

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

Variantenrechnungen mit dem Prinzipmodell

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

B2 OU GAP mit Wanktunnel Variantenrechnungen mit dem Prinzipmodell

Auftraggeber: Staatliches Bauamt Weilheim
Münchner Straße 38
D-82362 Weilheim

Auftragsdatum: 05.10.2022

Auftragsnummer: A866

Berichtsnummer: A866-6

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

Leinfelden-Echterdingen, 7.12.2023



Dr. Ulrich Lang



Jutta Justiz

INHALT

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	II
TABELLENVERZEICHNIS	III
1 Einleitung	1
1.1 Aufgabenstellung und Ziel	1
2 Umsetzung der Konstruktionsvarianten im Prinzipmodell	4
2.1 Betrachtungsabschnitte	4
2.2 Umsetzung der Ausbautypen	4
2.3 Umsetzung des Injektionskonzeptes.....	5
2.4 Kurzbeschreibung der Konstruktionsvarianten	6
3 Grundwasserentnahme in den Konstruktionsvarianten	7
3.1 Konstruktionsvarianten 1 & 2:.....	7
3.2 Konstruktionsvariante 5	8
3.3 Konstruktionsvariante 6	8
3.4 Konstruktionsvariante 7	9
3.5 Konstruktionsvariante 8	9
3.6 Planvariante 9.....	9
4 Zustrom in GWK1-096 Quartär-Penzberg	11
4.1 Abflussminderung in den Konstruktionsvarianten	12
4.2 Auswirkungen auf Quellaustritte	20
5 Zusammenfassung.....	22
LITERATURVERZEICHNIS	25

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1-1: Lage des Untersuchungsraums mit geplantem Tunnel (weiß) sowie Quellen und dem Modellbereich	1
Abbildung 4-1: Auswertebereiche für den Abstrom aus GWK1-093 Alpen – Garmisch-Partenkirchen in die Oberflächengewässer (Basisabfluss) und den angrenzenden GWK1-096 Quartär- Penzberg im Loisachtal.	12

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1.1:	<i>In der Variantenuntersuchung (PGW ...) untersuchte Konstruktionsvarianten der Tunnelbauwerke.</i>	3
Tabelle 2.1:	Kilometrierung und Abschnittsname.....	4
Tabelle 2.2:	<i>Erwartungswerte für die Gebirgsdurchlässigkeit mit Injektionskonzept.....</i>	5
Tabelle 3.1:	<i>Übersicht über die berechnete Grundwasserentnahme über die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke.....</i>	7
Tabelle 3.2:	<i>Prognostizierte Grundwasserentnahme in den Konstruktionsvarianten 1 & 2.....</i>	7
Tabelle 3.3:	<i>Prognostizierte Grundwasserentnahme in Konstruktionsvariante 5.....</i>	8
Tabelle 3.4:	<i>Prognostizierte Grundwasserentnahme in Konstruktionsvariante 6.....</i>	8
Tabelle 3.5:	<i>Prognostizierte Grundwasserentnahme in Konstruktionsvariante 7.....</i>	9
Tabelle 3.6:	<i>Prognostizierte Grundwasserentnahme in Konstruktionsvariante 8.....</i>	9
Tabelle 3.6:	<i>Prognostizierte Grundwasserentnahme in Planvariante 9.....</i>	10
Tabelle 4.1:	<i>Auswirkungen auf den Abstrom ins Loisachtal in den Konstruktionsvarianten 1 & 2.....</i>	13
Tabelle 4.2:	<i>Auswirkungen auf den Abstrom ins Loisachtal in der Konstruktionsvariante 5.....</i>	14
Tabelle 4.3:	<i>Auswirkungen auf den Abstrom ins Loisachtal in der in der Konstruktionsvariante 6.....</i>	15
Tabelle 4.4:	<i>Auswirkungen auf den Abstrom ins Loisachtal in der Konstruktionsvariante 7.....</i>	16
Tabelle 4.5:	<i>Auswirkungen auf den Abstrom ins Loisachtal in der Konstruktionsvariante 8.....</i>	17
Tabelle 4.6:	<i>Vergleich der Differenzen in l/s als Fehlmengen im Abstrom aufgrund der Wasserhaltung im Tunnel bei allen 6 Varianten</i>	18
Tabelle 4.7:	<i>Prozentualen Abflussminderung in den Konstruktionsvarianten</i>	19
Tabelle 4.8:	<i>Auswirkungen auf Quellschüttungen.....</i>	20
Tabelle 4.8:	<i>Im Modell realisiertes Ausbaukonzept der Varianten.....</i>	22

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung und Ziel

Für die B2 ist eine Ortsumfahrung von Partenkirchen geplant. Diese soll an das südliche Tunnelportal des Farchanter Tunnels mit einem weiteren Tunnel durch das Wankmassiv anschließen, die Lage der Baumaßnahme ist in Abbildung 1-1 dargestellt. Mit einem Prinzipmodell (kup 2023-1) sind betriebsbedingte Grundwasserentnahmen für eine homogene Durchlässigkeitsverteilung sowie für die Situation mit horizontal und vertikal geöffneten Störungen berechnet worden. Die prognostizierte Grundwasserentnahme liegt hier bei ca. 104 l/s in der Worst-Case Variante mit geöffneten Störungen. In der Variante mit homogenen Durchlässigkeitsverteilungen wurden ca. 45 l/s berechnet. Diese Variante wird hier nicht betrachtet.

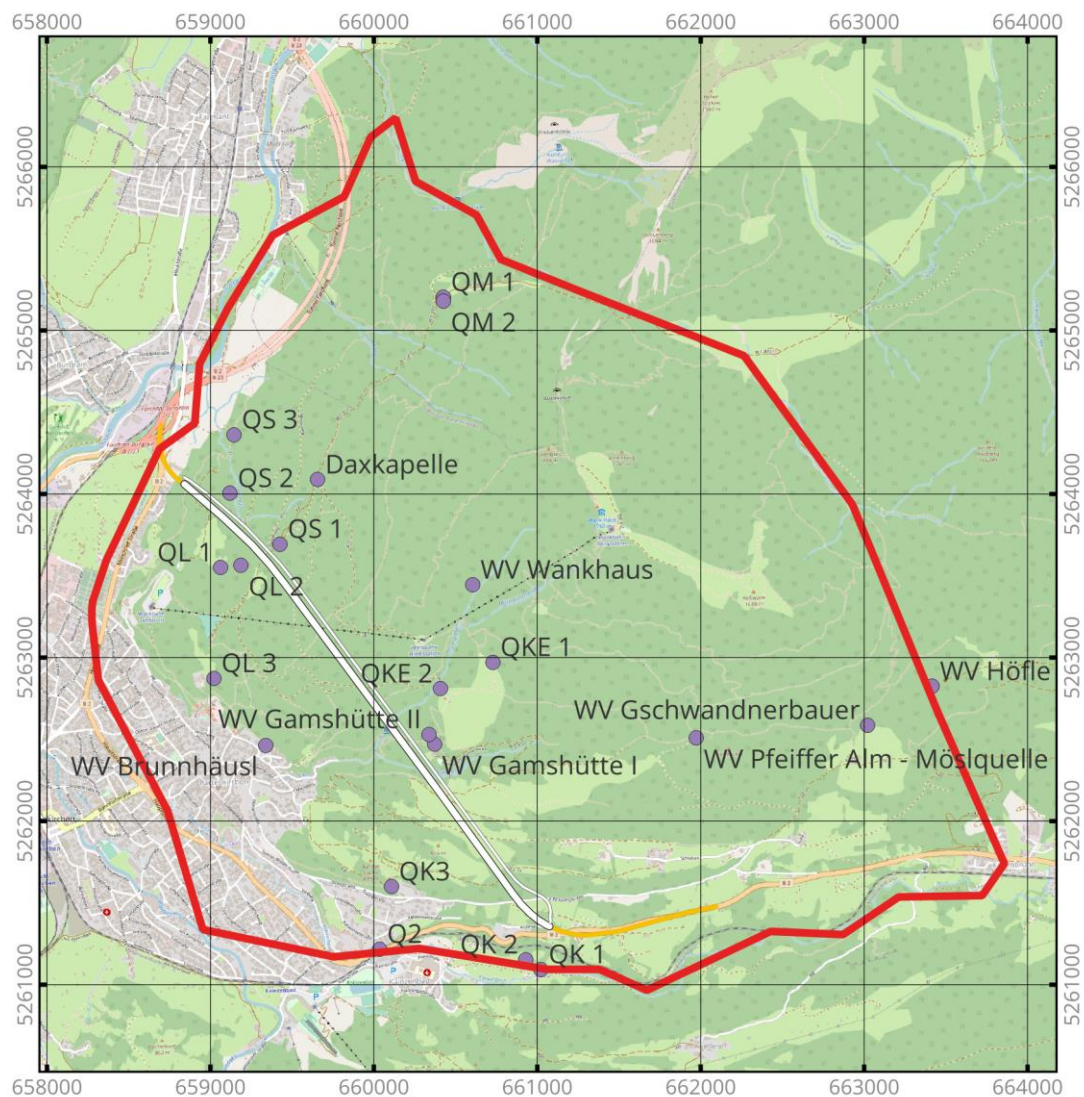


Abbildung 1-1: Lage des Untersuchungsraums mit geplantem Tunnel (weiß) sowie Quellen und dem Modellbereich

Mit Hilfe des Modells wird die Absenkung des Bergwasserspiegels ermittelt und der Gesamtwasserandrang, der als Grundwasserentnahme betrachtet werden kann, sowie die Auswirkungen auf die oberirdischen Grundwasseraustritte ausgewertet.

Mit dem Prinzipmodell werden nun verschiedene Konstruktionsvarianten der Tunnelbauwerke untersucht, in denen einerseits durch ein abgestuftes Injektionskonzept abschnittsweise die Durchlässigkeit des Gebirges reduziert wird (Abdichtung) und andererseits durch drei verschiedene Konzepte für den Innenausbau der Tunnelbauwerke (druckdicht - undrainiert, begrenzt druckdicht – drainiert & drainiert) die Grundwasserentnahme aus GWK1-093 Alpen – Garmisch-Partenkirchen über die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke variiert wird. PGW beschreibt in der zugehörigen Variantenuntersuchung Ausbautypen Tunnelbauwerke (PGW, 2023-1) in Summe neun unterschiedliche Konstruktionsvarianten.

Variante 0 bildet in der Variantenuntersuchung eine Konstruktion der Tunnelbauwerke ab, die im Verlauf der weiteren Untersuchung als technisch nicht realisierbar beurteilt und ausgeschieden wird. Die Variante 0 wird demzufolge auch nicht im Prinzipmodell betrachtet. Da im Prinzipmodell die Tunnelabschnitte in den Raiblerschichten aufgrund der Tunnellage über Grundwasserspiegel nicht mit einer Drainagerandbedingung belegt sind, unterscheiden sich die Varianten 1 und 2 in der Betrachtung im Prinzipmodell nicht bzw. ergeben identische Ergebnisse. Für die beiden Varianten wurde deshalb nur eine übereinstimmende Berechnung als Variante 1 im Prinzipmodell vorgenommen. Die Varianten 3 und 4 wurden im Verlauf der Erarbeitung der Variantenuntersuchung verworfen und durch die beiden Varianten 1 und 2 ersetzt, die eine noch weitergehende Anpassung der Konstruktion der Tunnelbauwerke an die erkundeten hydrogeologischen Verhältnisse beinhalten. Die Varianten 3 & 4 werden demzufolge auch im Prinzipmodell nicht betrachtet. Variante 9 stellt die Planvariante in der Planfeststellung dar und wurde bereits für den Fachbeitrag zum Grundwassermodell Wankmassiv (Prinzipmodell) berechnet und betrachtet.

Tabelle 1.1: In der Variantenuntersuchung (PGW ...) untersuchte Konstruktionsvarianten der Tunnelbauwerke.

Abschnitt:		NORD			ZENTRAL	SÜD
Teilabschnitt:		TA Nord 1	TA Nord 2	TA Nord 3	-	-
Station:		0+321 m bis 1+020 m	1+020 m bis 2+050 m	2+050 m bis 2+540 m	2+540 m bis 3+100 m	3+100 m bis 3+780 m
Haupteinheit:		Hauptdolomit & Plattenkalk			Raibler Schichten	Raibler Schichten
Grundwasserspiegel:		≤ 100 m ü. Tunnelsohle	≤ 240 m ü. Tunnelsohle	≤ 95 m ü. Tunnelsohle	≤ 115 m ü. Tunnelsohle	Unterhalb Tunnelsohle
Variante 0	-	Keine Berechnung im Prinzipmodell.				
Variante 1	Ausbau	druckdicht, undrainiert	drainiert	druckdicht, undrainiert	drainiert	
	Injektionen	Präventive vorausseilende Injektionen & nachlaufende radiale Injektionen				Injektionen n. Vortriebsbedarf
Variante 2	Ausbau	druckdicht, undrainiert	drainiert	druckdicht, undrainiert	drainiert	druckdicht, undrainiert
	Injektionen	Präventive vorausseilende Injektionen & nachlaufende radiale Injektionen				Injektionen n. Vortriebsbedarf
Variante 3	-	Keine Berechnung im Prinzipmodell.				
Variante 4	-	Keine Berechnung im Prinzipmodell.				
Variante 5	Ausbau	drainiert				druckdicht, undrainiert
	Injektionen	Präv. voraus. Inj. & nachl. rad. Inj.	Injektionen n. Vortriebsbedarf		Präv. voraus. Inj. & nachl. rad. Inj.	Injektionen n. Vortriebsbedarf
Variante 6	Ausbau	druckdicht, undrainiert	begr. druckd. (10,0 bar), drainiert	druckdicht, undrainiert	begr. druckd. (6,0 bar), drainiert	druckdicht, undrainiert
	Injektionen	Präventive vorausseilende Injektionen & nachlaufende radiale Injektionen				Injektionen n. Vortriebsbedarf
Variante 7	Ausbau	druckdicht, undrainiert	begr. druckd. (10,0 bar), drainiert	druckdicht, undrainiert	drainiert	
	Injektionen	Injektionen n. Vortriebsbedarf				
Variante 8	Ausbau	drainiert				
	Injektionen	Präventive vorausseilende Injektionen & nachlaufende radiale Injektionen				Injektionen n. Vortriebsbedarf
Variante 9	Ausbau	drainiert				
Planvariante	Injektionen	Injektionen n. Vortriebsbedarf				

2 Umsetzung der Konstruktionsvarianten im Prinzipmodell

2.1 Betrachtungsabschnitte

Die Andrangraten (= betriebsbedingte Grundwasserentnahmen) werden analog zur Vorgehensweise im Grundwassermodell Wankmassiv (kup, 2023-2) für den Rettungstollen und den Haupttunnel getrennt ausgewertet. Die abschnittsweise Betrachtung orientiert sich an den erkundeten geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen (ILF, 2023). Die Betrachtungsabschnitte sind der Projektkilometrierung folgend entsprechend Tabelle 2.2. unterteilt:

Tabelle 2.1: 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

In den Teilabschnitten Zentral und Süd in den Raiblerschichten wird davon ausgegangen, dass der Tunnel oberhalb des Grundwasserspiegels verläuft. Hier wird somit keine Randbedingung gesetzt.

2.2 Umsetzung der Ausbautypen

Die ausführliche Beschreibung und Querschnitte der unterschiedlichen, betrachteten Ausbautypen der Tunnelbauwerke (druckdicht – undrainiert, begrenzt druckdicht - drainiert, drainiert) sind der Variantenuntersuchung (PGW, 2023-1) zu entnehmen.

Bei abschnittweisem druckdichtem Innenausbau der Tunnelbauwerke werden im Prinzipmodell die Modellzellen der Tunnelbauwerke mit druckdichtem Ausbau nicht mit einer Tunnelrandbedingung angesetzt. Dadurch wird in diesen Abschnitten kein Grundwasser über die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke entnommen. Dennoch kann aus diesen Abschnitten – unabhängig vom angesetzten Injektionskonzept - Grundwasser in angrenzende drainiert ausgebaute Abschnitte übertreten und dort über die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke abfließen. Infolgedessen kann auch in druckdicht ausgebauten Abschnitten der Tunnelbauwerke eine Absenkung des Grundwasserspiegels entstehen. Die Entnahmemengen an Grundwasser über die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke, die zugehörige Minderung des Basisabflusses in Oberflächengewässer und die Minderung des Abflusses über den unterirdischen Randzustrom in den nachfolgenden Grundwasserleiter GWK1-096 Quartär-Pemzberg im angrenzenden Loisachtal verhalten sich deshalb nicht proportional zum druckdicht bzw. begrenzt druckdicht ausgebauten Anteil der Tunnelbauwerke.

2.3 Umsetzung des Injektionskonzeptes

Für die Variantenuntersuchung Ausbautypen Tunnelbauwerke (PGW, 2023-1) wurden von PGW umfangreiche Injektionskonzepte entwickelt und analysiert. Zusammenfassend werden im Wesentlichen zwei Konzepte angesetzt:

- Im Konzept mit vortriebsbedingten Injektionen (s. Tabelle 2.1) werden Injektionen nach Erfordernis im Tunnelvortrieb beim Antreffen von Spitzenwasserzutritten angesetzt. Dieses Injektionskonzept dient ausschließlich zur Reduktion der Spitzenwasserzutritte im Hinblick auf die bautechnische Handhabbarkeit. Eine übergreifende Reduktion der Durchlässigkeit des Gebirges wird mit diesem Konzept nicht beabsichtigt und auch im Modell nicht angesetzt.
- Im Konzept mit präventiven, vorausseilenden Injektionen und radialen, nachlaufenden Injektionen (s. Tabelle 2.1) wird mit systematischen Injektionen eine übergreifende Reduktion der Durchlässigkeit des Gebirges in der Bauphase beabsichtigt. Für die Umsetzung im Prinzipmodell wurden von PGW auf Basis der hydrogeologischen Einheiten (HGEs), der Betrachtungsabschnitte und vorhandener Erfahrungswerte aus Referenzprojekten Erwartungswerte für die mit dem angesetzten Injektionskonzept erreichbare Durchlässigkeit des Gebirges ermittelt. Diese sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 2.2: Erwartungswerte für die Gebirgsdurchlässigkeit mit Injektionskonzept

Hydrogeologische Einheiten (HGE)	Abschnitt (Haupttunnel) [m]	Länge [m]	Gebirgsdurchlässigkeit		Abschnitt
			Ausgangswert (ILF 2023 - 7)	Erwartungswert m. Injektionskonzept	
Hauptdolomit	0+321 – 0+350	29	3,5E-07	1,0E-08	TA Nord 1
Plattenkalk	0+350 – 1+025	675	5,6E-07	5,0E-08	
Hauptdolomit	1+025 – 1+565	540	3,5E-08	3,5E-08	TA Nord 2
Hauptdolomit (zerlegt, Störungszone)	1+565 – 1+621	56	3,5E-07	1,0E-07	
Plattenkalk (zerlegt, Krottenkopfmulde)	1+621 – 2+082	461	4,0E-06	1,0E-07	
Hauptdolomit (zerlegt, Überschiebungszonen)	2+082 – 2+534	452	3,5E-07	1,0E-08	TA Nord 3

Als Dicke des Injektionsschirms um das ausgebrochene Profil der Tunnelbauwerke wird jeweils eine Mächtigkeit von 3 Metern angenommen.

2.4 Kurzbeschreibung der Konstruktionsvarianten

Konstruktionsvarianten 1 & 2:

Abschnitte TA Nord 1 und 3 werden im Modell nicht mit Drainagezellen belegt. Im TA Nord 2 verringern sich die Leakagekoeffizienten entsprechend der angenommenen Durchlässigkeiten des Injektionsschirms in Abhängigkeit des anstehenden Gebirges bzw. der hydrogeologischen Einheit (HGE).

Konstruktionsvariante 5:

Die Gebirgsdurchlässigkeit für TA Nord 1 wird anhand der hydrogeologischen Einheiten (HGE) in Tabelle 2.2 in Abhängigkeit der Lage variiert. Die Abschnitte TA Nord 2 und 3 sind im Modell vollständig geöffnet angenommen.

Konstruktionsvariante 6:

Die Abschnitte TA Nord 1 und 3 sind im Modell nicht mit einer Drainagerandbedingung belegt. Bei begrenzt druckdichtem, drainiertem Ausbau der Tunnelbauwerke in TA Nord 2 werden im Prinzipmodell die Modellzellen der Tunnelbauwerke in diesen Abschnitten mit einer Drainagehöhe entsprechend dem maximal zulässigen Grenzdruck (10,0 bar, s. Tabelle 2.1) angesetzt. Der maximal zulässige Grenzdruck ergibt sich aus der statischen Untersuchung zu den technisch realisierbaren Bauwerksquerschnitten (PGW, 2023-1) unter den erkundeten Gebirgsverhältnissen (ILF, 2023). Dadurch wird die Absenkung des Grundwasserspiegels in diesen Bereichen reduziert. Zusätzlich erfolgen hier noch präventive vorausseilende Injektionen sowie nachlaufende radiale Injektionen. Somit verringern sich die Leakagekoeffizienten entsprechend der angenommenen Durchlässigkeiten des Injektionsschirms in Abhängigkeit des anstehenden Gebirges bzw. der hydrogeologischen Einheit (HGE).

Konstruktionsvariante 7:

Die Abschnitte TA Nord 1 und 3 sind im Modell nicht mit einer Drainagerandbedingung belegt. Bei begrenzt druckdichtem, drainiertem Ausbau der Tunnelbauwerke in TA Nord 2 werden im Prinzipmodell die Modellzellen der Tunnelbauwerke in diesen Abschnitten mit einer Drainagehöhe entsprechend dem maximal zulässigen Grenzdruck (10,0 bar, s. Tabelle 2.1) angesetzt.

Konstruktionsvariante 8:

In Variante 8 verringern sich die Leakagekoeffizienten entsprechend der angenommenen Durchlässigkeiten des Injektionsschirms in Abhängigkeit des anstehenden Gebirges bzw. der hydrogeologischen Einheit (HGE).

Konstruktionsvariante 9:

Die Abschnitte TA Nord 1, TA Nord 2 und TA Nord 3 sind im Modell vollständig drainiert angenommen.

3 Grundwasserentnahme in den Konstruktionsvarianten

Die nachfolgende Beschreibung fasst die Modellergebnisse zur Grundwasserentnahme aus GWK1 – 093 Alpen – Garmisch-Partenkirchen über die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke in den Konstruktionsvarianten (s. Tabelle 2.1) zusammen. In Summe ergeben sich folgende Grundwasserentnahmemengen:

Tabelle 3.1: *Übersicht über die berechnete Grundwasserentnahme über die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke*

Konstruktions- variante	Grundwasser- entnahme [l/s]
1 + 2	57,4
5	99,4
6	16,5
7	26,3
8	72,5
9	103,9

3.1 Konstruktionsvarianten 1 & 2:

Die Tabelle 3.2 zeigt die berechnete Grundwasserentnahme. Hier sind die erreichbaren minimalen Durchlässigkeiten durch Injektionen im TA Nord 2 angesetzt. Die Abschnitte TA Nord 1 und 3 werden druckdicht angenommen.

Tabelle 3.2: *Prognostizierte Grundwasserentnahme in den Konstruktionsvarianten 1 & 2*

[l/s]	TA Nord 2
Straßentunnel	38,2
Rettungstollen	19,2
Summe	57,4

Durch den druckdichten Ausbau in den Abschnitten Nord 1 und 3 und die Injektionen in TA Nord 2 verringert sich die prognostizierte Grundwasserentnahme deutlich, dennoch ist noch mit einem deutlichen Wasserandrang zu rechnen. Vergleicht man dieses Ergebnis mit Konstruktionsvariante 8 (Tabelle 3.4), so vermindert sich durch die Injektionen der Wasserandrang von 72,5 l/s auf 57,4 l/s, also um lediglich 15,1 l/s.

3.2 Konstruktionsvariante 5

Die Tabelle 3.3 zeigt die prognostizierte Grundwasserentnahme für Konstruktionsvariante 5. Hier werden im TA Nord 1 die minimalen Durchlässigkeiten angenommen. Die Abschnitte TA Nord 2 und 3 sind komplett drainiert.

Tabelle 3.3: *Prognostizierte Grundwasserentnahme in Konstruktionsvariante 5*

[l/s]	TA Nord 1	TA Nord 2	TA Nord 3
Straßentunnel	6,9	19,1	21,1
Rettungsstollen	3,6	33,5	15,2
Summe	10,5	52,6	36,3

Durch die Injektionen in TA Nord 1 verringert sich die prognostizierte Grundwasserentnahme in diesem Abschnitt gegenüber Variante 9 mit einem Wasserandrang von 103,9 l/s nur gering, da Grundwasser in den angrenzenden Abschnitt TA Nord 2 übertritt und sich die prognostizierte Grundwasserentnahme dort entsprechend erhöht. Gesamt wird so eine Summe von 99,4 l/s berechnet.

3.3 Konstruktionsvariante 6

Berechnet man die Tunnelbauwerke mit einem begrenzt druckdichtem (10,0 bar), drainierten Ausbau in Abschnitt Nord 2 und verringerten angenommenen Durchlässigkeiten aufgrund des Injektionsschirms und druckdichtem Ausbau in den Abschnitten Nord 1 und Nord 3, so ergibt sich die folgende Grundwasserentnahme:

Tabelle 3.4: *Prognostizierte Grundwasserentnahme in Konstruktionsvariante 6*

[l/s]	TA Nord 2
Straßentunnel	10,6
Rettungsstollen	5,9
Summe	16,5

In dieser Variante werden geringe Raten erreicht. Durch den begrenzt druckdichten Ausbau mit einem Grenzdruck von 10,0 bar bzw. bis zu einer Wassersäule von 100 Metern über Tunnelsohle und den Injektionen entsprechend der angenommenen Durchlässigkeiten des Injektionsschirms wird im TA Nord 2 eine deutliche Reduktion des zutretenden Wassers im Vergleich zu allen anderen untersuchten Varianten erreicht.

3.4 Konstruktionsvariante 7

Berechnet man die Tunnelbauwerke mit einem begrenzt druckdichtem (10,0 bar), drainierten Ausbau in Abschnitt Nord 2 und druckdichtem Ausbau in den Abschnitten Nord 1 und Nord 3, so ergeben sich die folgenden Andrangsraten:

Tabelle 3.5: *Prognostizierte Grundwasserentnahme in Konstruktionsvariante 7*

[l/s]	TA Nord 2
Straßentunnel	14,9
Rettungsstollen	11,4
Summe	26,3

In dieser Variante werden deutlich geringere prognostizierte Grundwasserentnahmen in Höhe von 26 l/s berechnet. Durch den begrenzt druckdichten Ausbau mit einem Grenzdruck von 10,0 bar bzw. bis zu einer Wassersäule von 100 Metern über Tunnelsohle wird auch im TA Nord 2 eine deutliche Reduktion des zutretenden Wassers im Vergleich zu der Variante 9 erreicht. Jedoch ist im Vergleich zu Variante 6 aufgrund des fehlenden Injektionsschirms der Andrang um ca. 10 l/s höher.

3.5 Konstruktionsvariante 8

Berechnet man den gesamten Tunnel mit begrenzt teildichtem Ausbau entsprechend Tabelle 2.2, so ergeben sich bei verminderten Leakagewerten die folgende prognostizierte Grundwasserentnahme:

Tabelle 3.6: *Prognostizierte Grundwasserentnahme in Konstruktionsvariante 8*

[l/s]	TA Nord 1	TA Nord 2	TA Nord 3
Straßentunnel	8,7	34,9	4,5
Rettungsstollen	4,3	17,8	2,1
Summe	13,0	52,7	6,6

Gesamt ergibt sich so eine prognostizierte Grundwasserentnahme von 72,5 l/s. Im direkten Vergleich mit der prognostizierten Entnahme der Planvariante 9 (103,9 l/s) ergibt sich durch die umfangreichen systematischen Injektionen in Konstruktionsvariante 8 lediglich eine Reduktion um ca. 30%.

3.6 Planvariante 9

Der Vollständigkeit halber sind hier die Grundwasserentnahmen aus Planvariante 9, Gesamtentnahme 103,9 l/s, gelistet (kup, 2023-2).

Tabelle 3.7: *Prognostizierte Grundwasserentnahme in Planvariante 9*

[l/s]	TA Nord 1	TA Nord 2	TA Nord 3
Straßentunnel	8,9	17,7	20,1
Rettungsstollen	8,7	32,6	15,9
Summe	17,6	50,3	36,0

4 Zustrom in GWK1-096 Quartär-Penzberg

Durch die Grundwasserentnahme aus GWK1-093 Alpen – Garmisch-Partenkirchen über die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke im Wankmassiv vermindert sich die Zuströmung in den nachfolgenden Grundwasserkörper GWK1-096 Quartär-Penzberg im Bereich des Loisachtals, oberstrom (südlich) der Versickerung im Bereich der Anschlussstelle Nord. Dies betrifft zum einen die Oberflächenabflüsse in den Gewässern (Basisabfluss) und zum anderen den unterirdischen Randzustrom aus dem Wankmassiv in den quartären, kiesgeprägten GWK1-096 Quartär-Penzberg. In der Komponente Gewässerabfluss ist der berechnete Abstrom im Gewässer sowie in den begleitenden, oberflächennahen Lockergesteinen (z.B. Schuttkegel, Hangschutt) summiert. Dieses Wasser aus den oberflächennahen Lockergesteinen (z.B. Schuttkegel, Hangschutt) strömt ebenfalls unterirdisch dem GWK1-096 Quartär-Penzberg im Loisachtal zu.

In der Anschlussstelle Nord wird das aus GWK1-093 Alpen – Garmisch-Partenkirchen über die Bauwerksdrainagen der Tunnelbauwerke entnommene Grundwasser im Betrieb im GWK1-096 Quartär-Penzberg versickert und sorgt hier lokal für eine Erhöhung des Grundwasserspiegels im Quartär gegenüber der ungestörten Situation.

Bei der Einteilung der Bilanzbereiche zur Auswertung der Abflüsse wurde gemäß Abbildung 3-5 der Basisabfluss aus dem Grundwasserkörper GWK1-093 Alpen – Garmisch-Partenkirchen in die Oberflächengewässer und der abschnittsweise unterirdische Randzustrom im GWK1-096 Quartär-Penzberg im angrenzenden Loisachtal berücksichtigt.

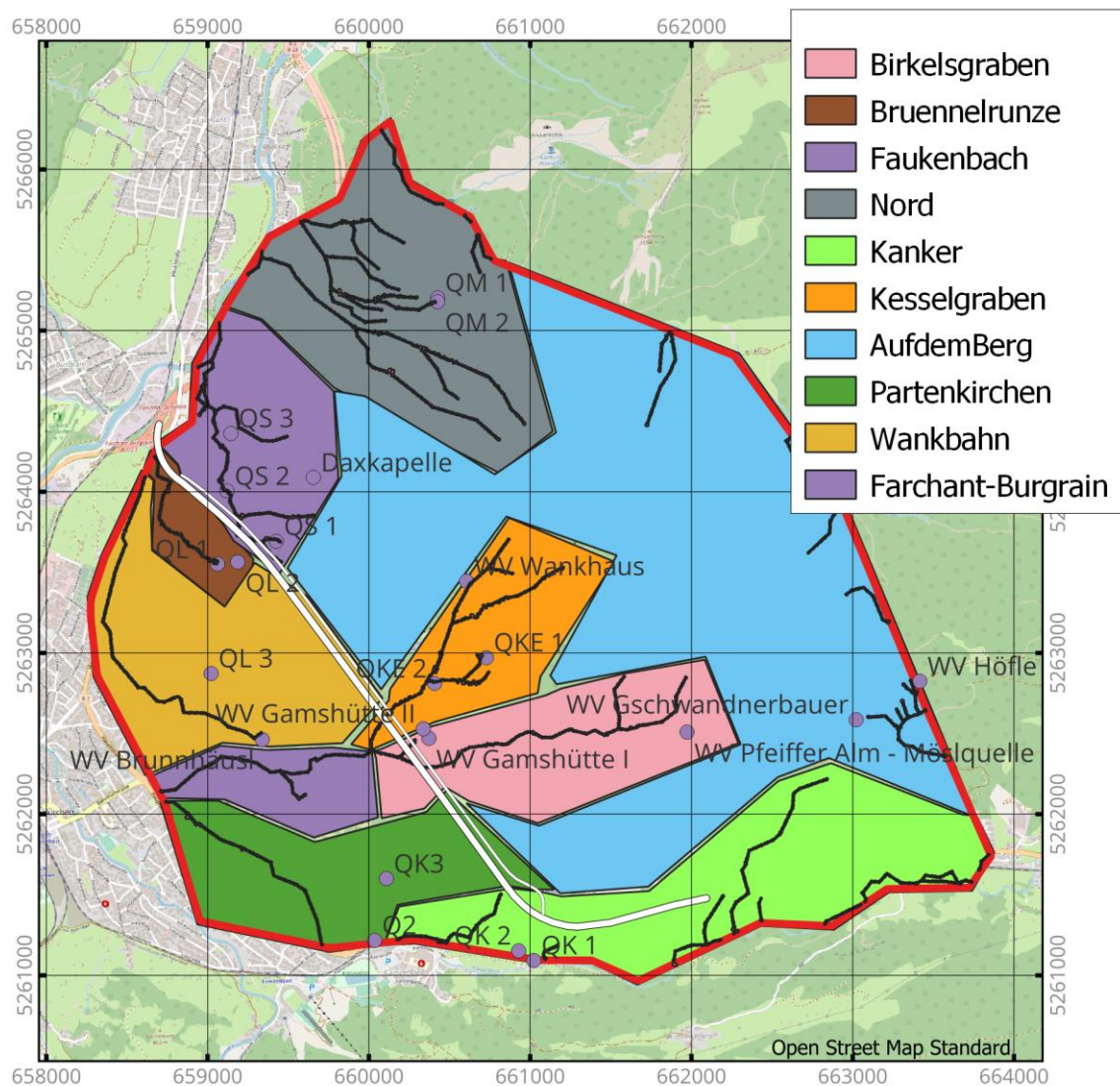


Abbildung 4-1: Auswertebereiche für den Abstrom aus GWK1-093 Alpen – Garmisch-Partenkirchen in die Oberflächengewässer (Basisabfluss) und den angrenzenden GWK1-096 Quartär-Penzberg im Loisachtal.

4.1 Abflussminderung in den Konstruktionsvarianten

In Tabelle 4.1 bis Tabelle 4.5 sind die Auswirkungen auf den Abstrom ins Loisachtal nach den Modellrechnungen mit dem Prinzipmodell aufgeführt.

Tabelle 4.1: Auswirkungen auf den Abstrom ins Loisachtal in den Konstruktionsvarianten 1 & 2

[l/s]		Nord	Kanker	Farchant	Brünnelrunze	Wankbahn	Faukenbach	Auf dem Berg	Partenkirchen	Birkelsgraben	Kesselgraben	Summe
Ohne Tunnelbauwerk	Basisabfluss	25,7	84,6	32,4	12,4	17,6	16,3	30,1	21,6	22,2	23,1	285,8
	Grundwasser	30,1	1,0	11,1	6,9	41,8	12,2	0	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	24,8	84,6	28,3	6,5	9,8	13,1	30	20,6	20,5	13,1	251,3
	Grundwasser	29,6	1	9,8	6,2	23,1	11,8	0	28,6	0	0	110,1
	Gesamt	54,4	85,6	38,1	12,7	32,9	24,9	30	49,2	21,3	17,9	361,4
Differenz Basisabfluss		0,9	0	3,9	5,9	7,8	3,2	0,1	1	1,7	10	34,5
Differenz Grundwasser		0,5	0	1,3	0,7	18,7	0,4	0	1,3	0	0	22,9
Differenz		1,4	0	5,2	6,6	26,5	3,6	0,1	2,3	1,7	10	57,4

Die prognostizierte Grundwasserentnahme im Tunnel beträgt gesamt 57,4 l/s. Die größte Abminderung der Abflüsse sind im Bereich der Wankbahn berechnet worden. Hier fehlen 26,5 l/s, davon entfallen 18,7 l/s auf den unterirdischen Randzustrom. 10 l/s fehlen dem Basisabfluss im Kesselgraben, 5,9 l/s dem Basisabfluss in der Brünnelrunze. Im Raum Farchant fehlen 5,2 l/s, davon fehlt auch die größere Menge an den Gewässern.

Tabelle 4.2: Auswirkungen auf den Abstrom ins Loisachtal in der Konstruktionsvariante 5

[l/s]		Nord	Kanker	Farchant	Brünnelrunze	Wankbahn	Faukenbach	Auf dem Berg	Partenkirchen	Birkelgraben	Kesselgraben	Summe
Ohne Tunnelbauwerke	Basisabfluss	25,7	84,6	32,4	12,4	17,6	16,3	30,1	21,6	22,2	23,1	285,8
	Grundwasser	30,1	1,0	11,1	6,9	41,8	12,2	0	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	83,4	25,8	3,2	7,7	9,6	29,2	19,5	17,5	1,9	222
	Grundwasser	29,1	1	8,4	5,7	15	11,3	0	26,9	0	0	97,4
	Gesamt	53,3	84,4	34,2	8,9	22,5	20,9	29,4	46,4	17,5	1,9	319,4
Differenz Basisabfluss		1,5	1,2	6,4	9,2	10,1	6,7	0,7	2,1	4,7	21,2	63,8
Differenz Grundwasser		1,0	0	2,7	1,2	26,8	0,9	0	3,0	0	0	35,6
Differenz		2,5	1,2	9,1	10,4	36,9	7,6	0,7	5,1	4,7	21,2	99,4

Der Andrang im Tunnel beträgt gesamt 99,4 l/s. Rechnerisch fehlen 36,9 l/s im Bereich der Wankbahn. Am Kesselgraben sind 21,2 l/s weniger Abfluss berechnet worden.

Tabelle 4.3: Auswirkungen auf den Abstrom ins Loisachtal in der in der Konstruktionsvariante 6

[l/s]		Nord	Kanker	Farchant	Brünnelrunze	Wankbahn	Faukenbach	Auf dem Berg	Partenkirchen	Birkelgraben	Kesselgraben	Summe
Ohne Tunnelbauwerke	Basisabfluss	25,7	84,6	32,4	12,4	17,6	16,3	30,1	21,6	22,2	23,1	285,8
	Grundwasser	30,1	1,0	11,1	6,9	41,8	12,2	0	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	25,6	84,6	31,1	10,6	15	15,3	30,1	21,1	21,8	19,7	274,9
	Grundwasser	28,1	1	10,5	6,6	40	12	0	29,2	0	0	127,4
	Gesamt	53,7	85,6	41,6	17,2	55	27,3	30,1	50,3	1,8	19,7	402,3
Differenz Basisabfluss		0,1	0	1,1	1,8	2,6	1	0	0,5	0,4	3,4	10,9
Differenz Grundwasser		2	0	0,6	0,3	1,8	0,2	0	0,7	0	0	5,6
Differenz		2,1	0	1,7	2,1	4,4	1,2	0	1,2	0,4	3,4	16,5

Bei Ausbau der Tunnelbauwerke gemäß Konstruktionsvariante 6 (siehe Tabelle 1.1) werden 16,5 l/s Grundwasser aus GWK1-093 Alpen – Garmisch-Partenkirchen über die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke entnommen. Im Bereich der Wankbahn fehlen 4,4 l/s, im Bereich Kesselgraben 3,4 l/s und im Bereich Brünnelrunze 2,1 l/s.

Tabelle 4.4: Auswirkungen auf den Abstrom ins Loisachtal in der Konstruktionsvariante 7

[l/s]		Nord	Kanker	Farchant	Brünnelrunze	Wankbahn	Faukenbach	Auf dem Berg	Partenkirchen	Birkelgraben	Kesselgraben	Summe
Ohne Tunnelbauwerke	Basisabfluss	25,7	84,6	32,4	12,4	17,6	16,3	30,1	21,6	22,2	23,1	285,8
	Grundwasser	30,1	1,0	11,1	6,9	41,8	12,2	0	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	25,3	83,9	30,4	9,6	13,6	14,7	29,9	21	21,1	19,7	269,2
	Grundwasser	29,9	1	10,6	6,7	33,9	12,1	0	29,1	0	0	123,3
	Gesamt	55,2	84,9	41	16,3	47,5	26,8	29,9	50,1	21,3	17,9	392,5
Differenz Basisabfluss		0,4	0,7	1,8	2,8	4	1,6	0,2	0,6	1,1	3,4	16,6
Differenz Grundwasser		0,2	0	0,5	0,2	7,9	0,1	0	0,8	0	0	9,7
Differenz		0,6	0,7	2,3	3	11,9	1,7	0,2	1,4	1,1	3,4	26,3

Die prognostizierte Grundwasserentnahme im Tunnel beträgt gesamt 26,3 l/s. Davon entfällt die größte Minderung mit 11,9 l/s auf den Bereich der Wankbahn. Am Kesselgraben fehlen 3,4 l/s und im Bereich Farchant 2,3 l/s.

Tabelle 4.5: Auswirkungen auf den Abstrom ins Loisachtal in der Konstruktionsvariante 8

[l/s]		Nord	Kanker	Farchant	Brünnelrunze	Wankbahn	Faukenbach	Auf dem Berg	Partenkirchen	Birkelgraben	Kesselgraben	Summe
Ohne Tunnelbauwerke	Basisabfluss	25,7	84,6	32,4	12,4	17,6	16,3	30,1	21,6	22,2	23,1	285,8
	Grundwasser	30,1	1,0	11,1	6,9	41,8	12,2	0	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	24,7	84,6	26,7	3,9	9,1	12,7	29,8	20,2	20,1	10,8	242,6
	Grundwasser	29,5	0	9,1	6,0	19,1	11,8	0	28,2	0	0	103,7
	Gesamt	54,2	84,6	35,8	9,9	28,2	24,5	29,8	48,4	21,3	17,9	346,3
Differenz Basisabfluss		1	0	5,5	8,5	8,5	3,6	0,3	1,4	2,1	12,3	43,2
Differenz Grundwasser		0,6	1	2	0,9	22,7	0,4	0	1,7	0	0	29,3
Differenz		1,6	1	7,5	9,4	31,2	4,0	0,3	3,1	2,1	12,3	72,5

Der Andrang im Tunnel beträgt 72,5 l/s. Die Minderung des Abflusses verteilt sich auch bei Anwendung des systematischen Injektionskonzeptes in Konstruktionsvariante 8 in der Hauptsache auf den Bilanzbereich Wankbahn südwestlich des TA Nord 2. Hier fehlen 31,2 l/s des Oberflächenabfluss (Basisabfluss) und am unterirdischem Randzustrom ins Loisachtal. Dem Bereich Kesselgraben fehlen 12,3 l/s, 9,4 l/s fehlen im Bereich der Brünnelrunze hauptsächlich am Oberflächenabfluss.

In Tabelle 4.6 ist die Gesamtminderung des Abstoms in den Auswertebereichen für alle Konstruktionsvarianten zusammengefasst. Die Summe der Minderung des Abstoms entspricht dabei jeweils der prognostizierten Grundwasserentnahme aus GWK1-093 Alpen – Garmisch-Partenkirchen in den Konstruktionsvarianten (vgl. Tabelle 3.1).

Tabelle 4.6: *Vergleich der Differenzen in l/s als Fehlmengen im Abstrom aufgrund der Wasserhaltung im Tunnel bei allen 6 Varianten*

Konstruktions- variante	Nord	Kanker	Farchant	Brünnelrunze	Wankbahn	Faukenbach	Auf dem Berg	Partenkirchen	Birkelgraben	Kesselgraben	Summe
1 & 2	1,4	0,0	5,2	6,6	26,5	3,6	0,1	2,3	1,7	10,0	57,4
5	2,5	1,2	9,1	10,4	36,9	7,6	0,7	5,1	4,7	21,2	99,4
6	2,1	0	1,7	2,1	4,4	1,2	0	1,2	0,4	3,4	16,5
7	0,6	0,7	2,3	3,0	11,9	1,7	0,2	1,4	1,1	3,4	26,3
8	1,6	1,0	7,5	9,4	31,2	4,0	0,3	3,1	2,1	12,3	72,5
9 (Planvariante)	2,3	2,6	9,9	11,1	38,6	7,5	1,0	4,9	4,8	21,2	103,9

Die Ergebnisse in Tabelle 2.13 zeigen auf, dass bei allen Konstruktionsvarianten der Bereich Wankbahn mit Fehlmengen zwischen 4 und 39 l/s die größten Minderungen des Abflusses erfährt. Der Bereich Kesselgraben ist auch bei allen Varianten sehr deutlich betroffen.

Berechnet man den prozentualen Anteil von der Grundwasserentnahmemenge gegenüber der ungestörten Situation, der in den Konstruktionsvarianten weniger in den einzelnen Auswerteabschnitten abströmt, so ergeben sich die in Tabelle 4.7 eingetragenen Werte. Steht hier eine Null, so ist der Abstrom nicht vermindert. Stehen hier z.B. 12 %, so fehlen 12% des Abstoms am entsprechenden Abschnitt

In allen Konstruktionsvarianten ist der Teilabschnitt Wankbahn am stärksten betroffen. Hier fehlen zwischen 4 und 65 % des Abstoms, der ohne Grundwasserentnahme aus GWK1-093 Alpen – Garmisch-Partenkirchen über die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke prognostiziert wurde. 92 bis 15 % weniger beträgt der berechnete Abstrom im Auswertebereich Kesselgraben, 11 bis 58 % fehlen im Auswertebereich Brünnelrunze. Mäßig betroffen sind auch noch die Bereiche Farchant und Faukenbach. In den übrigen Auswertebereichen sind die Minderungen geringer.

Tabelle 4.7: Prozentualen Abflussminderung in den Konstruktionsvarianten

Konstruktions- variante [%]	Nord	Kanker	Farchant	Brünnelrunze	Wankbahn	Faukenbach	Auf dem Berg	Partenkirchen	Birkelsgraben	Kesselgraben
1 & 2	3	0	12	34	45	13	0	4	4	23
5	4	1	21	54	62	27	2	10	21	92
6	4	0	4	11	7	4	0	2	2	15
7	1	1	5	16	20	6	1	3	4	23
8	3	1	17	49	53	14	1	6	4	23
9 (Planvariante)	4	4	23	58	65	26	10	10	22	92

Interessant ist hier, dass auch bei hohem Gesamtwasserandrang die Auswirkungen am Bereich Kesselgraben, Brünnelrunze und Wankbahn durch eine teilweise Abdichtung des TA Nord 2 wie in Variante 7 deutlich verringert werden können.

4.2 Auswirkungen auf Quellaustritte

Analog zur Betrachtung der Planvariante im Grundwassermodell Wankmassiv (Prinzipmodell) (kup, 2023-2) kann auch aus der Abflussminderung in Tabelle 4.8 eine Bewertung der Auswirkungen der Grundwasserentnahme bzw. der Abflussminderung auf die Quellaustritte im Modellgebiet bzw. am Wankmassiv vorgenommen werden. Unter Anwendung der identischen Bewertungsmethodik (kup, 2023-2, Kap. 3) ergeben die Konstruktionsvarianten 1 bis 9 den nachfolgenden Vergleich:

Tabelle 4.8: *Auswirkungen auf Quellschüttungen*

Quelle	Auswirkung auf Quellen in den Konstruktionsvarianten					
	1 & 2	5	6	7	8	9
Daxkapelle Laufbrunnen	keine	keine	keine	keine	keine	keine
QL 1 Wankbahn	groß	mäßig	mäßig	mäßig	groß	groß
QL 2 Wankbahn	groß	mäßig	mäßig	mäßig	groß	groß
QS 1 Schweinbach	groß	gering	gering	mäßig	groß	groß
QS 2 Schweinbach	groß	gering	gering	groß	groß	groß
QS 3 Philosophenweg	gering	groß	gering	gering	mäßig	groß
QL 3 Panoramaweg	groß	groß	gering	gering	groß	groß
WV Brunnhäusl	groß	groß	mäßig	groß	groß	groß
QKE 1 Eckenhaus	groß	groß	mäßig	groß	groß	groß
QKE 2 Eckenhaus	groß	groß	mäßig	groß	groß	groß
Gamshütte 1	groß	groß	mäßig	mäßig	groß	groß
Gamshütte 2	groß	groß	mäßig	mäßig	groß	groß
Pfeiferalm Möselquelle	keine	keine	keine	keine	keine	keine
Gschwandnerbauer	keine	keine	keine	keine	keine	keine
Schweinbach Flachmoor	keine	keine	keine	keine	keine	keine
Quelle Schalmeischlucht, KGO	groß	groß	gering	gering	groß	groß
WV Wankhaus	mäßig	mäßig	gering	gering	mäßig	mäßig

In Variante 7 verringert sich der Einfluss auf QL1 und 2 sowie QS 1 Schweinbach. Es wird auch eine Verminderung des Einflusses auf Quelle Schalmeischlucht und WV Wankhaus berechnet.

Unterschiede ergeben sich an OS3, Philosophenweg. Durch die Dichtung im TA Nord 1 verringert sich die Beeinflussung in V1, V6, V7 und V8 gegenüber den anderen Varianten. Die Injektion in V5 nur in TA Nord 1 hat keinen Einfluss.

In Bereich QL3, Panoramaweg, verringern sich die Auswirkungen in allen Varianten außer in Variante 5.

In den Varianten 6 sind die berechneten Auswirkungen auf die Abschnitte Schweinbach, Brunnhäusl und Eckenhaus gegenüber Variante 7 nochmals geringer.

Generell ist durch alle Abdichtungsmaßnahmen in keiner Variante eine extreme Verbesserung zu erreichen. Der geringste Einfluss zeigt sich in Variante 6. Hier ist mit einer Grundwasserentnahme von nur 16,5 l/s über alle Abschnitte der Einfluss generell am geringsten.

5 Zusammenfassung

Mit dem Grundwassermodell Loisachtal (Prinzipmodell) sind verschiedene Konstruktionsvarianten der Tunnelbauwerke berechnet worden, in denen einerseits durch ein abgestuftes Injektionskonzept abschnittsweise die Durchlässigkeit des Gebirges reduziert wird (Abdichtung) und andererseits durch drei verschiedene Konzepte für den Innenausbau der Tunnelbauwerke (druckdicht - undrainiert, begrenzt druckdicht – drainiert & drainiert) die Grundwasserentnahme aus GWK1-093 Alpen – Garmisch-Partenkirchen über die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke variiert wird. Grundlage bildet die bereits im Fachbeitrag Grundwassermodell Loisachtal (kup, 2023-4) erarbeitete Durchlässigkeitsverteilung der Planvariante (Konstruktionsvariante 9), die bei vortriebsbedingtem Einsatz von Injektionen und vollständig drainiertem Innenausbau der Tunnelbauwerke die höchste Grundwasserentnahme aus GWK1-093 Alpen – Garmisch-Partenkirchen über die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke von 103,9 l/s berechnet.

Die Konstruktionsvarianten unterscheiden sich hier jeweils im Wesentlichen im angesetzten Injektionskonzept. In Tabelle 5.1 sind alle Varianten und das jeweilige, berechnete Konzept eingetragen.

Tabelle 5.1: *Im Modell realisiertes Ausbaukonzept der Varianten*

	TA Nord 1	TA Nord 2	TA Nord 3
Konstruktionsvar. 1+2	-	drainiert	-
Konstruktionsvariante 5	drainiert + injiziert	drainiert	drainiert
Konstruktionsvariante 6	-	injiziert+10bar	-
Konstruktionsvariante 7	-	10 bar	-
Konstruktionsvariante 8	drainiert + injiziert	drainiert + injiziert	drainiert + injiziert
Planvariante 9	drainiert	drainiert	drainiert

*- : dichter Ausbau

Die geringste Grundwasserentnahme über die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke ergibt sich in Konstruktionsvariante 6 mit 16,5 l/s. Ursache ist, dass hier durch den dichten Ausbau in TA 1+3 bzw. den begrenzt druckdichten, drainierten Ausbau (Grenzdruck 10,0 bar bzw. 100 m WS ü. Tunnelsohle) und die zusätzlichen Injektionen in TA Nord 2 die Grundwasserentnahme gegenüber allen anderen untersuchten Konstruktionsvarianten deutlich reduziert werden kann. Der Verringerung des Wasserandrangs im Vergleich zur Konstruktionsvariante 9 mit einem berechneten Gesamtandrang von 103,9 l/s beträgt in Variante 6 ca. 85%.

In Konstruktionsvariante 7 mit berechneten 26,3 l/s, die zwei druckdicht ausgebaute TA sowie einen auf 10 bar druckdichtem Ausbau aber keine präventiv vorseilenden

Injektionen enthält, ergibt sich noch eine Verminderung um 75% gegenüber dem berechneten Gesamtwasserandrang in Variante 9.

Ein Vergleich der Varianten 6 und 7 zeigt die Wirkungsweisen der Injektionen für den Teilabschnitt Nord. Werden wie in Variante 6 in allen Teilabschnitten Nord zusätzliche Injektionen vorgenommen, kann der Wasserandrang von 26,3 l/s auf 16,5 l/s reduziert werden.

Konstruktions- variante	Grundwasser- entnahme [l/s]
1 + 2	57,4
5	99,4
6	16,5
7	26,3
8	72,5
9	103,9

Im Hinblick auf die Wirkung der angesetzten Injektionskonzepte können nach den Konstruktionsvarianten 6 und 7 im TA Nord 2 auch die Konstruktionsvarianten 8 und 9 in den Teilabschnitten TA Nord 1 bis 3 verglichen werden. Die berechnete Grundwasserentnahme in den Teilabschnitten 1 bis 3 liegt mit präventiven, vorseilenden Injektionen und nachlaufenden, radialen Injektionen (Konstruktionsvariante 8) um 31,4 l/s bzw. 30 % niedriger als in der Planvariante 9 mit ausschließlich vortriebsbedingten Injektionen. Werden zusätzlich zu den präventiven, vorseilenden Injektionen und nachlaufenden, radialen Injektionen die Teilabschnitte Nord 1 und 3 druckdicht abgedichtet (Konstruktionsvariante 1 und 2) kann die prognostizierte Grundwasserentnahme um ca. die Hälfte (45 %) des Wasserandrangs aus Variante 9 verringert werden. Diese Grundwasserentnahme könnte nochmals halbiert werden, wird anstatt der Injektionen innerhalb des Abschnitts Nord der Teilabschnitt Nord 2 begrenzt druckdicht ausgebaut (Vergleich Variante 1 und 2 mit Variante 7).

Die potenzielle Wirkung der umfangreichen, angesetzten Injektionsmaßnahmen ist dem zufolge deutlich geringer einzuordnen als die potentielle Wirkung des begrenzt druckdichten, drainierten Ausbaus in TA Nord 2 (Konstruktionsvarianten 6 und 7).

Aus der Grundwasserentnahme in GWK1-093 über die Bauwerksdrainage ergibt sich eine entsprechende Reduktion des Abstroms in den - im natürlichen Verlauf folgenden – Grundwasserleiter GWK1 – 096 im Loisachtal über Oberflächenabfluss (Basisabfluss) und unterirdischen Randzustrom. Analog zur Grundwasserentnahme

prognostiziert das Prinzipmodell die im Vergleich höchsten Auswirkungen auf den Abstrom hauptsächlich im Auswertebereich Wankbahn, der den südwestlichen Teil des TA Nord 2 abdeckt.

Die grundlegenden Zusammenhänge bzw. Verhältnisse, die obenstehend für die Grundwasserentnahme über die Bauwerksdrainage der Tunnelbauwerke beschrieben wurden, bilden sich auch in den Auswirkungen auf die Quellen im Modellgebiet ab. Vor allem die Wirkung des begrenzt druckdichten, drainierten Ausbaus in TA Nord 2 in den Konstruktionsvarianten 6 und 7 führt im Vergleich zu allen übrigen Varianten zu einer maßgeblichen Minderung der Auswirkungen auf die betroffenen Quellen. Eine große Beeinflussung wird noch an den Quellen am Schweinbach, Brunnhäusl und Eckenhaus prognostiziert, siehe Tabelle 4.8, an den anderen Quellen sind die Beeinflussungen in Konstruktionsvariante 7 mäßig bis nicht berechnet worden.

LITERATURVERZEICHNIS

ILF Beratende Ingenieure (2023-1): „Erläuterungsbericht - B 2 München-Mittenwald Verlegung östlich Garmisch-Partenkirchen mit Wanktunnel Bau-km 0+000 bis Bau-km 4+869“

ILF Beratende Ingenieure (2023-2): „Geologisch- hydrogeologischer Bericht“, noch nicht veröffentlicht

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): B2 OU GAP mit Wanktunnel, Prinzipmodell, Bericht A866-2, noch nicht veröffentlicht

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

Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH (2023): B2 OU GAP mit Wanktunnel, Abschätzung der Auswirkungen auf den quartären Grundwasserleiter im Loisachtal mit dem Grundwassermodell Loisachtal, Bericht A866-5, noch nicht veröffentlicht