

Straßenbauverwaltung Freistaat Bayern Straße / Abschnittsnummer / Station: B 2 / Abschn. 255, Stat. 0,000 – Abschn. 230, Stat. 7,045
B 2 München-Mittenwald Verlegung östlich Garmisch-Partenkirchen mit Wanktunnel Bau-km 0+000 bis Bau-km 4+869
PROJIS-Nr.: 09 890645 00



FESTSTELLUNGSENTWURF

Prinzipmodell

aufgestellt: Staatliches Bauamt Weilheim	
Scheckinger, Ltd. Baudirektor Weilheim, den 14.02.2025	

B2 OU GAP mit Wanktunnel Prinzipmodell

Auftraggeber: Staatliches Bauamt Weilheim
Münchner Straße 39
D-82362 Weilheim

Auftragsdatum: 16.08.2022

Auftragsnummer: A866

Berichtsnummer: A866-2

Bearbeitung: Dr.-Ing. Ulrich Lang
Dipl.-Ing. Jutta Justiz

Leinfelden-Echterdingen, 13.12.2023



Dr. Ulrich Lang



Jutta Justiz

INHALT

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	II
1 Einleitung	1
1.1 Aufgabenstellung und Ziel	1
2 Modellaufbau Prinzipmodell.....	4
2.1 Diskretisierung und Randbedingungen	4
2.2 Geologie und Schichtlagerung	6
2.3 Durchlässigkeitswerte der geologischen Einheiten	8
2.4 Umsetzung Tunnel und Rettungstollen	10
2.5 Beschreibung der berechneten hydrogeologischen Varianten	12
3 Ergebnisse.....	14
3.1 Modellbilanzen, Quellschüttungen und Piezometerhöhen ohne Wanktunnel.....	14
3.2 Berechnete Andrangsraten	15
3.3 Grundwasserabsenkungen durch die Tunnelbauwerke	17
3.4 Quellschüttungsminderungen durch die Tunnelbauwerke	22
3.5 Verminderter Zustrom in den quartären Aquifer des Loisachtales	25
4 Zusammenfassung.....	30
LITERATURVERZEICHNIS	33

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1-1: Lage des Modellgebietes (rot) mit geplantem Tunnel (weiß) sowie Quellen und Modellbereich.....	3
Abbildung 2-1: Modellumgriff und Randbedingungen	4
Abbildung 2-2: Modellnetz	6
Abbildung 2-3: 3D-Modell, oberste Modellschicht	8
Abbildung 2-4: Lage und Diskretisierung des Tunnels und des Rettungstollens im Bereich der Wankbahn.....	11
Abbildung 2-5: Lage der höher durchlässigen Rinne	12
Abbildung 3-1: Berechneter Grundwasserspiegel in der Modellschicht 1	15
Abbildung 3-2: Berechnete Absenkungen des Grundwasserspiegels für die Variante mit homogenen Durchlässigkeiten (Best-Case)	19
Abbildung 3-3: Berechnete Absenkungen des Grundwasserspiegels für die Variante mit homogenen Durchlässigkeiten und durchlässiger Rinne	20
Abbildung 3-4: Berechnete Absenkungen unter Gelände für die Worst-Case- Variante 4 mit horizontal und vertikal durchlässigen Störungen.....	21
Abbildung 3-5: Auswertebereiche für den Abstrom aus dem Grundwasserkörper GWK 1_G093 Alpen - Garmisch-Partenkirchen in die Oberflächengewässer und den abschnittsweisen unterirdischen Randzustrom in GWK 1_G096 Quartär – Penzberg	26

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung und Ziel

Für die B2 ist eine Ortsumfahrung von Partenkirchen geplant. Diese soll an das südliche Tunnelportal des Farchant Tunnels mit einem weiteren Tunnel durch das Wankmassiv anschließen. Für die Planfeststellung dieser Maßnahme B2 OU GAP mit Wanktunnel wird ein Gutachten zur Wasserrahmenrichtlinie erstellt (kup 2023-1). In Abstimmung mit dem WWA Weilheim werden Fragestellungen zum Einfluss des Betriebs des Tunnels auf die übergeordnete Wasserbilanz im Wankmassiv und angrenzenden Loisachtal (Randzustrom) mit Hilfe eines Prinzipmodells bearbeitet. Das Grundwassermodell Wankmassiv (Prinzipmodell) erlaubt zusätzlich eine Plausibilitätskontrolle der für den quasi-stationären Zustand (Betriebszustand) detailliert ermittelten Grundwasserzuflüsse in die Bauwerksdrainage, der Absenkung des Grundwasserspiegels und der Beeinflussungswahrscheinlichkeit von Quellen und Gerinnen aus dem Geologisch-Hydrogeologischen Bericht (ILF, 2023). Dieses Prinzipmodell ist Basis einer Modellkaskade, die den Wasserhaushalt im südlichen Loisachtal mit angrenzenden Berghängen quantifiziert. Folgende Modelle sind Bestandteil dieser Modellkaskade:

- Hydrologisches Modell für die Ermittlung der Grundwasserneubildung im Wankmassiv und Identifizierung der oberirdischen Abflüsse (kup, 2023-3)
- Grundwassermodell Wankmassiv (Prinzipmodell) für die Ermittlung der Grundwasserströmung und Grundwasserstände
- Grundwassermodell Loisachtal für die Ermittlung der Grundwasserverhältnisse im quartären Grundwasserleiter des Loisachtales (kup, 2023-5)

Die Abgrenzung des Modellgebietes entspricht weitgehend der Abgrenzung des Modellgebietes im Hydrologischen Modell anhand der hydrologischen Einzugsgebiete des Wankmassivs. Die Modellgrenzen entsprechen damit im Norden, Osten und Süden weitgehend den Grenzen des Sonderuntersuchungsgebietes (PGW, 2023-2, Kap. 1.1.1). Im Westen grenzt das Modellgebiet weitgehend an das Modellgebiet des nachfolgenden Grundwassermodells Loisachtal. Das Prinzipmodell basiert auf den erkundeten geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen, die im geologisch – hydrogeologischen Bericht von ILF (ILF, 2023) dokumentiert sind. Gekoppelt ist das Prinzipmodell über die Grundwasserneubildung aus dem Hydrologischen Modell und dem unterirdischen Abstrom ins Quartär des Loisachtals, welcher eine Randbedingung für das Grundwassermodell Loisachtal ist.

Mit dem Prinzipmodell wird die Verteilung des Grundwasserspiegels in GWK 1_G093 Alpen - Garmisch-Partenkirchen im Bereich des Wankmassivs abgeschätzt. Ebenso liefert es die Größenordnung der aus dem Berg austretenden Wassermengen an

Quellen und Fließgewässern. Auf Grund der Datenlage ist das Modell als Prinzipmodell gemäß DVGW Arbeitsblatt W107 definiert.

Prinzipmodelle werden zu Übersichtszwecken eingesetzt, z. B. für eine erste Einschätzung geologisch hydrogeologischer Systeme und Prozesse. Prinzipmodelle werden bei geringer Datenlage angewandt, um die Größenordnungen von Auswirkungen abzuschätzen und werden gemäß W107 nicht kalibriert.

Mit dem Prinzipmodell für das Wankmassiv wird der Wasserandrang im Tunnel, die Grundwasserabsenkung und die Änderungen der oberirdischen Abflüsse unter der Annahme unterschiedlicher hydrogeologischer Verhältnisse analysiert. Für die hydrogeologischen Verhältnisse werden verschiedene Varianten betrachtet, um die Bandbreite möglicher Auswirkungen abschätzen zu können, da die lokalen Gebirgsverhältnisse vergleichsweise heterogen sind und sich nicht im Detail mit angemessenem Aufwand vorab erkunden lassen. Daraus resultieren Best und Worst Case Varianten, die für die wasserwirtschaftliche Beurteilung der Baumaßnahme verwendet werden.

Das Prinzipmodell ist unter stationären Randbedingungen aufgebaut und liefert Erkenntnisse zu den Wirkungen eines ausgebauten Tunnels (PGW, 2023-1, Kap. 4.7.1.5 Konstruktion) unter der Annahme des über die Tunnelsohle drainierten Grundwassers. Dieser Ausbau stellt technisch die Variante mit dem größten Beeinflussungspotential dar.

Das Prinzipmodell liefert eine Vorstellung über die dreidimensionalen Druckverhältnisse des Grundwassers im Wankmassiv und die sich daraus resultierende dreidimensionale Absenkung. In Abbildung 1-1 ist die Ausdehnung des Modellgebiets mit Verlauf des Wanktunnels dargestellt.

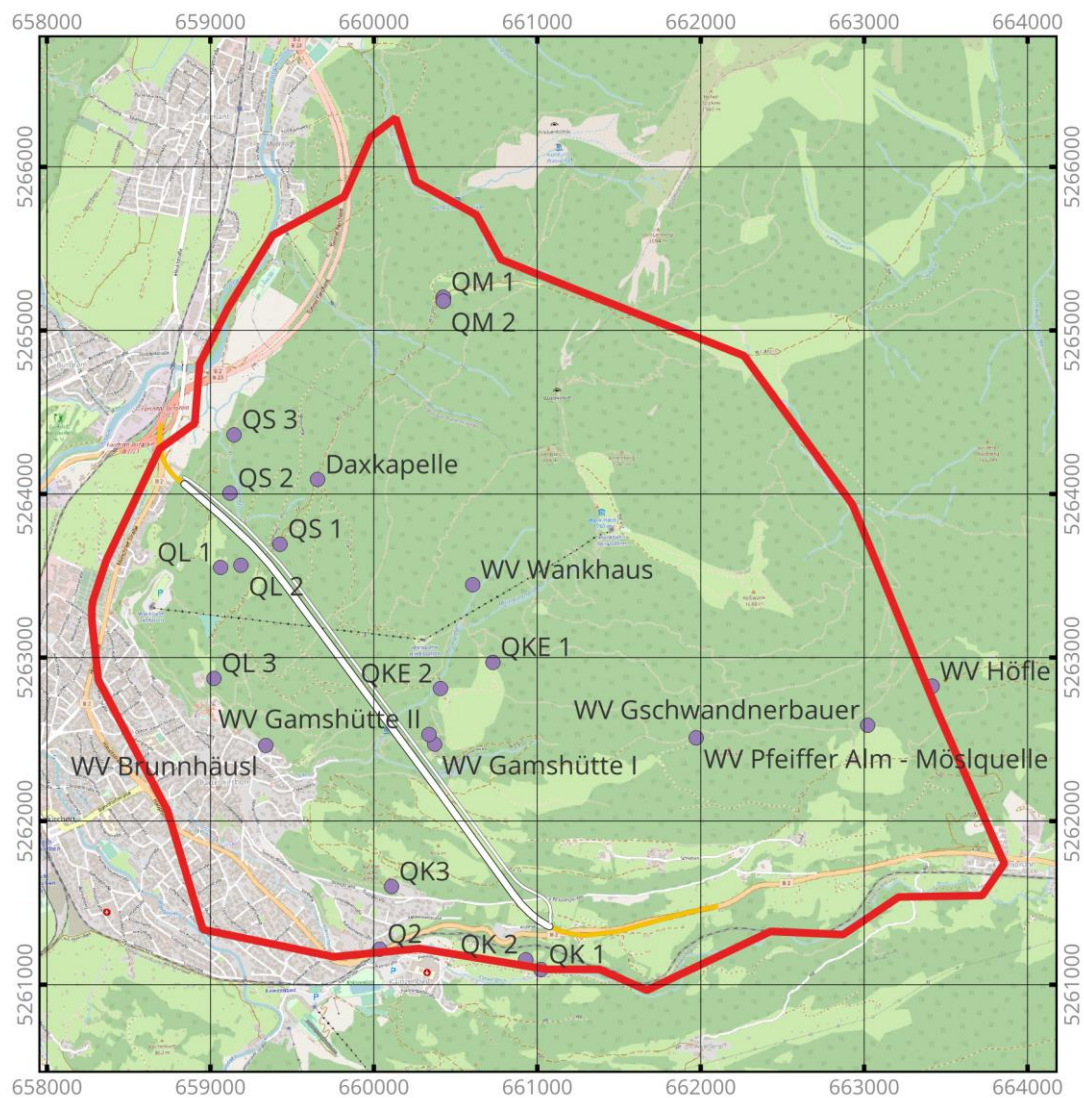


Abbildung 1-1: Lage des Modellgebietes (rot) mit geplantem Tunnel (weiß) sowie Quellen und Modellbereich

2 Modellaufbau Prinzipmodell

2.1 Diskretisierung und Randbedingungen

Die Modellausdehnung wurde so gewählt, dass der komplette Tunnel innerhalb des Modells liegt. Als westliche Begrenzung dient der Übergang zum Loisachtal und dem hier vorliegenden quartären Grundwasserleiter. Dieser Aquifer wird mit dem Modell des Talbodens Loisachtals ebenfalls modelliert und ist in Abbildung 1-1 rot schraffiert zu sehen (kup 2023-5). Hier liegt am Wanktunnelmodell eine Festpotentialrandbedingung vor, die aus der Piezometerhöhenverteilung des Talbodenmodells abgeleitet wurde.

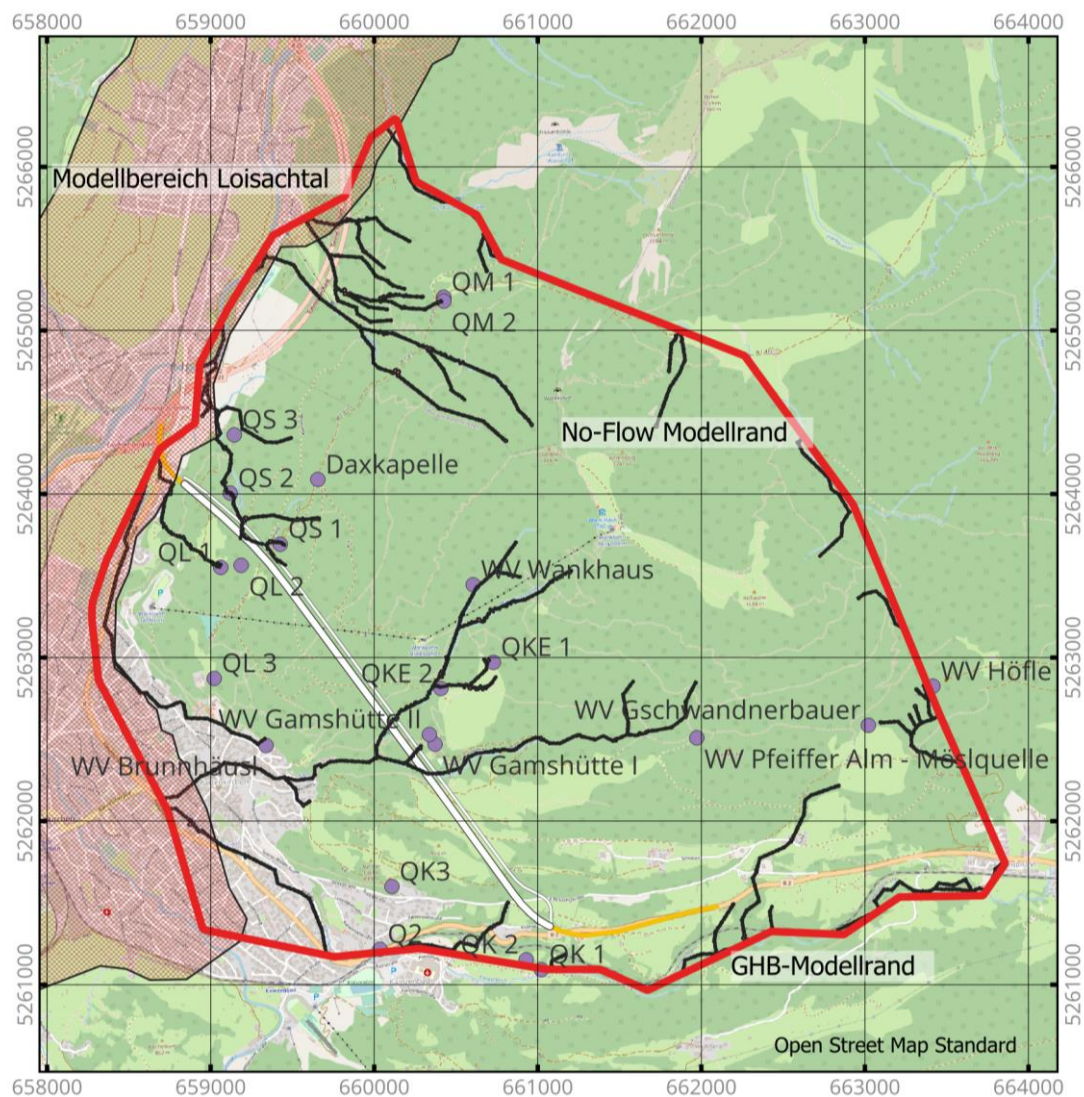


Abbildung 2-1: Modellumgriff und Randbedingungen

A866-2 B2 OU GAP mit Wanktunnel

Prinzipmodell

Am Südrand des Modells befindet sich die Kanker, ein Gewässer, das in einem kleinräumigen quartären Aquifer fließt, der dem Loisachtal zuströmt. Die Höhe dieser Festpotentialrandbedingung wird dem Modell ebenfalls als Festpotential vorgegeben.

Der Nordostrand ist ein sogenannter No-Flow-Rand. Über diese Grenze strömt kein Wasser, es ist somit aufgrund einer Randstromlinie definiert. Neugebildetes Grundwasser fließt aus dem zentralen Bereich hier nach Süden bzw. Nordwesten entlang dieser Grenze ab.

Die kartierten Quellen und die dargestellten Gewässer werden als Leakagerandbedingung ins Modell eingepflegt.

Das Modellgebiet, abgegrenzt durch die rote Umrandung, hat eine Fläche von 18,7 km².

In Abbildung 2-2 ist das Modellnetz dargestellt. Die größten Modellzellen haben einen Durchmesser von bis zu 60 Metern. Im Bereich der Tunneltrassen, der Gewässer und der Störungen ist die räumliche Diskretisierung verfeinert. Dort beträgt die Modellzellengröße bis zu 10 Meter im Durchmesser.

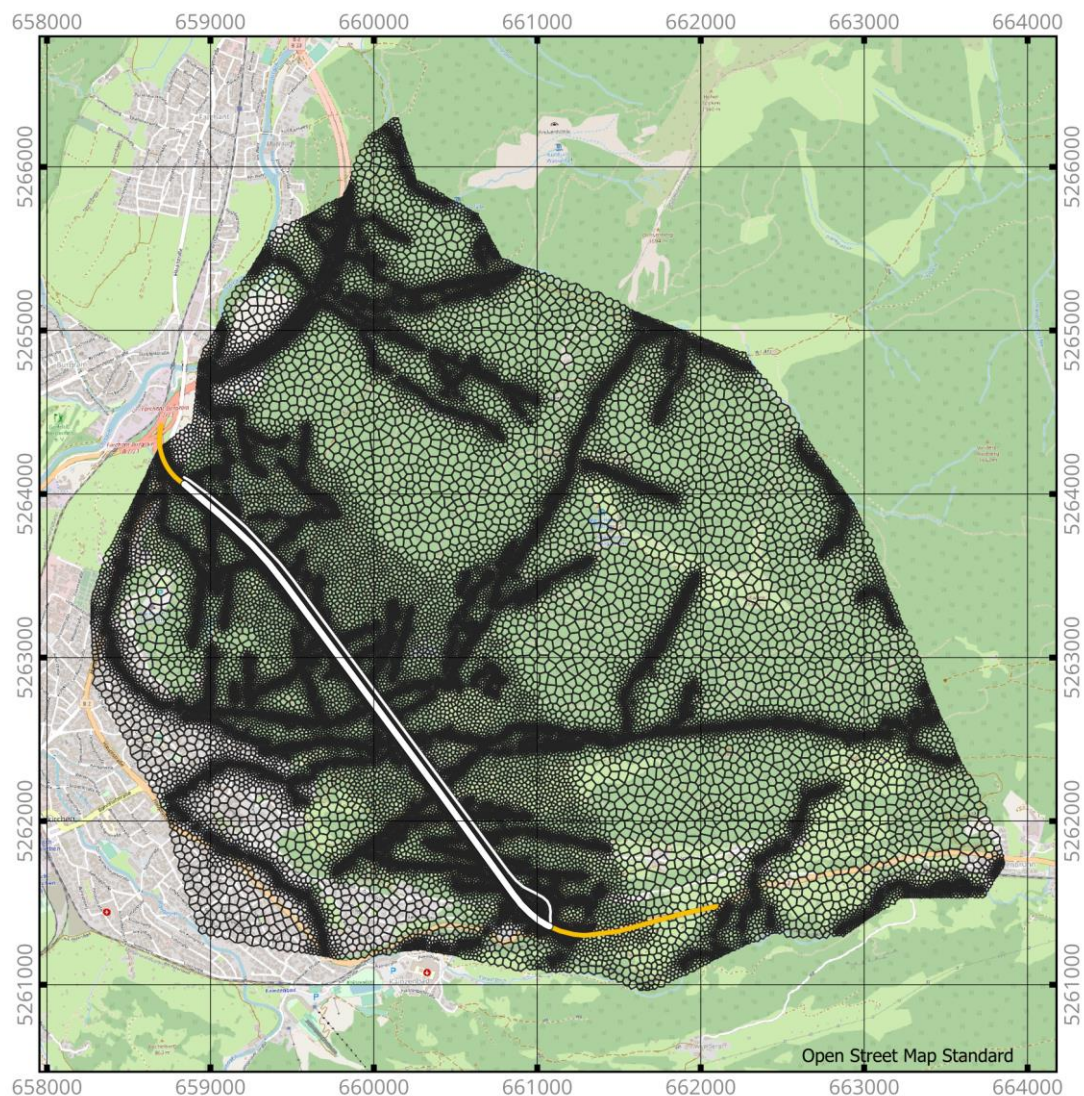


Abbildung 2-2: Modellnetz

2.2 Geologie und Schichtlagerung

Im Modellgebiet liegen als geologische Einheiten Plattenkalk, Hauptdolomit und die Raiblerschichten vor. Entsprechend sind dies die relevanten Hydrogeologischen Einheiten (HGEs) im Festgestein. An den Modellrändern ist noch ein schmaler Streifen quartären Aquifers vorhanden. Für die Unterscheidung in Hauptdolomit und Plattenkalk wurden die Schichtgrenzen aus vorhanden Bohrinformationen und den Höhen aus drei geologischen Schnitten interpoliert. Zwischen Hauptdolomit/Plattenkalk und den Raiblerschichten liegt eine Überschiebungszone,

die von Südwest nach Nordost eine trennende Wirkung hat. Die Raiblerschichten sind stark gefaltet und haben hydraulisch schwebende Grundwasserstockwerke, die mit dem Modell nicht abgebildet werden können. Aus den Verteilungen der hydrogeologischen Einheiten wurde ein 3D-Gebirgsmodell entwickelt. Der Verlauf der Störungen wurde entsprechend der erkundeten Lage in der horizontalen Draufsicht im Modellnetz berücksichtigt. Vereinfachend wurden die Störungsflächen senkrecht angenommen. Die Modellbasis liegt einheitlich auf 600 m+NN. Der Bereich darüber bis zur Geländeoberkante wird in gleichmäßig mächtige Schichten aufgeteilt. Dadurch sind die Modellschichten am Talrand geringer mächtig als unter dem Gipfel des Wankmassivs. Jede der sich so ergebenden 40 Modellschichten ist entsprechend der vorherrschenden geologischen Einheit mit einer Kennung für die Hydrogeologische Einheit belegt. Diese Kennung definiert die Durchlässigkeit entsprechend der hydrogeologischen Einheit. In Abbildung 2-3 ist die Verteilung der HGE's in der obersten Modellschicht dargestellt.

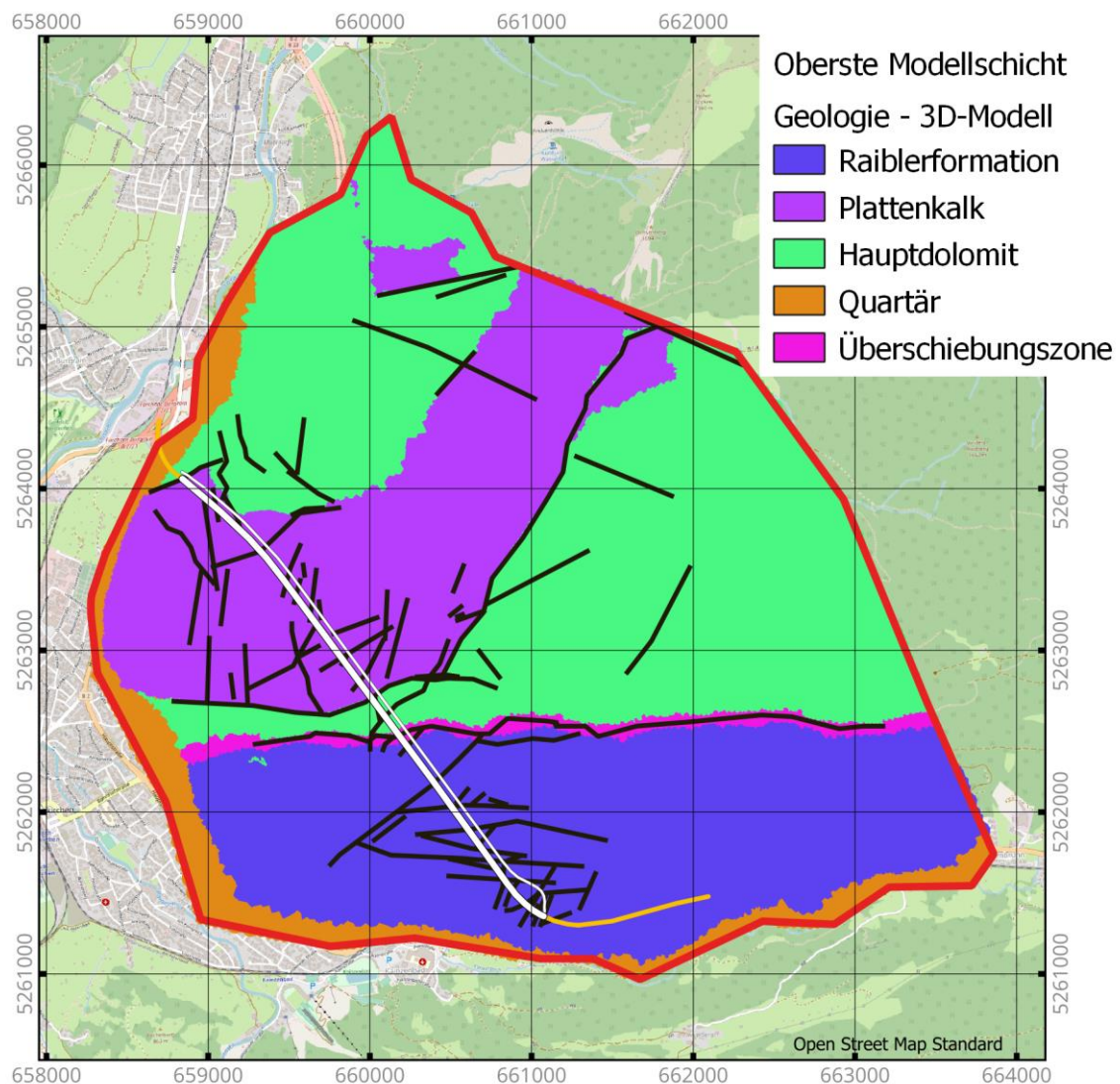


Abbildung 2-3: 3D-Modell, oberste Modellschicht

Die Verteilung von Plattenkalk und Hauptdolomit verändert sich mit zunehmender Tiefe. Die Überschiebungszone fällt von Nordost nach Südwest ein.

2.3 Durchlässigkeitswerte der geologischen Einheiten

Den geologischen Einheiten (HGE's) müssen die horizontalen und vertikalen Durchlässigkeiten vorgegeben werden. Im Prinzipmodell wird eine homogene Gebirgsdurchlässigkeit für jede HGE angenommen. Diese Modelldurchlässigkeit muss als homogene, übergeordnete Durchlässigkeit für das Gebirge in der jeweils zugrunde liegenden geologischen Einheit gesehen werden. Die Durchlässigkeit der enthaltenen Gesteine, Klüftung, Verkarstungserscheinungen, untergeordnete Störungs- und

Zerrüttungszonen, sowie Wasserwegigkeiten entlang der Oberfläche sind in diesem homogenen k_f -Wert subsummiert. Die Durchlässigkeiten der geologischen Einheiten im Modell sind somit deutlich höher als die Durchlässigkeit der enthaltenen Gesteine selbst.

Tabelle 2.1: Homogene horizontale Durchlässigkeitsbeiwerte der hydrogeologischen Einheiten (HGEs)

Gesteinsart]	K_f [m/s] (homogen)
Plattenkalk	$4e^{-6}$
Hauptdolomit	$1e^{-6}$
Raibler	$8e^{-6}$
Quartär	$1e^{-3}$

Da im Modell die Durchlässigkeit als übergeordnete Gebirgsdurchlässigkeit angenommen wird, ist diese insbesondere in den Raiblerschichten höher als in den Erkundungsergebnissen. Diese basieren überwiegend auf Bohrlochversuchen (Packertests), die eine bessere Differenzierung der Durchlässigkeit der Gesteine selbst und des Gebirges z.B. in verkarsteten Bereichen erlauben. Da in den Raiblerschichten die gemessenen Wasserstände unter Tunnelniveau liegen aber auch in höheren Lagen wasserführende Schichten angetroffen wurden, ist von schwebenden Grundwasserstockwerken auszugehen. Da dies modelltechnisch mit einem Prinzipmodell nicht abbildbar ist, wurde durch die höhere Gesamtdurchlässigkeit im Bereich der Raiblerschichten die Durchlässigkeit so gewählt, dass nur die tiefliegenden grundwasserführenden Schichten und nicht die schwebenden Stockwerke abgebildet werden.

Die Überschiebungszone wurde mit $1 \cdot 10^{-8}$ m/s belegt, da hier eine hydraulisch trennende Wirkung erkundet wurde. Es ist davon auszugehen, dass das Gebirge in der Überschiebungszone unter hoher Auflast mechanisch stark beansprucht wurde, so dass sich keine offenen Störungsfugen ausgebildet haben, sondern stark zerriebene, feinkörnige Störungsgesteine mit geringer Durchlässigkeit vorliegen.

Die vertikalen Durchlässigkeiten werden um den Faktor 200 gegenüber den horizontalen abgemindert. Dies hat sich aus Betrachtungen von Szenarien ergeben, damit sich realistische Grundwasserspiegel ergeben.

Die obersten zwei Modellschichten sind um den Faktor 2 durchlässiger, die unteren zehn Schichten um den Faktor 10 geringer durchlässig. Damit wird der angenommenen, nach unten hin abnehmenden, Auswirkung von Klüftung und Verkarstung Rechnung getragen.

Die Störungen werden in der homogenen Grundvariante des Modells mit den Durchlässigkeiten des umgebenden Gesteins belegt. In der Variante mit diskreten Störungen werden die Störungszonen im Plattenkalt und Hauptdolomit mit erhöhter Wasserwegigkeit bzw. höherer Durchlässigkeit angesetzt. In den Raiblerschichten wird keine erhöhte Wasserwegigkeit bzw. erhöhte Durchlässigkeit in den Störungszonen angenommen, da diese vermehrt mergelige Anteile haben und Scherzonen eher abdichten als erhöhte Durchlässigkeiten aufweisen. Die Variante mit diskreten Störungen ist im Vergleich zu den erkundeten Verhältnissen als die Worst-Case-Variante zu sehen.

2.4 Umsetzung Tunnel und Rettungstollen

Die Drainagerandbedingung entlang des Tunnels und des Rettungstollens wurde mit dem 3D-Modell verschnitten. Die Höhe der Drainagerandbedingung kommt hierbei entweder auf Tunnelsohle minus 1 Meter zu liegen oder auf Modellzellenbasis plus 1 Meter, sofern die Tunnelsohle unterhalb der Modellzelle liegt aber die Oberkante des Tunnels unterhalb der Modellzellenoberkante liegt.

Die Diskretisierung des Tunnels und des Rettungstollens ist in Abbildung 2-4 dargestellt.

In den Abschnitten Zentral und Süd im Bereich der Raiblerschichten verläuft die Tunneltrasse über den tief liegenden Grundwasserführenden Schichten. Darüber wurden lokal schwebende Grundwasservorkommen erbohrt. In diesen Bereichen werden keine Bauwerksdrainagen angesetzt da hier davon auszugehen ist, dass sich zwischen dem Bauwerk und den schwebenden Grundwasserstockwerken eine ungesättigte Zone vorliegt und sich damit die Baumaßnahme nicht auf die schwebenden Stockwerke auswirkt. Es ist davon auszugehen, dass diese schwebenden Stockwerke von sehr gering durchlässigen Mergellagen unterlagert

werden und so kein hydraulischer Kontakt vorhanden ist. In den Abschnitten Nord 1 bis 3 ist trotz sich nach unten abbauenden Druckniveaus des Grundwassers aufgrund des eher spröden Charakters von Hauptdolomit und Plattenkalk davon auszugehen, dass ein hydraulischer Kurzschluss erfolgt. Somit steht die Wasserhaltung des Tunnelbauwerks mit dem gesamten Grundwasserkörper in hydraulischem Kontakt.

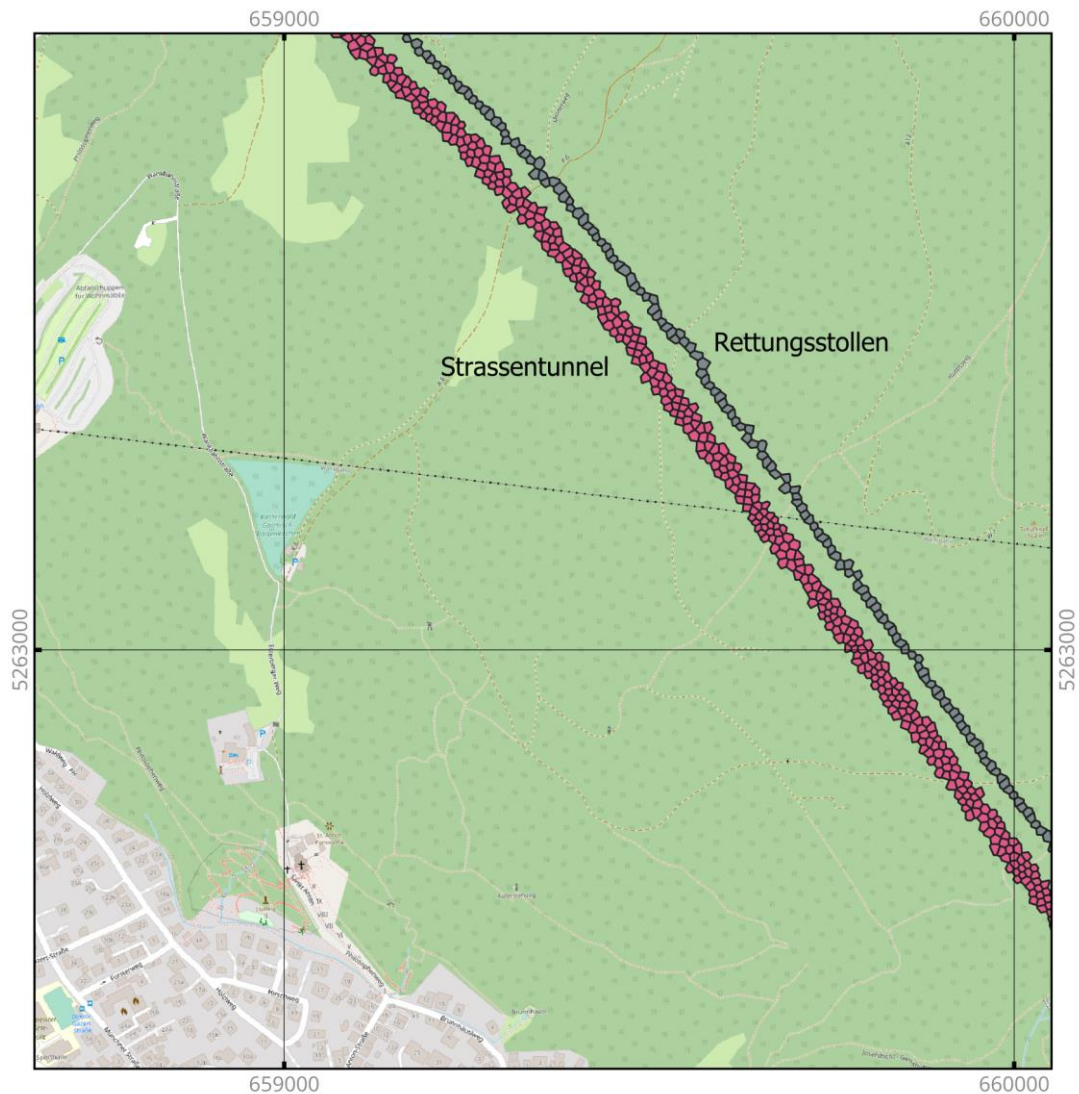


Abbildung 2-4: Lage und Diskretisierung des Tunnels und des Rettungsstollens im Bereich der Wankbahn

2.5 Beschreibung der berechneten hydrogeologischen Varianten

Variante 1

Variante 1 entspricht der Vorstellung, dass alle hydrogeologischen Einheiten jeweils eine homogene Durchlässigkeit besitzen. Es wird hier davon ausgegangen, dass die Störungen dieselbe Durchlässigkeit haben, wie die umgebenden hydrogeologischen Einheiten, sodass die Störungen keinen Einfluss auf die Grundwasserverhältnisse haben.

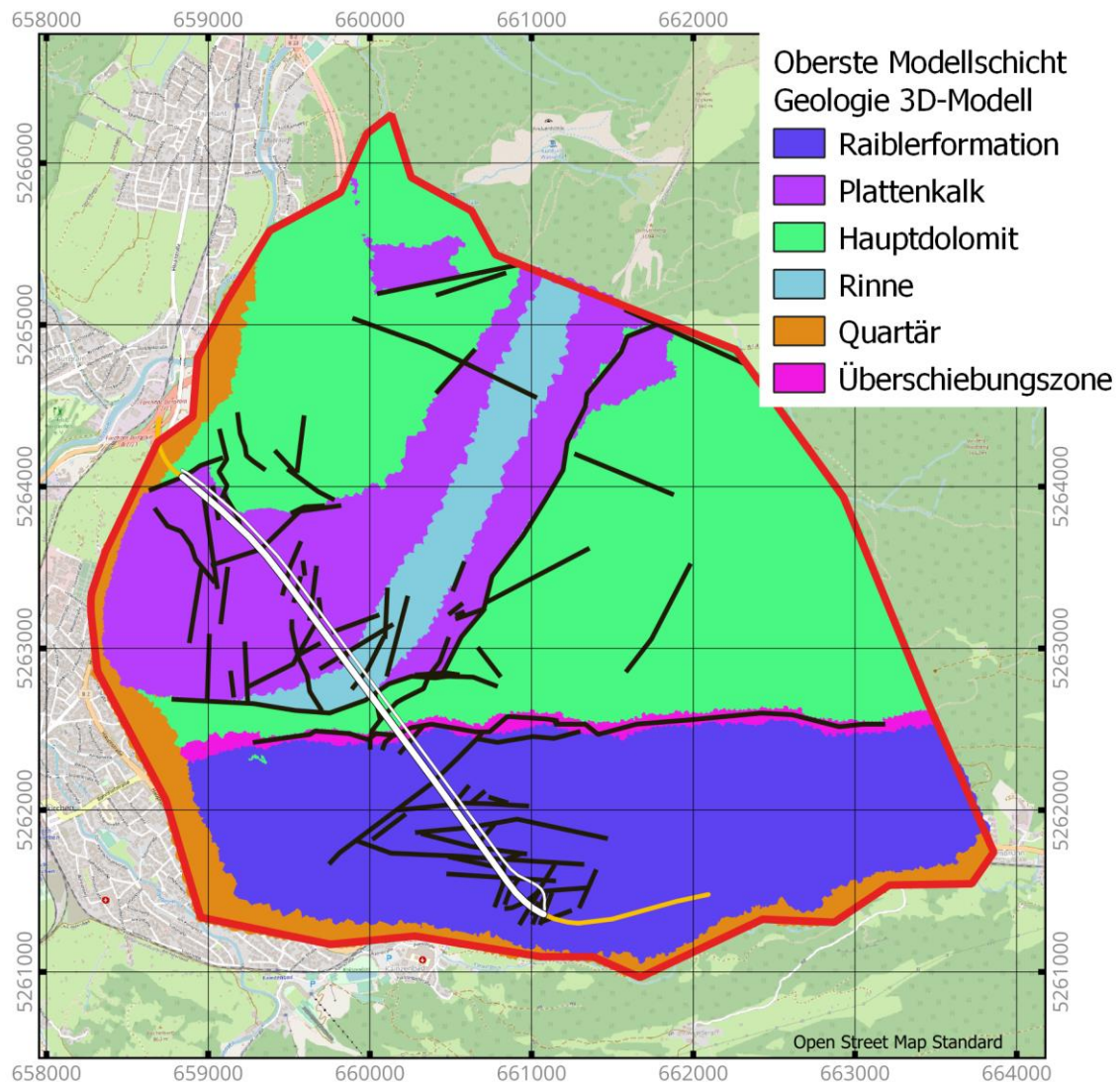


Abbildung 2-5: Lage der höher durchlässigen Rinne

Variante 2

In Variante 2 wird entsprechend Abbildung 2-5 nördlich der Schalmalschlucht eine höher durchlässige Rinne im Plattenkalk berücksichtigt, die sich aus der

hydrogeologischen Erkundung ableiten lässt (ILF 2023). Hier beträgt die Durchlässigkeit $1e^{-4}$ m/s. Dadurch kann vom Bergmassiv ein höherer Zustrom zum Tunnel erfolgen.

Variante 3

In Variante 3 wird für alle Störungen eine vertikale Durchlässigkeit von $1 \cdot 10^{-5}$ m/s angesetzt. Die vertikale Durchlässigkeit der Störungen liegt damit höher als die Durchlässigkeit der umgebenden hydrogeologischen Einheiten.

Variante 4

Erhöhte vertikale und horizontale Durchlässigkeiten in den Störungen nördlich der Überschiebungszone werden in Variante 4 umgesetzt. In den Raiblerschichten ist davon auszugehen, dass die Störungen dicht sind.

Damit lassen sich die vier Varianten in zwei Homogenvarianten und zwei Varianten mit diskreten Kluftwegsamkeiten unterteilen. Nach den Erfahrungen der übrigen Tunnelbauwerke im Ammer- und Estergebirge sind die Homogenvarianten wie im Oberauer Tunnel vergleichsweise wahrscheinlich. Varianten mit diskreten Kluftwegsamkeiten sind gemäß den Erfahrungen im Kramertunnel in Abschnitten wahrscheinlich, aber über den gesamten Tunnel eher unwahrscheinlich.

Die Durchlässigkeiten aus dem Geologisch-Hydrogeologischem Bericht entstammen überwiegend Bohrlochversuchen, die zwar eine bessere Differenzierung der Durchlässigkeit der Gesteine selbst und des Gebirges z.B. in verkarsteten Bereichen oder einzelner Störungen erlauben, die Ermittlung der weitreichenden hydraulischen Wirkung von Störungszonen ist damit jedoch nicht möglich.

Im Modell führt dies tendenziell zu einer höheren angenommenen Durchlässigkeit der hydrogeologischen Einheiten. In den diskreten Varianten (V3 + 4) tritt die Durchlässigkeit der hydrogeologischen Einheiten gegenüber der Wirkung der angesetzten, höheren Durchlässigkeiten entlang der diskreten Elemente (Störungen) zunehmend in den Hintergrund.

3 Ergebnisse

3.1 Modellbilanzen, Quellschüttungen und Piezometerhöhen ohne Wanktunnel

Die Grundwasserneubildung ist mit 435 l/s die Hauptzuflusskomponente in das System. Die Berechnung der Neubildung ist im hydrologischen Modell (kup, 2023-3) beschrieben. Die Bereiche, für die hier keine Neubildungsberechnung vorliegt, wurden anhand der Höhenlage ergänzt. Im Zustand ohne Wanktunnel wird dieses Wasser über die Quellen und Oberflächengewässer mit zusammen 290 l/s ausgetragen. Dies entspricht dem Basisabfluss 1 des hydrologischen Modells (kup 2023-3). Der Rest von 137,1 l/s fließt als Randzustrom in den quartären Aquifer des Loisahtales. 8 l/s entfallen auf den Tunnel Farchant. Diese Größenordnungen sind mit den Abschätzungen aus dem hydrologischen Modell vergleichbar. Bei der prinziphaften Kalibrierung der Variante 1 wurde darauf geachtet, dass die Quellen, an denen eine Schüttung vorhanden ist, auch im Modell eine Schüttung aufweisen. Damit ist eine rechnerische Beurteilung der Auswirkungen des Tunnels auf diese Quellbereiche möglich. Laut Tabellen 38 und 39 im geologisch-hydrogeologischen Bericht (ILF 2023) ist an den in Abbildung 1-1 benannten Quellen zumindest einmal ein Wasserzutritt registriert worden. Allerdings sind viele der Quellen auch in trockenem Zustand angetroffen worden.

In Abbildung 3-1 ist exemplarisch die Piezometerhöhenverteilung in der 20. Modellschicht dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die höchsten Piezometerhöhen im Nordosten des Wankmassives anzunehmen sind.

Im Wankmassiv stellt sich eine dreidimensionale Strömung ein. Der Grundwasserspiegel ist unter dem Gipfel am höchsten und baut sich zu den Talflanken infolge der Quellaustritte und Übertritte in die oberflächennahen, quartären Lockergesteine ab. Im Wankmassiv selbst findet ebenfalls in vertikaler Richtung ein Druckabbau statt. Dies ergibt sich aus den anisotropen Verhältnissen des Gebirges. Der Grundwasserspiegel fällt zum Talboden hin steiler ab als der Druckhöhenverlauf im Wankmassiv. In Störungszonen kann aber die Druckhöhe des Grundwasserspiegels bis auf Tunnelniveau wirken, so dass hier mit Druckhöhen von mehreren hundert Metern im zentralen Tunnelbereich zu rechnen ist.

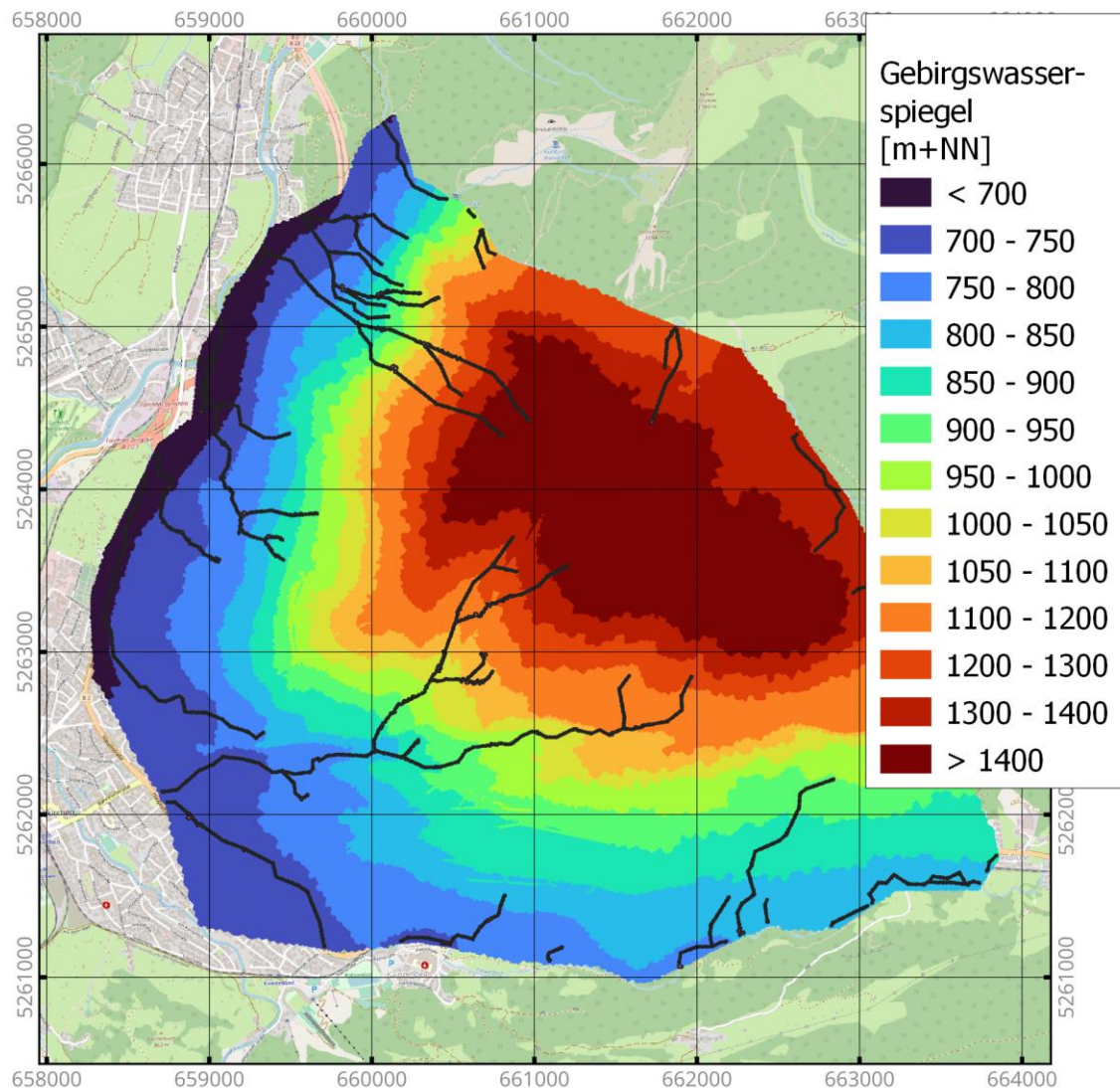


Abbildung 3-1: Berechneter Grundwasserspiegel in der Modellschicht 1

3.2 Berechnete Andrangsraten

Die berechneten Andrangsraten entsprechen dem stationären, langfristigen mittleren Wasserandrang über die Bauwerksdrainagen der Tunnelbauwerke. Es sind Tunnel und Rettungsstollen gleichzeitig geöffnet. Aussagen zum instationären Erstwasserandrang sind mit den stationären Modellrechnungen nicht möglich. Entsprechend der Planung wird nach Fertigstellung des Tunnels sämtliches Grundwasser, das über die Bauwerksdrainagen der Tunnelbauwerke aus GWK 1_G093 Alpen - Garmisch-Partenkirchen entnommen wird, im Bereich der Anschlussstelle Nord dem natürlichen Verlauf folgend in GWK 1_G096 Quartär – Penzberg wieder versickert.

Die Andrangsraten wurden für den Rettungstollen und den Haupttunnel getrennt ausgewertet. Die Bereiche sind an der Kilometrierung entsprechend folgender Tabelle unterteilt:

Tabelle 3.1: Kilometrierung und Abschnittsname

Kilometer von - bis	0+321 m - 1+020 m	1+020 m - 2+050 m	2+050 m - 2+540 m	2+540 m - 3+100 m	3+100 m - 3+780 m
Abschnitt	TA Nord 1	TA Nord 2	TA Nord 3	Zentral	Süd

Die Definition der einzelnen Abschnitte ist dem Erläuterungsbericht (PGW 2023-1) zur Planfeststellung zu entnehmen.

Tabelle 3.2: Wasserandrang bei Variante 1, homogene Durchlässigkeitsverteilung

[l/s]	TA Nord 1	TA Nord 2	TA Nord 3	Zentral	Süd
Straßentunnel	8,6	11,1	8,9	0	0
Rettungstollen	3,4	8,7	4,8	0	0

Im Wanktunnel kommen insgesamt 28,6 l/s in der Drainagerandbedingung an. Im Rettungstollen sind es 16,9 l/s. Insgesamt treten bei Variante 1 **45,5 l/s** in den Tunnelbauwerken auf.

Tabelle 3.3: Wasserandrang bei Variante 2, höher durchlässige Rinne

[l/s]	TA Nord 1	TA Nord 2	TA Nord 3	Zentral	Süd
Straßentunnel	8,4	11,2	10,5	0	0
Rettungstollen	3,4	8,8	5,2	0	0

Durch die höher durchlässige Rinne erhöht sich der Andrang nicht, da durch die höheren Durchlässigkeiten die Piezometerhöhen sinken. Insgesamt ist hier ein Wasserandrang von 30,1 l/s im Straßentunnel und 17,4 l/s im Rettungstollen berechnet worden. Dies sind zusammen **47,5 l/s**.

Tabelle 3.4 Wasserandrang bei Variante 3, überall vertikal hochdurchlässige Störungen

[l/s]	TA Nord 1	TA Nord 2	TA Nord 3	Zentral	Süd
Straßentunnel	9,5	18,6	20,1	0	0
Rettungsstollen	9,2	31,2	14,6	0	0

Die Variante mit vertikal höheren Durchlässigkeiten hat einen Wasserzutritt von **103,2 l/s**. Davon entfallen 48,2 l/s auf den Straßentunnel und 55 l/s auf den Rettungsstollen.

Tabelle 3.5: Wasserandrang bei Variante 4, hochdurchlässige Störungen horizontal und vertikal außerhalb der Raiblerschichten

[l/s]	TA Nord 1	TA Nord 2	TA Nord 3	Zentral	Süd
Straßentunnel	8,9	17,7	20,1	0	0
Rettungsstollen	8,7	32,6	15,9	0	0

Es treten 46,7 l/s am Straßentunnel auf und 57,2 l/s im Rettungsstollen. Insgesamt sind dies **103,9 l/s**.

Der diskrete Ansatz der Störungen mit horizontaler und vertikaler Durchlässigkeit in Variante 4 liegt von den vier abgebildeten Varianten im Prinzipmodell am nächsten am Ansatz und den Annahmen, die im Geologisch-Hydrogeologischen Bericht in der Zustromprognose zugrunde gelegt werden.

Der im Prinzipmodell für Variante 4 in der Modellrechnung ermittelte Zustrom von 103,9 l/s kann überschlägig im Rahmen der Plausibilitätskontrolle mit dem in der Zustromprognose im Geologisch-Hydrogeologischen Bericht ermittelten Wert von 110 - 139 l/s verglichen werden. Der prognostizierte Zustrom aus dem Prinzipmodell liegt etwas niedriger, bestätigt aber die Größenordnung der Einschätzung der Zustromprognose im Geologisch-Hydrogeologischen Bericht.

3.3 Grundwasserabsenkungen durch die Tunnelbauwerke

Zur Berechnung der Absenkungen des Grundwasserspiegels in GWK 1_G093 Alpen Garmisch-Partenkirchen im Bereich des Wankmassivs wurde mit der gleichen

Durchlässigkeitsstruktur eine Berechnung ohne und eine mit Tunnel drainagen durchgeführt. Die Piezometerhöhen beider Varianten wurden dann verglichen und die Absenkung als positive Differenzen ausgewertet.

Die Absenkungen durch die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke ziehen sich rechnerisch durch das gesamte Bergmassiv. Dabei bauen sich die Auswirkungen mit zunehmender Entfernung von den Tunnelbauwerken in horizontaler und auch in vertikaler Richtung ab. In den Modellschichten, die von den Tunnelbauwerken angeschnitten werden, ist die Druckhöhe auch auf Tunnelsohle. Bis zur Geländeoberkante sind die Auswirkungen allerdings deutlich geringer. Hier sind teilweise nur noch geringe Absenkungen zu sehen. Allerdings sind diese Absenkungen für die Quellen relevant. In der Modellrechnung kann der mittlere Wasserstand unter Quellniveau liegen und damit ergibt sich im Modell kein Quellabfluss. Aufgrund der natürlichen hydrologischen Schwankungen kann der Wasserstand ebenfalls unter Quellsohle fallen.

In Abbildung 3-2 sind die berechneten Absenkungen des Grundwasserspiegels für die Variante mit homogenen Verhältnissen dargestellt. Auswirkungen über einen Meter zeigen sich nur südwestlich der Tunnelbauwerke. Bei höherer Gebirgsüberdeckung sind die Auswirkungen geringer und die Absenkungen sind unter einem Meter. Auch hier können Minderungen der Quellschüttungen und Grabenabflüsse infolge geringer Absenkung auftreten.

Der Bereich südlich der Tunnelbauwerke vom Nordportal bis zum Faukenbach weist die größten Absenkungen bis lokal 15 Meter auf. Hier sind deutliche Verminderungen im unterirdischen Abstrom des Grundwassers aus GWK 1_G093 Alpen - Garmisch-Partenkirchen in den anschließenden Grundwasserkörper GWK 1_G096 Quartär – Penzberg zu erwarten.

Absenkungen von über einem Meter zeigen sich auch im Bereich Kesselgraben. Im Raum Farchant-Burgrain sind nur geringe Absenkungen vorhanden.

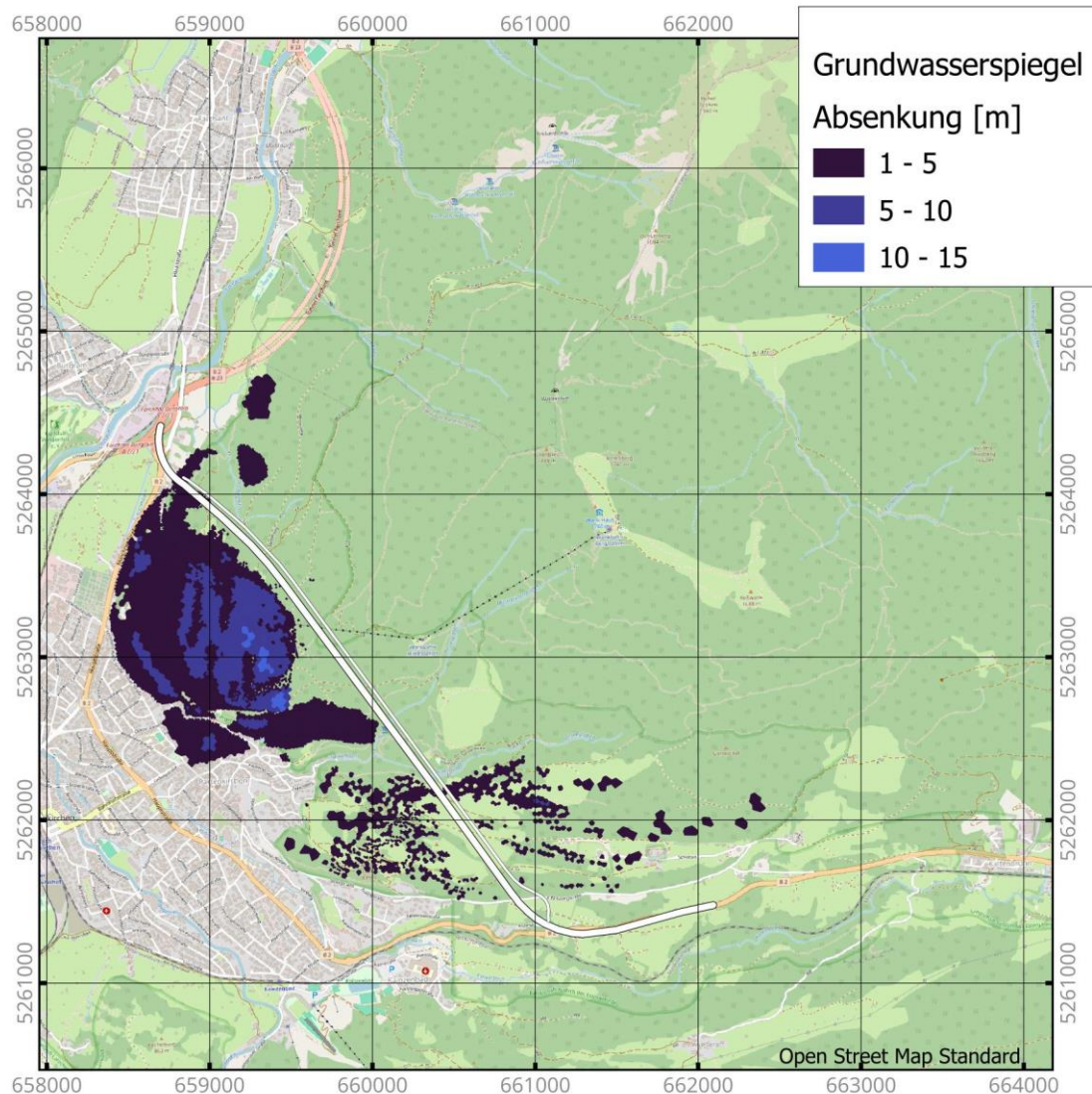


Abbildung 3-2: Berechnete Absenkungen des Grundwasserspiegels für die Variante mit homogenen Durchlässigkeiten (Best-Case)

Gegenüber dem Lauf in Variante 1 zeigen sich in Variante 2 entlang der höher durchlässigen Rinne höhere Absenkungen. In Abbildung 3-3 zieht sich eine Zone mit Absenkungen größer 30 Meter in Richtung Birkelsgraben. Hier sind auch in den Tunnelbauwerken etwas größere Andrangsraten im Vergleich zu Variante 1 vorhanden.

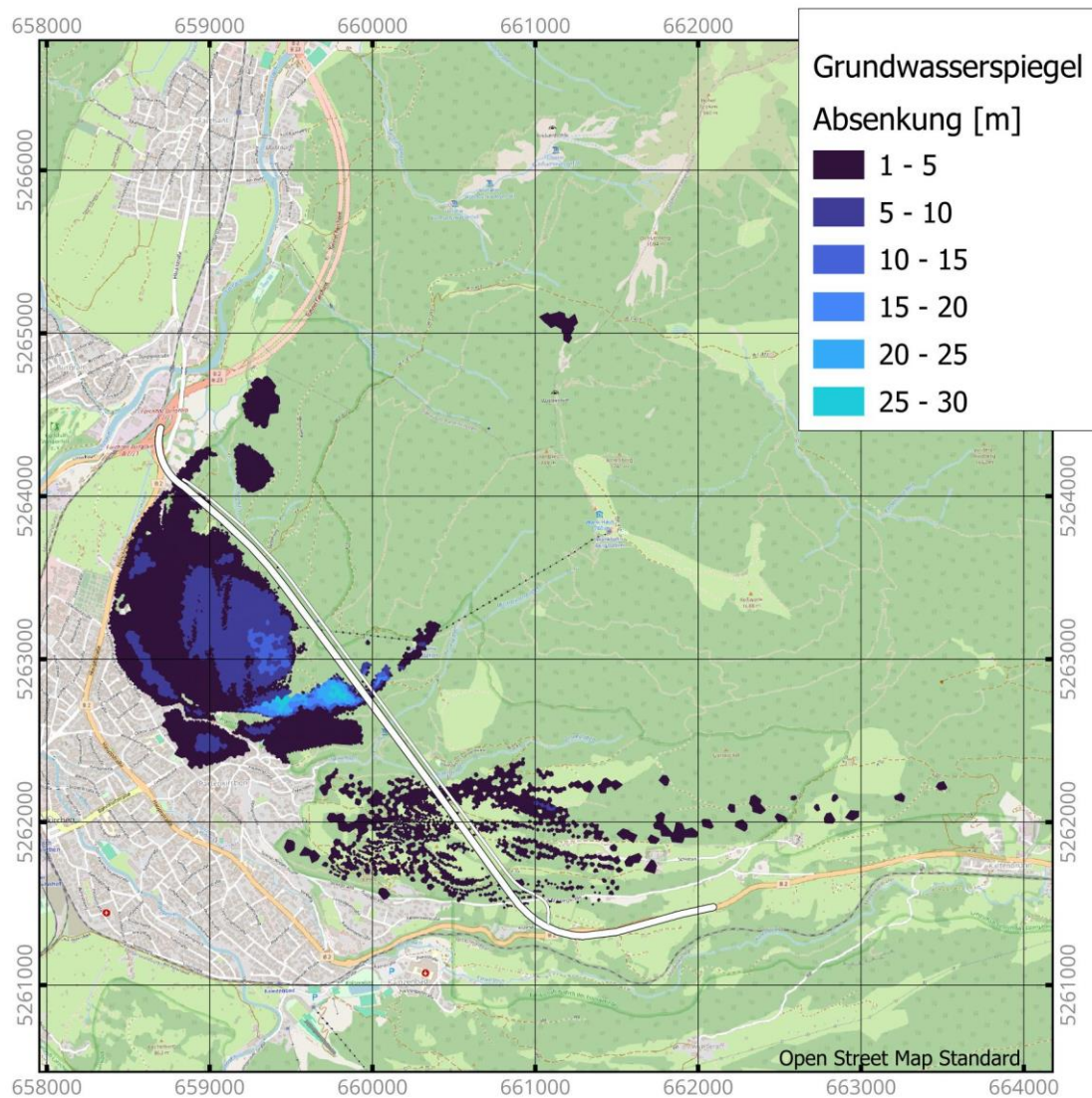


Abbildung 3-3: Berechnete Absenkungen des Grundwasserspiegels für die Variante mit homogenen Durchlässigkeiten und durchlässiger Rinne

In Abbildung 3-4 sind die berechneten Absenkungen des Grundwasserspiegels bei der Worst-Case-Variante 4 mit deutlich höherem Wasserandrang und geöffneten Störungen dargestellt. Hier sind bis zur Geländeoberkante große Absenkungen von bis zu über 100 Metern entlang der Störungen zu erwarten. Das Modell zeigt keine großflächige Absenkung des Grundwasserspiegels in dieser Größenordnung. Dies liegt an der geringeren, subsummierten Durchlässigkeit der hydrogeologischen Einheiten (HGEs) (s. Kapitel 2.3), die entsprechend den hohen Grundwasserspiegeln modelltechnisch ermittelt wurde.

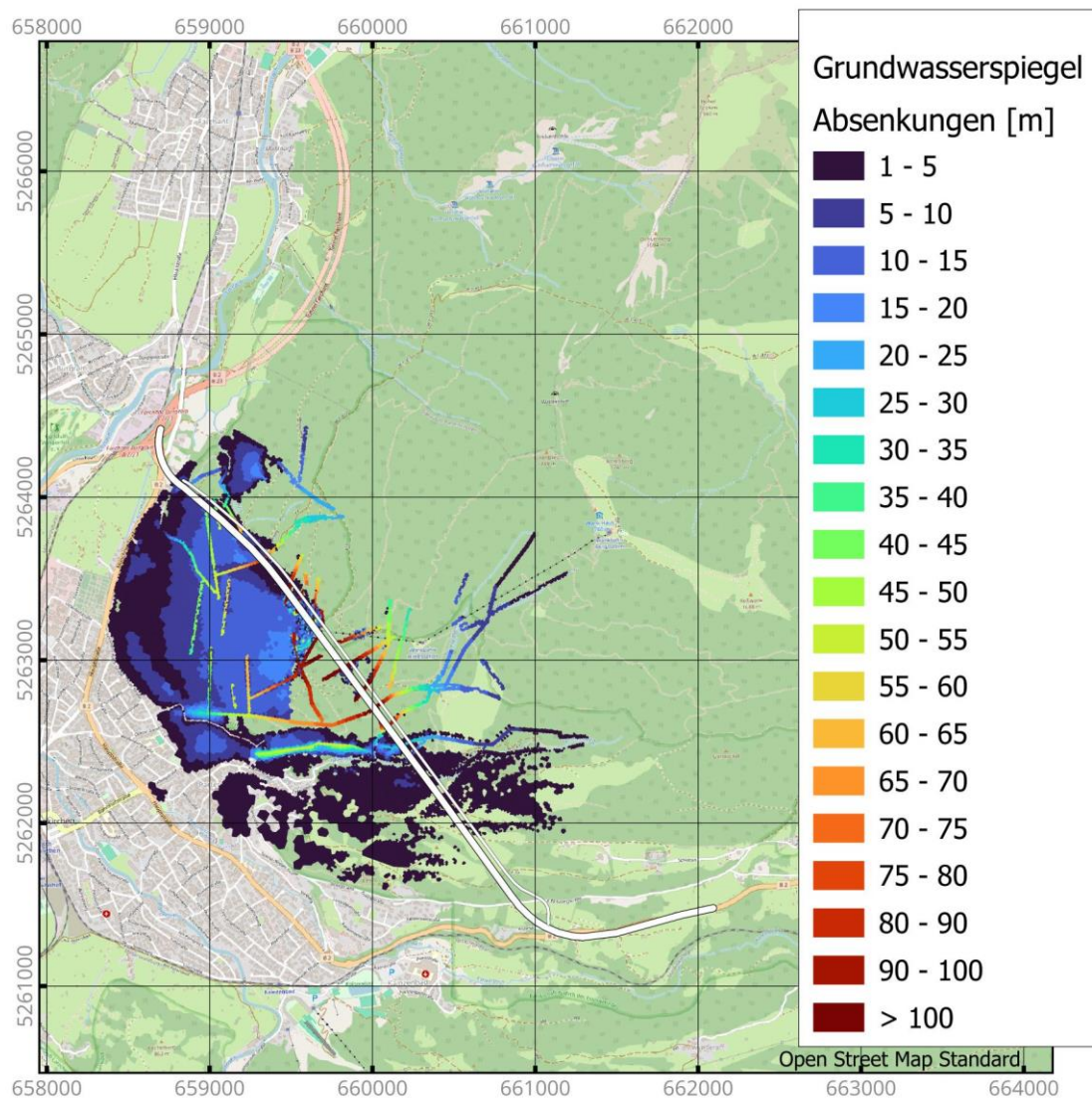


Abbildung 3-4: Berechnete Absenkungen unter Gelände für die Worst-Case-Variante 4 mit horizontal und vertikal durchlässigen Störungen

Die Absenkungen, die mit dem Prinzipmodell berechnet wurden, betreffen den Grundwasserspiegel im GWK 1_G093 Alpen - Garmisch-Partenkirchen im Bereich Wankmassiv. Die Auswirkungen hinsichtlich dem im Verlauf folgenden quartären Grundwasserleiter GWK 1_G096 Quartär – Penzberg im Bereich des Loisachtals werden mit dem Grundwassermodell Loisachtal berechnet (kup, 2023-5).

3.4 Quellschüttungsminderungen durch die Tunnelbauwerke

Die Auswirkungen auf die Quellschüttung wurde durch den Vergleich der berechneten Quellschüttung im Modelllauf ohne Tunnel und Modelllauf mit Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke durchgeführt. Zur Beurteilung wurden Grenzen für die Schüttungsminderung in Prozent [%] festgelegt. Zur Auswertung wurden die Varianten 1 (homogene Durchlässigkeitsverteilung), 2 (homogene Durchlässigkeitsverteilung mit höher durchlässiger Rinne) und 4 (Worst-Case-Variante mit horizontal und vertikal geöffneten Störungen nördlich der Überschiebungszone) herangezogen.

Eine rechnerische Minderung der Quellschüttung bis 10 % wurde der Kategorie „keine Beeinflussung“ zugeordnet. Bis 20 % ist eine „geringe Beeinflussung“ angenommen, bis 30 % „mäßig“ und ab 30 % wird die Beeinflussung als „groß“ eingestuft. Wertet man dies für die einzelnen Quellbereiche aus, so ergeben sich modelltechnische Auswirkungen gemäß Tabelle 3.6. Zusätzlich ist in Spalte zwei im Sinne der Plausibilitätskontrolle die Beeinflussungswahrscheinlichkeit gemäß Geologisch - Hydrogeologischem Bericht (ILF, 2023) aufgeführt. Die Beeinflussungswahrscheinlichkeit aus den Modellbetrachtungen ergibt sich aus den Auswirkungen und der Eintrittswahrscheinlichkeit je Variante. Nach den in Kap. 2.5 einbezogenen Erfahrungen sind die Homogenvarianten vergleichsweise wahrscheinlich. Varianten mit diskreten Kluftwegsamkeiten sind dem zufolge in einzelnen Abschnitten wahrscheinlich, aber über den gesamten Tunnel eher unwahrscheinlich.

Ausgewertet wurde der Nahbereich um die Quellen wie sie in der ersten Spalte benannt und in Abbildung 1-1 kartiert sind. Da sich die Varianten 3 und 4 nur marginal im Wasserandrang unterscheiden, wurde auf die Auswertung der Variante 3 verzichtet. Variante 2 wurde mitberücksichtigt, da lokal unterschiedliche Auswirkungen zu Variante 1 berechnet wurden.

Tabelle 3.6: Auswirkungen auf Quellschüttungen

Quelle	Beeinflussungswahrscheinlichkeit *	Auswirkungen gemäß Prinzipmodell (Variante 1) (Variante 2) (Variante 4)		
Daxkapelle Laufbrunnen	<i>niedrig</i>	keine	keine	keine
QL 1 Wankbahn	<i>hoch</i>	groß	groß	groß
QL 2 Wankbahn	<i>hoch</i>	groß	groß	groß
QS 1 Schweinbach	<i>hoch</i>	gering	gering	groß
QS 2 Schweinbach	<i>hoch</i>	gering	gering	groß
QS 3 Philosophenweg	<i>niedrig</i>	keine	keine	groß
QL 3 Panorama	<i>mittel</i>	keine	keine	groß
WV Brunnhäusl	<i>mittel</i>	mäßig	groß	groß
QKE 1 Eckenhaus	<i>keine</i>	keine	keine	groß
QKE 2 Eckenhaus	<i>keine</i>	groß	groß	groß
Gamshütte 1	<i>niedrig</i>	gering	gering	groß
Gamshütte 2	<i>niedrig</i>	gering	gering	groß
Pfeifer Alm Möslquelle	<i>keine</i>	keine	keine	keine
Gschwandnerbauer	<i>keine</i>	keine	keine	keine
Schweinbach Flachmoor	<i>niedrig</i>	keine	keine	keine
Quelle Schalmeischlucht, KGO	<i>hoch</i>	mäßig	mäßig	groß
WV Wankhaus	<i>niedrig</i>	mäßig	mäßig	mäßig

* gemäß Geologisch-Hydrogeologischem Gutachten

Die Einschätzung zur Beeinflussungswahrscheinlichkeit der Quellen im Geologisch-Hydrogeologischen Bericht kann unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Bewertungsmethodiken und unter Berücksichtigung der im Prinzipmodell getroffenen Annahmen qualitativ mit den prognostizierten Auswirkungen aus dem Prinzipmodell verglichen werden (Plausibilitätskontrolle). Aufgrund der Annäherung der Modellbedingungen an die erkundeten Verhältnisse und der analogen Ergebnisse in

der Zustromprognose (Kap. 3.2) erfolgt der qualitative Vergleich vor allem anhand der Variante 4.

Schlussfolgerung aus WRRL

Die Ergebnisse des Prinzipmodells zeigen meist ähnliche Auswirkungen auf die einzelnen Quellbereiche wie die Beeinflussungswahrscheinlichkeit aus dem geologisch- hydrologischen Bericht. Folglich bestätigen die Ergebnisse des Prinzipmodells die des geologisch- hydrologischen Gutachtens.

Die Ergebnisse des Prinzipmodells prognostizieren große Auswirkungen für die Quellen QS3 Philosophenweg, QKE 1 Eckenhaus und QKE 2 Eckenhaus; gemäß dem Geologisch- Hydrologischen Bericht sind aber niedrige bzw. keine Beeinflussungswahrscheinlichkeiten ermittelt worden. An diesen drei Quellen werden von ILF (2023-7) lokale Aquifere in oberflächennahen, quartären Lockergesteinen vermutet, welche durch das Prinzipmodell nicht abgebildet werden. Dies erklärt die unterschiedliche Bewertung. Erste Erkenntnisse aus dem WWBS zeigen für die Quellen QKE 1 Eckenhaus und QKE 2 Eckenhaus eine starke Schwankung in der Leitfähigkeit und in der Wassertemperatur. Die Schwankungen deuten auf eine Speisung der Quelle durch Niederschlagswasser hin. Damit bestätigen erste Messungen die lokalen schwebenden Grundwasservorkommen in oberflächennahen quartären Lockergesteinen, die nicht durch den Tunnel beeinflusst werden.

Für folgende Quellen ist eine große Auswirkung zu erwarten: QL 1 Wankbahn, QL 2 Wankbahn, QS 1 Schweinbach, QS 2 Schweinbach, QS 3 Philosophenweg, QL 3 Panorama, WV Brunnhäusl, QKE 1 Eckenhaus, QKE 2 Eckenhaus, Gamshütte 1, Gamshütte 2 und Quelle Schalmeschlucht, KGO. Die Modellergebnisse basieren auf stationären Rechenläufen. Instationäre Vorgänge wie beispielsweise ein starkes Regenereignis oder auch die Schneeschmelze, die kurzfristig zu einer höheren Quellschüttung führen können, sind nicht berücksichtigt. Diese Ereignisse werden durch die Tunnelbauwerke nicht beeinflusst und werden unabhängig von den Tunnelbauwerken weiterhin auftreten und möglicherweise die Quellschüttungsdynamik dominieren, sodass die berechnete Minderung nicht unbedingt so eintreffen muss.

Eine mäßige Auswirkung ist für die Quelle WV Wankhaus zu erwarten. Da die Quelle zur Trinkwasserversorgung genutzt wird, ist die Auswirkung auch aus wasserwirtschaftlicher Sicht zu bewerten. Gemäß dem geologisch- hydrologischen Bericht liegt für die Quelle vermutlich ein lokaler Aquifer in oberflächennahen quartären

Lockergesteinenvor. Solche lokalen kleinräumigen Bereiche werden vom Prinzipmodell nicht erfasst, weshalb die Auswirkung vermutlich geringer ausfallen wird.

Folgende Quellen sind gemäß dem Prinzipmodell von der Baumaßnahme sehr wahrscheinlich nicht beeinflusst: Pfeifer Alm Möslquelle, Gschwandnerbauer und Schweinbach Flachmoor. Diese Ergebnisse bestätigen die entsprechende Einschätzung im Geologisch-Hydrogeologischen Bericht.

3.5 Verminderter Zustrom in den quartären Aquifer des Loisachtales

Durch die Grundwasserentnahme aus GWK 1_G093 Alpen - Garmisch-Partenkirchen über die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke im Wankmassiv vermindert sich die Zuströmung in den nachfolgenden Grundwasserkörper GWK 1_G096 Quartär – Penzberg im Bereich des Loisachtales, oberstrom (südlich) der Versickerung am Nordportal. Dies betrifft zum einen die Abflüsse in den Gewässern und zum anderen den unterirdischen Randzustrom des Bergmassivs in den Kiesaquifer. Dieser Randzustrom tritt unterirdisch in den quartären Grundwasserleiter des Loisachtales über. In der Komponente Gewässerabfluss ist der berechnete Abstrom im Gewässer und in den oberflächennahen, quartären Lockergesteinen (z.B. Hangschutt, Schuttkegel) summiert. Dieses Wasser strömt auch unterirdisch dem quartären Kiesgrundwasserleiter zu.

In der Anschlussstelle Nord wird das aus GWK 1_G093 Alpen - Garmisch-Partenkirchen über die Bauwerksdrainagen der Tunnelbauwerke entnommene Grundwasser im Betrieb in GWK 1_G096 Quartär – Penzberg versickert und sorgt hier lokal für eine Erhöhung des Grundwasserspiegels im Quartär gegenüber dem IST-Zustand ungestörten Situation.

Für die Variante 1 (Best-Case) mit homogenen Durchlässigkeitsstrukturen und die Variante 4 (Worst Case) mit hochdurchlässigen Störungen wurden der unterirdische Randzustrom und die Abflüsse in den Gewässern ausgewertet und mit der Situation ohne Tunnel verglichen.

Bei der Einteilung der Bilanzbereiche zur Auswertung der Abflüsse wurde gemäß Abbildung 3-5 der Basisabfluss aus dem Grundwasserkörper GWK 1_G093 Alpen - Garmisch-Partenkirchen in die Oberflächengewässer und der abschnittsweise unterirdische Randzustrom aus dem GWK 1_G096 Alpen - Garmisch-Partenkirchen in das angrenzende Loisachtal berücksichtigt.

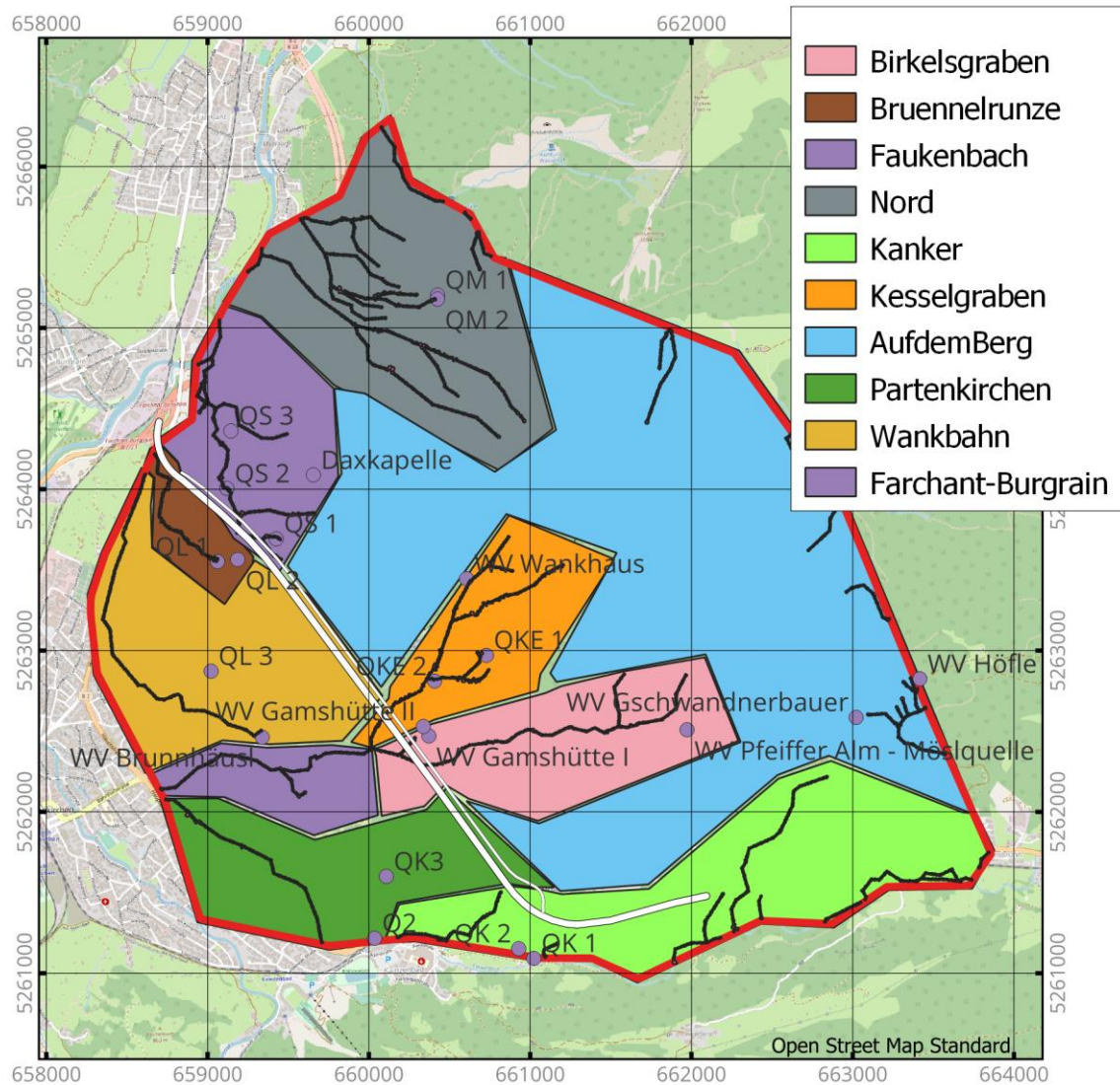


Abbildung 3-5: Auswertebereiche für den Abstrom aus dem Grundwasserkörper GWK 1_G093 Alpen - Garmisch-Partenkirchen in die Oberflächengewässer und den abschnittswise unterirdischen Randzustrom in GWK 1_G096 Quartär – Penzberg

Tabelle 3.7: Auswirkungen auf den Abstrom aus Grundwasserkörper GWK 1_G093 Alpen - Garmisch-Partenkirchen in der Variante 1

[l/s]		Nord	Kanker	Farchant	Brünnelrunze	Wankbahn	Faukenbach	Auf dem Berg	Partenkirchen	Birkegraben	Kesselgraben	Summe
Ohne Tunnel	Basisabfluss	36,0	80,8	24,9	3,7	11,2	12,2	47,1	20,4	29,1	24,6	290,0
	Grundwasser	27,6	1,1	12,2	7,7	46,2	12,4		29,9			137,1
	Gesamt	63,6	81,9	37,1	11,4	57,9	24,6	47,1	50,3	29,1	24,6	427,6
Mit Tunnel	Basisabfluss	35,8	77,3	23,5	2,4	8,6	11,2	46,8	19,5	28,9	24,3	278,3
	Grundwasser	26,1	1,1	8,1	6,2	21,8	11,9		28,1			103,3
	Gesamt	62,2	78,3	31,6	8,6	30,4	23,1	46,8	47,6	28,9	24,3	381,8
Differenz Basisabfluss		0,2	3,5	1,4	1,3	2,6	1	0,3	0,9	0,2	0,3	11,7
Differenz Grundwasser		1,5	0	4,1	1,5	24,4	0,5	0	1,8	0	0	33,8
Differenz		1,7	3,5	5,5	2,8	27,0	1,5	0,3	2,7	0,2	0,3	45,5

Die Hauptauswirkungen zeigen sich im Bereich der Wankbahn mit 27 l/s. An den anderen Bilanzierungsabschnitten liegen die Mindermengen bei wenigen Sekundenlitern.

Tabelle 3.8: Auswirkungen auf den Abstrom aus Grundwasserkörper GWK 1_G093 Alpen - Garmisch-Partenkirchen in der Variante 4

[l/s]		Nord	Kanker	Farchant	Brünnelrunze	Wankbahn	Faukenbach	Auf dem Berg	Partenkirchen	Birkelgraben	Kesselgraben	Summe
Ohne Tunnelbauwerk	Basisabfluss	25,7	84,9	32,4	12,4	17,6	16,3	30,1	21,6	22,2	23,1	286,3
	Grundwasser	30,1	1,0	11,1	6,9	41,8	12,2		29,9	0	0	133,0
	Gesamt	55,8	85,6	43,3	19,3	59,4	28,5	30,1	51,5	22,2	23,1	418,8
Mit Tunnelbauwerken	Basisabfluss	24,2	82,3	25,2	2,5	7,4	9,5	29,1	19,5	17,4	1,9	219,0
	Grundwasser	29,3	1,0	8,4	5,7	13,4	11,5		27,1			96,4
	Gesamt	53,5	81,9	33,5	8,2	20,7	21,0	27,2	46,6	17,4	1,9	311,9
Differenz Basisabfluss		1,5	2,6	7,2	9,9	10,2	6,8	1	2,1	4,8	21,2	67,3
Differenz Grundwasser		0,8	0	2,7	1,2	28,4	0,7	0	2,8	0	0	36,6
Differenz		2,3	2,6	9,9	11,1	38,6	7,5	1,0	4,9	4,8	21,2	103,9

Die Hauptauswirkungen bei der Variante 4 mit durchlässigen Störungen sind ebenfalls an der Wankbahn. Allerdings sind verminderte Abflüsse in dieser Variante auch am Abschnitt Faukenbach bzw. am Kesselgraben zu erkennen. Hier sind durch tiefere Piezometerhöhen sehr viel kleinere Abflüsse berechnet worden.

Betrachtet man die Änderungen zwischen den zwei dargestellten Varianten im Nulllauf ohne Wanktunnel, so zeigt sich durch die durchlässigen Störungen in der Komponente Oberflächengewässer eine erhöhte Abstromminderung. Dies betrifft nicht nur den oberirdischen Abfluss, sondern auch den unterirdischen Abfluss in den Schuttkegeln und Murengängen.

Für die Varianten 1 und 4 erfolgen mit dem Grundwasserbilanzmodell Loisachtal stationäre Berechnungen, in denen die Auswirkungen der verminderten Abströme in den in Abbildung 3-5 dargestellten Bereichen für den quartären Grundwasserleiter GWK 1_G096 Quartär – Penzberg berechnet werden. Im Bericht zu den Auswirkungen auf das Loisachtal (kup, 2023-5) werden die berechneten Absenkungen dargestellt und die Auswirkungen bewertet.

4 Zusammenfassung

Für die Quantifizierung der Auswirkungen durch die Tunneldrainage auf die übergeordnete Wasserbilanz und den Grundwasserhaushalt in GWK 1_G093 Alpen - Garmisch-Partenkirchen wurde ein Prinzipmodell erstellt. Auf Grund der komplexen hydrogeologischen Verhältnisse und dem wirtschaftlich erreichbaren Detaillierungsgrad in der Erkundung der für die Modellierung relevanten hydrogeologischen Einflussfaktoren (z.B. Durchlässigkeit von Gesteinen, Klüftung, Verkarstung), kann das erstellte Modell nur ein Prinzipmodell sein, mit dem die Piezometerhöhen im Wankmassiv entsprechend der angesetzten hydrogeologischen Verhältnisse grob abgebildet werden. Das Prinzipmodell dient dem Prozessverständnis für die betriebsbedingten Auswirkungen hinsichtlich Wasserandrang, Absenkung des Grundwasserspiegels und Auswirkungen auf die Abflüsse im Bereich des Wankmassivs zu entwickeln.

Aufgrund der hohen Heterogenität der hydrogeologischen Verhältnisse und aufgrund des wirtschaftlich erreichbaren Detaillierungsgrades in der Erkundung wesentlicher hydrogeologischer Einflussfaktoren und deren hydraulischer Wirkung (Klüftung, Verkarstung, Störungen) ergeben sich Bandbreiten in der hydrogeologischen Basis für das Prinzipmodell. Mit den vorliegenden Bandbreiten werden die Unsicherheiten hinsichtlich der betriebsbedingten Auswirkungen der Tunnelbauwerke auf die übergeordnete Wasserbilanz im GWK 1_G093 Alpen - Garmisch-Partenkirchen im Bereich des Wankmassivs abgedeckt. Deshalb wurde für die Quantifizierung der Auswirkungen durch die Tunnelbauwerke verschiedene Szenarien bezüglich der Durchlässigkeitsstrukturen im Wankmassiv erarbeitet und im numerischen Grundwasserströmungsmodell umgesetzt.

Da die wesentliche Zuflussgröße für das Wankmassiv die Grundwasserneubildung aus Niederschlag ist, wurde mit einem Hydrologischen Modell der Wasserhaushalt des Wankmassivs ermittelt. Die Ergebnisse sind im kup- Bericht A866-3 „Hydrologisches Modell Wanktunnel“ (kup, 2023-3) dokumentiert.

Es wurden stationäre Berechnungen durchgeführt, die einer Mittelwassersituation beim Betrieb der Tunnelbauwerke mit Bauwerksdrainage entsprechen. Südlich der Überschiebungszone in den Raiblerschichten wird davon ausgegangen, dass das Tunnelbauwerk über dem Grundwasserspiegel verläuft. Der Wasserandrang in der Variante 1 mit homogenen Durchlässigkeiten beträgt rechnerisch 45,5 l/s. In der Worst-Case Variante 4 wurden alle kartierten Störungen horizontal und vertikal als durchlässig angenommen. Hier wurde ein Wasserandrang von ca. 104 l/s berechnet. Der prognostizierte Zustrom aus dem Prinzipmodell in Variante 4 liegt damit etwas

niedriger, bestätigt aber die Größenordnung der Einschätzung der Zustromprognose zu den Bauwerksdrainagen im Geologisch-Hydrogeologischen Bericht von 110 – 139 l/s (ILF 2023).

Für die Quellbereiche im Modellgebiet wurden die Auswirkungen ermittelt und mit der Beeinflussungswahrscheinlichkeit gemäß dem geologisch – hydrogeologischen Bericht von ILF (2023) verglichen. Es hat sich gezeigt, dass die Beeinflussungswahrscheinlichkeiten weitgehend bestätigt werden können.

Die Simulationen mit den unterschiedlichen hydrogeologischen Basisdaten haben Hinweise auf die Absenkung des Grundwasserspiegels in GWK 1_G093 Alpen - Garmisch-Partenkirchen durch die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke ergeben. Hier zeigt sich, dass sich die Absenkung auf Tunnelniveau auf Grund der Durchlässigkeitsverhältnisse nicht bis auf den Grundwasserspiegel vollumfänglich durchpausen. Der Grundwasserspiegel wird durch die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke beim homogenen Modellansatz lokal maximal um 20 m bis 30 m abgesenkt. Eine flächenhafte Absenkung größer 30 m ist nicht zu erwarten.

Weiter wurden für die Varianten 1 und 4 für verschiedene Bereiche, differenziert in Oberflächengewässern (Basisabfluss) und Grundwasser (Randzustrom) Werte ermittelt, wie sich der Abfluss aus dem Grundwasserkörper GWK 1_G093 Alpen - Garmisch-Partenkirchen im Bereich des Wankmassivs in Richtung des nachfolgenden Grundwasserleiters GWK 1_G096 Alpen - Garmisch-Partenkirchen im Loisachtal durch die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke verändert.

In den beiden Varianten wird jeweils eine Reduktion des Abflusses um 45,5 l/s (Variante 1) bzw. 103,9 l/s (Variante 4) prognostiziert. Diesem Umstand wird in der Planung mit der Versickerung des über die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke aus GWK 1_G093 Alpen - Garmisch-Partenkirchen entnommenen Grundwassers in den Grundwasserkörper GWK 1_G096 Alpen - Garmisch-Partenkirchen im Bereich der Anschlussstelle Nord Rechnung getragen.

Die weiterführenden Auswirkungen der über den Tunnel abgeleiteten Tunneldrainage und der Wiederversickerung im quartären Grundwasserleiter des Loisachtales werden mit Hilfe des bestehenden Grundwassermodells für das Loisachtal untersucht. Die Ergebnisse sind im kup-Bericht A866-5 „Abschätzung der Auswirkungen auf den quartären Grundwasserleiter im Loisachtal mit dem Grundwassermodell Loisachtal“ (kup, 2023-5) dokumentiert.

LITERATURVERZEICHNIS

ILF Beratende Ingenieure (2023): Geologisch-Hydrogeologischer Bericht - B 2 München-Mittenwald Verlegung östlich Garmisch-Partenkirchen mit Wanktunnel Bau-km 0+000 bis Bau-km 4+869

Planungsgemeinschaft Wanktunnel (2023-1): Unterlage 1 - Erläuterungsbericht - B 2 München-Mittenwald Verlegung östlich Garmisch-Partenkirchen mit Wanktunnel Bau-km 0+000 bis Bau-km 4+869

Planungsgemeinschaft Wanktunnel (2023-2): Unterlage 18 - Wassertechnische Untersuchung - B 2 München-Mittenwald Verlegung östlich Garmisch-Partenkirchen mit Wanktunnel Bau-km 0+000 bis Bau-km 4+869

Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH (2012): Trinkwassergewinnungsgebiet Oberau- Grundwassermodelluntersuchung: Konzept, Aufbau, stationäre und instationäre Eichung mit Auswirkungsprognose auf den Wasserhaushalt im Loisachtal, Bericht A381-1

Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH (2023-1): B2 OU GAP mit Wanktunnel Fachbeitrag Wasserrahmenrichtlinie - Gewässerverträglichkeitsprüfung, Bericht A866-1

Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH (2023-3): B2 OU GAP mit Wanktunnel Hydrologisches Modell Wanktunnel, Bericht A866-3

Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH (2023-5): B2 OU GAP mit Wanktunnel, Auswirkung auf den Grundwasserleiter des Loisachtales, Bericht 866-5