

**Quantifizierung der Auswirkungen der Wasserhaltungen  
für den Kramertunnel mit Hilfe des Grundwassermodells Oberau**

Auftraggeber: Staatliches Bauamt Weilheim  
Münchner Straße 38  
82362 Weilheim

Auftragsdatum: 04.08.2015

Auftragsnummer: A523

Berichtsnummer: A523-2

Bearbeitung: Dr.-Ing. Ulrich Lang  
Dipl.-Ing. Hannes Pfäfflin, M. Sc.

Stuttgart, 30.06.2016



Dr. Ulrich Lang



Hannes Pfäfflin

**INHALT**

ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	II
TABELLENVERZEICHNIS .....	IV
1 Einleitung.....	1
2 Hydrogeologische Verhältnisse .....	3
3 Bewertung der bauzeitlichen Wirkungen .....	5
4 Vorgehen für die Bewertung der dauerhaften Ableitung von Bergwasser .....	7
4.1 Hydrologische Auswertung des bergseitigen Wasserdargebots im Bereich des Kramertunnels .....	10
5 Auswirkung der dauerhaften Ableitung von Bergwasser auf den Grundwasserhaushalt im oberen Loisachtal.....	13
5.1 Auswirkung auf die Wasserbilanz.....	13
5.2 Auswirkung auf die Grundwasserstände .....	13
5.3 Auswirkung auf den Abfluss in den Quellbächen .....	23
6 Auswirkung der dauerhaften Ableitung von Bergwasser auf die Strömungsverhältnisse und Richtungen im Kiesgrundwasserhaushalt des oberen Loisachtals .....	28
6.1 Auswirkung auf die Bahnlinien im Vergleich zur Situation ohne Tunneldrainage.....	28
6.2 Bewertung im Hinblick auf das Schutzgebiet.....	32
7 Zusammenfassung.....	33
LITERATURVERZEICHNIS.....	34

**ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abbildung 2.1: Vertikaler Schnitt zwischen Garmisch-Partenkirchen und dem Murnauer Moos mit den relevanten hydrogeologischen Einheiten und Lage des Schnitts.....	4
Abbildung 4.1: Bereich mit reduziertem unterirdischem Zustrom in den Kiesgrundwasserleiter.....	8
Abbildung 4.2: Oberirdische Einzugsgebiete im Bereich des Kramertunnels.....	11
Abbildung 5.1: Absenkung des Grundwasserstands im unteren Kiesgrundwasserleiter größer 5 cm aufgrund der um 30 l/s auf 60 l/s erhöhten Tunnel Drainage.....	15
Abbildung 5.2: Grundwassermessstellen im unteren Kiesgrundwasserleiter.....	17
Abbildung 5.3: Berechnete Grundwasserstandsganglinien an der Messstelle F/1 im unteren Kiesgrundwasserleiter für die Situation mit dauerhafter Tunnel Drainage von 30 l/s und die Situation mit dauerhafter Tunnel Drainage von 60 l/s.....	18
Abbildung 5.4: Berechnete Grundwasserstandsganglinien an der Messstelle E/1 im unteren Kiesgrundwasserleiter für die Situation mit dauerhafter Tunnel Drainage von 30 l/s und die Situation mit dauerhafter Tunnel Drainage von 60 l/s.....	19
Abbildung 5.5: Berechnete Grundwasserstandsganglinien an der Messstelle D/1 im unteren Kiesgrundwasserleiter für die Situation mit dauerhafter Tunnel Drainage von 30 l/s und die Situation mit dauerhafter Tunnel Drainage von 60 l/s.....	20
Abbildung 5.6: Berechnete Grundwasserstandsganglinien an der Messstelle D/2K unteren Kiesgrundwasserleiter für die Situation mit dauerhafter Tunnel Drainage von 30 l/s und die Situation mit dauerhafter Tunnel Drainage von 60 l/s.....	21
Abbildung 5.7: Berechnete Grundwasserstandsganglinien an der Messstelle D/4K unteren Kiesgrundwasserleiter für die Situation mit dauerhafter Tunnel Drainage von 30 l/s und die Situation mit dauerhafter Tunnel Drainage von 60 l/s.....	22
Abbildung 5.8: Berechnete Grundwasserstandsganglinien an der Messstelle D/6K unteren Kiesgrundwasserleiter für die Situation mit dauerhafter Tunnel Drainage von 30 l/s und die Situation mit dauerhafter Tunnel Drainage von 60 l/s.....	23
Abbildung 5.9: Positionen zur Auswertung der Abflussganglinien.....	24
Abbildung 5.10: Berechnete Abflussganglinien des Ronetsbachs für die Situation mit dauerhafter Tunnel Drainage von 30 l/s und die Situation mit dauerhafter Tunnel Drainage von 60 l/s.....	25
Abbildung 5.11: Berechnete Abflussganglinien des Salatbachs für die Situation mit dauerhafter Tunnel Drainage von 30 l/s und die Situation mit dauerhafter Tunnel Drainage von 60 l/s.....	26

---

Abbildung 5.12: Berechnete Abflussganglinien des Ursprungbachs für die Situation mit dauerhafter Tunnelndrainage von 30 l/s und die Situation mit dauerhafter Tunnelndrainage von 60 l/s .....	27
Abbildung 6.1: Bahnlinien zu Brunnen 2 und Brunnen 6 der Stadtwerke München, Vergleich Situation ohne Tunnelndrainage mit Situation mit dauerhafter Tunnelndrainage .....	29
Abbildung 6.2: Bahnlinien zu Brunnen 3 und Brunnen 4 der Stadtwerke München, Vergleich Situation ohne Tunnelndrainage mit Situation mit dauerhafter Tunnelndrainage .....	30
Abbildung 6.3: Bahnlinien zu Brunnen 5 der Stadtwerke München, Vergleich Situation ohne Tunnelndrainage mit Situation mit dauerhafter Tunnelndrainage .....	31

**TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 4.1:	Hydrologische Bilanzgrößen nach Einzugsgebiet als langjährige Mittelwerte von 1962 bis 2009.....	12
Tabelle 5.1:	Änderungen in der Grundwasserbilanz auf Grund der dauerhaften Tunneldrainage von 60 l/s im Vergleich zur Tunneldrainage von 30 l/s.....	13

## 1 Einleitung

Die Verlegung der Bundesstraße B23 westlich Garmisch-Partenkirchens ist über den neuen Kramertunnel vorgesehen. Infolge der während der Bauausführung eingetretenen nicht vorhersehbaren Wirkungen wird für den Bau des Kramertunnels ein Antrag auf Planänderung und Durchführung eines entsprechenden Planfeststellungsverfahrens gestellt. Dadurch kommt es nach der Fertigstellung des Tunnels zu einer Mehrwassermenge von 30 l/s, so dass insgesamt nicht 30 l/s sondern 60 l/s Bergwasser abgeführt werden sollen. Dieses Wasser wird der Loisach zugeführt und fließt damit nicht mehr direkt unterirdisch dem Kiesgrundwasserleiter zu. Ziel der in diesem Bericht dokumentierten Untersuchung ist es, die Auswirkungen der erhöhten Tunnel drainage von 60 l/s im Vergleich zur Tunnel drainage von 30 l/s auf die FFH-Gebiete im Loisachtal und auf die Trinkwassernutzung im Loisachtal zu untersuchen. Außerdem erfolgt eine qualitative Bewertung der bauzeitlichen Wirkungen auf den Grundwasserhaushalt

Im Auftrag der Stadtwerke München wurden ein hydrologisches Modell (siehe kup 2011) und ein Grundwassermodell für den Kiesgrundwasserleiter (siehe kup 2012) mit überlagerndem Mooraquifer im Loisachtal erstellt. Das hydrologische Modell umfasst das oberirdische Einzugsgebiet des Kiesgrundwasserleiters ohne das Loisacheinzugsgebiet oberstrom von Garmisch.

Zur Quantifizierung der Auswirkungen der Wasserhaltungen für den Kramertunnel wird das Grundwassermodell der Stadtwerke München als geeignetes Instrument angesehen. Die Stadtwerke München haben zugestimmt, das bestehende Grundwassermodell Oberau für die Fragestellungen des Staatlichen Bauamts Weilheim einzusetzen.

Mit Hilfe des Grundwassermodells werden zum einen die Veränderungen der Wasserbilanz und der Grundwasserstände wie auch die Auswirkungen auf die Strömungsverhältnisse und Richtungen im Kiesgrundwasserhaushalt des oberen Loisachtals durch die dauerhafte Ableitung von Bergwasser untersucht. Damit liegt eine Grundlage für die naturschutzfachliche Bewertung des Vorhabens hinsichtlich der im nördlichen Loisachtal vorhandenen FFH-Gebiete vor. Hierzu werden die Änderungen der Grundwasserstände im obersten pflanzenverfügbaren Grundwasserleiter und Änderungen an den Abflüssen in den Quellbächen zwischen der bislang genehmigten Ableitungsmenge von 30 l/s und der nun beantragten Menge von 60 l/s ausgewertet.

Dem Grundwassermodell sind Randbedingungen an den Modellrändern und im Inneren des Modellgebiets vorgegeben. Da sich die Modellabgrenzung an den Berghängen orientiert, muss hier der unterirdische Zufluss über eine linienhafte

Zuflussrandbedingung (Randbedingung 2. Art) berücksichtigt werden. Diese Zuflussrandbedingung wurde über ein hydrologisches Modell ermittelt (siehe kup, 2011). An den Modellrändern, die quer zur Talachse liegen (Loisach- und Partnachtal im Süden, Loisachtal im Norden) ist eine Festpotenzialrandbedingung (Randbedingung 1. Art) angesetzt. Die südlichen Festpotenzialrandbedingungen wurden für die vorliegende Fragestellung in eine Zuflussrandbedingung umgesetzt. Der Zufluss entspricht der aus der Festpotenzialrandbedingung. Damit können die baumaßnahmenbedingten prognostizierten Absenkungen bis zu diesem Rand reichen. Für die Durchströmung des Festgesteinsriegels des Höhenbergs und des Vestbühls westlich von Eschenlohe ist eine Leakagerandbedingung (Randbedingung 3. Art) angesetzt.

Zusätzlich zu diesen äußeren Randbedingungen sind folgende innere Randbedingungen definiert:

- Grundwasserneubildung auf den Talboden entsprechend dem hydrologischen Modell außerhalb der Moorgebiete
- Evapotranspiration und Niederschlag im Bereich der Moorgebiete entsprechend dem hydrologischen Modell
- Leakagerandbedingung an den Oberflächengewässern
- Entnahmen

Für weiterführende Erläuterungen zu den Randbedingungen wird auf kup (2012) verwiesen.

## 2 Hydrogeologische Verhältnisse

Im Untersuchungsraum liegt ein hoch ergiebiger Kiesgrundwasserleiter vor, der Mächtigkeiten von über 100 m aufweist (siehe Abbildung 2.1). Die Felsoberkante ist lediglich in den Randbereichen erbohrt und wurde von Seidl (2009) aus diesen Informationen und geoelektrischen Messungen zusammenhängend konstruiert.

Im Raum nördlich von Burgrain und Farchant wird dieser Kiesgrundwasserleiter von teilweise mehrere Meter bis Zehnermeter mächtigen Seetonlagen durchzogen. Dadurch ergibt sich eine Stockwerkstrennung mit drei Kiesgrundwasserleitern, die durch zwei Zwischenhorizonte hydraulisch getrennt sind. In den Talrandbereichen streichen die Zwischenhorizonte auf Grund der Verzahnung mit den Schuttkegeln und auf Grund der Genese aus, so dass hier lokal eine hydraulische Verbindung zwischen oberem Kiesgrundwasserleiter und unterem Kiesgrundwasserleiter vorliegt. Im nördlichen Teil des Loisachtales wird der obere Kiesgrundwasserleiter durch einen Moorkörper überlagert. Innerhalb des Moorkörpers liegen die aus naturschutzfachlicher Sicht relevanten FFH-Gebiete des Pfrühlmoos sowie des Ober- und Unterfilzes. Der Moorkörper wird von einer tonigen Dichtschicht unterlagert, die lokal im Bereich von Quellaufbrüchen und im Bereich der Schinderlaine gering mächtig ist bzw. fehlt. Diese tonige Dichtschicht verzahnt sich insbesondere im nördlichen Teil des Untersuchungsraumes und in Talmitte mit den mächtigen Seetonlagen, so dass der Moorkörper hydraulisch vom unterlagernden Kiesgrundwasserleiter getrennt ist.

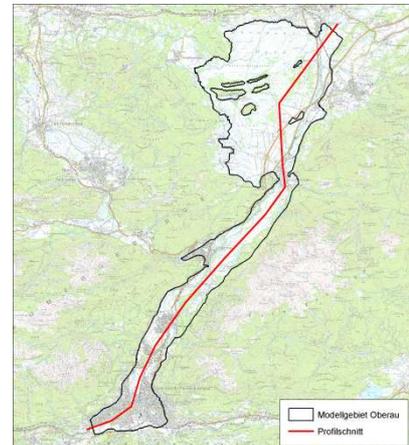
Das Grundwasser des Loisachtales fließt über die Engstelle bei Eschenlohe in den Kiesgrundwasserleiter des Murnauer Moores, dessen großräumiges Becken von dem Moorkörper überlagert wird.

Die Grundwasserstände im südlichen Teil des Untersuchungsraumes liegen bis zu 20 m unter der Geländeoberkante. Im Raum Farchant bis Oberau reichen die Grundwasserstände teilweise bis auf Gelände bzw. liegen nur wenige Dezimeter bis 2 m unter Gelände. Nördlich von Oberau sind die Grundwasserstände des unteren Kiesgrundwasserleiters teilweise artesisch gespannt. Die Nutzung des Grundwassers zur Trinkwassergewinnung durch die Stadtwerke München erfolgt aus dem unteren Kiesgrundwasserleiter. Gespeist wird der Kiesgrundwasserleiter durch den südlichen Zufluss aus dem Loisach- und Partnachtal sowie insbesondere die westlich und östlich angrenzenden Berghänge. Das Niederschlagswasser des oberirdischen Einzugsgebiets versickert zu großen Teilen und führt zu einem randlichen Grundwasserzufluss in den Kiesgrundwasserleiter. Die lokale Grundwasserneubildung aus Niederschlag spielt eine untergeordnete Rolle in der Gesamtwasserbilanz. Insbesondere an den Talrandbereichen nördlich von Farchant steigt über Quelltöpfe Grundwasser auf bzw. wird durch die Schuttkegel gespeist.

Diese Quelltöpfe sind Ausgangspunkt der zahlreichen Quellbäche, die durch das Moor der Loisach als Hauptvorfluter zufließen.

Für die detaillierte Beschreibung der hydrogeologischen Verhältnisse wird auf Kup (2011) verwiesen.

Lage des Schnitts:



Schnitt von Süden nach Norden:

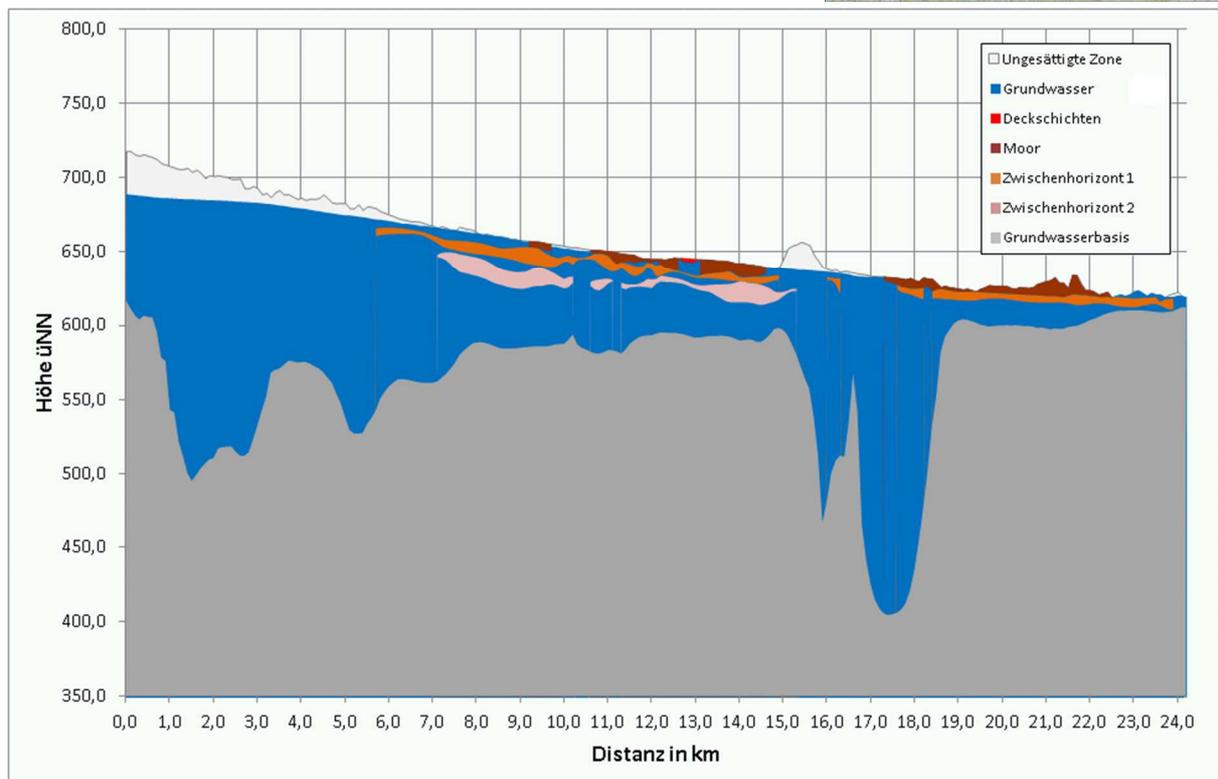


Abbildung 2.1: Vertikaler Schnitt zwischen Garmisch-Partenkirchen und dem Murnauer Moos mit den relevanten hydrogeologischen Einheiten und Lage des Schnitts

### 3 Bewertung der bauzeitlichen Wirkungen

Durch den Bau des Kramertunnels erfolgen bauzeitliche Wirkungen, bei denen Bergwasser abgeführt wird und der Loisach zugeleitet wird. Aus den vorliegenden Unterlagen zur 1. Planänderung und nach Angaben des Staatlichen Bauamts Weilheim ist mit einer summarischen bauzeitlichen Wasserandrangrate von max. 200 l/s zu rechnen. Dies entspricht der beantragten Wasserableitungsrate aus der Planfeststellung 2007 und ist durch diese bereits abgedeckt. Mit den neueren Erkenntnissen für den ergänzenden Planfeststellungsantrag lassen sich die Auswirkungen differenzierter für die Bereiche prognostizieren. (siehe Erläuterungsbericht der 1. Planänderung, Unterlage 1). Daraus ergeben sich folgende Änderungen gegenüber der Planfeststellung von 2007:

1. Der grundwassererfüllte Lockergesteinsgrundwasserleiter im Bereich des Bergsturzes muss bauzeitlich entleert werden. Damit die grundwasserabhängigen Biotope nicht trocken fallen, erfolgt eine Zuleitung von Oberflächenwasser aus dem nahe gelegenen Lahnenwiesgraben.
2. Im Bereich der Durerlaine kommt der Tunnel im Bereich vorhandener unterirdischer Grundwasserführung zum Liegen. Dadurch müssen aus dem Bereich der Durerlaine bauzeitlich 47 l/s bis maximal 100 l/s abgeleitet werden.

Die beantragte maximale Wasserableitungsrate von 200 l/s entspricht nicht dem Zufluss, der dem Grundwasserkörper im Loisachtal während der Bauzeit durch die 1. Planänderung fehlt. Es handelt sich hierbei um einen momentanen Maximalwert, der vorsorglich angenommen wird und, wenn überhaupt, nur kurzzeitig bei hoher Grundwasserführung im Bereich der Durerlaine – also in Zeiten, in denen eh ausreichend Wasser im Grundwasserkörper des Loisachtales vorhanden ist – auftritt. Diese maximale Wasserableitungsrate setzt sich aus folgenden Teilmengen zusammen:

- Nördlicher Festgesteinsbereich bis zum Bergsturzbereich: 10 l/s  
(entspricht auch der dauerhaften Entnahme nach Fertigstellung des Kramertunnels)
- Bergsturzbereich: 20 l/s  
(entspricht dem maximalem Zufluss zum Bergsturzbereich, gleichzeitig auch maximaler Abfluss aus dem Bergsturzbereich)
- Hauptdolomitbereich: 50 l/s  
(entspricht auch der dauerhaften Entnahme nach Fertigstellung des Kramertunnels)
- Durerlaine: 100 l/s  
(Maximaler Wert bei hohen Niederschlägen, durchschnittlich ca. 60 l/s)

Der sich daraus ergebende Maximalwert von 180 l/s wurde auf den schon genehmigten Wert von 200 l/s aufgerundet. Darin ist auch Wasser enthalten, das auch vor der Baumaßnahme bereits der Loisach über die bestehenden Oberflächengewässer zugeführt wurde (z.B. Durerlaine) oder über Quellaustritte an der Oberfläche austritt bzw. austrat (z. B. Quellaustritte im Hangquellmoor (= Abfluss aus dem Bergsturzgebiet) und trocken gefallene Quellen im Hauptdolomit) und somit dem hier zu betrachtenden Grundwasserleiter des Loisachtales ohnehin nicht zur Verfügung stand.

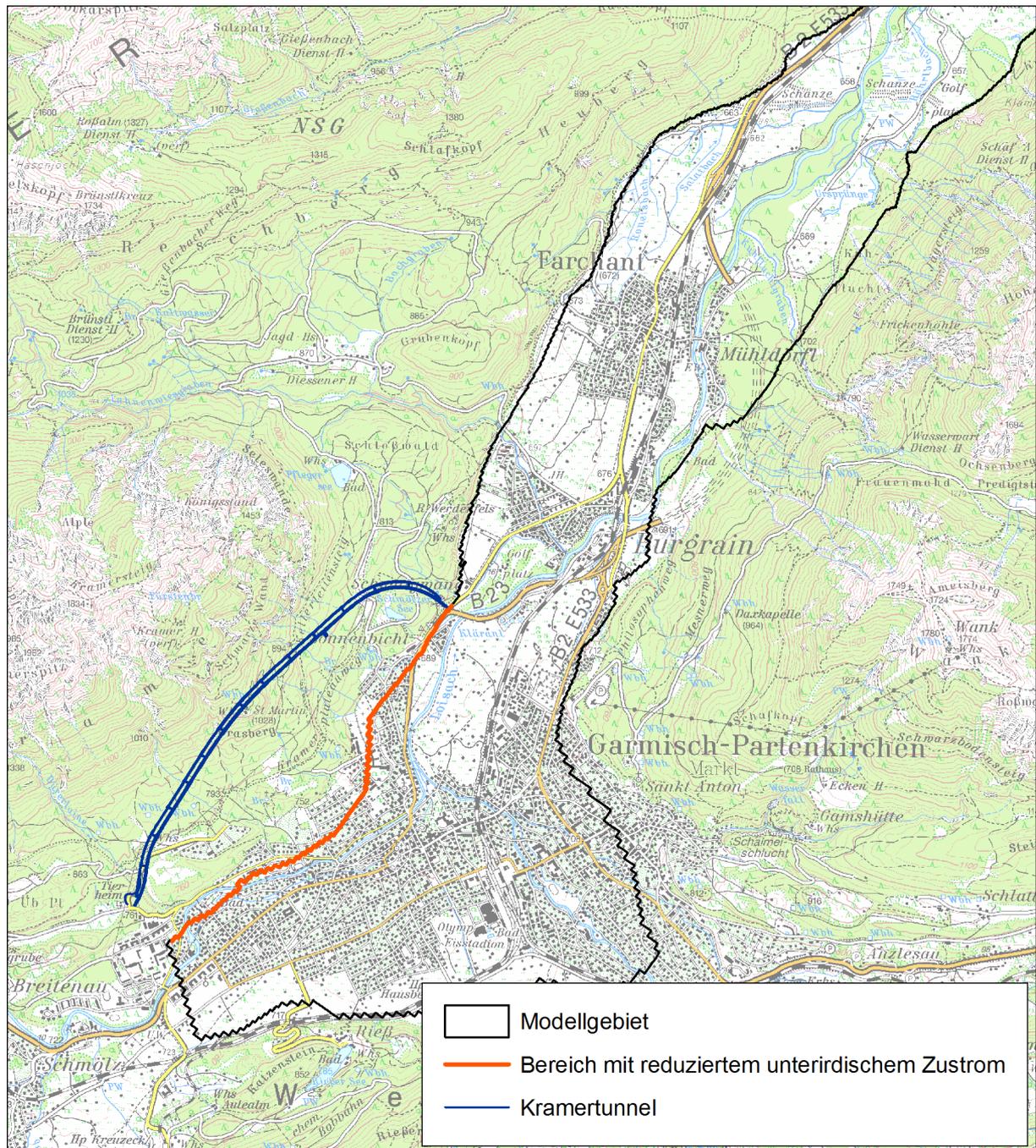
Zusätzlich wird einmalig das in einer Wanne eingeschlossene, abflusslose Grundwasser aus dem Bergsturzgebiet entnommen und der Loisach zugeleitet. Dieses Wasser hat keine Verbindung zu anderen Grundwasserleitern und die Entnahme daher keinen Einfluss auf andere Grundwasserleiter.

Der dem Grundwasserleiter im Loisachtal durch die 1. Planänderung fehlende bauzeitliche Zufluss wird zwar über dem dauerhaft angenommenen fehlenden Zufluss von 30 l/s liegen, jedoch im Mittel deutlich unter der bauzeitlich maximal in die Loisach einzuleitenden Wassermenge von 200 l/s.

Im Ergebnis ist auch die dem Grundwasserleiter im Loisachtal bauzeitlich fehlende Menge durch die 1. Planänderung nicht geeignet, relevante Wirkungen auf die Lebensräume des in ca. 3,8 km Entfernung liegenden FFH-Gebietes DE 8432-301 „Loisachtal zwischen Farchant und Eschenlohe“ nach sich zu ziehen. Es ergeben sich dadurch keine Änderungen im oberflächennahen pflanzenverfügbaren Grundwasser insbesondere des Moorgrundwasserkörpers. Auch die Abflüsse der Quellbäche ändern sich nur marginal und die rechnerische Abflussminderung ist nicht messbar. Dies ist auch vor dem Hintergrund der hohen Abflussdynamik in den Quellbächen zu sehen.

#### **4 Vorgehen für die Bewertung der dauerhaften Ableitung von Bergwasser**

Im Bereich des Kramertunnels wird ein Teil des Bergwassers dauerhaft abgeleitet (Tunnelndrainage) und der Loisach zugeführt. Hierdurch reduziert sich im Bereich des Kramertunnels der unterirdische Zustrom in den Kiesgrundwasserleiter (siehe Abbildung 4.1). Auf Grund der während der Bauausführung eingetretenen nicht vorhersehbaren Wirkungen wird nun davon ausgegangen, dass die dauerhafte Ableitmenge nicht 30 l/s sondern 60 l/s beträgt. Die Auswirkungen dieser erhöhten Menge an abzuleitendem Bergwasser werden mit der vorliegenden Studie quantifiziert.



Die Abbildung zeigt den Bereich, in dem der unterirdische Zustrom in den Kiesgrundwasserleiter auf Grund des Kramertunnels reduziert wird.

Abbildung 4.1: Bereich mit reduziertem unterirdischem Zustrom in den Kiesgrundwasserleiter

Mit Hilfe von Modellbetrachtungen lassen sich die Auswirkungen einer Verminderung des unterirdischen Zustroms in den Kiesgrundwasserleiter auf die Wasserbilanz, die Grundwasserstände und die Abflüsse in den Quellbächen ermitteln. Dazu wird die Situation mit einer Tunnelndrainage von 30 l/s und die Situation mit einer Tunnelndrainage von 60 l/s und entsprechend reduziertem unterirdischem Zustrom in den Kiesgrundwasserleiter betrachtet. Die Reduzierung des unterirdischen Zustroms ist jeweils gleichmäßig über den in Abbildung 4.1 dargestellten Bereich angesetzt.

Da der Kramertunnel und somit der Bereich, in dem das Bergwasser abgesenkt und dadurch der unterirdische Zustrom in den Kiesgrundwasserleiter reduziert wird, direkt an den südlichen Festpotenzialrand des Grundwassermodells angrenzt, muss für die o.g. Modellbetrachtungen zunächst der südliche Festpotenzialrand durch einen entsprechenden Zuflussrand ersetzt werden. Dies gilt sowohl für die stationären als auch die instationären Modellbetrachtungen.

Die Modellbetrachtungen erfolgen zunächst auf Basis des stationären Strömungsfelds bei mittleren hydrologischen Verhältnissen. Damit lassen sich die mittleren Änderungen der Grundwasserstände in der Fläche auswerten.

Zusätzlich zu den stationären Modellbetrachtungen werden die Auswirkungen auf die Grundwasserstände im Kiesgrundwasserleiter auch noch anhand von instationären Rechenläufen betrachtet. Die Grundwasserstände des Kiesgrundwasserleiters schwanken auf Grund saisonaler Änderungen im Raum Garmisch-Partenkirchen in der Größenordnung von 8 bis 10 m. Diese Schwankungen sind im Vergleich zu den Änderungen im Kiesgrundwasserleiter durch die Baumaßnahme zu sehen. Außerdem erfolgt eine Auswertung der Abflüsse in den Quellbächen des Loisachtales anhand der instationären Modellbetrachtung, da diese insbesondere im südlichen Teil großen hydrologischen Schwankungen unterworfen sind.

Die instationären Modellbetrachtungen umfassen jeweils den Zeitraum von 1977 bis 2010. Für die Situation mit dauerhafter Tunneldrainage und der damit verbundenen dauerhaften Reduzierung des unterirdischen Zuflusses in den Kiesgrundwasserleiter wurden zwei instationäre Rechenläufe durchgeführt. Bei diesen wurde für den gesamten Zeitraum von 1977 bis 2010 eine dauerhafte Reduzierung des unterirdischen Zuflusses in den Kiesgrundwasserleiter von 30 bzw. 60 l/s angesetzt. Der Unterschied zwischen diesen beiden Rechenläufen quantifiziert die Auswirkungen infolge der beantragten Mehrentnahme von 30 l/s. Bei den instationären Rechenläufen handelt es sich um „hypothetische“ Betrachtungen zur Ermittlung der Auswirkungen der dauerhaften Tunneldrainage von 60 l/s im Vergleich zur dauerhaften Tunneldrainage von 30 l/s.

Die Auswirkungen der Absenkung des Bergwassers und dem daraus resultierenden reduzierten unterirdischen Zufluss in den Kiesgrundwasserleiter auf die Strömungsverhältnisse und Richtungen können durch Bahnlinienbetrachtungen ermittelt werden. Hierzu wird die Situation ohne Tunneldrainage und die Situation mit Tunneldrainage und entsprechend reduziertem unterirdischem Zustrom in den Kiesgrundwasserleiter betrachtet. Des Weiteren werden die Anströmrichtungen mit den Simulationen zur Schutzgebietsausweisung verglichen. Die

Bahnlinienbetrachtungen erfolgen auf Basis des stationären Strömungsfelds bei mittleren hydrologischen Verhältnissen.

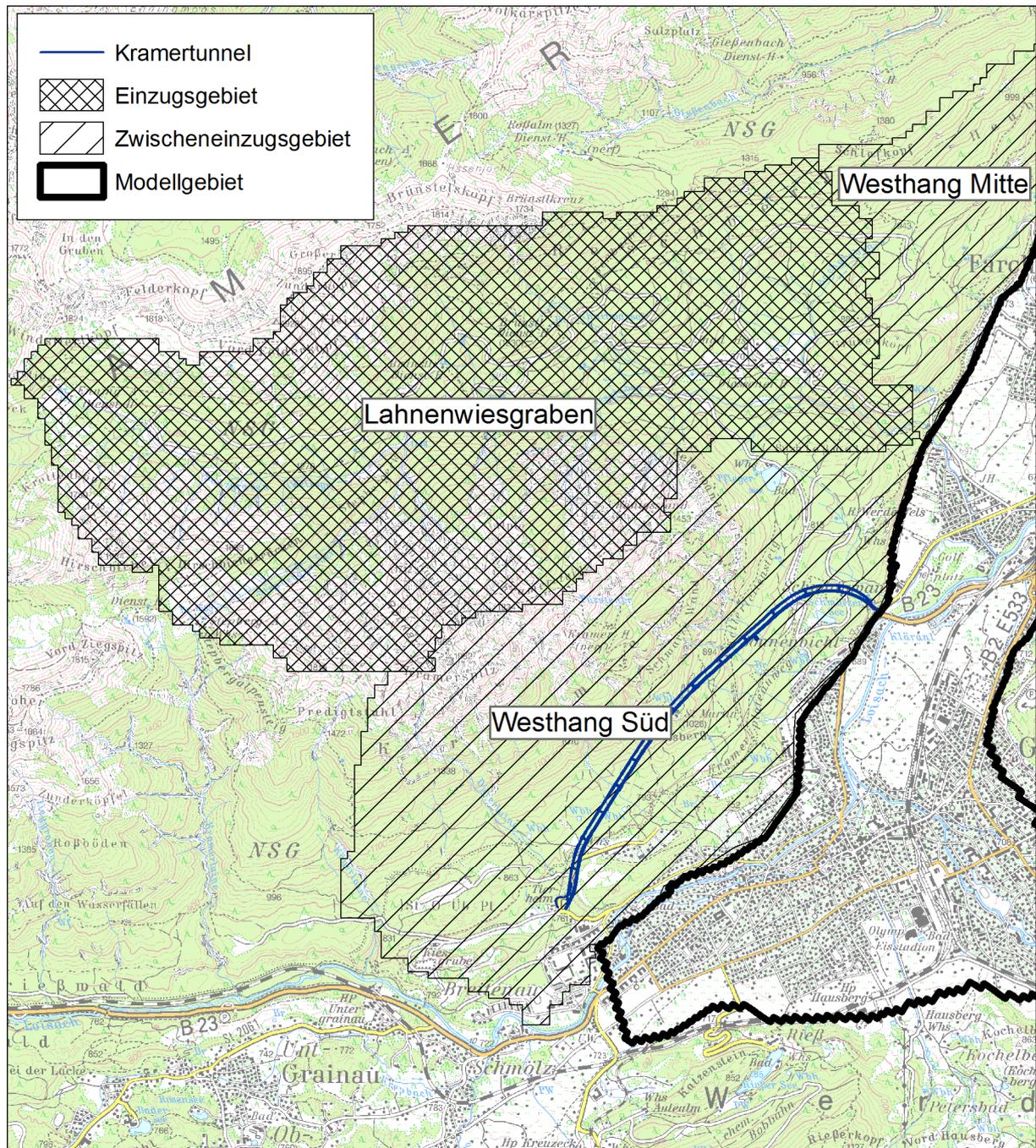
#### **4.1 Hydrologische Auswertung des bergseitigen Wasserdargebots im Bereich des Kramertunnels**

In kup (2011) sind die Vorgehensweise und die Ergebnisse der hydrologischen Modellierung für die drei Teilbereiche Talboden des Loisachtals, angrenzende Berghänge und Murnauer Moos ausführlich dokumentiert. Für die an den Talboden des Loisachtals angrenzenden Berghänge ergeben sich folgende langjährige mittlere Bilanzwerte:

- Niederschlag: 7,14 m<sup>3</sup>/s
- Verdunstung: 1,69 m<sup>3</sup>/s
- Grundwasserneubildung: 2,25 m<sup>3</sup>/s
- Oberirdischer Abfluss: 3,20 m<sup>3</sup>/s

Der für die Berghänge errechnete Wert für den oberirdischen Abfluss stellt teilweise einen oberirdischen Randzufluss in Gebirgsbächen dar, die in das Loisachtal münden. Zum Großteil handelt es sich um einen diffusen Randzufluss, da viele Bereiche ohne Gebirgsbäche in den Grundwasserkörper des Loisachtals entwässern. Dieser Anteil wird zusammen mit der auf den Berghängen anfallenden Grundwasserneubildung dem Grundwassermodell über die linienhafte Zuflussrandbedingung vorgegeben.

Die Baumaßnahme des Kramertunnels liegt im Zwischeneinzugsgebiet „Westhang Süd“, dieses grenzt an das Einzugsgebiet des Lahnenwiesgrabens an (siehe Abbildung 4.2). In Tabelle 4.1 sind für diese beiden Gebiete die hydrologischen Bilanzgrößen als langjährige Mittelwerte von 1962 bis 2009 aufgeführt.



Diese Abbildung zeigt das Einzugsgebiet des Lahnenwiesgrabens, das Zwischeneinzugsgebiet „Westhang Süd“ und den südlichen Teil des Zwischeneinzugsgebiets „Westhang Mitte“.

Abbildung 4.2: Oberirdische Einzugsgebiete im Bereich des Kramertunnels

*Tabelle 4.1: Hydrologische Bilanzgrößen nach Einzugsgebiet als langjährige Mittelwerte von 1962 bis 2009*

Gebiet	Niederschlag	Verdunstung	Grundwasser- neubildung	Oberirdischer Abfluss
	[l/s]			
Lahnenwies- graben	806,3	184,2	192,9	428,5
Westhang Süd	515,6	195,5	169,7	150,3

Der im Grundwassermodell angesetzte unterirdische Randzufluss über den Modellrand im Bereich des Zwischeneinzugsgebiets „Westhang Süd“ setzt sich aus den beiden Komponenten Grundwasserneubildung und Oberirdischer Abfluss des Zwischeneinzugsgebiets „Westhang Süd“ und der Hälfte der Komponente Grundwasserneubildung des an den „Westhang Süd“ angrenzenden Einzugsgebiets des Lahnwiesgrabens zusammen. Die andere Hälfte der Komponente Grundwasserneubildung des Einzugsgebiets des Lahnwiesgrabens wird zum unterirdischen Randzufluss des nördlich an das Einzugsgebiet des Lahnwiesgrabens angrenzende Zwischeneinzugsgebiet „Westhang Mitte“ hinzugezählt. Im Bereich des „Westhang Süd“, in dem sich der Kramertunnel befindet, ergibt sich somit für den Zeitraum von 1962 bis 2009 ein mittlerer unterirdischer Randzufluss von 416,5 l/s.

## 5 Auswirkung der dauerhaften Ableitung von Bergwasser auf den Grundwasserhaushalt im oberen Loisachtal

### 5.1 Auswirkung auf die Wasserbilanz

Durch die dauerhaft von 30 l/s auf 60 l/s erhöhte Tunnelndrainage und die damit einhergehende stärkere Reduzierung des unterirdischen Zuflusses in den Kiesgrundwasserleiter reduziert sich der Gesamtumsatz des Grundwassers im Grundwassermodell im Vergleich zur Situation mit einer Tunnelndrainage von 30 l/s um insgesamt 14 l/s.

Tabelle 5.1 zeigt die Änderungen in der Grundwasserbilanz, die sich durch die Tunnelndrainage von 60 l/s im Vergleich zur Tunnelndrainage von 30 l/s ergeben. Hieraus geht deutlich hervor, dass ca. die Hälfte des dauerhaft fehlenden unterirdischen Zuflusses in den Kiesgrundwasserleiter durch den Austausch mit der Loisach und den Gräben kompensiert wird. Die Loisach infiltriert 18 l/s mehr ins Grundwasser und erhält 3 l/s weniger aus dem Grundwasser. Die Gräben erhalten 11 l/s weniger aus dem Grundwasser und infiltrieren 2 l/s weniger in das Grundwasser.

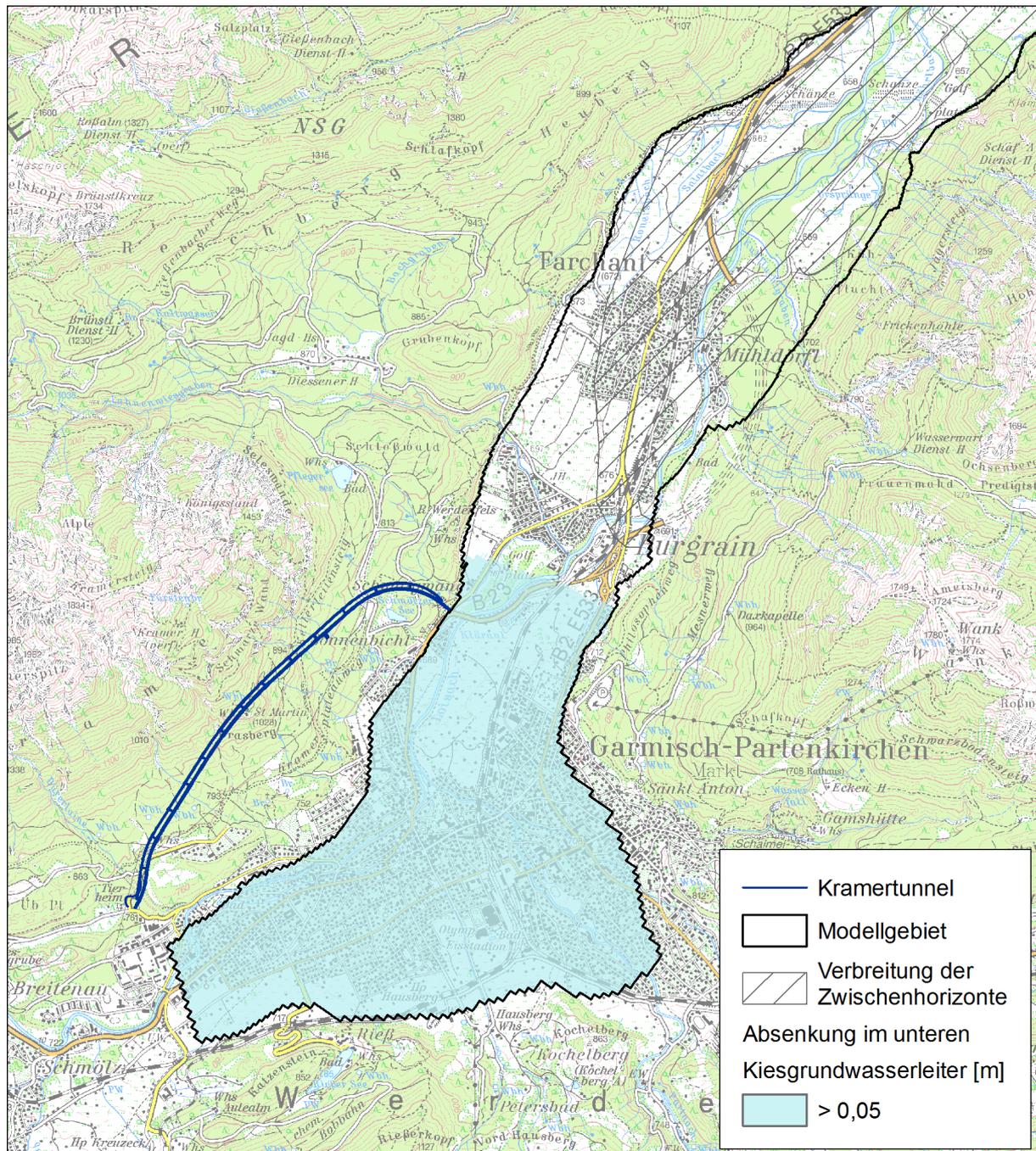
*Tabelle 5.1: Änderungen in der Grundwasserbilanz auf Grund der dauerhaften Tunnelndrainage von 60 l/s im Vergleich zur Tunnelndrainage von 30 l/s*

	Veränderung des Zuflusses in das Grundwasser [l/s] bei 30 l/s Mehrentnahme	Veränderung des Abflusses aus dem Grundwasser [l/s] bei 30 l/s Mehrentnahme
Randzufluss (Kramertunnel)	-30	-
Loisach	+18	-3
Gräben	-2	-11
Summe	-14	-14

### 5.2 Auswirkung auf die Grundwasserstände

In Abbildung 5.1 ist der Bereich mit Absenkungen des Grundwasserstands im unteren Kiesgrundwasserleiter größer 5 cm dargestellt, der sich durch die um 30 l/s auf 60 l/s erhöhte dauerhafte Tunnelndrainage ergibt. Die Absenkungen des Grundwasserstands im unteren Kiesgrundwasserleiter bzw. dem Bereich ohne Trennung größer 5 cm erstrecken sich in Richtung Norden bis etwa an den Südrand von Burgrain. Nördlich hiervon sind die Absenkungen geringer als 5 cm.

Für den oberen Kiesgrundwasserleiter sind die Absenkungen geringer als 5 cm und für den über dem Kiesgrundwasserleiter auflagernden Moorgrundwasserleiter ergeben sich keine Absenkungen aufgrund der erhöhten Tunnel Drainage.



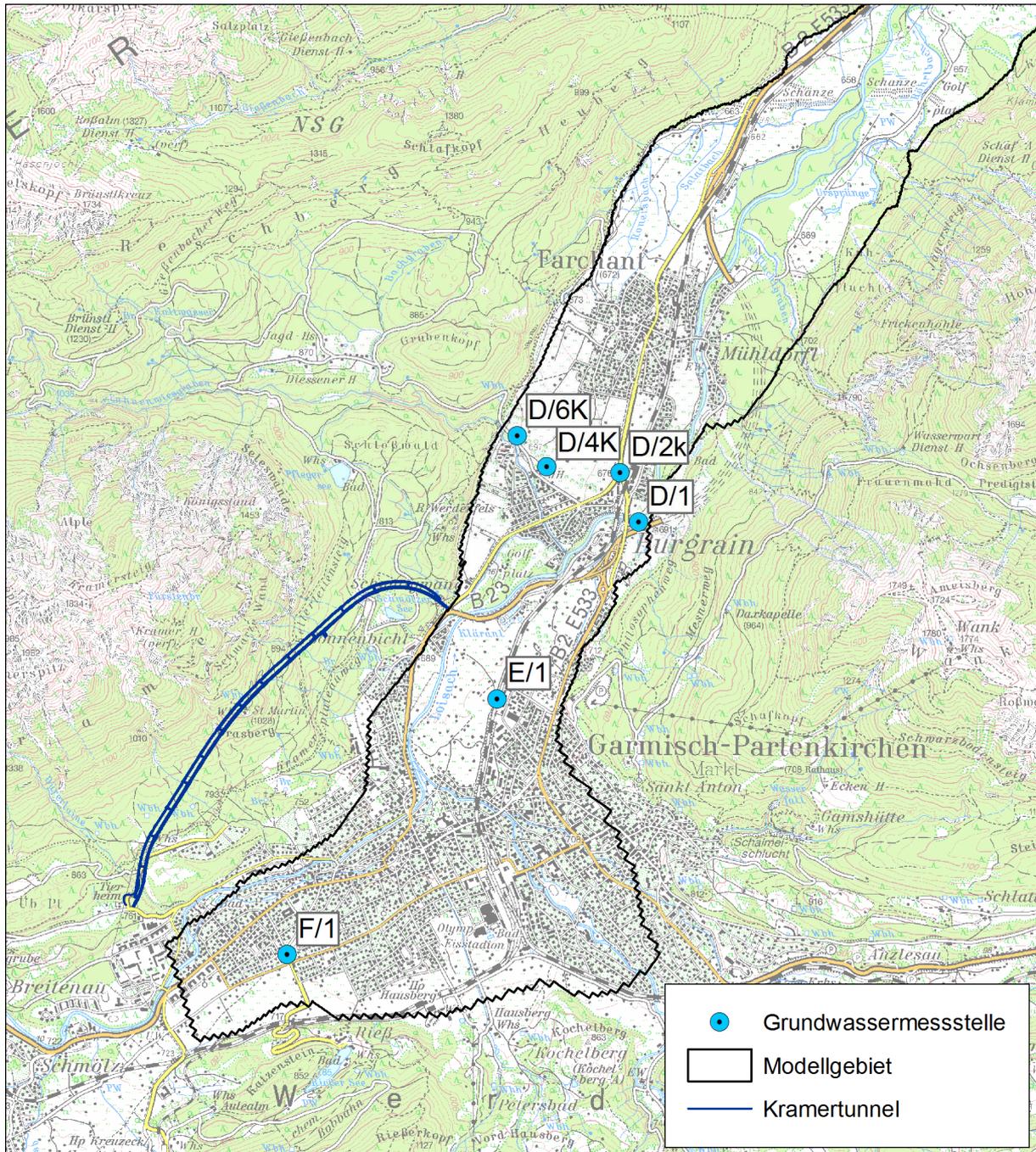
Diese Abbildung zeigt den Bereich mit Absenkungen der Grundwasserstände im unteren Kiesgrundwasserleiter größer 5 cm, der sich aufgrund der dauerhaften Tunnelndrainage von 60 l/s im Vergleich zur dauerhaften Tunnelndrainage von 30 l/s und dem damit einhergehenden verminderten unterirdischen Zustrom zum Kiesgrundwasserleiter im Bereich des Kramertunnels ergibt.

Abbildung 5.1: Absenkung des Grundwasserstands im unteren Kiesgrundwasserleiter größer 5 cm aufgrund der um 30 l/s auf 60 l/s erhöhten Tunnelndrainage

Die Auswirkungen der erhöhten dauerhaften Tunnelndrainage auf die Grundwasserstände wurden zusätzlich zu den stationären Modellbetrachtungen auch

noch anhand von instationären Rechenläufen für den Zeitraum vom 1977 bis 2010 untersucht. Hierzu wurde je ein instationärer Rechenlauf für die Situation mit 30 und 60 l/s Tunnel drainage durchgeführt.

Durch den Vergleich der berechneten Grundwasserstandsganglinien der beiden Situationen lassen sich die Auswirkungen der Mehrmenge von 30 l/s bei der dauerhaften Ableitung von Bergwasser gut erkennen. Abbildung 5.2 zeigt die Lage der Messstellen, für die im Folgenden jeweils die beiden berechneten Grundwasserstandsganglinien des unteren Kiesgrundwasserleiters zusammen in einem Diagramm dargestellt sind.



Diese Abbildung zeigt die Lage der Grundwassermessstellen im unteren Kiesgrundwasserleiter, für die die Auswirkungen der erhöhten Tunnelndrainage im Bereich des Kramertunnels anhand instationär berechneter Grundwasserstandsganglinien dargestellt werden.

Abbildung 5.2: Grundwassermessstellen im unteren Kiesgrundwasserleiter

In Abbildung 5.3 bis Abbildung 5.8 sind für die Messstellen F/1, E/1, D/1, D/2K, D/4K und D/6K jeweils die beiden berechneten Grundwasserstandsganglinien des unteren Kiesgrundwasserleiters für eine dauerhafte Tunnelndrainage von 30 und 60 l/s zusammen dargestellt.

An der Messstelle F/1 wirkt sich die um 30 l/s auf 60 l/s erhöhte dauerhafte Tunnelndrainage und die damit einhergehende Reduzierung des unterirdischen Zustroms in den Kiesgrundwasserleiter im Zeitraum von 1977 bis 2010 mit bis zu 0,24 m tieferen Grundwasserständen aus. Betrachtet man die weiteren Messstellen, so nimmt der Einfluss in Richtung Norden mit zunehmender Entfernung zum Kramertunnel stetig ab.

Im Vergleich zu den saisonalen Schwankungen an den Messstellen im südlichen Untersuchungsraum von bis zu 10 m sind die durch die um 30 l/s erhöhte dauerhafte Tunnelndrainage verursachten Piezometerhöhenänderungen marginal klein und auch auf Grund der teilweise mächtigen ungesättigten Zone von mehreren Metern bis über 10 m von keiner Bedeutung.

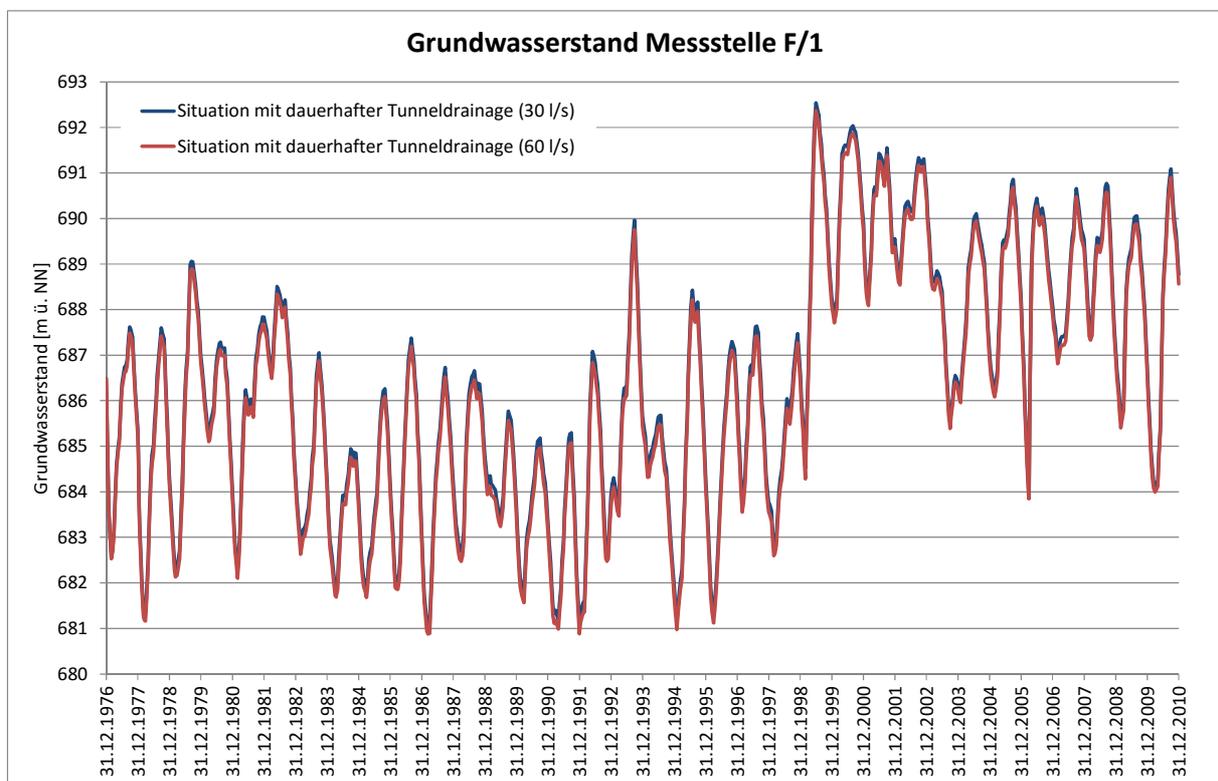


Abbildung 5.3: Berechnete Grundwasserstandsganglinien an der Messstelle F/1 im unteren Kiesgrundwasserleiter für die Situation mit dauerhafter Tunnelndrainage von 30 l/s und die Situation mit dauerhafter Tunnelndrainage von 60 l/s

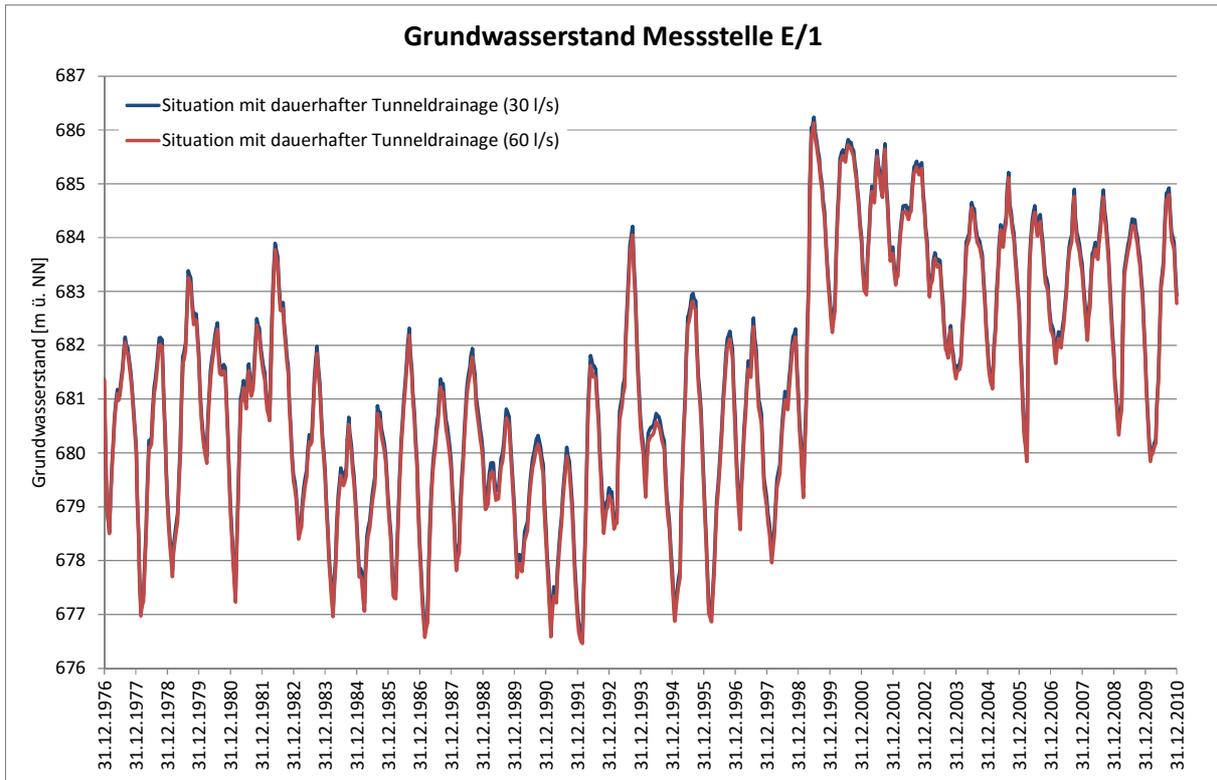


Abbildung 5.4: Berechnete Grundwasserstandsganglinien an der Messstelle E/1 im unteren Kiesgrundwasserleiter für die Situation mit dauerhafter Tunneldrainage von 30 l/s und die Situation mit dauerhafter Tunneldrainage von 60 l/s

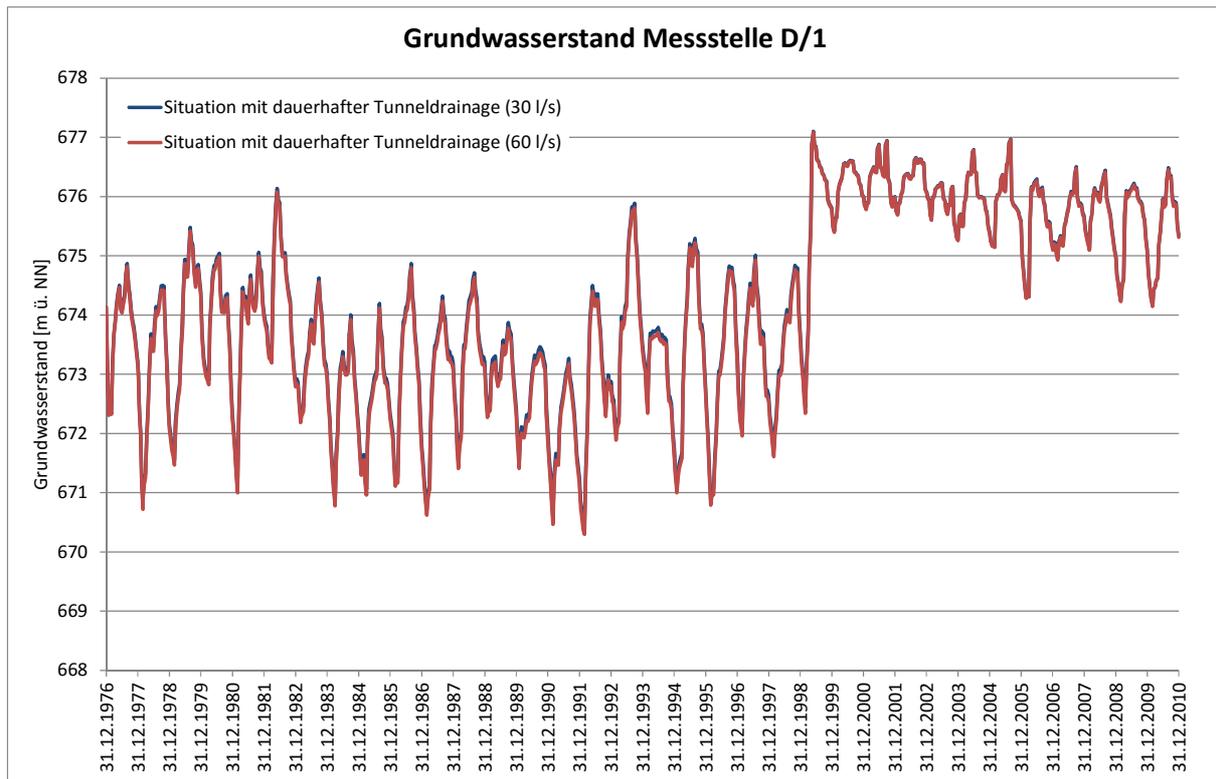


Abbildung 5.5: Berechnete Grundwasserstandsganglinien an der Messstelle D/1 im unteren Kiesgrundwasserleiter für die Situation mit dauerhafter Tunneldrainage von 30 l/s und die Situation mit dauerhafter Tunneldrainage von 60 l/s

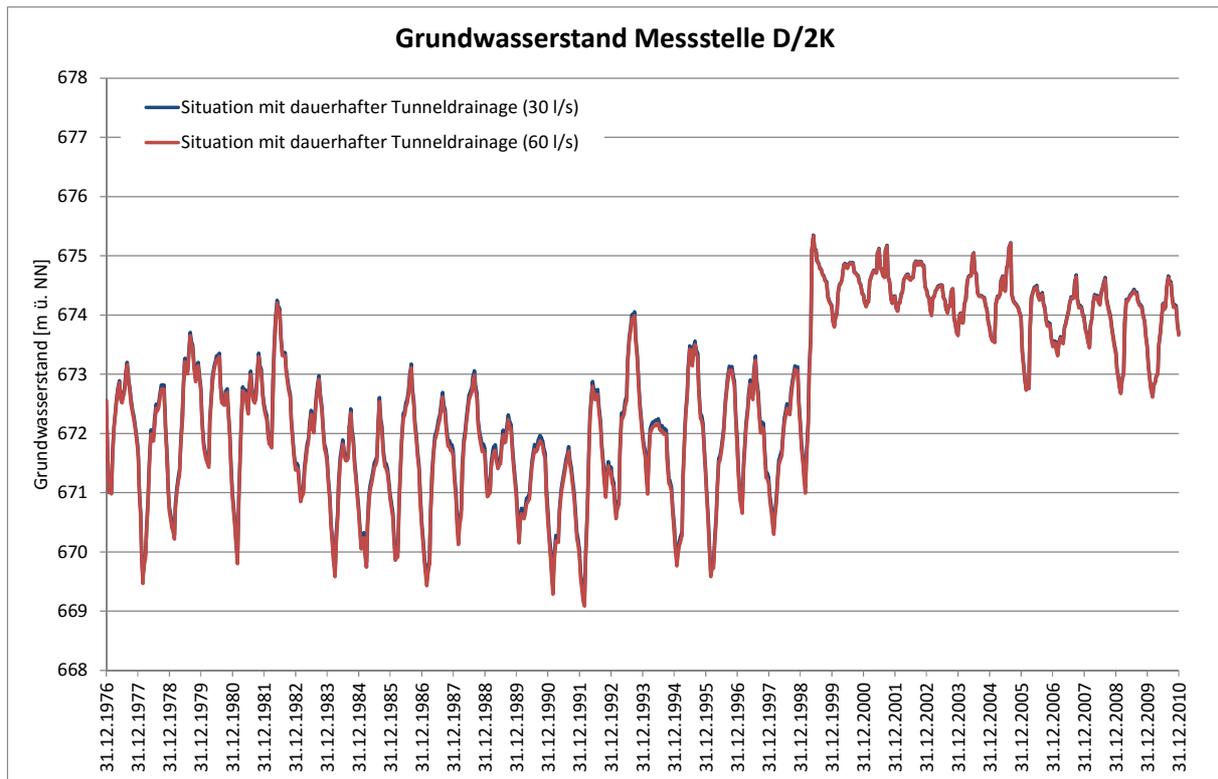


Abbildung 5.6: Berechnete Grundwasserstandsganglinien an der Messstelle D/2K unteren Kiesgrundwasserleiter für die Situation mit dauerhafter Tunneldrainage von 30 l/s und die Situation mit dauerhafter Tunneldrainage von 60 l/s

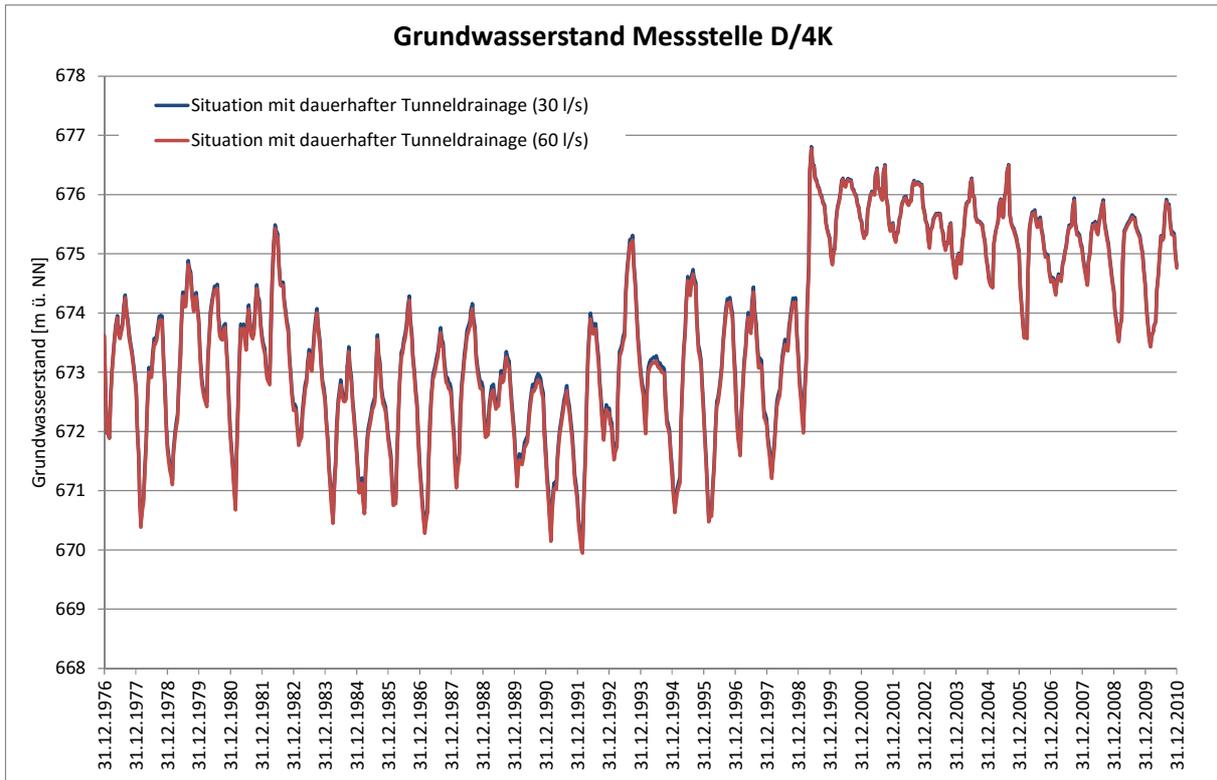


Abbildung 5.7: Berechnete Grundwasserstandsganglinien an der Messstelle D/4K unteren Kiesgrundwasserleiter für die Situation mit dauerhafter Tunneldrainage von 30 l/s und die Situation mit dauerhafter Tunneldrainage von 60 l/s

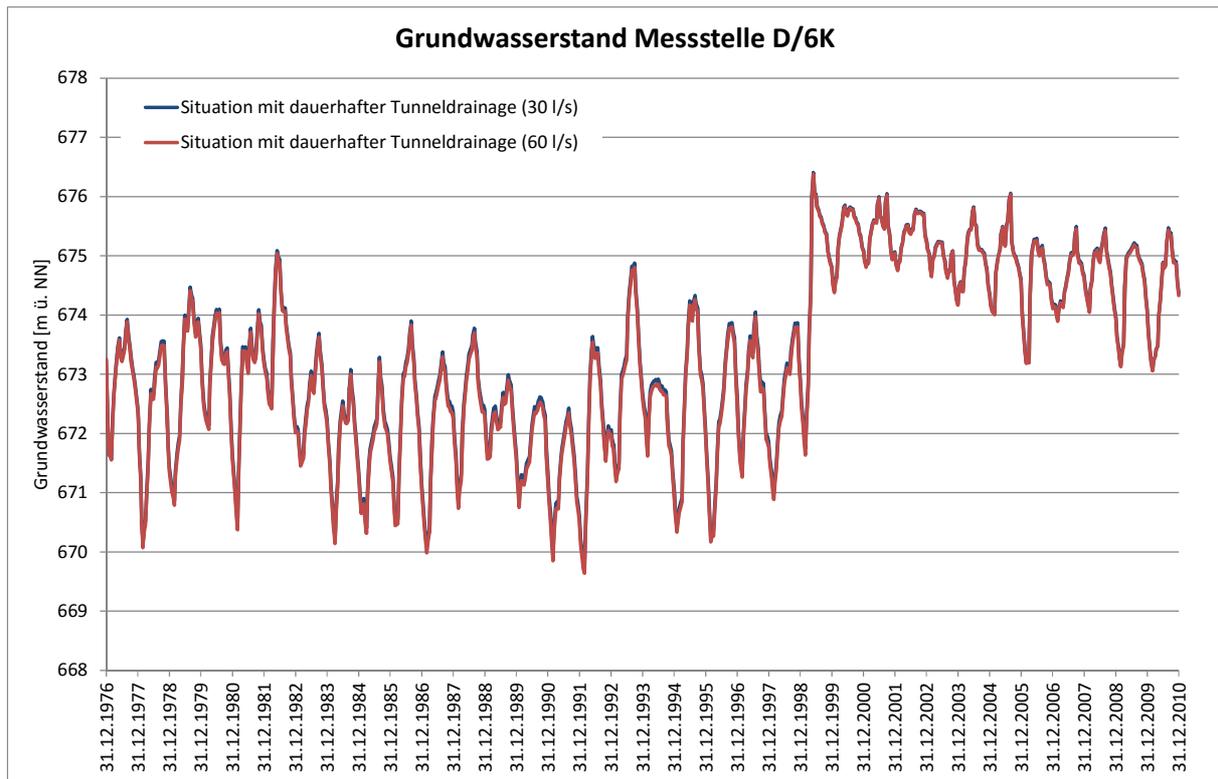


Abbildung 5.8: Berechnete Grundwasserstandsganglinien an der Messstelle D/6K unteren Kiesgrundwasserleiter für die Situation mit dauerhafter Tunnelndrainage von 30 l/s und die Situation mit dauerhafter Tunnelndrainage von 60 l/s

### 5.3 Auswirkung auf den Abfluss in den Quellbächen

Durch die dauerhaft um 30 l/s auf 60 l/s erhöhte Tunnelndrainage und die damit einhergehende Reduzierung des unterirdischen Zuflusses in den Kiesgrundwasserleiter reduziert sich auch der oberirdische Abfluss in den Quellbächen des Loischtals. Die Quellbäche liegen im Vergleich zur Baumaßnahme des Kramertunnels relativ weit im Norden. Daher halten sich die Auswirkungen auf den Abfluss in den Quellbächen in Grenzen. Die größten Abflussreduzierungen erfahren die südlichsten Quellbäche, wie der Ronets-, der Salat- und der Ursprungbach. Generell beträgt die Abflussreduzierung durch die erhöhte Tunnelndrainage nur ein Bruchteil der natürlichen Schwankungen.

Für die oben genannten drei Quellbäche, die am südlichsten im Untersuchungsbereich liegen wurden die Abflussganglinien anhand der instationären Rechenläufe für die Situation mit 30 und 60 l/s Tunnelndrainage ausgewertet.

Abbildung 5.10 bis Abbildung 5.12 zeigen die Abflussganglinien der drei Quellbäche jeweils für die Situation mit 30 und 60 l/s Tunnel drainage. Die Positionen an denen der Abfluss ausgewertet wurde sind in Abbildung 5.9 dargestellt. Aus den berechneten Abflussganglinien ist deutlich zu erkennen, dass sich bei der Situation mit dauerhafter Tunnel drainage von 60 l/s keine Unterschiede zu der Situation mit Tunnel drainage von 30 l/s ergeben. Dies gilt insbesondere für Niedrigwasserphasen. Beispielsweise sind vor dem extremen Loisach-Hochwasser im Jahr 1999 die Quellbäche auch zeitweise trocken gefallen. Die dauerhafte Ableitung von Bergwasser aus dem Kramertunnel hätte die Situation auch nicht weiter verstärkt.

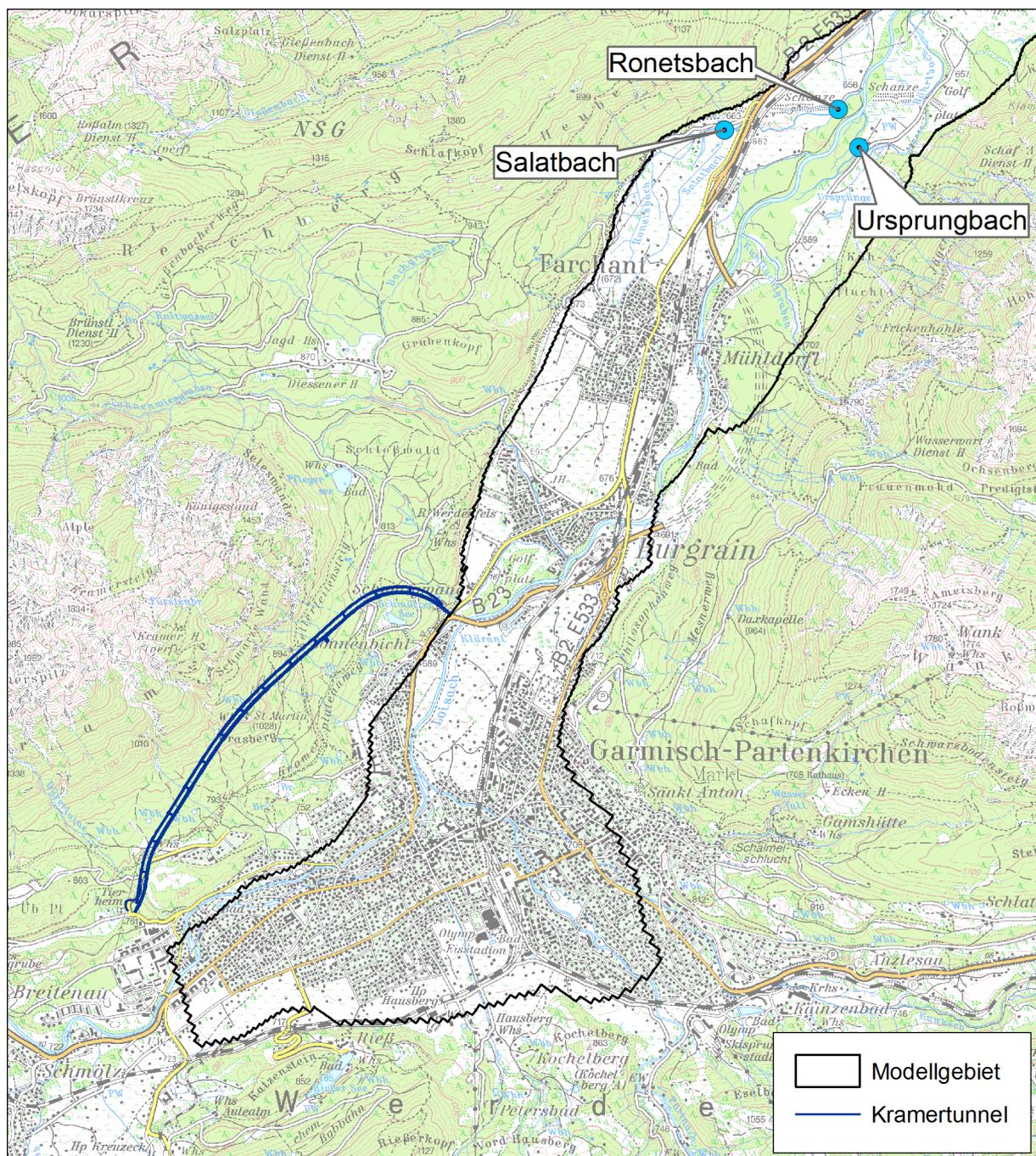


Abbildung 5.9: Positionen zur Auswertung der Abflussganglinien

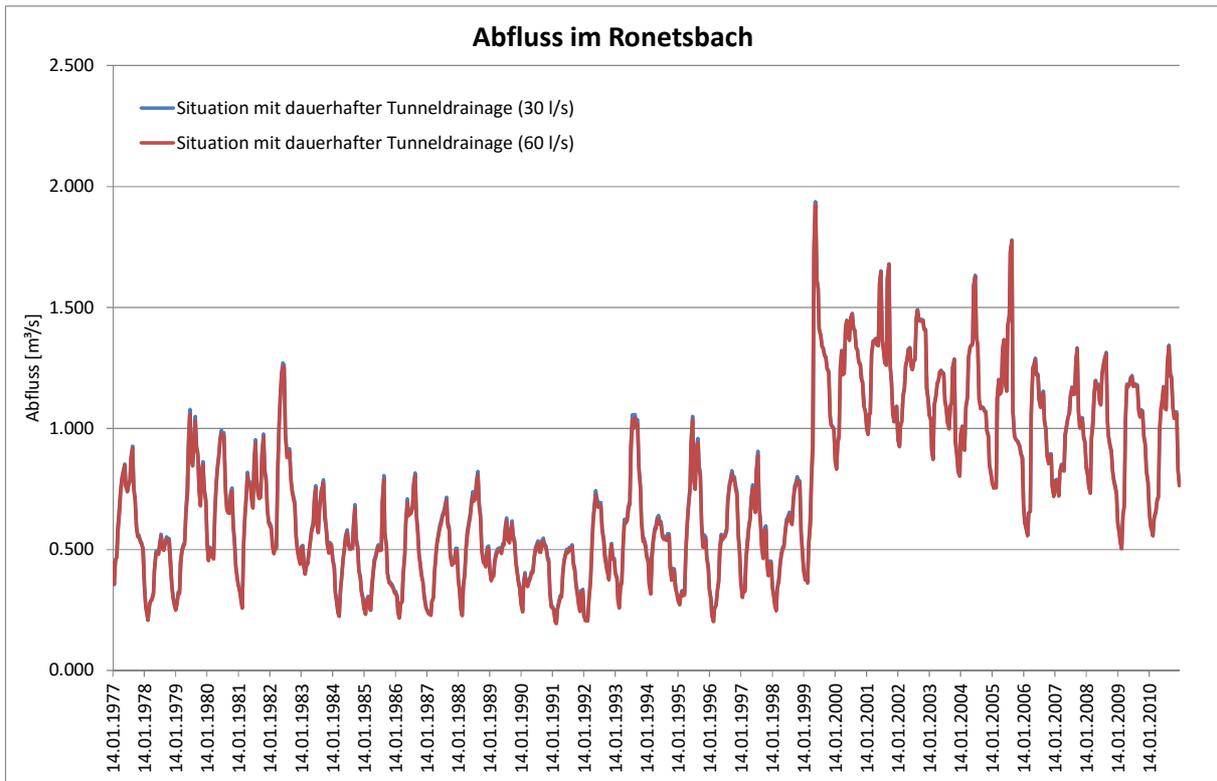


Abbildung 5.10: Berechnete Abflussganglinien des Ronetsbachs für die Situation mit dauerhafter Tunneldrainage von 30 l/s und die Situation mit dauerhafter Tunneldrainage von 60 l/s

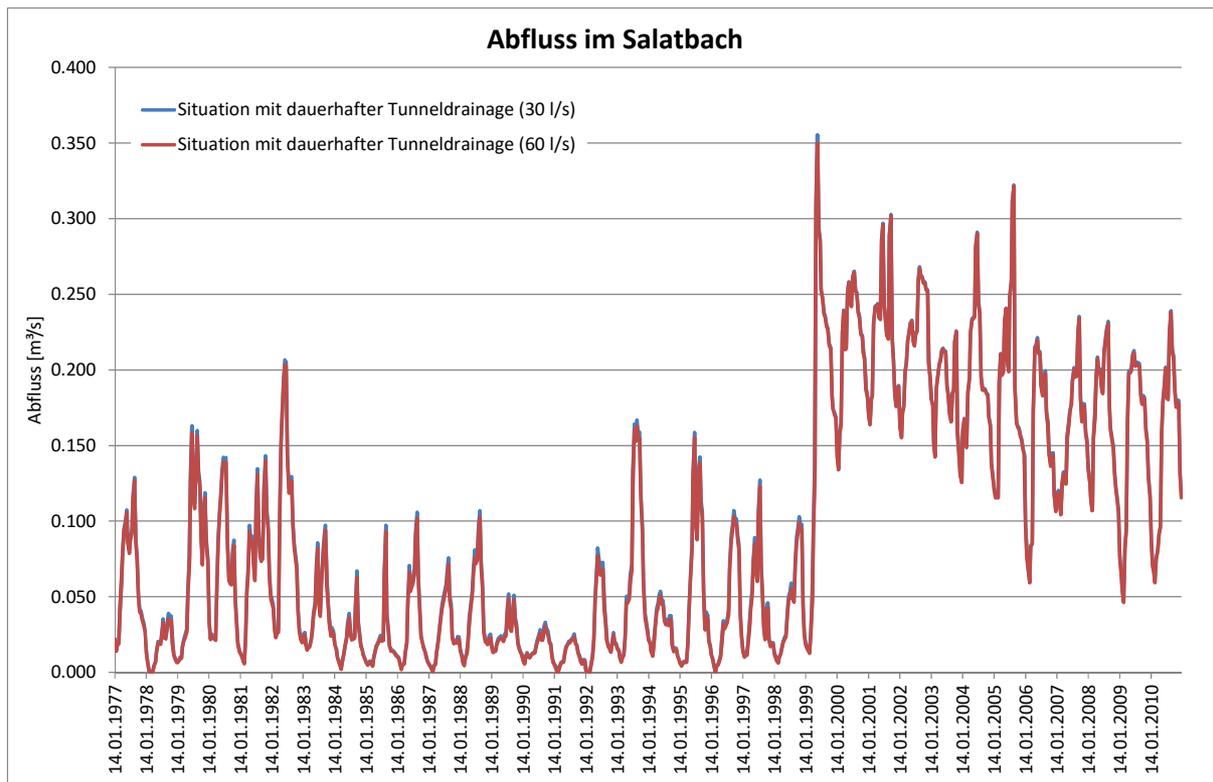


Abbildung 5.11: Berechnete Abflussganglinien des Salatbachs für die Situation mit dauerhafter Tunneldrainage von 30 l/s und die Situation mit dauerhafter Tunneldrainage von 60 l/s

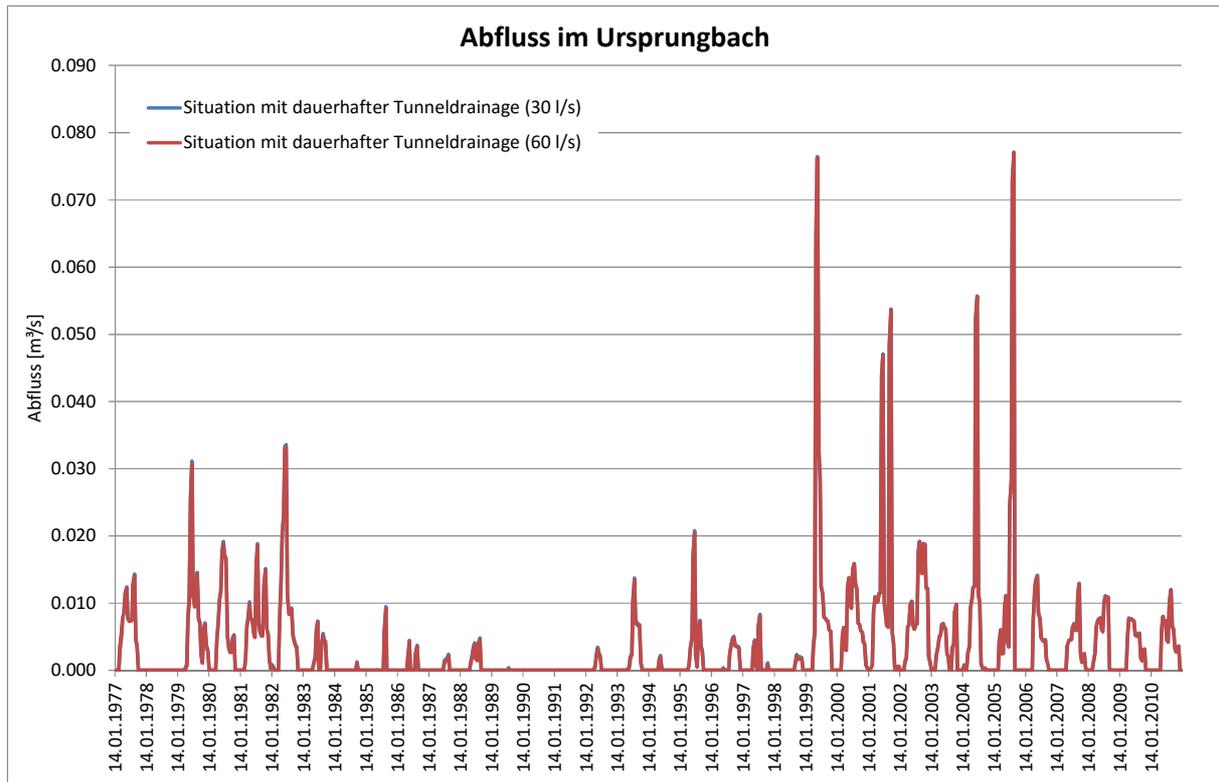
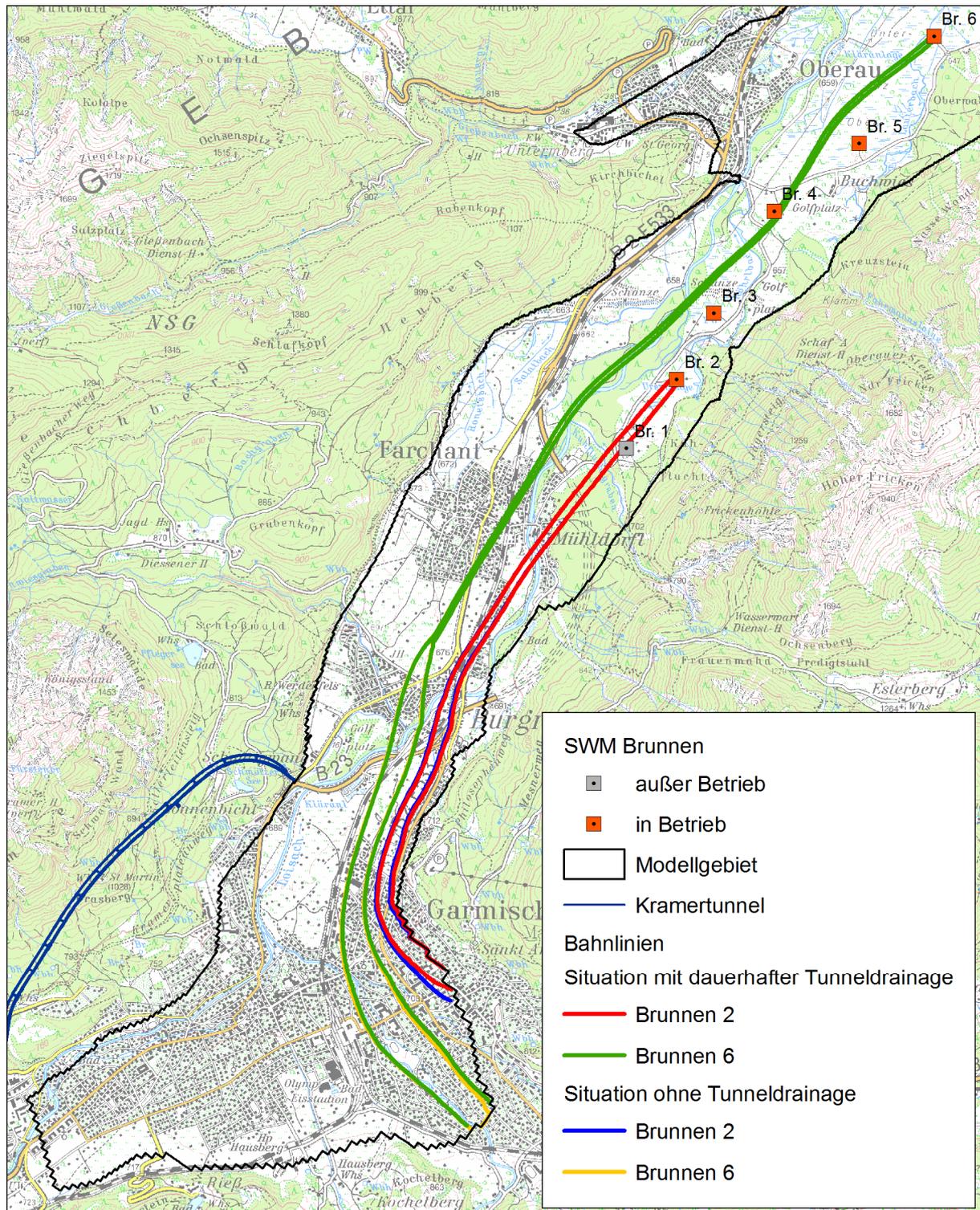


Abbildung 5.12: Berechnete Abflussganglinien des Ursprungsbachs für die Situation mit dauerhafter Tunneldrainage von 30 l/s und die Situation mit dauerhafter Tunneldrainage von 60 l/s

## **6 Auswirkung der dauerhaften Ableitung von Bergwasser auf die Strömungsverhältnisse und Richtungen im Kiesgrundwasserhaushalt des oberen Loisachtals**

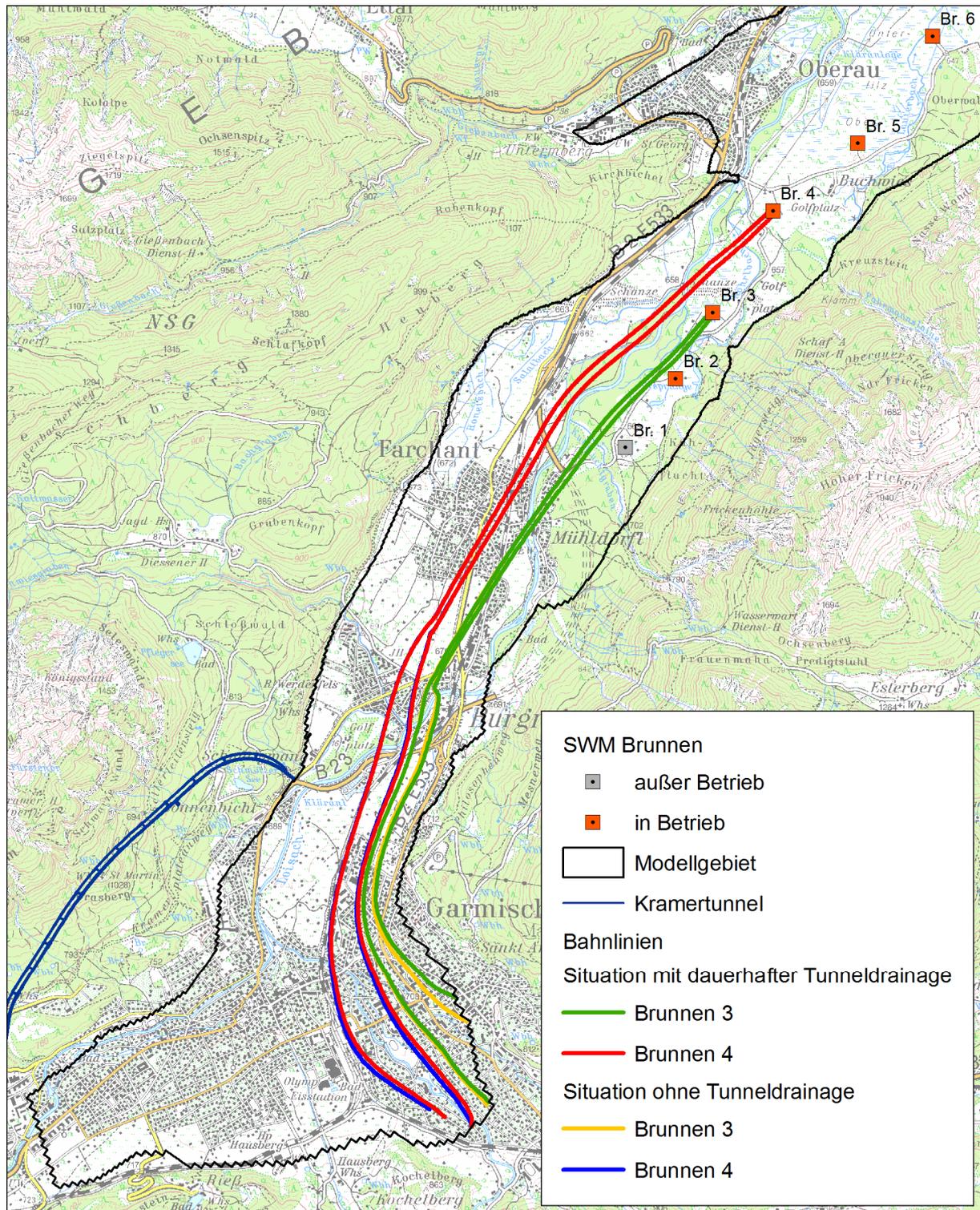
### **6.1 Auswirkung auf die Bahnlinien im Vergleich zur Situation ohne Tunnel Drainage**

Abbildung 6.1 bis Abbildung 6.3 zeigen die Bahnlinien zu den fünf Brunnen der Stadtwerke München jeweils für die Situation ohne Tunnel Drainage und für die Situation mit dauerhafter Ableitung von Bergwasser und dem damit verbundenen reduzierten unterirdischen Zustrom in den Kiesgrundwasserleiter. Die Anströmrichtungen zu allen fünf Brunnen verlagern sich auf Grund der dauerhaften Ableitung von Bergwasser geringfügig in Richtung Osten. Diese Abweichungen der Anströmung zu den einzelnen Brunnen im Vergleich zur Situation ohne Tunnel Drainage nimmt nach Norden hin immer mehr ab. Auf Höhe von Farchant liegt kein Unterschied der Anströmrichtungen zwischen der Situation ohne Tunnel Drainage und der Situation mit dauerhafter Ableitung von Bergwasser mehr vor.



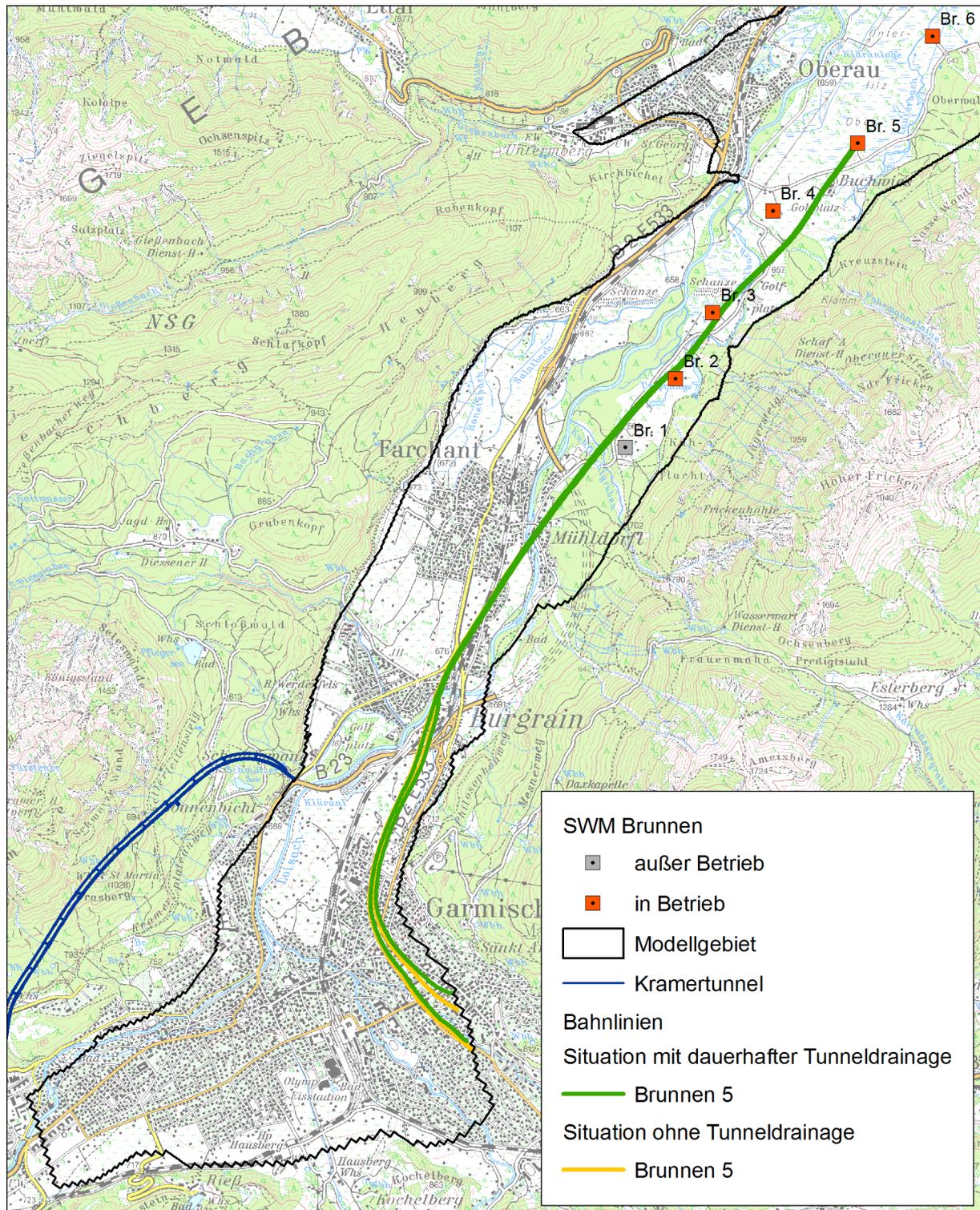
Diese Abbildung zeigt die Bahnlinien zu den Brunnen 2 und 6 der Stadtwerke München für die Situation ohne Tunnelndrainage und die Situation mit dauerhafter Tunnelndrainage und entsprechend reduziertem unterirdischem Zustrom.

Abbildung 6.1: Bahnlinien zu Brunnen 2 und Brunnen 6 der Stadtwerke München, Vergleich Situation ohne Tunnelndrainage mit Situation mit dauerhafter Tunnelndrainage



Diese Abbildung zeigt die Bahnlinien zu den Brunnen 3 und 4 der Stadtwerke München für die Situation ohne Tunnelndrainage und die Situation mit dauerhafter Tunnelndrainage und entsprechend reduziertem unterirdischem Zustrom.

Abbildung 6.2: Bahnlinien zu Brunnen 3 und Brunnen 4 der Stadtwerke München, Vergleich Situation ohne Tunnelndrainage mit Situation mit dauerhafter Tunnelndrainage



Diese Abbildung zeigt die Bahnlinien zum Brunnen 5 der Stadtwerke München für die Situation ohne Tunnelndrainage und die Situation mit dauerhafter Tunnelndrainage und entsprechend reduziertem unterirdischem Zustrom.

Abbildung 6.3: Bahnlinien zu Brunnen 5 der Stadtwerke München, Vergleich Situation ohne Tunnelndrainage mit Situation mit dauerhafter Tunnelndrainage

## **6.2 Bewertung im Hinblick auf das Schutzgebiet**

Die dauerhafte Ableitung von Bergwasser im Kramertunnel hat nur einen sehr geringfügigen Einfluss auf die Strömungsrichtungen. In dem Bereich des neu ausgewiesenen Schutzgebiets zwischen nördlicher Bebauungsgrenze von Burgrain und Brunnen 6 sind keine maßgeblichen Strömungsänderungen zu erwarten, so dass der ausgewiesene Schutzgebietsumfang unabhängig von den Drainagemaßnahmen im Kramertunnel ist.

## 7 Zusammenfassung

Infolge der während der Bauausführung eingetretenen nicht vorhersehbaren Wirkungen wird für den Bau des Kramertunnels ein Antrag auf Planänderung und Durchführung eines entsprechenden Planfeststellungsverfahrens gestellt. Durch den dauerhaften Betrieb des Kramertunnels wird 30 l/s mehr Bergwasser als bislang abgeschätzt abgeleitet und der Loisach zugeführt. Dieses zusätzlich abzuleitende Bergwasser fließt ohne den Kramertunnel unterirdisch dem Kiesgrundwasserleiter zu. In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob die zusätzliche dauerhafte Ableitung von 30 l/s Bergwasser Auswirkungen auf das pflanzenverfügbare Grundwasser insbesondere in den ökologisch wertvollen Naturraumtypen des Loisachtales südlich von Eschenlohe hat. Hierzu wurde das im Auftrag der Stadtwerke München erarbeitete Grundwassermodell für das Loisachtal verwendet. Mit Hilfe dieses Modells wurden die Änderungen der Grundwasserstände und Abflüsse in den Quellbächen des Loisachtales ermittelt.

Die Modelluntersuchungen haben gezeigt, dass sich keine Änderungen im oberflächennahen pflanzenverfügbaren Grundwasser insbesondere des Moorgrundwasserkörpers durch die um 30 l/s erhöhte dauerhafte Ableitung von Bergwasser ergeben. Auch die Abflüsse der Quellbäche ändern sich rechnerisch nur marginal. Dies ist auch vor dem Hintergrund der hohen Abflussdynamik in den Quellbächen zu sehen.

Im Kiesgrundwasserleiter liegt die Grenze von gerade noch 5 cm beeinflussten Grundwasserständen südlich von Burgrain. Die größten Grundwasserstandsänderungen ergeben sich im südlichen Teil des Modellgebiets im Bereich des Kramertunnels. Hier liegt der Grundwasserstand über 10 m unter der Geländeoberkante und die hydrologischen Schwankungen erreichen Werte von bis zu 10 m, die um ein Vielfaches größer sind als die Änderungen durch die Ableitung von Bergwasser aus dem Kramertunnel.

Mit Hilfe des Modells wurde auch untersucht, ob die Ableitung von Bergwasser in den Kramertunnel Auswirkungen auf die Grundwasserströmungsrichtungen im Kiesgrundwasserleiter hat. Hier hat sich gezeigt, dass sich die Strömungsrichtungen ebenfalls nur marginal ändern und damit keinen Einfluss auf das Schutzgebiet der Trinkwassergewinnung Oberau haben. Die neu ausgewiesene Schutzgebietsabgrenzung ist damit unabhängig von der Ableitung des Bergwassers im Kramertunnel.

Die bauzeitlich fehlende Menge für den Kiesgrundwasserleiter im Loisachtal durch die 1. Planänderung hat keine relevante Wirkung auf den Wasserhaushalt des in ca. 3,8 km Entfernung liegenden FFH-Gebietes DE 8432-301 „Loisachtal zwischen Farchant und Eschenlohe“.

**LITERATURVERZEICHNIS**

kup, Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH (2011): Bericht A381-2 – Trinkwassergewinnungsgebiet Oberau – Grundwassermodelluntersuchung: Hydrologisches Modell mit Dargebotsnachweis – Ermittlung der Randzuflüsse und der Grundwasserneubildung aus Niederschlag

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

Seidl, G. (2009): Hydrogeologisches Modell Oberau – Hydrostratigraphische Einheiten