Schrem-Bau Nord
GWMSSt LL-LAN460: östlich Bahnlinie, auf Höhe Karl-Schrem-Bau Süd

Im Unterstrom des Planungsgebietes:

GWMSSt LL-D: Herkomer Park Nord
GWMSSt LL-F: Herbstweg, westlich Von-Kühlmann-Straße.

Die anfänglich gewählten Schieberstellungen sind in Kapitel 4.5 beschrieben worden. Die Beobachtungen dienen dazu, zu prüfen, ob die theoretisch berechneten Wasserstände sich einstellen, ggfs. müssen Schieberstellungen angepasst werden.

Die Einstellungen erfolgen als iterativer Prozess und stets in Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt Weilheim. Nach der Beobachtung der Grundwasserstände erfolgt die Anpassung der Schieberstellungen, dann wieder die Beobachtung an den Folgetagen und dann ggfs. eine weitere Anpassung. Dabei ist auch die Reaktionsgeschwindigkeit des Grundwassers zu testen und die Reaktionszeiträume und damit auch die Beobachtungszeiträume ggfs. zu verlängern.

Ziel der Einstellung der Drainageleitung ist letztlich, dass nach 1-2 Wochen die Grundwasserstände und die Drainageabflüsse sich eingependelt haben und bei gleichen äußeren Bedingungen sich nicht mehr verändern. Dann kann der endgültige Betrieb an den Betreiber übergeben werden.

Zu 3.

Für Wartung und Betrieb ist ein Betreiber zu bestimmen, der die Wartung der Anlagen in einem Betriebshandbuch dokumentiert.

Der Betreiber der Drainageanlage führt eine ständige Beobachtung der Drainageanlage durch. 2-mal im Monat werden die Grundwasserstände geprüft, ggfs. bei besonders starken Regenfällen noch zusätzlich. Ebenfalls werden die Abflüsse aus der Drainage zum Lech gemessen und beobachtet. Bei ungewöhnlichen Beobachtungen ist das Wasserwirtschaftsamt Weilheim zu informieren und in gegenseitiger Abstimmung zu reagieren.

Weiter sind vom Betreiber die zugänglichen Anlagenteile (Schächte) 2 x jährlich in Augenschein zu nehmen und die Schieber auf Funktion zu prüfen. Sämtliche Regelungsorgane (wie Schieber) sind durch Verschluss gegen einen unerlaubten Zugriff geschützt. Die Funktion der Notentlastungen ist regelmäßig zu prüfen.

Die Wartungs- und Beobachtungszeiträume sind in Abstimmung mit dem Landratsamt Landsberg am Lech und dem Wasserwirtschaftsamt Weilheim festzulegen und ggfs. anzupassen.

In der Tabelle zu den Zielkorridoren der Grundwasserdrainage (siehe Anhang 6) werden die im Umfeld des Bauvorhabens bestehenden Grundwassermessstellen aufgelistet und sämtliche Informationen zu den Ergebnissen dieser Messstellen zusammengetragen und so bewertet, dass ein Zielkorridor festgelegt werden kann. Die Informationen umfassen:

- Höchst- und Niedrigstgrundwasserstände mit Angabe des Zeitpunkts seit Beginn der Messung bis zur Inbetriebnahme des ersten Drainageabschnitts
- Höchst- und Niedrigstgrundwasserstände mit Angabe des Zeitpunkts seit Inbetriebnahme des ersten Drainageabschnitts bis heute
- Angabe von MGW und HHGW nahegelegener Punkte in den 4 Quadranten der Baumaßnahme lt. Bescheid zum Wasserrecht der ständigen Wasserhaltung vom 26.09.2018
- Zielkorridor für den Grundwasserstand, abgeleitet aus den vorgenannten Informationen
- Kommentare zum Verhalten des Grundwasserstandes, insbesondere erkennbare Einflüsse der bereits in Betrieb gegangenen Grundwasserdrainage.

Die Zielkorridore dienen dazu, bei regelmäßigen Ablesungen Abweichungen zu erkennen und dann tätig zu werden. Entweder wird die Regelung der Drainage angepasst (immer in Abstimmung mit dem WWA Weilheim) oder die Abweichung wird so begründet, dass keine Änderung erforderlich ist, ggfs. stattdessen der Zielkorridor angepasst werden muss.

Der Zielkorridor ist relativ eng gefasst, um anfangs durchaus gewollt häufiger reagieren zu müssen, um das Kontrollsystem zu optimieren. So kann man an den Angaben zu HHGW erkennen, dass auch höhere Grundwasserstände möglich sind, die bisher nicht beobachtet wurden. Wenn diese zukünftig beobachtet werden und die Zielkorridore nach oben verlassen werden, ist zu prüfen, ob es sich um natürlich höhere Grundwasserstände handelt (z. B. durch Vergleich weiter entfernter anderer Grundwassermessstellen) oder ob andere Gründe dazu geführt haben und reagiert werden muss.

Einstellung der Leistung Drainagesystem

Aus den vorgenannten Kapiteln kann man entnehmen, dass die Leistung des Drainagesystems grundsätzlich ausreicht, alle Funktionen übernehmen zu können.

Beim Einfahren des Drainagesystems ist zu beobachten, ob und wie die vorgegebenen Zielkorridore an den Grundwassermessstellen eingehalten werden und gleichzeitig ist über die geplanten zusätzlichen Messungen der Grundwasserstände in einigen Schächten der Drainage zu beobachten, wie sich Starkregenereignisse in der direkten Nachbarschaft auf die Funktion der Drainagen auswirken. Ziel ist es, das Drainagenetz mit seinen Schiebern so einzustellen, dass es weder zu einer allmählichen Grundwasserabsenkung kommt noch bei Starkregenereignissen zu übermäßigem Grundwasseranstieg.

Die Einfahrphase wird mit einer Dauer von 1-2 Jahren angesetzt.

Inbetriebnahme und Wirkung der Drainage mit Einstellung der Schieber

Wenn die Auftriebssicherheit in Q II erreicht ist, kann die Regelung des Wasserspiegels mittels der eingebauten Schieber erfolgen. Geplant ist zu Beginn, sämtliche Schieber offen stehen zu lassen und nur den Schieber in D2-10 in Richtung D2-11 zu schließen und den Schieber in D2-01 so einzustellen, dass der Zufluss zu Q I und insbesondere zum Schacht D1-05 (Entnahme für die Geothermie) ausreichend hoch bleibt, um die Geothermie sicher mit 24,7 l/s zu versorgen, andererseits die Auswirkungen und Entnahme aus dem Grundwasserhaushalt so gering wie möglich ist. Geplant ist eine Drosselung am Schacht D2-01 auf 29,7 l/s (bei MGW). Das bedeutet, dass der Schieber zu 89,3 % geschlossen wird (Öffnungshöhe im ablaufenden Rohr DN 300: 3,2 cm). Der Wasserspiegel im Schacht D2-01 steigt dann auf 2,09 m an. Dieser Wert ist so hoch, weil hier die Drainage rd. 0,60 m im Stauer verlegt ist und bis zu diesem Anstau von 0,60 m keine Verringerung des Zuflusses zur Drainage eintritt. Erst ein Grundwasserspiegel oberhalb der UK des Grundwasserleiters führt zu einer Verringerung des Grundwasserzuflusses. Wenn der Grundwasserspiegel in Q II (bei MGW) um rd. 1,4 m gegenüber einer ungedrosselten Ableitung zum Quadranten Q I ansteigt, sinkt der Zufluss zur Drainage und die Grundwasserstände nähern sich dem natürlichen Grundwasserstand. Die Absenkung entlang der Drainageleitung verringert sich dann von zuvor 1,85 m auf 0,43 m und die Reichweite der Grundwasserabsenkung verringert sich von zuvor rd. 28 m auf rd. 22,5 m in Q II (Standort D2-01).

Der Einfluss der Drainage in Q II (Reichweite) reicht entlang der Westseite bis zur Spöttinger Straße, betrifft aber keine Gebäude und liegt in seinem Ausmaß unter dem Grundwasserschwankungsbereich. Auf der Südseite verläuft die Drainage sowohl in Q I als auch in Q II so weit innerhalb des Grundstücks „Urbanes Leben am Papierbach“, dass keine Nachbargrundstücke von Auswirkungen betroffen sind. Auf den ursprünglich geplanten Stich in Q I nach Süden wurde verzichtet. Auf der Nordseite von Q IV am Ende der Drainage Q IV – Q II – Q I nähert sich der natürliche Grundwasserstand MGW den Wasserständen in der Drainage an, Absenkungen von wenigen cm und auch ein Aufstau (verbunden mit einer Weiterleitung des aufgenommenen Grundwassers in natürlicher Grundwasserfließrichtung nach Norden) von rd. 10 cm treten hier bei MGW auf, diese geringen Veränderungen der Grundwasserstände bauen sich dann auf einer Reichweite von rd. 18 m ab, spürbare Auswirkungen auf Nachbargrundstücke treten nicht ein (siehe auch Lageplan „Hydraulische Reichweite Grundwasserdrainage“, Anlage 2.5).

Die Reichweite und hydraulische Situation in Q I wird durch die vorgesehenen Schieber nicht verändert, hier bleiben alle Schieber voll geöffnet. Die Aufnahme von Grundwasser in Q I fällt sowieso deutlich schwächer aus als in Q II (Anteil Geothermie zu 89 % aus Q II), weil der Grundwasserstrom hier mit steigendem Wasserspiegelgefälle direkt zum Lech gerichtet ist und die Orientierung zur Drainage dem Grundwasserstrom keinen hydraulischen Vorteil bringt (und Wasser immer den Weg des geringsten Widerstandes geht). Ab Schacht D1-03 erfolgt kein Zustrom zur Drainage mehr, beobachtet wurde zwischen D1-03 und D1-01 sogar ein Abstrom von der Drainage ins Grundwasser zum Lech. Eine Grundwasserabsenkung nach Osten zur Von-Kühlmann-Straße findet nicht statt.

Wenn der natürliche Grundwasserspiegel ansteigt, steigt auch der Wasserspiegel und Drosselabfluss in D2-01 an. Allerdings springt bei einem Wasserstand im Schacht D2-14 von 584,00 m ü. NN die Notentlastung in Q II an, die dann einen weiteren Grundwasseranstau begrenzt.

Beobachtung der Wirkung der Schiebereinstellung

Nach Einstellung des Schiebers in D2-01 wird die Wirkung beobachtet:

- Grundwasserstände der Grundwassermessstellen im Zustrom und Abstrom
- Entnahme Geothermie (l/s) und Wasserspiegel Entnahmeschacht D1-05
- Wasserspiegel in den Schächten D2-01 und D2-14 Notentlastung

Je nach Feststellungen erfolgt die Feineinstellung, in Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt Weilheim.

Zum Abschluss möchte ich noch zwei Anmerkungen zu den Auswirkungen der Baumaßnahme „Urbanes Leben am Papierbach“ auf das Grundwasser ergänzen, und zwar sowohl in Bezug auf eine Absenkung als auch auf einen Aufstau von Grundwasser.

Absenkung des Grundwassers

Die Beobachtung der Grundwasserstände in den letzten Monaten hat gezeigt, dass trotz der vorgenannten Grundwasserabflüsse in der Drainage von rd. 64,5 l/s (Schacht D1-03) die Wasserstände in der Regenphase Anfang des Jahres 2023 angestiegen sind, bei der Grundwassermessstelle am Hungerbachweg (im Zustrom zur Baumaßnahme) seit Okt 2022 bis Mai 2023 von über 50 cm. Erst mit Anbruch der Trockenphase seit Juni 2023 sind die Grundwasserstände dort wieder gefallen bis November 2023 (um 55 cm) bevor sie bis Juli 2024 um über 80 cm wieder angestiegen sind. Man kann somit aussagen, dass die jahreszeitlichen Schwankungen durch das Bauprojekt nicht sichtbar gestört werden und die Grundwasserneubildung für den Grundwasserstrom zum Bauprojekt größer ist als die bauzeitliche Entnahme heute (die später bei Inbetriebnahme der Drossel D2-01 wieder reduziert wird).

Anstieg des Grundwassers

Bei steigenden Grundwasserständen und der Wirkung der Baukörper als Hindernis ist es nicht nur die Grundwasserableitung durch die Drainage von Q II nach Q I und ebenfalls nicht nur die Notentlastung in Q II in einen Regenwasserkanal zum Lech (diese Notentlastung stellt eine Sicherheit für einen Extremfall dar), die Wirkung zeigen. Eine wenn auch nur geringe Wirkung hat die Drainage von Q IV nach Q II entlang der Westseite des Geländes (Nähe Spöttinger Straße). Hier verläuft der Grundwasserstrom in Richtung Nordosten und hier verläuft ebenfalls die Drainage aus Nordosten (Q IV) nach Südwesten (Q II). Wenn die gedrosselte Ableitung der Drainage von Q II nach Q I nicht ausreicht und die Notentlastung noch nicht anspringt, so wird der Grundwasserstrom die Westachse der Drainage nutzen für den Grundwasserstrom nach Nordosten. Die Fließrichtung in der Drainage wird dann vom Grundwasserspiegel bestimmt und die Drainage unterstützt den Grundwasserstrom in seiner natürlichen Fließrichtung.