

# ABS Paderborn – Halle / NBS Kurve Kassel

## Hydrogeologisches Gutachten

Stand: 01.12.20211

Erstellt im Auftrag:

**DB Netz AG**

Hahnstraße 49

60528 Frankfurt am Main



**FROELICH & SPORBECK**  
UMWELTPLANUNG UND BERATUNG



<b>Verfasser</b>	<b>FROELICH &amp; SPORBECK GmbH &amp; Co. KG</b>
------------------	--

Adresse	Niederlassung Bochum
	Ehrenfeldstraße 34
	44789 Bochum
Kontakt	T +49.234.95383-0
	F +49.234.9536353
	bochum@fsumwelt.de
	www.froelich-sporbeck.de

<b>Projekt</b>
----------------

Projekt-Nr.	HE-191057
Status	Endfassung
Version	4
Datum	01.12.2021

<b>Bearbeitung</b>
--------------------

Projektleitung	Dipl.-Geograph Burkhard Fahnenbruch
Bearbeiter/in	M.Sc. Geoökologie Ulrike Schenke M.Eng. Landscape Architecture; M.Sc. Transformation of Urban Landscapes Bastian Volk
Qualitätssicherung	Dipl.-Geograph Burkhard Fahnenbruch



Inhaltsverzeichnis		Seite
<b>1</b>	<b>Veranlassung</b>	<b>7</b>
1.1	Untersuchungsraum	7
1.2	Varianten	8
1.2.1	Variante 1 Immenhausen – Wilhelmshausen	8
1.2.2	Variante 2 Immenhausen – Speele	8
1.2.3	Variante 3 Mönchehof – Speele	9
1.2.4	Variante 4A Mönchehof – Ihringshausen	10
1.2.5	Variante 4B Mönchehof – Ihringshausen	11
1.2.6	Variante 4C Mönchehof – Ihringshausen	12
1.2.7	Variante 5 – Kurve Niedervellmar	13
1.3	Methodik	14
<b>2</b>	<b>Geologische Standortbedingungen</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>Hydrogeologische Verhältnisse</b>	<b>17</b>
3.1	Lokale Hydrogeologie	19
3.1.1	Lokale Geologie / Hydrogeologie	19
3.1.2	Grundwasserleiter	21
3.1.3	Grundwasserisohypsen	23
3.1.4	Grundwasserflurabstand	25
3.1.5	Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung	28
3.1.6	Grundwasserstockwerke	31
<b>4</b>	<b>Bemessungsgrundwasserstände</b>	<b>33</b>
4.1	Für Versickerungsanlagen	37
4.2	Für Bauwerke	39
<b>5</b>	<b>Barrierewirkung von Bauwerken auf das Grundwasser</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>Wasserschutzgebiete</b>	<b>43</b>
6.1	Wasserschutzgebietsausweisungen	43
6.1.1	Auswirkprognose auf WSG	49
6.1.2	Bewertung	53
6.2	Entwässerungskonzept im Wasserschutzgebiet	53
6.2.1	Bewertung	54
<b>7</b>	<b>Auswirkung im Havariefall</b>	<b>54</b>
7.1	Ersatzwasserbeschaffung	56
<b>8</b>	<b>Querung von Fließgewässern</b>	<b>56</b>
8.1	Bewertung	63
<b>9</b>	<b>Verschlechterungsverbot gemäß WRRL</b>	<b>63</b>
9.1	Darstellung nach EG-WRRL	64
9.1.1	Oberflächenwasserkörper Fulda/Wahnhausen	64



9.1.2	Oberflächenwasserkörper Osterbach	67
9.1.3	Oberflächenwasserkörper Espe	67
9.1.4	Oberflächenwasserkörper Obere Ahne	69
9.1.5	Oberflächenwasserkörper Esse	71
9.1.6	Grundwasserkörper DEHE_4_1043 - 4290_5201	72
9.1.7	Grundwasserkörper DEHE_4_1042 - 4290_5112	75
9.1.8	Grundwasserkörper DEHE_4_2603 – 4400_5201 und Grundwasserkörper DEHE_4_2602 – 4400_5112	77
9.1.9	Bewertung	77
<b>10</b>	<b>Grundwasserhaltung</b>	<b>79</b>
<b>11</b>	<b>Überschlägige Bewertung</b>	<b>79</b>
<b>12</b>	<b>Hydrogeologischer Erkundungsbedarf</b>	<b>80</b>
<b>13</b>	<b>Literatur und Quellen</b>	<b>81</b>
<b>14</b>	<b>Anhang</b>	<b>83</b>



Tabellenverzeichnis	Seite
Tab. 1: Datengrundlagen	14
Tab. 2: Darstellung der hydrogeologischen Bedeutung der geologischen Schichten	19
Tab. 3: Längen der Tunnelelemente in der entsprechenden geologischen Schicht	21
Tab. 4: Wasserspiegel der einzelnen Messstellen im Untersuchungsraum	23
Tab. 5: Ermittelte Grundwasserflurabstände an den Messstellen im Untersuchungsraum	27
Tab. 6: Anteile an der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung in %	29
Tab. 7: Verteilung der Trassenverläufe in % über die Durchlässigkeiten des geologischen Ausgangsgesteines	31
Tab. 8: Lage der Ruhe Wasserspiegel und abgeleitetes Grundwasserstockwerk	32
Tab. 9: Bemessungsgrundwasserstände Versickerung	38
Tab. 10: Bemessungsgrundwasserstände Bauwerke	40
Tab. 11: Trinkwasserschutzgebiete innerhalb des Untersuchungsgebietes	44
Tab. 12: Verbotstatbestände der Schutzzonen der Wasserschutzgebiete und dazugehörige Vermeidungsmaßnahmen	48
Tab. 13: Potenzielle vorhabenbedingte Auswirkungen auf die WSG der TB 1 – 6 Simmershausen	52
Tab. 14: Bewertung der Auswirkung der Varianten auf die Wasserschutzgebiete	53
Tab. 15: Bewertung der Entwässerung	54
Tab. 16: Vermeidungsmaßnahmen für verschiedene Havariefälle	55
Tab. 17: Durch die Trassen der Varianten direkt beanspruchte Fließgewässer	56
Tab. 18: Wirkungen des Brückenbaus	59
Tab. 19: Wirkungen der oberirdischen Linienführung	61
Tab. 20: Wirkungen des Puffergleises	62
Tab. 21: Bewertung der Varianten über die betroffenen Fließgewässer	63
Tab. 22: Wirkprognose auf die Fulda	65
Tab. 23: Wirkprognose auf die Espe	68
Tab. 24: Wirkprognose auf die Obere Ahne	70
Tab. 25: Wirkprognose auf die Esse	72
Tab. 26: Wirkprognose auf den GWK 4290_5201, 4400_5201, 4400_5112	72
Tab. 27: Wirkprognose auf den GWK 4290_5112	75
Tab. 28: Bewertung der Varianten über die berichtspflichtigen Oberflächenwasserkörper	78
Tab. 29: Bewertung der Varianten über die berichtspflichtigen Grundwasserkörper	78
Tab. 30: Zusammenfassende Darstellung der Auswirkprognose	79



Abb. 1: Verlauf der Variante 1 nach der Optimierung	8
Abb. 2: Verlauf der Variante 2 nach Optimierung	9
Abb. 3: Verlauf der Variante 3 nach der zweiten Optimierung	10
Abb. 4: Verlauf der Variante 4A nach der Optimierung	11
Abb. 5: Verlauf der Variante 4B nach der Optimierung	12
Abb. 6: Verlauf der Variante 4C nach der Optimierung	13
Abb. 7: Verlauf der Variante 5 nach der Optimierung	14
Abb. 8: Lage der Brunnen, welche im aktuellen Bericht herangezogen wurden	17
Abb. 9: Verteilung der im Bereich der Gradiente der Variante 1 anzutreffenden Schichten / Gesteine mit ihrer hydrogeologischen Bedeutung (Quelle: angepasst nach FREILING 2019)	20
Abb. 10: Darstellung der Gesteinsart im UR (Daten BGR, 2015)	22
Abb. 11: Hohlraumarten des Ausgangsgesteins (Daten BGR, 2015)	23
Abb. 12: Vermutete Grundwasserfließrichtung im UR	25
Abb. 13: Darstellung des großräumig modellierten Grundwasserflurabstand Hessens (Hermann et. al., 2010). Der rote Kreis markiert die ungefähre Lage des UR.	26
Abb. 14: Darstellung der Schutzpotential der Grundwasserüberdeckung (Daten BGR, 2015)	28
Abb. 15: Darstellung der Durchlässigkeit im UR (Daten BGR, 2015)	30
Abb. 16: Grundwasserstockwerke nach FREILING (2019)	32
Abb. 17: Gemittelte Wasserstände für die Messstelle Burguffeln	34
Abb. 18: Gemittelte Wasserstände für die Messstelle Obervellmar	35
Abb. 19: Gemittelte Wasserstände für die Messstelle Wahnhausen	35
Abb. 20: Gemittelte Wasserstände für die Messstelle MR1	36
Abb. 21: Gemittelte Wasserstände für die Messstelle MR3	36
Abb. 22: Gemittelte Wasserstände für die Messstelle MR4	37
Abb. 23: Gemittelte Wasserstände für die Messstelle MR9	37
Abb. 24: Gradiente der Variante 1 (Angepasst nach Freiling (2019))	41
Abb. 25: Gradiente der Variante 2 (Freiling, 2019)	42
Abb. 26: Gradiente der Variante 3 (Angepasst nach Freiling (2019))	42
Abb. 27: Gradiente der Variante 4A (Freiling, 2019)	42
Abb. 28: Gradiente der Variante 4B (Freiling, 2019)	43
Abb. 29: Gradiente der Variante 4C (Angepasst nach Freiling (2019))	43
Abb. 30: Von den Varianten betroffene Trinkwasserschutzgebiete	44
Abb. 31: Möglicher Einfluss der Tunnel der Variante 3 auf die TB 1-5 der WW Simmershausen	51
Abb. 32: Von den Varianten betroffene Fließgewässer und Oberflächenwasserkörper nach WRRL	58
Abb. 33: Von den Varianten betroffene Grundwasserkörper nach WRRL (Nachrichtlich: GWK (HLNUG, 2020)	64



## Anhang

- 1 Verteilung der im Bereich der Gradiente der 7 Varianten anzutreffenden Schichten / Gesteine mit ihrer hydrogeologischen Bedeutung
- 2 Darstellung der Längsschnitte der 7 Varianten

### Abkürzungsverzeichnis

Ba	Tertiär-Basalte / Miozän-Pliozän
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
i.d.R.	In der Regel
GrwV	Grundwasserverordnung
GWFA	Grundwasserflurabstand
GWL	Grundwasserleiter
LAWA	Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
M&P	Makrophyten und Phytobenthos
MZB	Makrozoobenthos
NKV	Nutzen-Kosten-Verhältnis
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
QK	Qualitätskomponente
qh	Quartär / Holozän
qp	Quartär / Pleistozän
ROV	Raumordnungsverfahren
RVS	Raumverträglichkeitsstudie
SHHV	Seehafenhinterlandverkehr
SmD	Trias / Mittl. Buntsandstein / Detfurth
SmH	Trias / Mittl. Buntsandstein / Hardegsen
smS	Trias / Mittl. Buntsandstein / Solling
so	Trias / Ob. Buntsandstein / Röt
Sz	Schutzzone(n)





TB	Tiefenbrunnen
Teo -tol	Tertiär-Sedimente / Eozän-Oligozän
tmi	Tertiär-Sedimente / Miozän
tpl	Tertiär-Sedimente / Pliozän
TR	Teilraum
TWSG	Trinkwasserschutzgebiete
UQN	Umweltqualitätsnorm
UR	Untersuchungsraum
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
WSG	Wasserschutzgebiete
WW	Wasserwerk



# 1 Veranlassung

Die DB Netz AG plant im Rahmen des Projektes des Bundesverkehrswegeplans (BVWP) „Ausbaustrecke (ABS) Paderborn – Halle“ den Neubau einer Verbindungskurve von der Strecke 2550 (Aachen -) Warburg – Kassel Hauptbahnhof (Hbf) zur Strecke 1732 Kassel – Eichenberg (-Hannover) im Stadtgebiet von Kassel oder nördlich davon. Die Verbindungskurve soll ermöglichen, dass Güterzüge der Relation Häfen Amsterdam, Rotterdam und Antwerpen (ARA-Häfen) / Ruhrgebiet – Sachsen/Polen/Osteuropa über den Laufweg Hamm – Altenbeken – Kassel – Halle verkehren können. Bisher kann diese Relation von Güterzügen nur mit einem Fahrtrichtungswechsel im Rangierbahnhof (Rbf) Kassel realisiert werden.

Aus der Verkehrsprognose des Bundesverkehrswegeplans (BVWP) für das Jahr 2025 wird ein deutlicher Mehrverkehr auf dieser Relation erwartet. Aktuell verkehren ca. 4 Güterzüge / Tag auf dieser Relation. Gemäß Verkehrsprognose des Bundes verkehren im Jahr 2025 ca. 44 Güterzüge / Tag auf dieser Relation. Diese zusätzlichen Güterzüge setzen sich aus neuem Güterverkehr (Verlagerung Straße auf Schiene) sowie verlagertem Schienenverkehr (hauptsächlich von der Ost-West-Relationen über den Knoten Hannover) zusammen. Die exakte Streckenführung steht aktuell nicht fest. Aufgabe des Projekts „ABS Paderborn – Halle, Abschnitt Kurve Kassel“ ist es, innerhalb des Raums nördlich von Kassel eine geeignete Streckenführung zu finden, mit der sich die verkehrlichen Ziele erreichen lassen. Die Streckenführung soll dabei eine bestmögliche Lösung unter Betrachtung der raumordnerischen und um-welttechnischen Vereinbarkeit sowie die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme darstellen.

Nach § 1 Nr. 9 der Raumordnungsverordnung soll für den Neubau und die wesentliche Trassenänderung von Schienenstrecken der Eisenbahn des Bundes ein Raumordnungsverfahren (ROV) durchgeführt werden. In das ROV werden die Raumordnungsbelange in einer Raumverträglichkeitsstudie (RVS) berücksichtigt, zudem wird eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) in das ROV integriert.

Zur Beurteilung der Umweltauswirkungen des Vorhabens wird unterstützend ein hydrogeologisches Gutachten erstellt, in welchem explizit die Vorhabenauswirkungen auf die hydrogeologischen Gegebenheiten untersucht werden.

## 1.1 Untersuchungsraum

Der Untersuchungsraum (UR) des hydrogeologischen Gutachtens entspricht dem UR des UVP-Berichtes.

Im UVP-Bericht werden Auswirkungen der geplanten Ausbaumaßnahme auf die einschlägigen Raumordnungsfaktoren, die Schutzgüter gem. § 2 Abs. 1 UVPG sowie Schutzgebiete und -objekte ermittelt, beschrieben und bewertet. Dazu bedarf es eines Rahmens, der inhaltlich und flächenmäßig den Raum erfasst, in dem die Wirkungen zu erwarten sind.

Die Abgrenzung dieses Untersuchungsraumes richtet sich grundsätzlich nach:

- Richtweitem und Intensität der Vorhabenswirkungen,
- Art und Umfang der ggf. erforderlichen rückwärtigen Erschließung und
- Art und Umfang der Betroffenheiten von Arten und Lebensgemeinschaften mit ihren vielfältigen räumlich-funktionalen Beziehungen



Nach Vorgaben des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA), Fachstelle Umwelt (2014) beträgt die Untersuchungsraumbreite für die Neubaumaßnahme, wie im vorliegenden Fall, im Regelfall beidseitig der Trassenachse insgesamt bis zu 2.000 m. Dieser Vorgabe wird für alle Schutzgüter gefolgt, eine schutzgutbezogene Differenzierung findet nicht statt. Die Größe des Untersuchungsraumes umfasst insgesamt ca. 130 km<sup>2</sup>.

Den Vorgaben des EBA-Leitfadens (2014) soll im Rahmen der Erstellung des Raumordnungs-UVP-Berichtes gefolgt werden, um so eine Kongruenz der Umweltbelange bis ins Planfeststellungsverfahren hinein zu gewährleisten.

## 1.2 Varianten

Für die folgenden Varianten werden die Vorhabenauswirkungen im UR untersucht. Im Folgenden werden die optimierten Varianten vorgestellt. Weiter Informationen zu den Varianten finden sich im UVP-Bericht (Kapitel 8.3).

### 1.2.1 Variante 1 Immenhausen – Wilhelmshausen

Die Variante 1 beginnt südlich von Immenhausen und verschwenkt 250 m südlich der Gemeindegrenze nach Osten. Nach einer kurzen oberirdischen Streckenführung führt die Variante 1 in einem langen Tunnelabschnitt bis südwestlich von Wilhelmshausen, wo die Fulda mit einer Brücke überquert wird. Die Variante verläuft auf der östlichen Seite der Fulda parallel zur Bestandsstrecke bis nach Bonaforth.

Die Variante 1 weist eine Fahrstrecke von Immenhausen nach Bonaforth von 14,7 km auf. Der erforderliche Neubaubedarf für die Variante 1 beträgt 11,5 km. Von diesen sind 7,6 km als Tunnelabschnitt, 3,6 km als oberirdische Linienführung und 0,26 km als Brückenbauwerk vorgesehen. Zusätzlich sind Puffergleise auf einer Länge von 2,9 km notwendig.

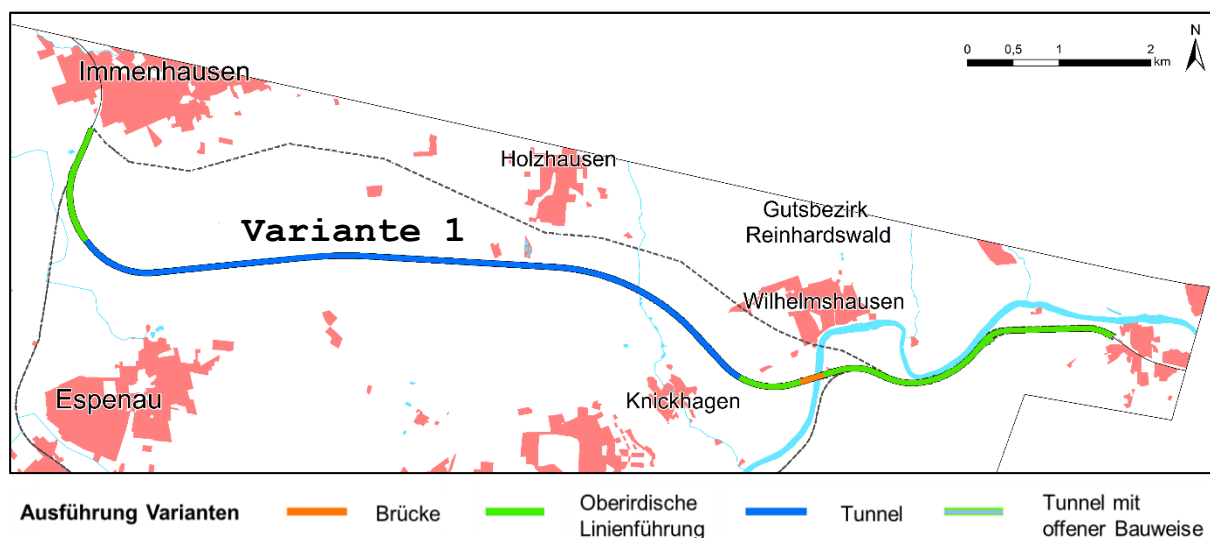


Abb. 1: Verlauf der Variante 1 nach der Optimierung

### 1.2.2 Variante 2 Immenhausen – Speele

Die Variante 2 beginnt südlich von Immenhausen und verschwenkt 250 m südlich der Gemeindegrenze nach Osten. Analog zur Variante 1, verläuft die Variante 2 zunächst kurzstreckig oberirdisch. Der anschließende Tunnel verläuft bis zum Tal der Fulda. Nordwestlich von Speele wird die Fulda mit einem Brückenbauwerk gequert, dahinter bindet die Variante 2 an die Bestandsstrecke an.



Durch die Variante 2 ergibt sich eine Fahrstrecke zwischen Immenhausen und Bonaforth von 15,2 km. Der erforderliche Bedarf an Neubaustrecke liegt bei 9,1 km, dessen Tunnelanteil beläuft sich 7,4 km, der Brückenanteil auf 0,31km und der Anteil an oberirdischer Linienführung auf 1,4 km (vgl. Abbildung 5). Puffergleise sind auf einer Länge von 2,4 km notwendig.

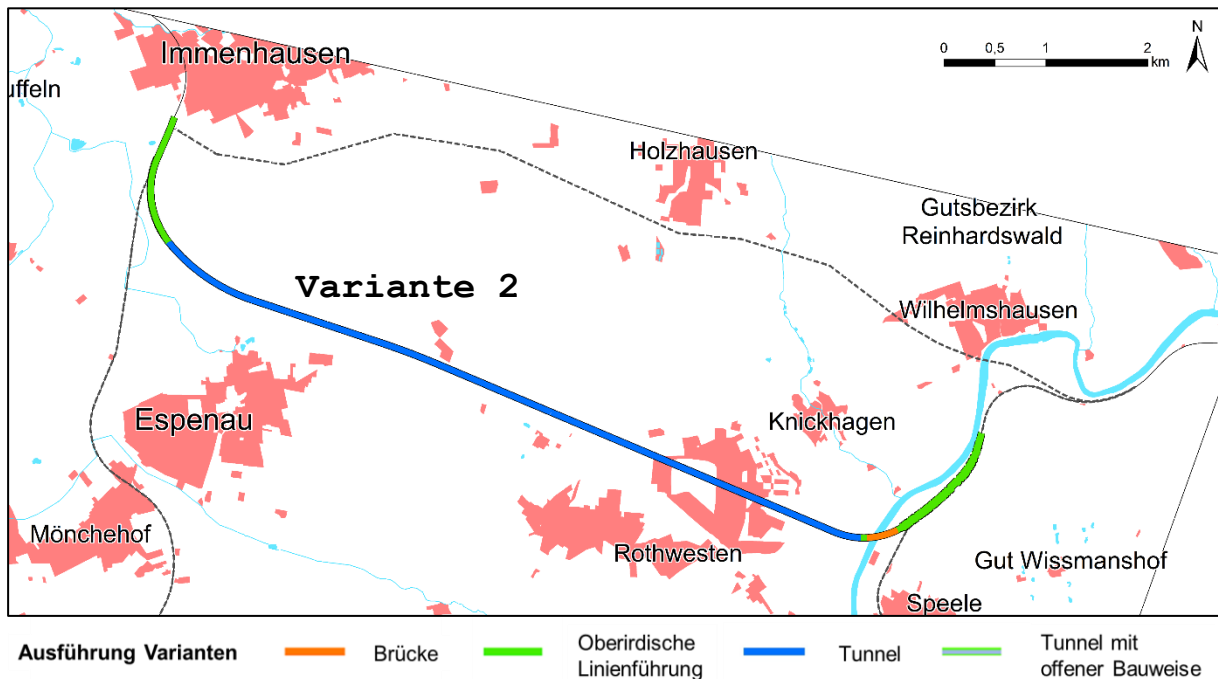


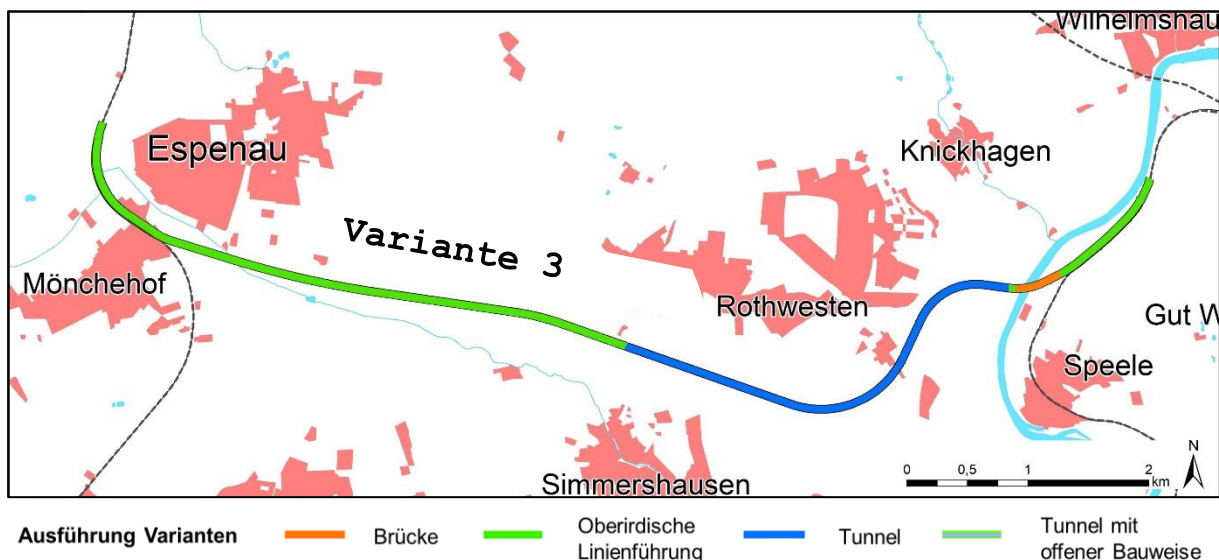
Abb. 2: Verlauf der Variante 2 nach Optimierung

### 1.2.3 Variante 3 Mönchehof – Speele

Die Variante 3 beginnt nördlich des Bahnhofs Mönchehof – Espenau, verschwenkt südlich von Mönchehof nach Osten und verläuft bis zum Tunneleingang in freier Strecke. Der Tunnel endet nordwestlich von Speele und überquert die Fulda mit einem Brückebauwerk, daraufhin bindet die Variante an die Bestandsstrecke an.

Durch die Variante 3 ergibt sich eine Fahrstrecke zwischen Immenhausen und Bonaforth von 19,4 km. Die dazu erforderliche Neubaustrecke beträgt 10,4 km. Davon beträgt der Tunnelanteil 3,7 km, der Brückenanteil 0,42 km und der Anteil oberirdischer Linienführung 6,3 km (vgl. Abbildung 8). Des Weiteren sind Puffergleise auf einer Länge von 2,1 km notwendig.





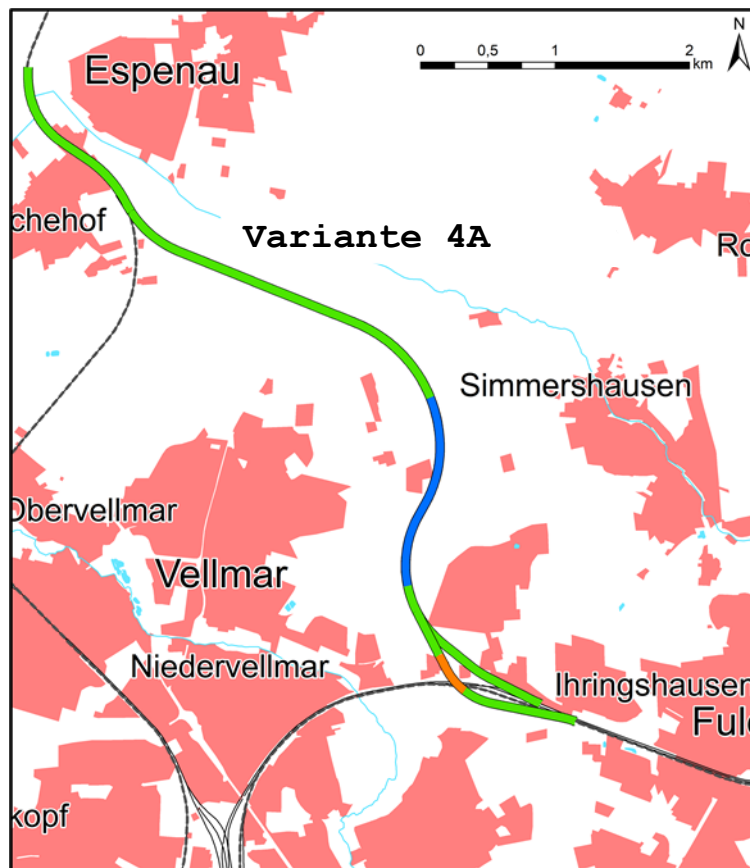
**Abb. 3: Verlauf der Variante 3 nach der zweiten Optimierung**

### 1.2.4 Variante 4A Mönchehof – Ihringshausen

Die Variante 4A beginnt nördlich des Bahnhofs Mönchehof - Espenau und verlässt anschließend die Bestandsstrecke in Richtung Osten. Danach verläuft die Variante 4BB durch ein Tunnelbauwerk bis östlich von Vellmar, gabelt sich dort und bin dann westlich von Ihringshausen in die Bestrecke ein.

Durch die Variante 4A ergibt sich eine Fahrtstrecke zwischen Immenhausen und Bonaforth von 24,7 km, die Länge der dazu erforderlichen Neubaustrecke beträgt 7,1 km. Davon sind 1,4 km als Tunnel- und 0,3 km als Brückenabschnitt vorgesehen, weitere 5,4 km sind als oberirdische Streckenführung geplant. Durch die Var4A sind Puffergleise auf einer Länge von 2,9 km notwendig.





**Ausführung Varianten**    — Brücke    — Oberirdische Linienführung    — Tunnel    — Tunnel mit offener Bauweise

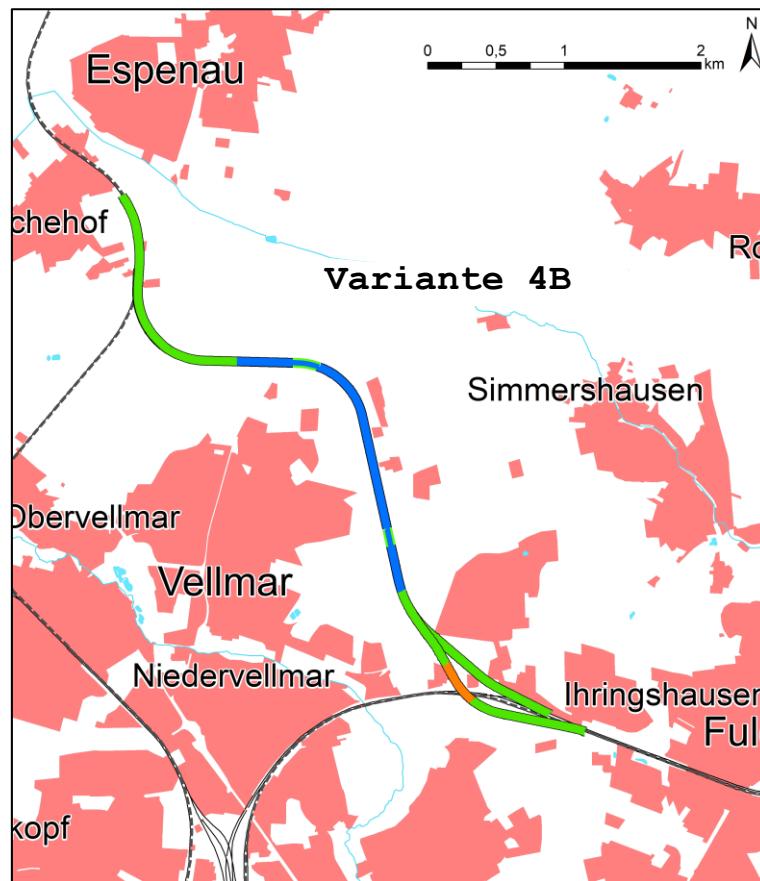
**Abb. 4: Verlauf der Variante 4A nach der Optimierung**

### 1.2.5 Variante 4B Mönchehof – Ihringshausen

Die Variante 4B beginnt am Bahnhof Mönchehof – Espenau und verlässt östlich von Mönchehof die Bestandsstrecke in Richtung Osten. Danach verläuft die Variante durch ein Tunnelbauwerk bis östlich von Vellmar, aufgrund der geringen Bodenüberdeckung erfolgt die Tunnelbauweise kleinräumig in offener Bauweise. Am östlichen Tunnelausgang teilt sich die Variante in zwei Stränge und bindet westlich von Ihringshausen in die Bestandsstrecke ein.

Durch die Variante 4B ergibt sich eine Fahrtstrecke zwischen Immenhausen und Bonaforth von 24,6 km, die Länge der dazu erforderlichen Neubaustrecke beträgt 6,5 km. Davon sind 2,4 km als Tunnel und 0,3 km als Brückenabschnitt vorgesehen, weitere 3,8 km sind als oberirdische Streckenführung geplant. Durch die Variante 4B sind Puffergleise auf einer Länge von 3,0 km notwendig.





**Ausführung Varianten**    Brücke    Oberirdische Linienführung    Tunnel    Tunnel mit offener Bauweise

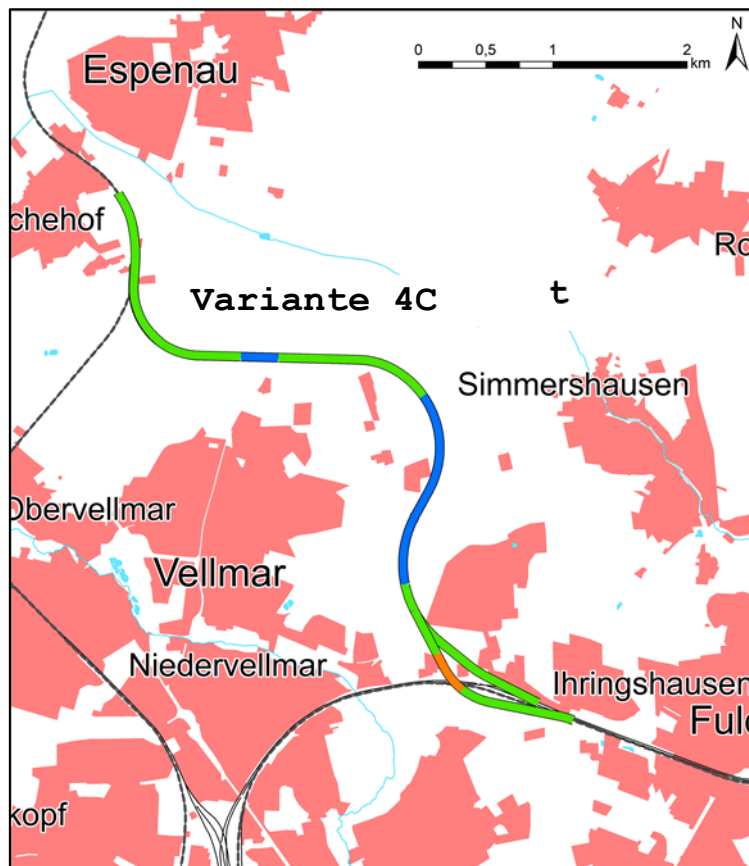
**Abb. 5: Verlauf der Variante 4B nach der Optimierung**

### 1.2.6 Variante 4C Mönchehof – Ihringshausen

Die Variante 4C beginnt am südlich des Bahnhofs Mönchehof – Espenau und verlässt östlich von Mönchehof die Bestandsstrecke in Richtung Osten. Die Querung von landwirtschaftlicher Fläche erfolgt teilweise in Tunnel- sowie als offene Bauweise. Der zweite Tunnel führt bis östlich von Vellmar gabelt sich dort und bindet dann westlich von Ihringshausen in die Bestandsstrecke ein.

Durch die Variante 4C ergibt sich eine Fahrstrecke von Immenhausen nach Bonaforth von 24,7 km. Die Länge der Neubaustrecke beträgt 7,1 km, von dieser beläuft sich der Brückenanteil auf 0,3 km, der Tunnelanteil auf 1,7 km und der Anteil an oberirdischer Streckenführung auf 5,1 km. Puffergleise sind auf einer Länge von 3 km erforderlich.





**Ausführung Varianten**    — Brücke    — Oberirdische Linienführung    — Tunnel    — Tunnel mit offener Bauweise

**Abb. 6: Verlauf der Variante 4C nach der Optimierung**

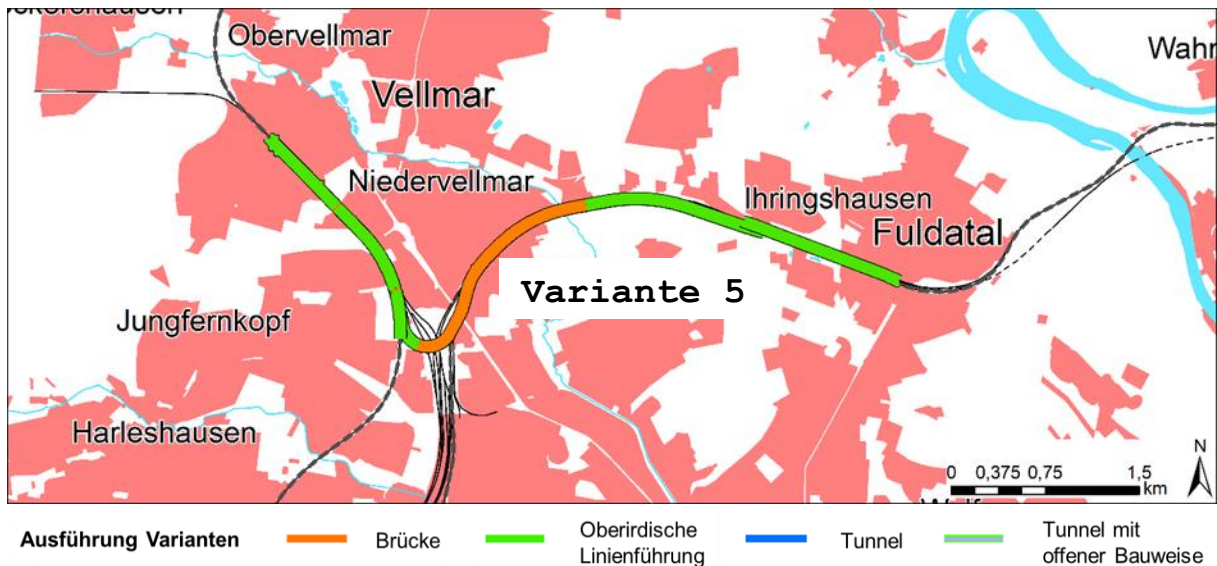
### 1.2.7 Variante 5 – Kurve Niedervellmar

Die Var5 beginnt westlich von Niedervellmar, entlang der Bestandsstrecke 2550 und verläuft parallel zu dieser in Richtung Osten. Zur Schaffung einer Verbindungskurve werden südlich von Niedervellmar weitere Bestandsstrecken sowie die Bundesstraße 7 mit einem Brückenbauwerk überquert. Daraufhin verläuft die Var5 weiter in Bündelung mit der Bestandsstrecke 1732 in Richtung Osten und fädelt bei Fuldata in diese ein.

Durch die Variante 5 ergibt sich eine Fahrstrecke von Immenhausen nach Bonaforth von 27,7 km, dafür ist eine Neubaustrecke der Länge 2,2 km erforderlich. Von dieser Neubaustrecke sind 1,9 km als Brücke sowie 0,4 km als oberirdische Linienführung vorgesehen. Zusätzlich sind Puffergleise entlang der Bestandsstrecken auf einer Strecke von 4,8 km notwendig.







**Abb. 7: Verlauf der Variante 5 nach der Optimierung**

### 1.3 Methodik

Zur Erstellung des hydrogeologischen Berichtes wurden die in Tab. 1 dargestellten Unterlagen und Datengrundlagen von den folgenden Institutionen bereitgestellt:

- Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
- Landesamt für Bergbau Energie und Geologie Niedersachsen
- Städtische Werke Netz + Service GmbH Kassel
- Gemeinde Immenhausen
- Gemeinde Calden
- Gemeinde Fuldata
- Freie Quellen und Geoportale
- Regierungspräsidium Kassel

Von einer Datenabfrage zu Trinkwassergewinnungsanlagen wird auf Ebene des Raumordnungsverfahrens abgesehen, da für einen Vergleich der Varianten eine ausreichende Bearbeitungstiefe, mit den gegebenen Daten, vorhanden ist.

**Tab. 1: Datengrundlagen**

Datengeber	Bezeichnung	Zeitraum	Anzahl der Messstellen im UR / Anzahl der Geodaten
HLNUG – Daten des Landesmessnetzes			
	Messwerte hydrochemische Parameter	2014 - 2019	Hydrochemische Messwerte für die benannten Messstellen
	Grundwasserstände		Für die folgenden 3 Messstellen
	Burguffeln	1950 - 1966	
	Obervellmar	1961 -1970	



Datengeber	Bezeichnung	Zeitraum	Anzahl der Messstellen im UR / Anzahl der Geodaten
Wahnhausen 1995 - 2017			
	Stammdaten der entsprechenden MST	unbekannt	Für die genannten 3 Messstellen
	Geodaten zur Lage der GWK	2013	Für 1 GWK
<b>LBEG</b>			
	Schichtenverzeichnis Bohrpunkt H 178 Speele	1955	Für 1 Messstelle
<b>Städtische Werke Netz + Service GmbH Kassel</b>			
	Geologische Karte	2019	1 geologische Karte
	Stammdaten / Filterteufen	unbekannt	Für 18 Messstellen
	Wasserspiegelstände	2014 - 2019	Für 18 Messstellen je ein Ruhewasserspiegel
	Diagramm Wasserspiegelstände	2014 - 2019	Für 12 Messstellen je ein Diagramm mit Wasserspiegelständen
	Ganglinie	2014	Grundwasserganglinien für 12 Messstellen
	Ergiebigkeit des TB 1-6	2014	Ergiebigkeit für 6 TB
	Hydrochemische Analysen TB 1- 6	2015 - 2016	Hydrochemische Analysen für 6 TB
	Förderstatistik WW Simmershausen	unbekannt	1 Förderstatistik
	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023 und Ausbauzeichnung TB 1-6	2019	6 Bohrprofile
<b>Gemeinde Immenhausen</b>			
	monatl. Grundwasserentnahmemengen	2018	Monatliche Grundwasserentnahmemengen
	Schichtenverzeichnis TB 4	2016	Schichtenverzeichnis aus dem Jahr 2016 für den TB 4
	Stammdaten Trinkwasserbrunnen	unbekannt	Stammdaten für den Trinkwasserbrunnen TB4
<b>Gemeinde Calden</b>			



Datengeber	Bezeichnung	Zeitraum	Anzahl der Messstellen im UR / Anzahl der Geodaten
	Stammdaten, Entnahmemengen etc. TB II und III	2013 - 2018	Stammdaten und Entnahmemengen für die TB II und III
Gemeinde Fuldata			
	Stammdaten, Wasserspiegelstände TB I und II	2013 - 2016	Stammdaten und Wasserspiegelstände für die TB I und II
Regierungspräsidium Kassel			
	Ausbauplan des Brunnens auf dem Gelände der Bundespolizei	24.07.2015	Ausbauplan des Brunnens auf dem Gelände der Polizei, mit angeben zum Wasserspiegel in Ruhe am 08.06.2015

In den folgenden Karten finden sich die (Trinkwasser)Brunnen, zu welchen Informationen eingeholt werden konnten. Dabei ist hinzuzufügen, dass der Brunnen im Zentrum von Kassel, an der südöstlichen Grenze des UR, nicht in die Datenauswertung eingeflossen ist, da die Distanz zu den Trassenvorschlägen zu groß ist.

Ferner wurden Informationen für den Tiefbrunnen der Bundespolizei abgefragt. Dieser befindet sich auf dem Grundstück in der Gemarkung Niedervellmar, Flur 4, Flurstück 93/2. Ein Ausbauprofil liegt vor. Der Brunnen wurde bis in eine Tiefe von 190 m geteuft und ist von 103 m u. GOK bis 185 m u. GOK, schätzungsweise in der Solling-Formation, verfiltert.



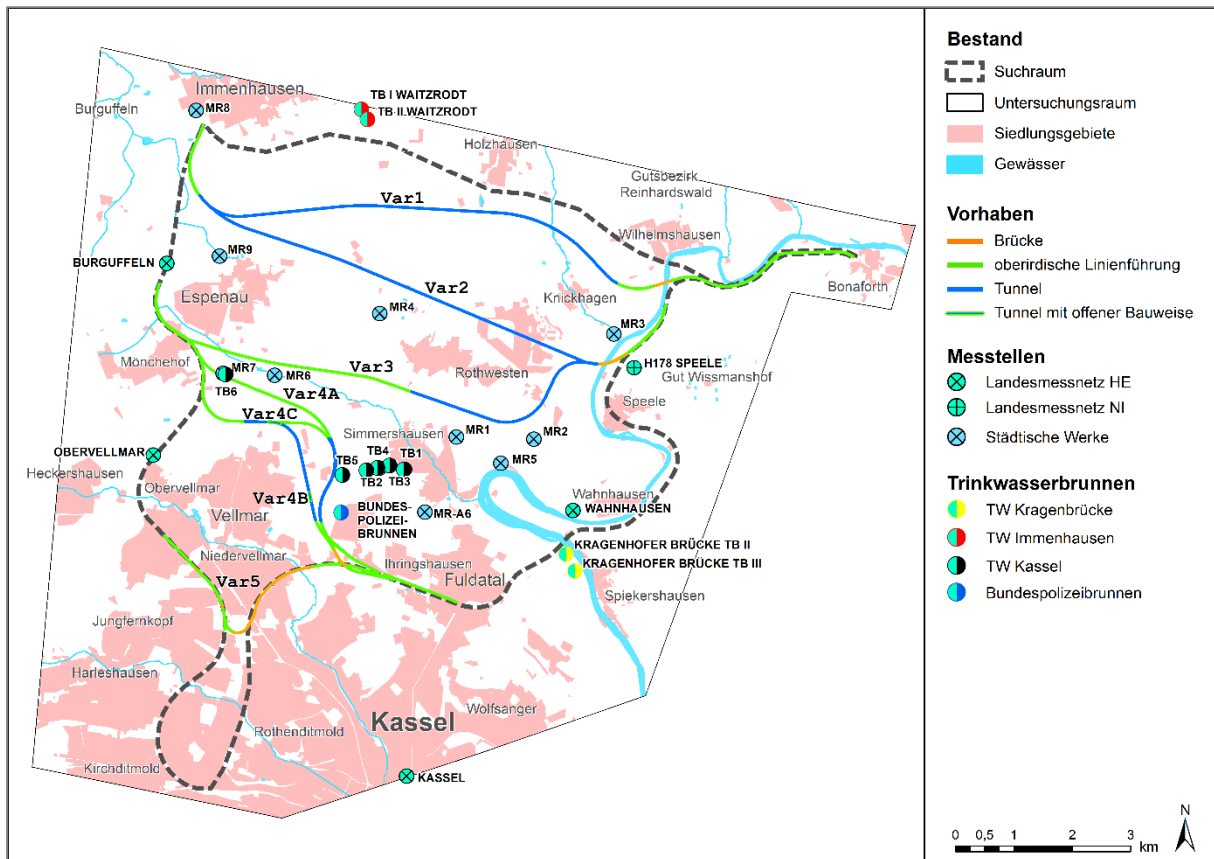


Abb. 8: Lage der Brunnen, welche im aktuellen Bericht herangezogen wurden

Zur Findung einer Vorzugsvariante bzw. zum Vergleich der Eignung der Varianten wurden sowohl die hydrogeologischen Gegebenheiten als auch die Vorhabenauswirkungen bewertet. Dabei wurden die Varianten für jedes bewertungsrelevante Attribut ein Rang von 1-7 zugewiesen. Der Rang „eins“ zeigt die beste Voraussetzung oder hydrogeologische Gegebenheit an, der Rang „sieben“ die schlechteste.

## 2 Geologische Standortbedingungen

Der Teilraum (TR) „Borgentreicher Mulde und Kasseler Graben“ wird als nördlich und nordwestlich der Niederhessischen Senke liegende Verbreitungsgebiet von Muschelkalk und Oberem Buntsandstein definiert, welche die aus Keupersteine bestehende Bogentreicher Mulde umranden. Die Umrandung der Borgentreicher Keupermulde ist von Gräben durchzogen. Die südliche Umrandung, in welcher auch der UR lokalisiert ist, ist durch zwei in Nordnordwest-Südsüdost Richtung parallele verlaufenden Störungszonen, die Warburger Störungszone und die Kasseler Grabenzone, in Schollen zerlegt.

Der TR „Fulda–Werra-Bergland und Solling“ ist in Hessen und Thüringen in Nord-Süd-Erstreckung weit verbreitet. Der Großteil gehört dem geologischen Strukturraum der Osthessischen Buntsandstein-Scholle an, ein geringerer Teil im Norden, in welchem sich auch der UR befindet, der Oberweser-Scholle.

## 3 Hydrogeologische Verhältnisse

Der UR liegt im hydrogeologischen Großraum des Mitteldeutschen Bruchschollenlandes und in zwei hydrogeologischen Teilräumen. Der westliche Teil des UR liegt im Raum „Borgentreicher



Mulde und Kasseler Graben“ und der östliche Teil im Bereich des „Fulda–Werra-Bergland und Solling“ (FRITSCHKE ET AL. 2003; AD-HOC-HYDROGEOLOGIE 2016).

### **Borgentreicher Mulde und Kasseler Graben**

Der Untere Muschelkalk sowie die Ceratitenschichten des oberen Muschelkalks bilden gute Karbonatischen Kluft- und Karstgrundwasserleiter. Darunterliegende, mehr als 200 m mächtige, Ton-Schluffsteine des Oberen Buntsandsteins (Röt) sind i.d.R. als Grundwasserhemmer gekennzeichnet (FRITSCHKE ET AL. 2003). Die Solling-Folge des mittleren Buntsandsteines bildet ebenfalls einen ergiebigen Grundwasserstockwerk. Im Bereich der Gräben bildet der Mittlere Buntsandstein unter Überdeckung aus tonigem Oberem Buntsandstein (Röt) und tertiären Lockersedimenten einen silikatischen Kluftgrundwasserleiter aus.

Bei starker tektonischer Beanspruchung z.B. in der Störungszone des Kasseler Grabens, kann auch der Obere Buntsandstein (Röt) einen lokalen Grundwasserleiter mit geringer Ergiebigkeit ausbilden.

Muschelkalk ist als ergiebiger Grundwasserleiter charakterisiert, wenn er nicht zu hoch über Vorflutniveau liegt. Die ursprünglich vorhandenen Klüfte der Kalk- und Mergelsteine sind lokal in unterschiedlichem Umfang verkarstet. Es muss daher mit großen Fließgeschwindigkeiten und entsprechend geringem Reinigungsvermögen gerechnet werden. Trotzdem wird der Muschelkalk für die örtliche Trinkwasserversorgung genutzt.

Der unter dem Muschelkalk liegende Obere Buntsandstein bildet weit verbreitet die Trennungsschicht zum zweiten Grundwasserstockwerk, dem Mittleren Buntsandstein. In diesem ergiebigen Kluftgrundwasserleiter wird meist gespanntes Grundwasser erschlossen, das aber stark mineralisiert sein kann und dann nicht für die Trinkwasserversorgung zu nutzen ist.

In Bereichen mit starker tektonischer Beanspruchung, wie z.B. entlang des Kasseler Grabens, können die Gesteine des Röt so stark zerbrochen vorliegen, dass innerhalb des Röt kleinräumig ein Kluftgrundwasserleiter geringer Ergiebigkeit ausgebildet ist.

### **Fulda–Werra-Bergland und Solling**

Der Buntsandstein bildet einen silikatischen Kluft- bzw. Porengrundwasserleiter. Dabei besitzt der Mittlere Buntsandstein eine mäßige und der Untere Buntsandstein eine geringe Durchlässigkeit. In Grabenrandzonen und tektonisch stark geprägten Gebieten können die Durchlässigkeiten erheblich erhöht sein. Innerhalb der osthessischen Gräben bildet der Muschelkalk oft einen oberen karbonatischen Kluft-/Karstgrundwasserleiter, der vom mittleren Buntsandstein durch mächtige tonige Abfolgen des oberen Buntsandsteines (Röt) hydraulisch getrennt ist.

Oberflächennah steht das Grundwasser überwiegend frei an. In tieferliegenden Grundwasserleitern ist das Grundwasser leicht gespannt. Die Grundwasserneubildung im Bereich des Mittleren Buntsandsteins wird als mittel bis gering (95 – 110 mm/a) und im Unteren Buntsandstein gering (80-95 mm/a) eingeschätzt.

Steht im Grabenzentrum Röt an, ist der GWL des Mittleren Buntsandstein durch geringe Grundwasserneubildung und einen hohen Schutz gekennzeichnet. In Bereichen mit lokaler Überdeckung von Fließerden und Lößlehm, ist ebenfalls ein Schutz gegenüber Schadstoffeinträgen gegeben.



Bei oberflächennah anstehendem Festgestein des Mittleren und Unteren Buntsandsteins liegt nur ein geringer Geschütztheitsgrad des Grundwassers vor, obwohl durch die stark differenzierte Oberflächenmorphologie meist GWFA von mehreren Zehnermetern vorkommen.

Trotz geringer bis mittlerer Grundwasserneubildungsrate bzw. geringer Brunnenleistung sind die Grundwasservorkommen im Teilraum Fulda–Werra-Bergland und Solling wasserwirtschaftlich von Bedeutung und bildet die Hauptstütze der örtlichen Versorgung in Südniedersachsen und Nord- und Ost Hessen. Insbesondere an den Rändern der osthessischen Gräben begründen hohe Wasserwegsamkeiten eine intensive Wassergewinnung (bspw. Trinkwasserförderung der Stadt Fulda am Rand des Fulda-Pilgerzeller Grabens) (AD-HOC-HYDROGEOLOGIE 2016).

### 3.1 Lokale Hydrogeologie

#### 3.1.1 Lokale Geologie / Hydrogeologie

Im Rahmen des Gutachtens wurde ein geologisches Gutachten verfasst (FREILING, 2019). In dem Gutachten werden die durch die Trassen der Varianten (Stand 2019) betroffenen geologischen Schichten gekennzeichnet. Diese Darstellungen wurden in dem vorliegenden Gutachten mit Angaben zur Wasserführung und um die Lage der Gradienten der angepassten Varianten (Stand September 2020) ergänzt. Die Darstellungen wurden im Anhang 1 beigefügt.

In der folgenden Tab. 2 werden die durch die Streckenelemente betroffenen Schichten angepasst nach FREILING (2019) der hydrogeologischen Bedeutung nach SCHRAFT ET AL. (2002) gegenübergestellt.

Es zeigt sich, dass die für das vorliegende Vorhaben die betrachtungsrelevanten Schichten die Schichten des Trias sind. Sowohl die Schichten aus dem Quartär als auch aus dem Tertiär liegen führen Grundwasservorkommen von lokaler Bedeutung oder sind hydrogeologisch unbedeutend. Die Schicht des Röts (so) wird hingegen als Grundwassergeringleiter und die Schichten des Mittleren Buntsandsteins (smS, smD, smH) werden als die wichtigsten Grundwasserleiter Hessens charakterisiert (SCHRAFT ET AL. 2002).

**Tab. 2: Darstellung der hydrogeologischen Bedeutung der geologischen Schichten**

Geologische Schicht nach FREILING (2019)	Benennung	Hydrogeologische Bedeutung nach SCHRAFT ET AL. (2002)
qh	Quartär / Holozän	hydrogeologisch unbedeutend
qp	Quartär / Pleistozän	Grundwasserleiter von lokaler Bedeutung
Ba	Tertiär-Basalte / Miozän-Pliozän	Grundwasservorkommen von lokaler Bedeutung
tpl	Tertiär-Sedimente / Pliozän	Grundwasservorkommen von lokaler Bedeutung
tmi	Tertiär-Sedimente / Miozän	Grundwasservorkommen von lokaler Bedeutung
teo-tol	Tertiär-Sedimente / Eozän-Oligozän	Grundwasservorkommen von lokaler Bedeutung
so	Trias / Ob. Buntsandstein / Röt	Grundwassergeringleiter
smS	Trias / Mittl. Buntsandstein / Solling	Grundwasserleiter



Geologische Schicht nach FREILING (2019)	Benennung	Hydrogeologische Bedeutung nach SCHAFT ET AL. (2002)
smH	Trias / Mittl. Buntsandstein / Hardegsen	Grundwasserleiter
smD	Trias / Mittl. Buntsandstein / Detfurth	Grundwasserleiter

Beispielhaft ist der Verlauf der Variante 1 in Abb. 9 dargestellt. Es wird ersichtlich, dass zum jetzigen Planungsstand die Tunnelstrecken der Variante 1 durch die Gesteinsschichten der Trias mit den wichtigsten Grundwasserleitern Hessens geführt werden (smS, smH). Die gilt auch für die Varianten 2 und 3 (vgl. Anhang 1). Die restlichen Streckenelemente werden über die lokal bedeutsamen Schichten geführt. Für diese ist die Grundwassersituation noch genauer zu untersuchen.

Aus den Abbildungen in Anhang 1 wird weiterhin ersichtlich, dass die Tunnelelemente der Varianten 4A, B und C durch den Grundwassergeringleiter „so“ geplant sind. Die restlichen Streckenelemente werden über die lokal bedeutsamen Schichten geführt, für welche die Grundwassersituation noch zu untersuchen ist.

Die Variante 5 wird ohne Tunnelelemente und nur mit oberirdischer Linienführung geplant, welche die geologischen Schichten nicht direkt beansprucht.

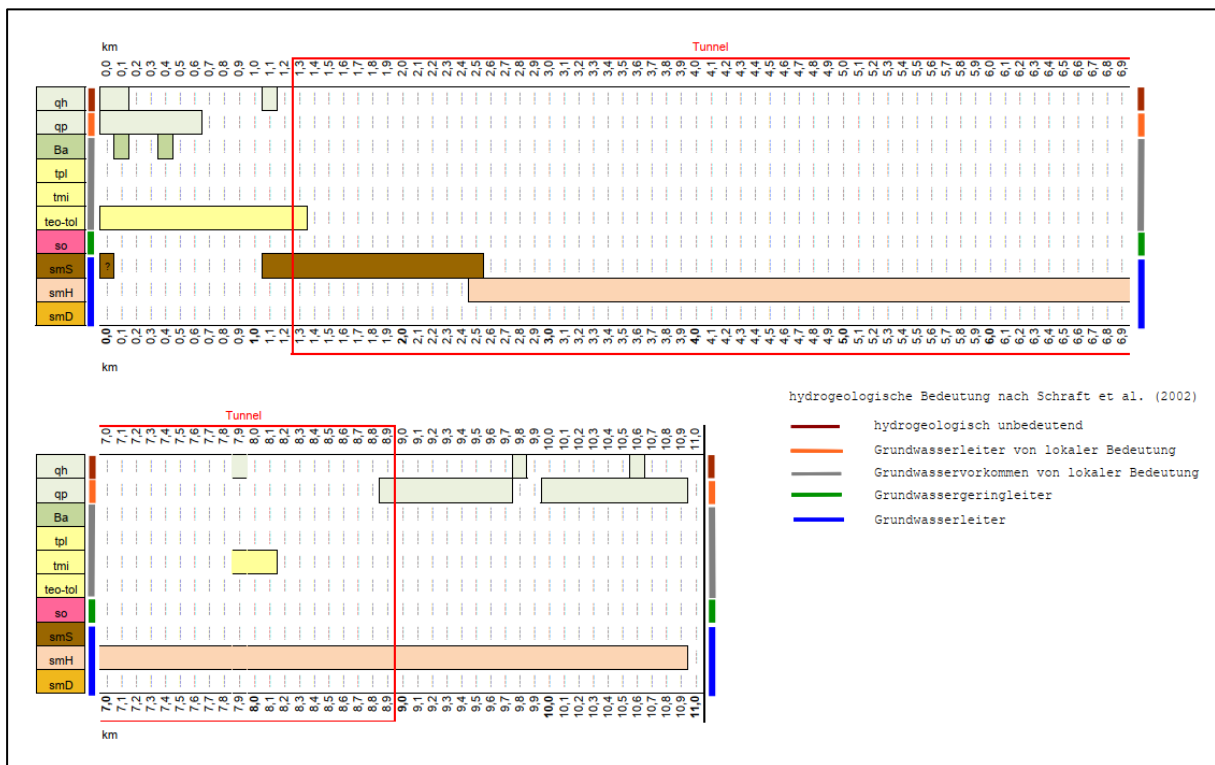


Abb. 9: Verteilung der im Bereich der Gradiente der Variante 1 anzutreffenden Schichten / Gesteine mit ihrer hydrogeologischen Bedeutung (Quelle: angepasst nach FREILING 2019)

### 3.1.1.1 Bewertung

In diesem Unterkapitel erfolgt die Bewertung der Lage der Tunnelvarianten in den geologischen Schichten. Dafür wurde nach der Lage der Tunnel in einer grundwasserführenden bzw. nicht führenden Schicht eingeteilt.



**Tab. 3: Längen der Tunnelelemente in der entsprechenden geologischen Schicht**

Variante	Durch die Tunnel betroffene Schicht	Länge des Tunnels in den Schichten [m]	Bewertung*
Variante 1	smH /smS	7.600 m	7
Variante 2	smH /smS	7.400 m	6
Variante 3	smH /smS	3.700 m	5
Variante 4A	so	1.400 m	2
Variante 4B	so	2.400 m	4
Variante 4C	so	1.700 m	3
Variante 5	keine	keine	1

\*Eine Erklärung zur Bewertung befindet sich im Kapitel Methodik.

### 3.1.2 Grundwasserleiter

Durch die mit Lockersedimenten überlagerten Festgesteinsgrundwasserleiter und die geringe Anzahl von Messpunkten ist eine Aussage zur lokalen Hydrogeologie ohne zielgerichtete Untersuchungen nur schwierig möglich (vgl. Abb. 10 und Abb. 11).

Aus Abb. 10 wird ersichtlich, dass der Untersuchungsraum inhomogen durch Festgestein und Lockergestein charakterisiert ist, aus denen sich für den UR Kluft- und Porengrundwasserleiter in unterschiedlicher Ausprägung ergeben (Abb. 11). In einem Kluftaquifer ist in der gesättigten Zone mit einem mittel bis großen Grundwasserandrang zu rechnen (BUWAL, 1998).

Lockergesteine, wie Sand und Kies besitzen zwischen den einzelnen Körnern Hohlräume, die mit Luft- und Wasser gefüllt sind. In Festgesteinen hingegen bilden sich durch beispielsweise mechanische Prozesse Klüfte. Diese bilden die hydraulisch wirksamen Räume. Gelegentlich sind in denselben Gesteinen Poren- als auch Kluft Hohlräume ausgebildet (HÖLTING & COLDEWEY, 2013).

Der Beginn der Trassenverläufe der Varianten 1, 2 und 3 in Niedersachsen erstreckt sich über Festgestein, welches einen Kluftgrundwasserleiter ausbildet. Entlang der Fulda schließen sich Lockergesteinssedimente, welche Porengrundwasserleiter ausbilden an.

Im weiteren Verlauf der Trasse der Variante 1 in Hessen unterliegt vor allem Festgestein, welches Kluft- und Porengrundwasserleiter ausbildet. Lediglich im Bereich von Holzhausen und Knickhagen wird Lockergestein und somit Lockergesteinsgrundwasserleiter durchfahren.

Der Trassenverlauf der Trasse 2 verläuft westlich der Fulda komplett auf Festgestein und erstreckt sich überwiegend im Kluft- und Porengrundwasserleiter.

Die Trassenverläufe der Varianten 4 und 5 werden ebenfalls überwiegend auf Festgestein errichtet. Dabei erstrecken sich die 4 und 5 im Bereich eines Kluftgrundwasserleiters. Lediglich im südlichen UR verlaufen die Trassen über einen Bereich mit Lockergestein. Die Trassen der Varianten 4A und C streifen zusätzlich im Bereich des Wasserwerk Simmershausen einen Bereich mit Lockergestein.





Die dritte Variante wird ebenfalls überwiegend im Festgestein und somit im Bereich eines Kluff- und Porengrundwasserleiters errichtet. Diese Variante führt im Bereich zwischen Rothwesten und Espenau über Areale mit Lockergestein.

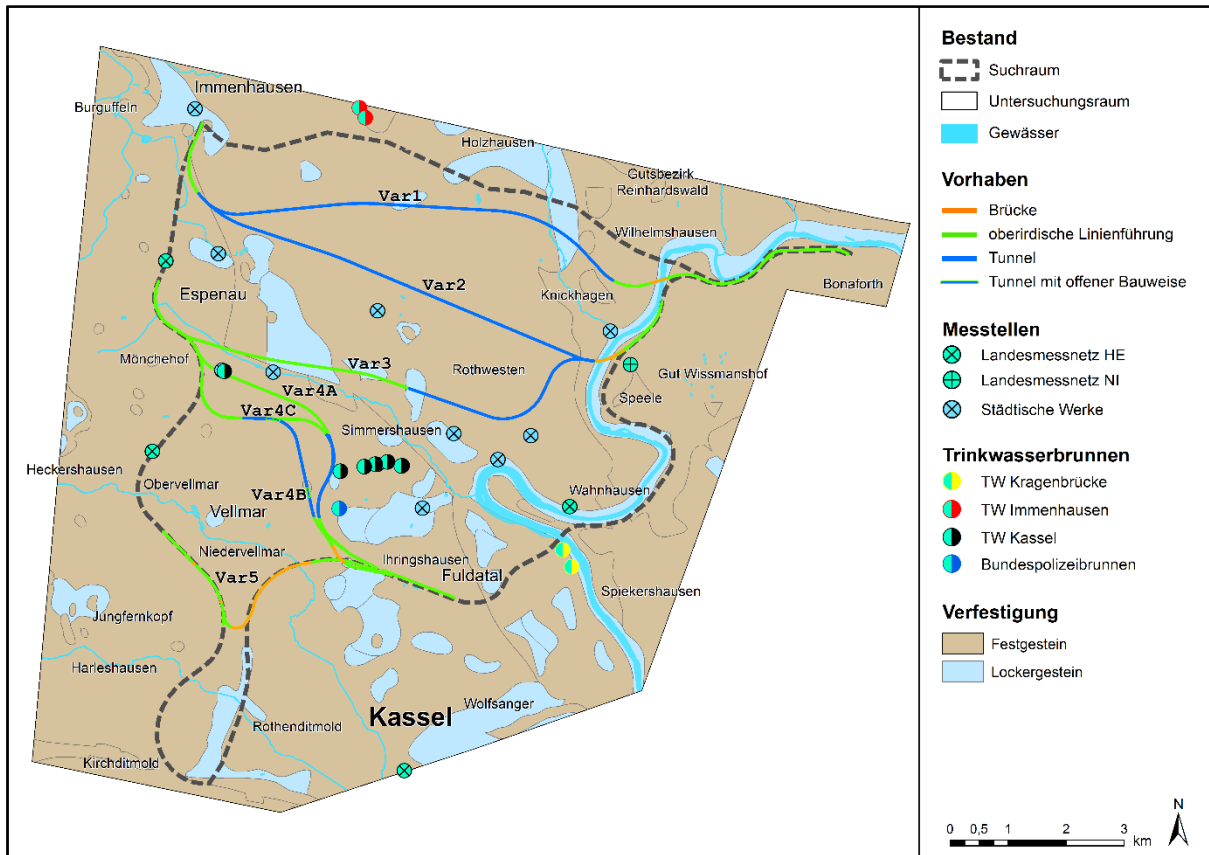


Abb. 10: Darstellung der Gesteinsart im UR (Daten BGR, 2015)



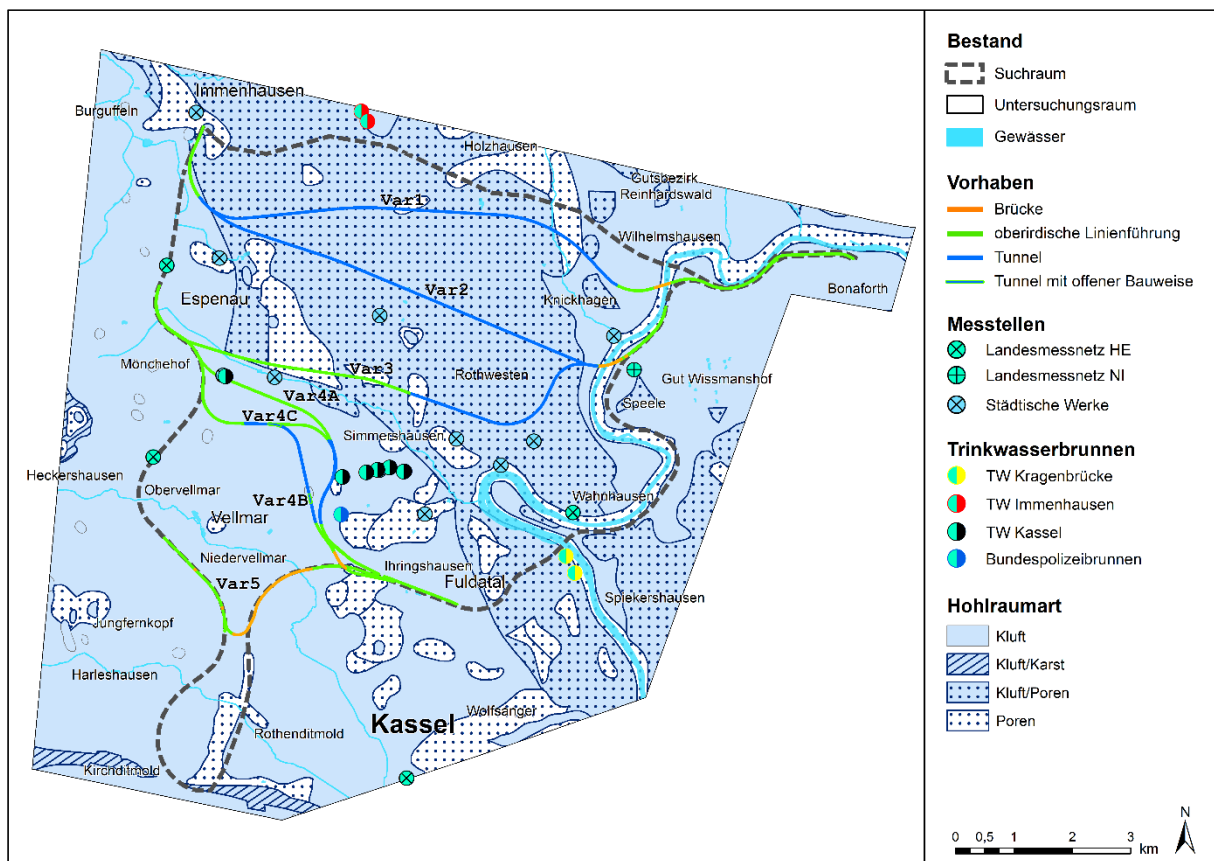


Abb. 11: Hohlraumarten des Ausgangsgesteins (Daten BGR, 2015)

### 3.1.3 Grundwasserisohypsen

Eine Darstellung der Grundwasseroberfläche von gespannten Grundwasserverhältnissen wird im Lockergesteinsbereich durch Grundwasserisohypsen dargestellt. In den Festgesteinsgebieten im Untersuchungsraum ist diese Art der Darstellung nicht möglich, da ein flächenhaft verbreiteter, räumlich zusammenhängender Grundwasserkörper im Festgestein meist nicht existiert. Das Grundwasser bewegt sich im UR durch Klufthohlräume. Diese teilweise vertikale Bewegung des Wassers ist durch Grundwasserisohypsen nicht abbildbar (LBEG, 2020).

Durch die Lage der Wasserspiegel in den vorhandenen Brunnen Daten (Tab. 4) ist davon auszugehen, dass das Grundwasser in Richtung der Fulda strömt (vgl. Abb. 12).

Tab. 4: Wasserspiegel der einzelnen Messstellen im Untersuchungsraum

Name der Messstelle	Messnetz	Ruhewasserspiegel (m NHN)
TB 1	Stadtwerke Kassel	131,75
TB 2		131,33
TB 3		131,52
TB 4		131,52
TB 5		131,21
TB 6		133,46



Name der Messstelle	Messnetz	Ruhewasserpegel (m NHN)
MR1		132,32
MR2		134,53
MR3		126,36
MR4		147,16
MR5		133,85
MR6		132,84
MR7		132,74
MR8		223,64
MR9		140,45
MR-A1		130,39
MR-A4		129,75
MR-A6		135,12
Burguffeln	Landesmessnetz	
Obervellmar		
Wahnhausen		
Immenhausen TBI		134,8
Immenhausen TBII		135,8
Immenhausen TBIII		251,52
Brunnen Bundespolizei	RP Kassel	Ca. 131.11



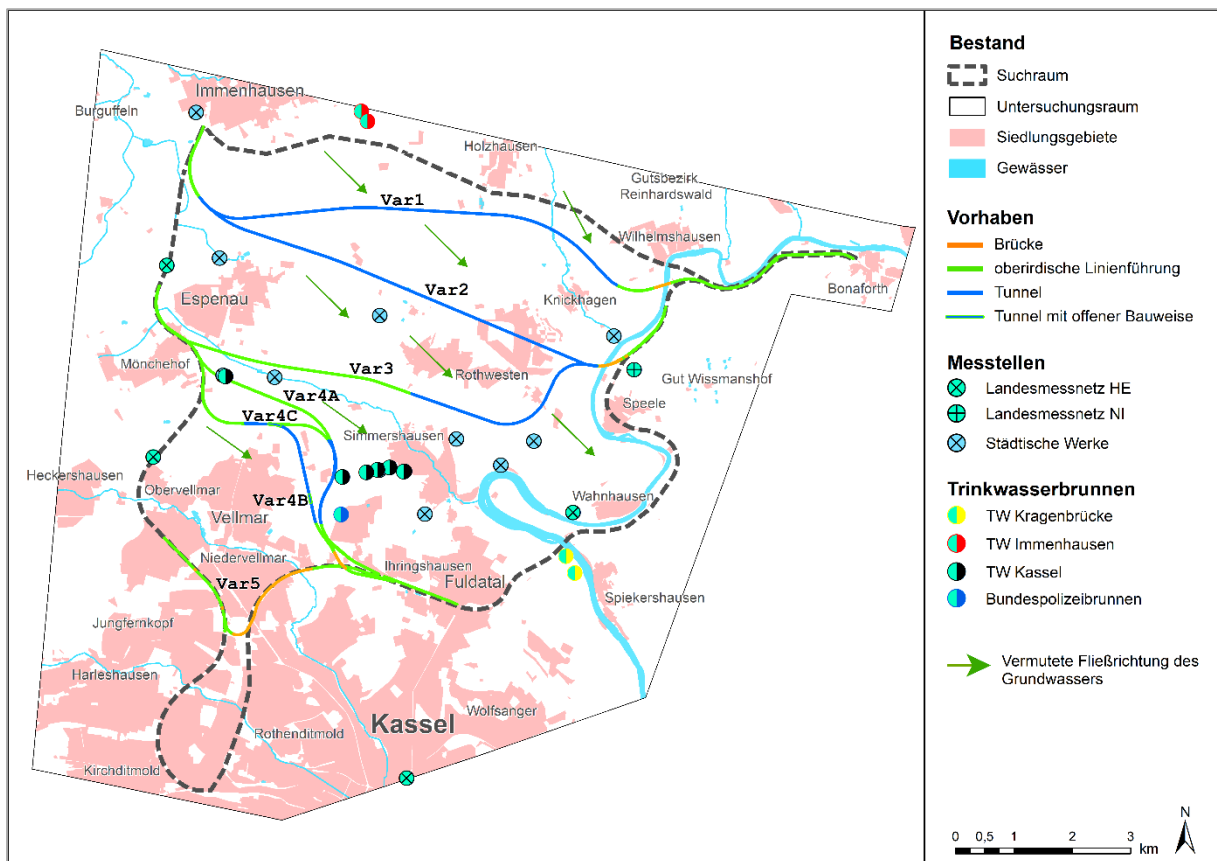


Abb. 12: Vermutete Grundwasserfließrichtung im UR

### 3.1.4 Grundwasserflurabstand

Die folgende Abbildung zeigt den modellierten großräumigen Grundwasserflurabstand in Hessen. Der Grundwasserflurabstand im UR stellt sich als inhomogen dar. Bereiche mit Grundwasserflurabständen von > 30 m gehen auf kurzer Distanz in Bereiche mit oberflächennahen Grundwasserständen über.



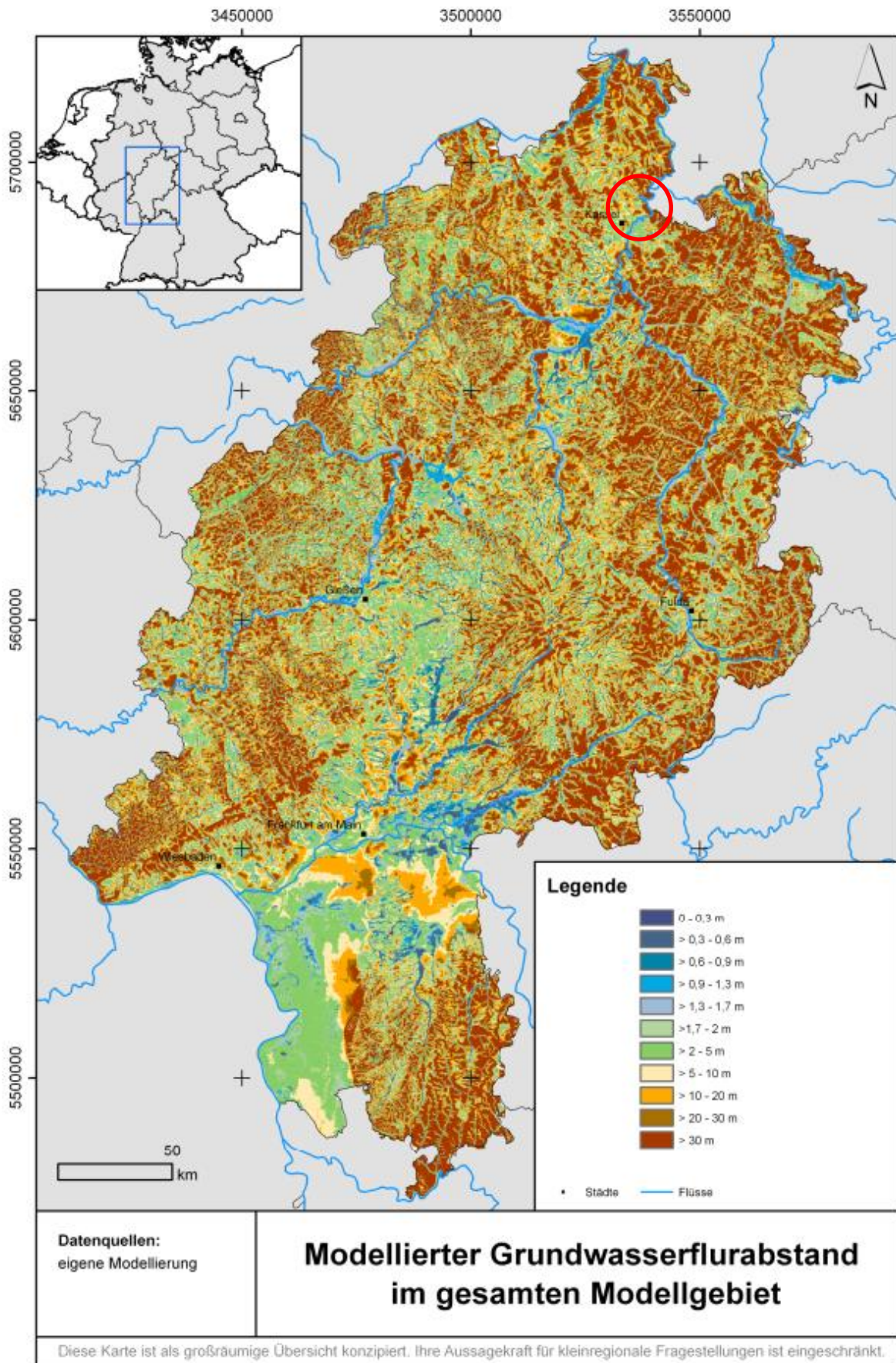


Abb. 13: Darstellung des großräumig modellierten Grundwasserflurabstand Hessens (Hermann et. al., 2010). Der rote Kreis markiert die ungefähre Lage des UR.



Punktuell kann anhand der Messwerte auch der Grundwasserflurabstand (GWFA) für den UR ermittelt werden. Dieser stellt sich wie folgt dar:

**Tab. 5: Ermittelte Grundwasserflurabstände an den Messstellen im Untersuchungsraum**

Name der Messstelle	Messnetz	Ruhewasserpegel (m NHN)	GOK (m NHN)	GWFA m u GOK
TB 1	Stadtwerke Kassel	131,75	167,52	35,77
TB 2		131,33	181,11	49,78
TB 3		131,52	190,59	59,07
TB 4		131,52	203,65	72,13
TB 5		131,21	234,08	102,87
TB 6		133,46	237,7	104,24
MR1		132,32	211,35	79,03
MR2		134,53	239,62	105,09
MR3		126,36	130,73	4,37
MR4		147,16	241,05	93,89
MR5		133,85	142,89	9,04
MR6		132,84	218,54	85,7
MR7		132,74	237,5	104,76
MR8		223,64	234,32	10,68
MR9		140,45	252,36	111,91
MR-A1		130,39	168,22	37,83
MR-A4		129,75	190,18	60,43
MR-A6	135,12	165,01	29,89	
Burguffeln	Landesmessnetz			2,06
Obervellmar				2,84
Wahnhausen				28,27
Immenhausen TBI		134,8	317,45	182,65
Immenhausen TBII		135,8	329,48	193,68
Immenhausen TBIII		251,52	297,95	46,43



Für die Gemeinde Fuldata sowie den Brunnen der Bundespolizei können die Grundwasserflurabstände zurzeit nicht ermittelt werden, da nur die Brunnoberkannte und nicht GOK, in den vorhandenen Daten bzw. die Höhe NHN nicht angegeben ist.

### 3.1.5 Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung

Aus Abb. 14 kann die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung entnommen werden. Das Schutzpotential der Grundwasserüberdeckung wird in Anlehnung an die Vorgaben der LAWA festgelegt und bezieht sich auf den obersten zusammenhängenden Grundwasserleiter. Das Schutzpotential beinhaltet eine Abschätzung der geologisch begründeten Schutzwirkung der ungesättigten Zone gegenüber dem Eindringen von Schadstoffen und sieht eine Einstufung in die Kategorien *günstig*, *mittel* und *ungünstig* vor (BGR, 2020B).

Für das Bundesland Hessen wurde mittels empirischer Methoden vorhandene Flächeninformationen (aus HÜK200 oder anderen landesspezifischen Grundlagen) und/oder Punktinformationen (Schichtenverzeichnisse aus Bohrungen) mit hydrogeologischem Informationsgehalt im Sinne einer potenziellen Schutzwirkung gegenüber dem Eindringen von Schadstoffen klassifiziert und entsprechend den LAWA-Vorgaben interpretiert (BGR, 2020B). Dabei werden u.a. die Angaben zur Gesteinsart, die Wasserwegsamkeit der Gesteine, ein aus der Sickerwasserrate errechneter Sickerwasserfaktor und die Mächtigkeit der Schicht herangezogen (BERTHOLD ET AL., 2011).

Aus der Abb. 14 wird ersichtlich, dass die Varianten 1 – 3 Bereiche beanspruchen, welche ein mittleres Schutzpotential der Grundwasserüberdeckung besitzen. Eine Ausnahme bildet der Beginn der Trassenverläufe im nördlichen UR. Die Varianten 4A, B, C und 5 passieren sowohl Areale mit einer mittleren als auch einer günstigen Grundwasserüberdeckung im Bereich Vellmar.

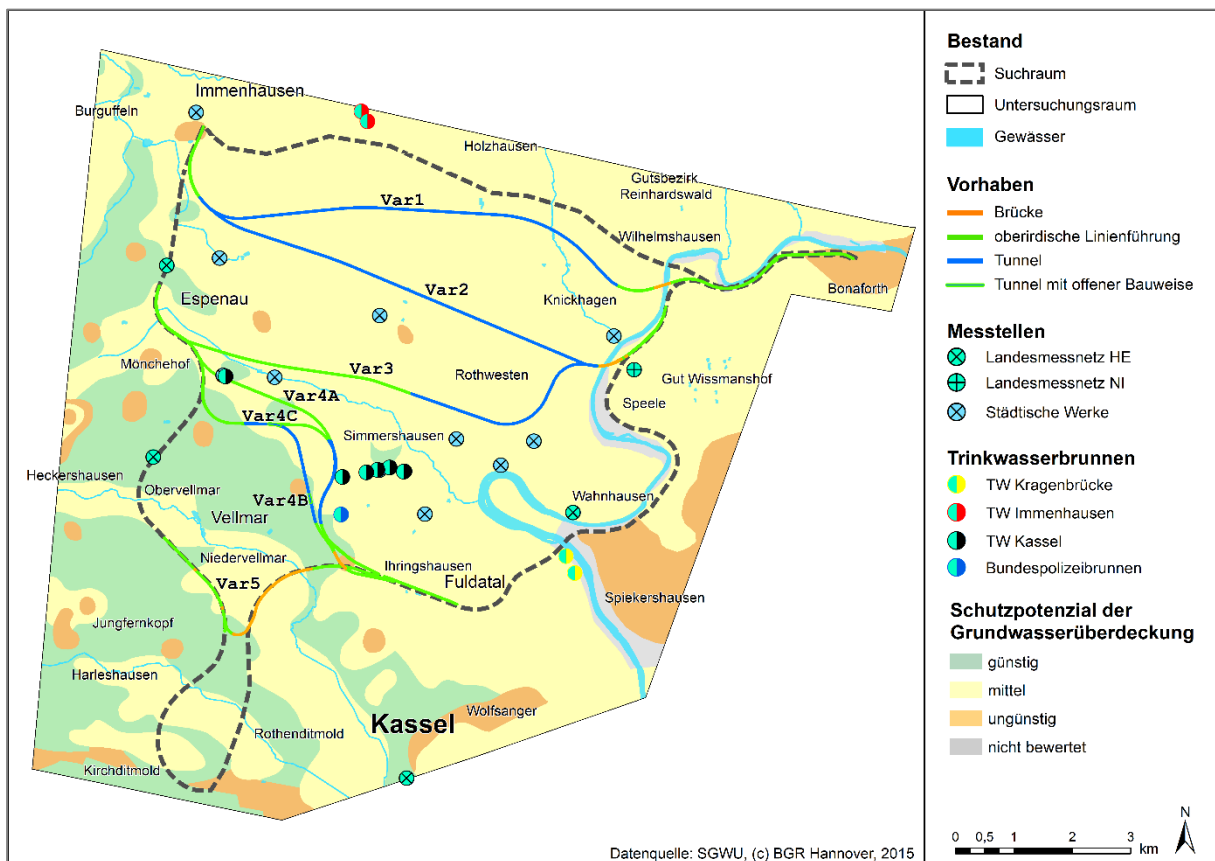


Abb. 14: Darstellung der Schutzpotential der Grundwasserüberdeckung (Daten BGR, 2015)



In der Tab. 6 wird die Strecke der Trassenelemente ohne die Tunnel zum Schutzpotential der Grundwasserüberdeckung dargestellt. Die Tunnel werden nicht mit einbezogen, da diese unter der Geländeoberfläche liegen und deren Vorhabenwirkungen nicht von Schutzpotential abgemindert werden.

Ferner erfolgt in Tab. 6 die Bewertung für die einzelne Varianten. Das Schutzpotential der Grundwasserüberdeckung wird in die Findung der Vorzugsvarianten miteinbezogen, weil durch dieses Attribut negative Auswirkungen auf das Vorhaben verhindert werden können. Daher werden die Varianten am besten bewertet, die prozentual Bereiche mit einer hohen und, falls nicht vorhanden, eine mittleren Schutzfunktion beanspruchen.

### 3.1.5.1 Bewertung

Es wird ersichtlich, dass die potenziellen Auswirkungen der Variante 5 auf ca. 50 % durch eine günstige Überdeckung des Grundwasserleiters gemindert werden können. Die Trassen der Varianten 1-3 hingegen passieren keinen Bereich mit einer günstigen Überdeckung.

**Tab. 6: Anteile an der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung in %**

	Günstig	Mittel	Ungünstig	Nicht bewertet	Bewertung
Variante 1	0	69	19	12	7
Variante 2	0	90	8	1	6
Variante 3	0	99	0	1	5
Variante 4A	19	77	3	0	4
Variante 4B	40	57	3	0	2
Variante 4C	27	71	3	0	2
Variante 5	50	47	3	0	1

### 3.1.5.2 Durchlässigkeit

In der Abb. 15 werden die Durchlässigkeiten des Untergrunds dargestellt. Es zeigt sich eine Zweiteilung des UR. Während von Nordosten bis zum Zentrum des UR mäßige bis mäßige - geringe Durchlässigkeiten vorherrschen, verringert sich die Durchlässigkeit vom Zentrum in den Südwesten des UR.

Bereiche welche eine „geringe (kf-Wert:  $>1E-7 - 1E-5$ )“ bis „gering bis äußerst geringe (kf-Wert:  $<1E-5$ )“ Durchlässigkeit besitzen (vgl. Tab. 7), werden als Grundwasser-Geringleiter klassifiziert. In diesen Bereichen bzw. Schichten ist mit keiner bzw. einer geringen Grundwasserführung zu rechnen. Durch die geringen Durchlässigkeiten ist auch die Ausbreitung von Schadstoffen verringert.

Bereiche mit einer „mäßigen (kf-Wert:  $>1E-5 - 1E-4$ )“ bis „mittel bis mäßigen ((kf-Wert:  $>1E-5 - 1E-3$ )“ Durchlässigkeit (vgl. Tab. 7), werden als Grundwasserleiter charakterisiert. Diese Grundwasserführenden Schichten sind auch im Falle von Havarien von einer schnellen Ausbreitung der Schadstoffe und der Verschmutzung von Trinkwasserressourcen betroffen. Eine Ausnahme bilden





Bereiche mit einer „mäßigen bis geringen (kf-Wert:  $>1E-6 - 1E-4$ )“ Durchlässigkeit. Diese können sowohl Grundwasserleiter als auch Grundwassergeringleiter ausbilden.

Somit verläuft die Variante 1 zu 79 % und die Variante 2 zu 82 % in Bereichen mit mäßig – geringer ( $k_f >1E-6 - 1E-4$ ) (Kluftgrundwasserleiter im Festgestein) und mit einer mäßigen ( $>1E-5 - 1E-4$ ) Durchlässigkeit (vgl. Tab. 7) und somit überwiegend im Bereich von Grundwasserleitern.

Der Beginn des Trassenverlaufes der Variante 3 erstreckt sich ebenfalls wie die Trassenverläufe der Varianten 1 und 2 zunächst in Bereichen mit mäßiger bis geringer ( $k_f >1E-6 - 1E-4$ ), an welche sich Bereiche mit einer mäßigen ( $>1E-5 - 1E-4$ ) Durchlässigkeit anschließen. Im Bereich der Porngrundwasserleiter (vgl. Abb. 15) erhöht sich die Durchlässigkeit auf mittel bis mäßig ( $>1E-5 - 1E-3$ ). Somit verläuft die Trasse überwiegend durch und auf Grundwasserleitern.

Die Varianten 4A, 4B, 4C und 5 erstrecken sich überwiegend in und über Bereichen mit geringer bis äußerst geringer Durchlässigkeit ( $<1E-5$ ) und damit mit Bereich von Grundwassergeringleitern. Lediglich im südlichen Bereich der Var4A, Var4B, Var4C und Var5, im Bereich des Lockergesteins werden Bereiche mit einer mittleren ( $>1E-4 - 1E-3$ ) und mittleren bis mäßigen ( $>1E-5 - 1E-3$ ) Durchlässigkeit tangiert.

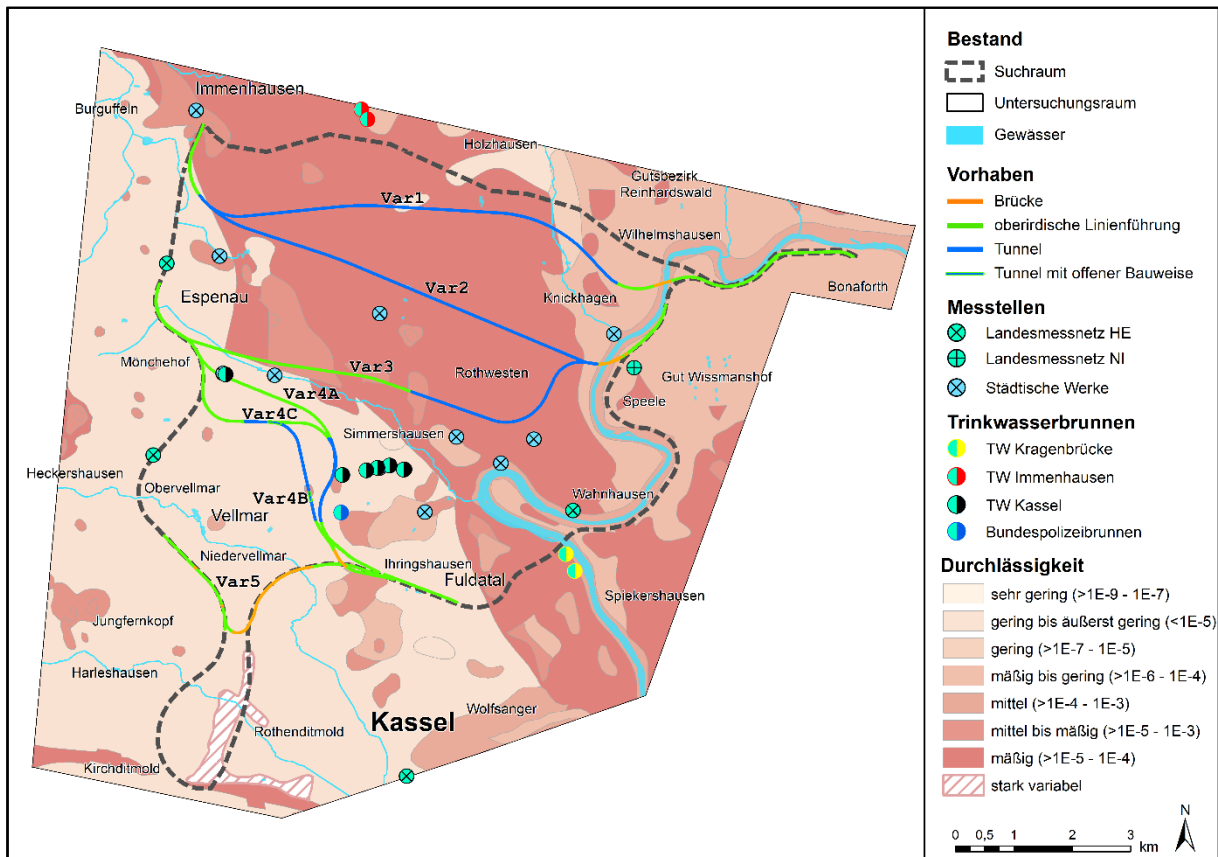


Abb. 15: Darstellung der Durchlässigkeit im UR (Daten BGR, 2015)

### 3.1.5.3 Bewertung

In Tab. 7 wird dargestellt, wie viel Prozent der Trasse die Bereiche mit unterschiedlichen Durchlässigkeiten beanspruchen.



Es zeigt sich, dass die Varianten 4A, und 5 zu 95 % bzw. 96 % Bereiche mit einer „geringen bis äußerst“ geringen Durchlässigkeit beanspruchen. Diese werden daher auch am besten bewertet. Die Variante 1 beansprucht zwar auf 4 % der Strecke Bereiche mit einer geringen Durchlässigkeit, allerdings liegt der Hauptteil der Strecke in Bereichen mit einer „mäßigen“ und „mäßig bis geringen“ Durchlässigkeit. Die Variante 3 beansprucht den größten Bereich mit einer „mittleren bis mäßigen“ Durchlässigkeit und wird daher am schlechtesten bewertet.

**Tab. 7: Verteilung der Trassenverläufe in % über die Durchlässigkeiten des geologischen Ausgangsgesteines**

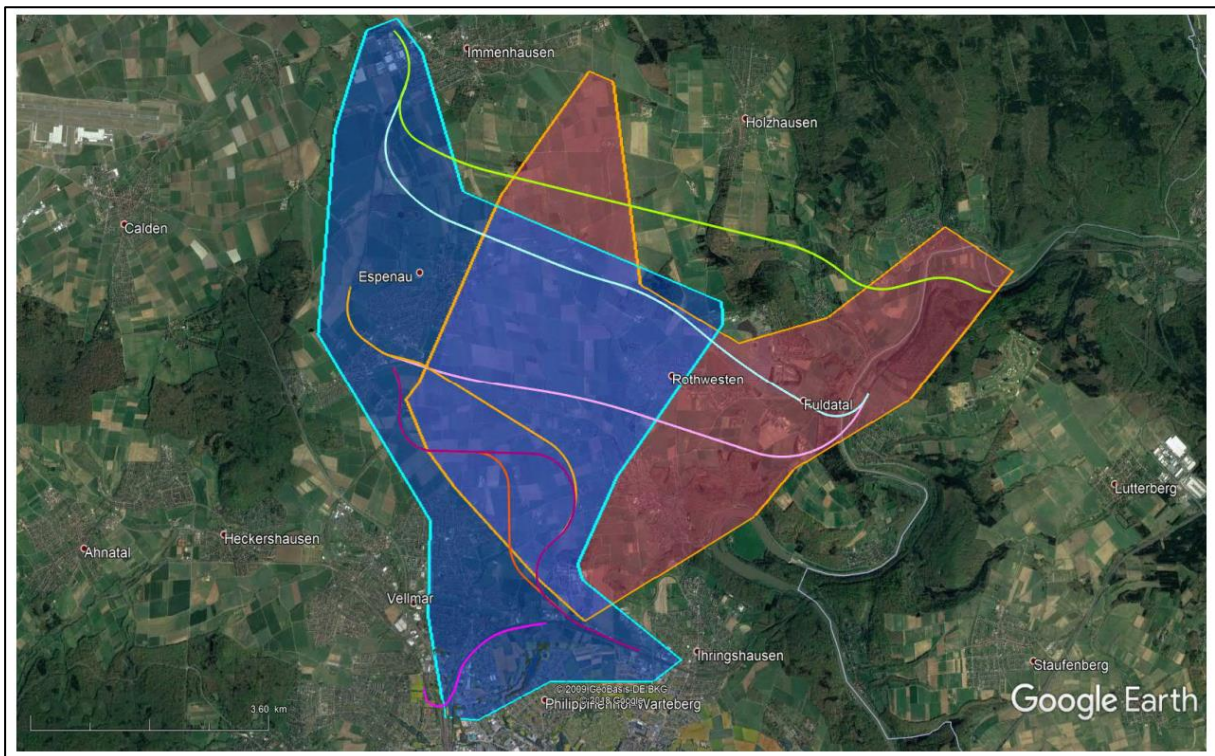
	gering (>1E-7 - 1E-5)	gering bis äußerst gering (<1E-5)	mäßig (>1E-5 - 1E-4)	mäßig bis gering (>1E-6 - 1E-4)	mittel (>1E-4 - 1E-3)	mittel bis mäßig (>1E-5 - 1E-3)	Bewertung
Variante 1	4 %	14 %	44 %	35 %	2 %	1 %	3
Variante 2	0 %	15 %	65 %	17 %	2 %	1 %	6
Variante 3	0 %	26 %	37 %	19 %	2 %	16 %	7
Variante 4A	0 %	95 %	0 %	0 %	2 %	3 %	2
Variante 4B	0 %	92 %	0 %	0 %	2 %	6 %	3
Variante 4C	0 %	93 %	0 %	0 %	4 %	3 %	3
Variante 5	0 %	96 %	0 %	0 %	2 %	1 %	1

### 3.1.6 Grundwasserstockwerke

Durch die sehr geringe Anzahl von Bohrpunkten und Grundwassermessstellen im UR können zum jetzigen Planungsstand nur wenige Aussagen zu den im UR vorherrschenden Grundwasserständen getroffen werden.

Gemäß der Erläuterung zu den geologischen Verhältnissen nach Freiling (2019) deuten die Messungen darauf hin, dass im UR zwei Grundwasserstockwerke in unterschiedlichen Tiefenlagen existieren.





**Abb. 16: Grundwasserstockwerke nach FREILING (2019)**

Das obere Stockwerk (blau; Eingrenzung der zugrundeliegenden Bohrungen) befindet sich in einem Höhengniveau von ca. 230 m NN im Nordwesten bis 170 m im Südosten. Es fällt zu Fulda hin deutlich ab und geht dort in das untere Stockwerk über. Im oberen GW-Stockwerk wurden in mehreren Bohrungen gespannte Grundwasserverhältnisse angetroffen.

Das untere Stockwerk (rot) liegt in einem Niveau von 120 bis 145 m NN. Es liegt auf der Höhe der Fulda und zeigt nur ein geringes Gefälle nach Osten. Es wurde v.a. in den tieferen Brunnen- und Lagerstättenbohrungen erkundet.

Die Ergebnisse lassen sich durch die Daten des HNLUG (2019) bestätigen. Die Landesmessstellen Obervellmar (219,31 m NHN) und Burguffeln (243,18 m NHN) im zweiten GWL verfiltert, während die MST Wahnhausen mit 125,56 m NHN im ersten GWL auf Höhe Fulda verfiltert ist. Auch die Wasserstandsdaten der einzelnen Wasserversorger verifizieren die Vermutungen, wie die folgende Tabelle zeigt.

**Tab. 8: Lage der Ruhe Wasserspiegel und abgeleitetes Grundwasserstockwerk**

Name des Brunnens	Ruhewasserspiegel	Vermutetes Grundwasserstockwerk	
TB 1	Stadtwerke Kassel	131,75	1
TB 2		131,33	1
TB 3		131,52	1
TB 4		131,52	1
TB 5		131,21	1



Name des Brunnens		Ruhewasserspiegel	Vermutetes Grundwasserstockwerk
TB 6		133,46	1
MR1		132,32	1
MR2		134,53	1
MR3		126,36	1
MR4		147,16	1 - 2
MR5		133,85	1
MR6		132,84	1
MR7		132,74	1
MR8		223,64	2
MR9		140,45	1
MR-A1		130,39	1
MR-A4		129,75	1
MR-A6		135,12	1
Burguffeln	Landesmessnetz	243,18	2
Obervellmar		219,31	2
Wahnhausen		125,56	1
Immenhausen TBI		134,8	1
Immenhausen TBII		135,8	1
Immenhausen TBIII		251,52	2
Brunnen Bundespolizei		Ca. 131,11	1

#### 4 Bemessungsgrundwasserstände

Für die Ableitung der Bemessungsgrundwasserstände wurden Grundwassermessstellen analysiert, die in der Nähe der Trassenvarianten 1 – 5 liegen. Die Lage der Messstellen kann Abb. 8 entnommen werden.

In den Abbildungen Abb. 17 - Abb. 23 werden die gemittelten Grundwasserstände von ausgewählten Grundwassermessstellen dargestellt. Es zeigt sich, dass für die relevanten Messstellen des Landesmessnetzes Hessen „Burguffeln“ (1949 – 1968) und „Obervellmar“ (1960 -1971) überwiegend Zeitreihen für sehr lang zurückliegende Messwerte vorliegen. Lediglich die Messstelle „Wahnhausen“ (1995 – 2017) liegt eine aktuellere Zeitreihe vor. Es zeigt sich, dass die Grundwasserstände der drei Messstellen „Burguffeln“ und „Obervellmar“, im Westen der UR um ca. 3 m schwanken. Dabei zeigt sich für die Messstelle „Obervellmar“ ein steigender Trend, für die Messstelle



„Wahnhausen“ ein stark fallender und für die Messstelle „Burguffeln ein leicht fallender Trend hinsichtlich der Grundwasserstände.

Die vorhandene Datenreihe der Messstellen der Stadtwerke Kassel (MR1, MR3, MR4, MR9) umfasst 5-jährige Zeitreihen von 2014 - 2019. Auch hier zeigt sich, dass die Grundwasserspiegelschwankungen Messstellen MR1, MR3 und MR9 geringere Schwankungen (ca. 1,50 m) aufweisen. Die Messstelle MR4 hingegen, weist geringe Schwankungen auf. Dafür weist diese Messstelle vom Juli 2015 bis zu Januar 2018 fallende Wasserstände auf, welche ab Januar 2018 wieder ansteigen. Alle vier Messstellen zeigen insgesamt einen fallenden Trend hinsichtlich der Wasserstände.

In den folgenden Unterkapiteln werden die Bemessungsgrundwasserstände für Bauwerke und Versickerungsanlagen ermittelt.

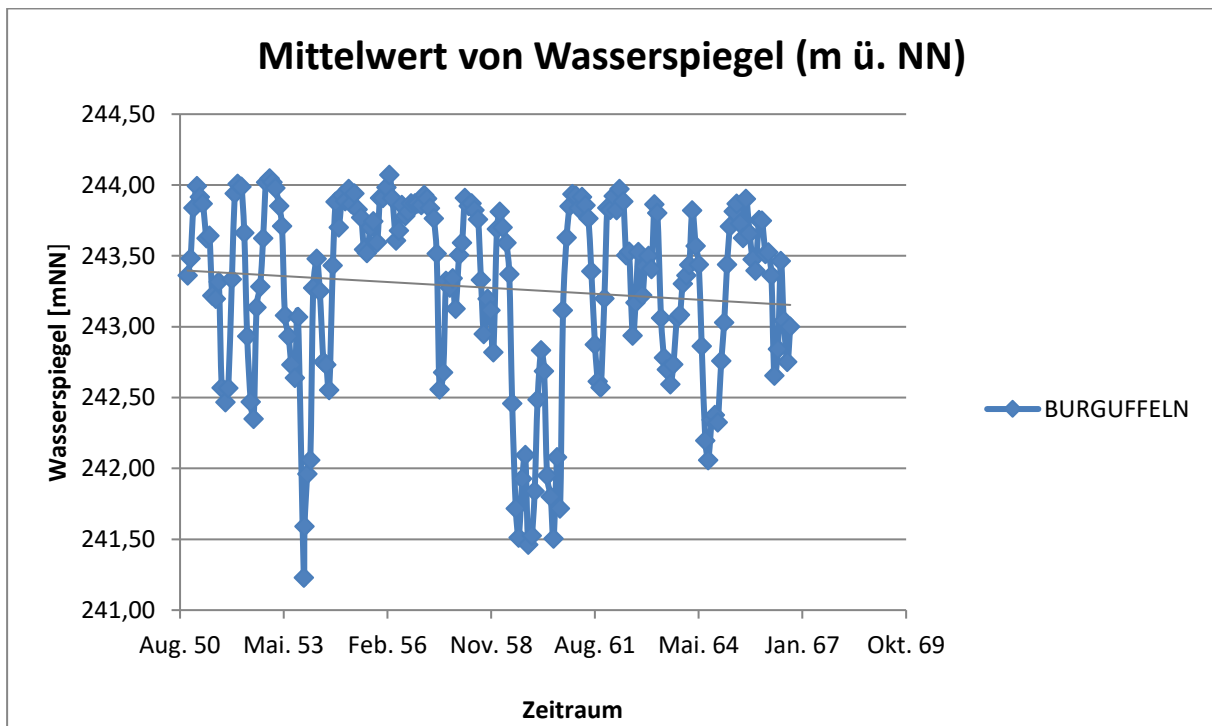


Abb. 17: Gemittelte Wasserstände für die Messstelle Burguffeln



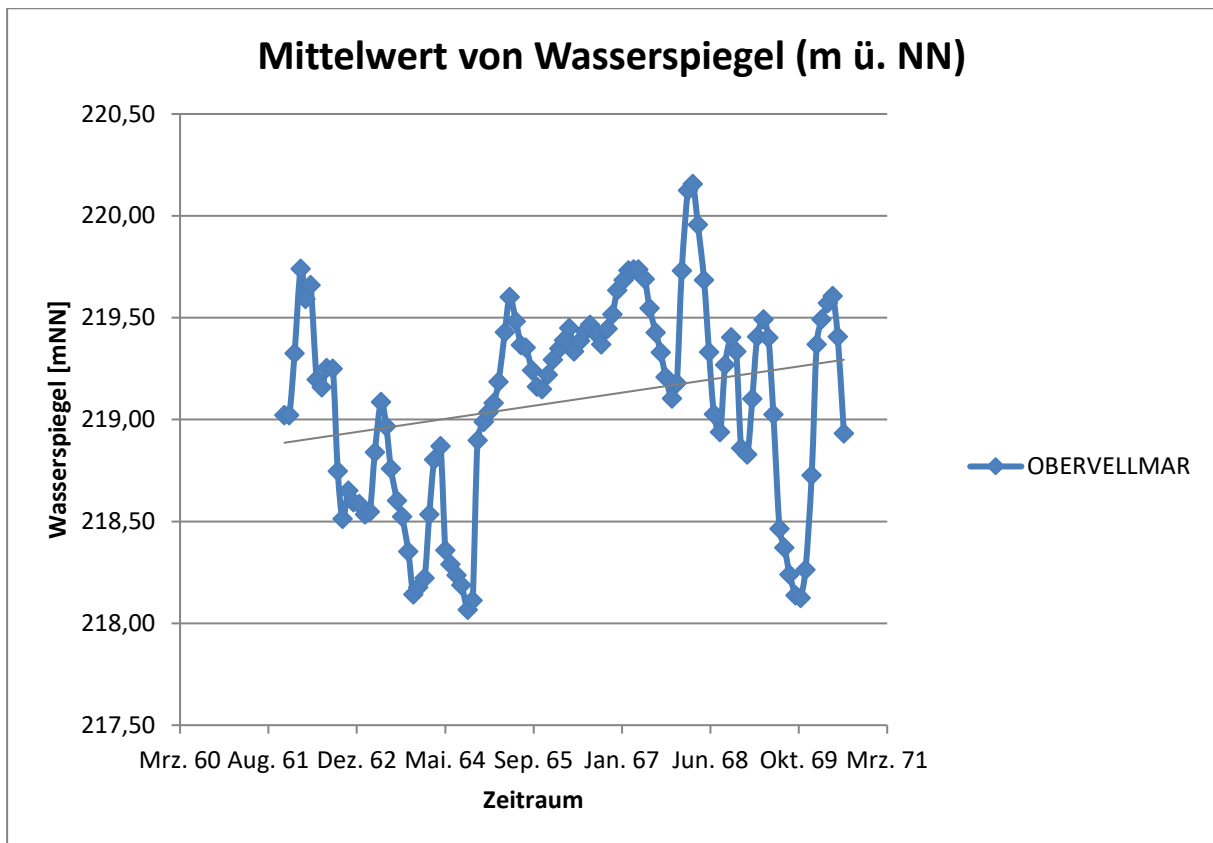


Abb. 18: Gemittelte Wasserstände für die Messstelle Obervellmar

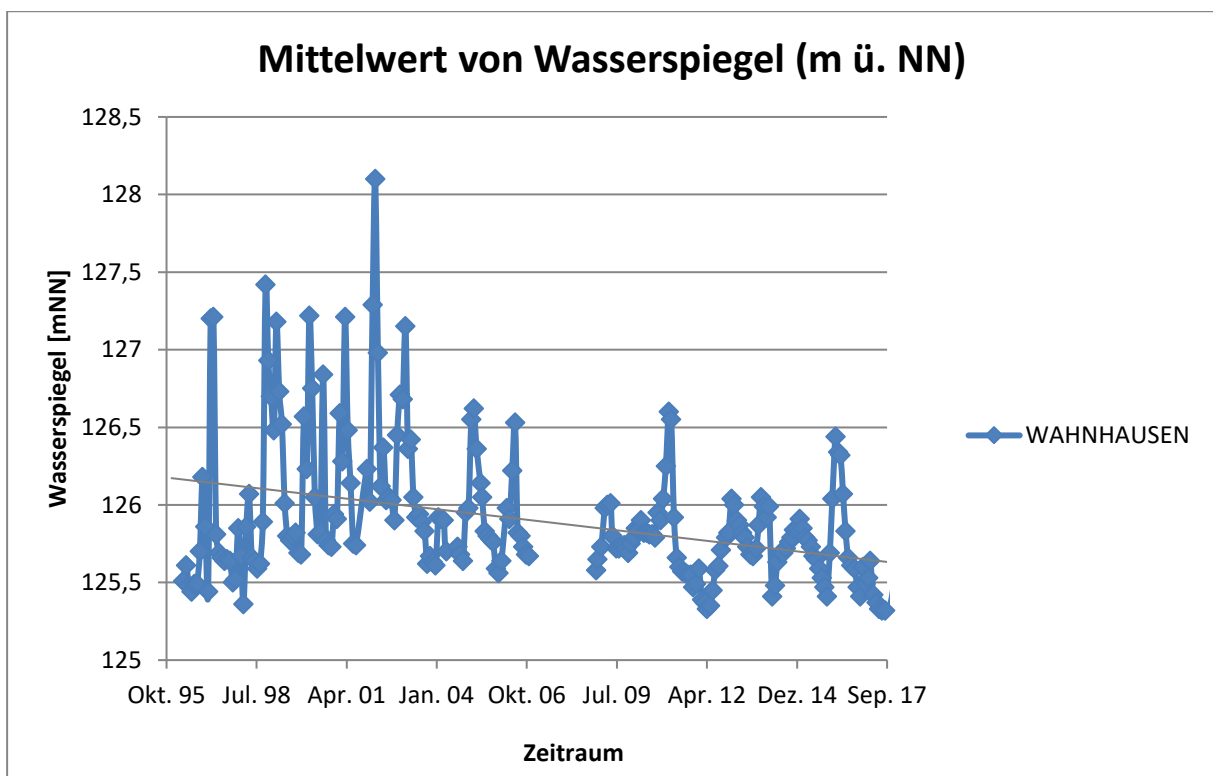


Abb. 19: Gemittelte Wasserstände für die Messstelle Wahnhausen



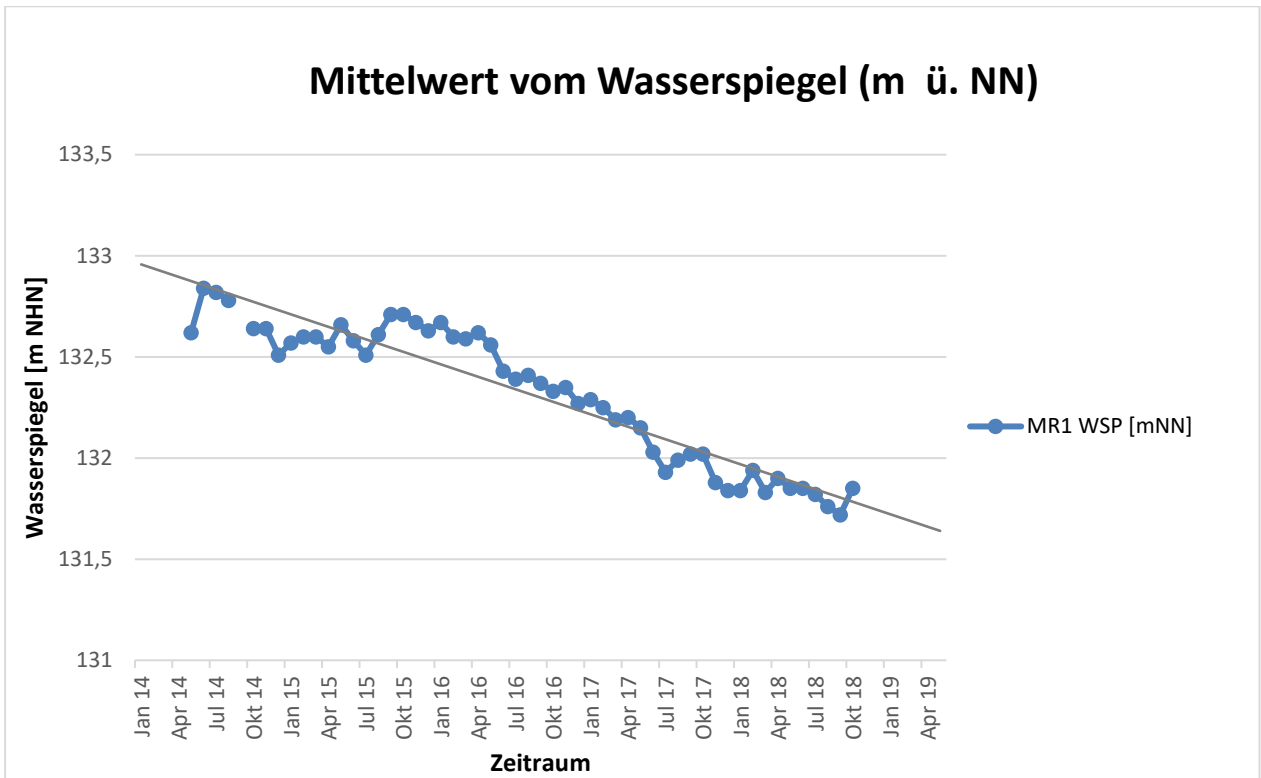


Abb. 20: Gemittelte Wasserstände für die Messstelle MR1

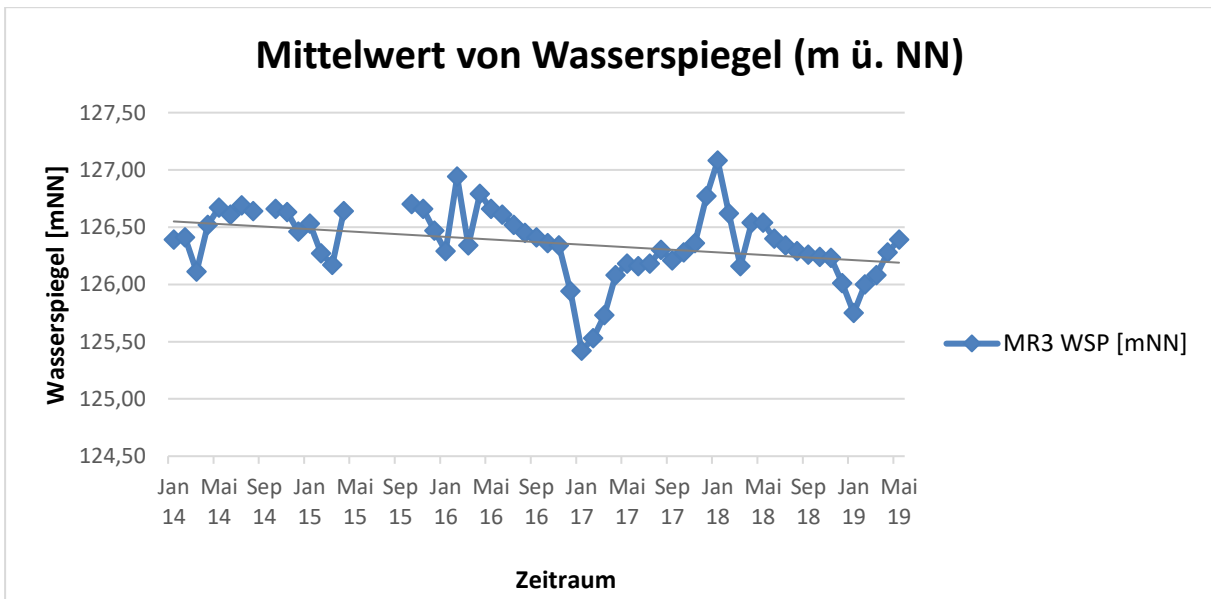


Abb. 21: Gemittelte Wasserstände für die Messstelle MR3



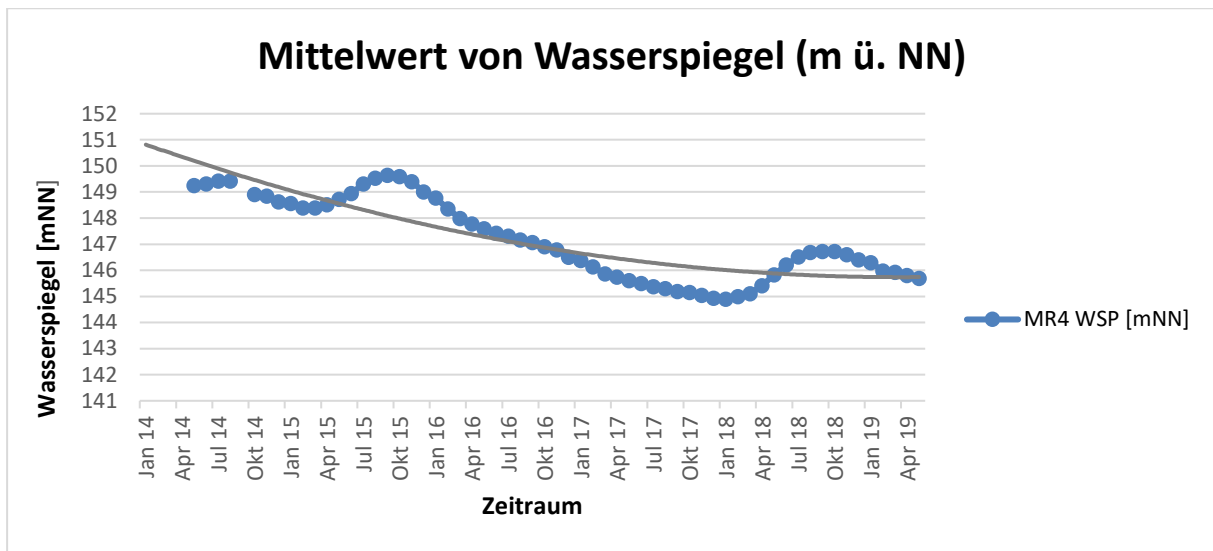


Abb. 22: Gemittelte Wasserstände für die Messstelle MR4

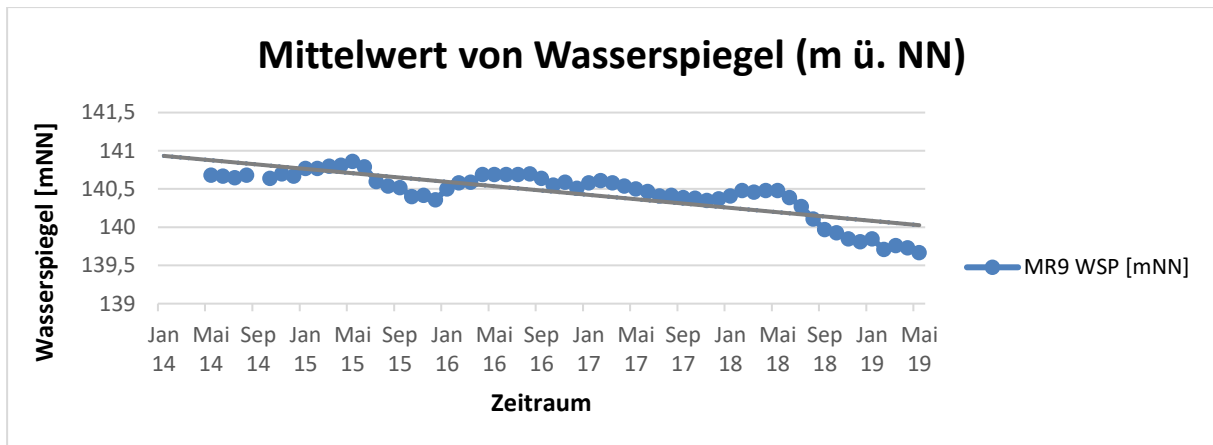


Abb. 23: Gemittelte Wasserstände für die Messstelle MR9

#### 4.1 Für Versickerungsanlagen

Als Bemessungsgrundwasserstand dienen bei Fragestellungen der dezentralen Regenwasser- versickerung nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 zur Niederschlagsversickerung nicht der absolut höchste, sondern die mittleren höchsten Grundwasserstände. Auf den mittleren höchsten Grund- wasserstand bezogen, sollte die Mächtigkeit des Sickerraums bei der dezentralen Versickerung mindestens 1 m bei oberirdischen Versickerungsanlagen (z.B. Flächen- und Muldenversickerung) bzw. 1,5 m bei unterirdischen Versickerungsanlagen (z.B. Versickerungsschächte) betragen.

In der nachfolgenden Tabelle werden die mittleren Grundwasserstände der diversen Messstellen dargestellt. Zum jetzigen Planungsstand, auf der Ebene der Raumordnung, können keine Aussa- gen zu Versickerungsanlagen getroffen werden, da eine detaillierte technische Planung in diesem Planungsstadium noch nicht vorliegt.





**Tab. 9: Bemessungsgrundwasserstände Versickerung**

Name Messstelle	Messnetztyp	GOK [m NHN]	Tiefe mittlerer höchster Grundwasserstand [m NHN]
MR1	Stadtwerke Kassel 2014-2019	211,35	132,49
MR2		239,62	134,82
MR3		130,73	126,76
MR4		241,05	147,87
MR5		142,89	133,92
MR6		218,54	133,05
MR7		237,50	132,93
MR8		234,32	225,13
MR9		252,36	140,53
MR-A1		168,22	130,70
MR-A4		190,18	130,07
MR-A6		165,01	136,06
Burguffeln (1950 – 1966)	Landesmessnetz	245,13	243,94
Obervellmar (1961 – 1970)		221,87	219,60
Wahnhausen (1995 – 2019)		154,15	126,50



## 4.2 Für Bauwerke

Für die Planung von Bauwerken, die in das Grundwasser eintauchen können, werden die höchsten zu erwartenden Grundwasserstände, die „Bemessungsgrundwasserstände“, zugrunde gelegt. Zur Begriffsdefinition ist die DIN 18195 „Bauwerksabdichtungen“ (Teil 1 – 10) heranzuziehen. Nach DIN 18195-1 wird dieser Bemessungsgrundwasserstand wie folgt definiert: „Der höchste nach Möglichkeit aus langjähriger Beobachtung ermittelte Grundwasser- / Hochwasserstand“.

Entlang der Trassen befinden sich keine Messstellen, welche direkt für einen Vergleich der Tunneltiefe mit dem Bemessungsgrundwasserstand herangezogen werden können, um eine fachliche fundierte Aussage treffen zu können. Dennoch werden, in der nachfolgenden Tab. 10 die Tiefe der Bauwerke mit den Bemessungswasserständen von in der Nähe befindlichen Messstellen gegenübergestellt, um die Betroffenheit des Grundwassers abschätzen zu können. Diese Vorgehensweise kann nur ein erster Überblick sein, da sich das Vorhaben im Bereich von Kluft- und Kluftporen Grundwasserleitern befindet und sich die Grundwasserverhältnisse rasch ändern können. Nach der Findung der Vorzugsvariante, müssen die Grundwasserstände entlang der Trasse erfasst werden.

Weiterhin ist hier explizit darauf hinzuweisen, dass mit den abgefragten Daten keine Ermittlung der langjährigen Trends möglich ist, da die Zeitreihen nur kurze, lückenhafte oder zu weit zurückliegende Zeiträume erfassen (vgl. Tab. 1). Daher wurde auch kein klimatischer Aufschlag ermittelt.

Für die Variante 5 lagen keine nutzbaren Grundwassermessstellen vor. Da diese Variante keine Tunnel beinhaltet und im urbanen Raum der Stadt Kassel geplant wird, sind für das RO Verfahren auch keine Grundwasseranschnitte zu erwarten.

Für die Tiefenbrunnen der Stadtwerke Kassel konnten ebenfalls keine Bemessungsgrundwasserstände ermittelt werden, da je TB nur ein Wert für den Ruhewasserspiegel vorlag.

Beim überschlägigen Vergleich der errechneten Bemessungsgrundwasserstände mit den tiefen der Ingenieurbauwerke zeigt sich, dass die Tunnel nicht tiefer als die Bemessungsgrundwasserstände geplant werden. Es zeigt sich, dass entlang der Ausbaustrecke bei den genannten Grundwasserhochständen Abstände von 3 Metern und mehr zwischen den Bauwerken und dem Bemessungsgrundwasserstand liegen. Diese Aussage ist durch Bohrungen zu verifizieren, da nach FREILING (2019) in Kombination mit SCHRAFT ET AL. (2002) die Tunnelbauwerke der Varianten 1-3 in einen Grundwasserleiter niedergebracht werden und somit doch das Grundwasser anschneiden könnten.

In Bereichen, in denen die Gleisanlagen oberirdisch geführt und Brücken errichtet werden, ist ebenfalls kein Anschnitt des Grundwassers zu erwarten.

Lediglich die Wasserstände der MST Burguffeln zeigen ein Anschneiden des Grundwassers. Dies kann allerdings ausgeschlossen werden, da die Trassenverläufe in diesem Bereich auf Bestandsstrecken geführt werden.

Durch die sehr geringe Messtellendichte und die Kluftgrundwasserleiter im Untersuchungsraum wird dringend empfohlen den Baugrund der Vorzugsvariante kleinräumig zu beproben.



Tab. 10: Bemessungsrundwasserstände Bauwerke

Name Messstelle	Messnetztyp	GOK [m NHN]	Höchster Grundwasserstand [m NHN]	Bauwerk	Tiefe der Ingenieurbauwerke je Variante [m NHN]	Bemessungswasserstände voraussichtlich eingehalten
MR1	Stadtwerke Kassel	211,35	132,84	Tunnel	V3: 188,4	✓
MR2		239,62	135,31	Tunnel	V3: 175,41	✓
MR3		130,73	127,08	Brücke	V1: 147,59 V2: 151,38 V3: 159,31	✓
MR4		241,05	149,64	Tunnel	V1: 192,97 V2: 189,12	✓
MR5		142,89	134,05	Tunnel	V3: 181,13	✓
MR6		218,54	133,98	Oberirdische Linienführung	V3: 222,69	✓
MR7		237,50	133,95	Oberirdische Linienführung	V3: 232,05 V4A: 220,41 V4B: 218,54 V4C: 221,85	✓
MR8		234,32	228,91	Oberirdische Linienführung	V1: 231,92 V2: 231,92	✓
MR9		252,36	140,86	Tunnel	V1: 218 V2: 216,57	✓
MR-A1		168,22	132,07			nicht relevant
MR-A4	190,18	131,41			nicht relevant	
MR-A6	165,01	139,78			nicht relevant	
Burguffeln	Landesmessnetz	245,13	244,18	Oberirdische Linienführung	V3: 243,37 V4A: 238,39 V4B: 235,45 V4C: 235,45	X
Obervellmar		221,87	220,17			nicht relevant
Wahnhausen		154,15	128,10			nicht relevant



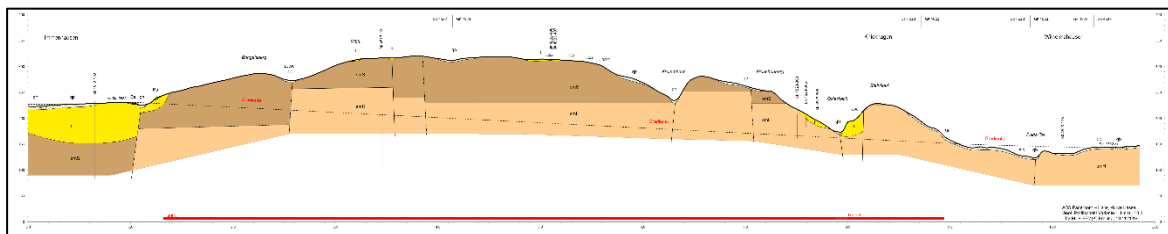
## 5 Barrierewirkung von Bauwerken auf das Grundwasser

Die Barrierewirkung der Tunnelbauwerke auf das Grundwasser kann zum jetzigen Planungsstand nicht rechtssicher vorhergesagt werden, da aufgrund der nur gering verfügbaren Wasserstandsdaten keine rechtssicheren Isolinien erstellt werden können (vgl. 3.1). Daher sind diese Aussagen nach der Findung der Vorzugsvariante durch genaue Datenerhebungen zu konkretisieren. Dies gilt auch für die Auswirkungen der Varianten auf angrenzende Wohnbebauung.

Es kann davon ausgegangen werden, dass das Grundwasser der Fulda zu läuft (vgl. Abb. 12). Weiterhin kann anhand der Grundwasserstände abgelesen werden, dass das Grundwasser im nördlichen UR Richtung Südosten läuft, da die WSP der TB Waitzrodt bei 134 - 135 m liegen, während der Pegel des MR3 ein Wasserspiegel von 126,36 m NHN anzeigt.

Alle in diesem Kapitel aufgeführten Abbildungen sind FREILING (2019) entnommen und befinden sich nochmal im Original im Anhang.

Die **Variante 1** ist mit einer Tunnelstrecke von ca. 7.600 m in den grundwasserführenden Schichten geplant und liegt voraussichtlich im Grundwasseranstrom zur Fulda (Abb. 12). Daher ist eine Barrierewirkung möglich. Wie Abb. 24 und Anhang 2 entnommen werden, besitzt die grundwasserführende Schicht eine Tiefe von > 100 m. Bei einer Höhe des Tunnels von ca. 9,50 m besteht voraussichtlich die Möglichkeit der Umströmung des Tunnelbauwerkes durch das Bauwerk. Vor dem Tunnelbauwerk kann es evtl. zu einem Anstau des Grundwassers kommen, da durch den Kluftaquifer ein mittlerer bis großer Grundwasserandrang erwartet wird (vgl. Kapitel 3.1.2). Dementsprechend wird im Abstrombereich des Tunnels, in Abhängigkeit von der Ausprägung der Klüfte ebenfalls eine Verringerung der Menge des Grundwasserstroms geben. Diese Differenz kann beispielsweise durch den Einbau von leitenden Schichten ober- und unterhalb des Tunnels gemindert werden.



**Abb. 24: Gradiente der Variante 1 (Angepasst nach Freiling (2019))**

Die **Variante 2** liegt überwiegend in Grundwasserfließrichtung und besitzt daher eine geringere Barrierewirkung als Variante 1. Die Variante wird auf 7.400 m, im Bereich des Tunnels, ebenfalls durch die Solling- und die Hardegsen-Formation geführt (vgl. Abb. 25 und Anhang 2). Auch für die Varianten 2 ist, durch die Tiefe der Schichten von > 150 m, bei einer Tunnelhöhe von ca. 9,50 m voraussichtlich eine Über- und Unterströmung des Bauwerkes möglich. Dabei ist auch hier wahrscheinlich mit einem Anstau des Grundwassers vor dem Tunnelbauwerk zu rechnen. Auch hier kann durch den Einbau von leitenden Schichten der Anstau reduziert werden.



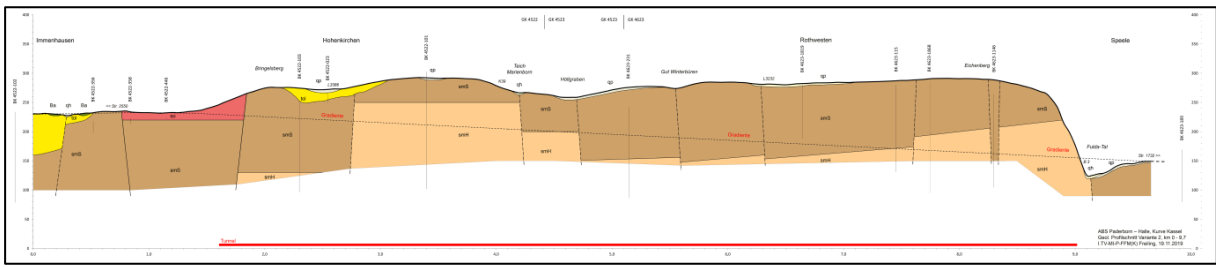


Abb. 25: Gradiente der Variante 2 (Freiling, 2019)

Die **Variante 3** liegt, mit einer Tunnellänge von 3.700 m überwiegend in der Solling-Formation, ebenfalls überwiegend in Fließrichtung des Grundwassers zur Fulda (vgl. Abb. 26 und Anhang 2). Allerdings bildet das Tunnelbauwerk zwischen Rothwesten und Speele auf 2.000 m eine Barriere für das Grundwasser, da es orthogonal zum Grundwasseranstrom zur Fulda liegt. Eine Barrierewirkung auf die Trinkwasserbrunnen TB1 – TB5 ist als gering einzuschätzen, da im Bereich der Brunnengalerie eine oberirdische Streckenführung im Anstrom der Brunnen geplant ist. Auch für die Variante 3 ist voraussichtlich mit einem Anstau des Grundwassers vor dem Bauwerk, aber auch der Möglichkeit zur Umströmung zurechnen.

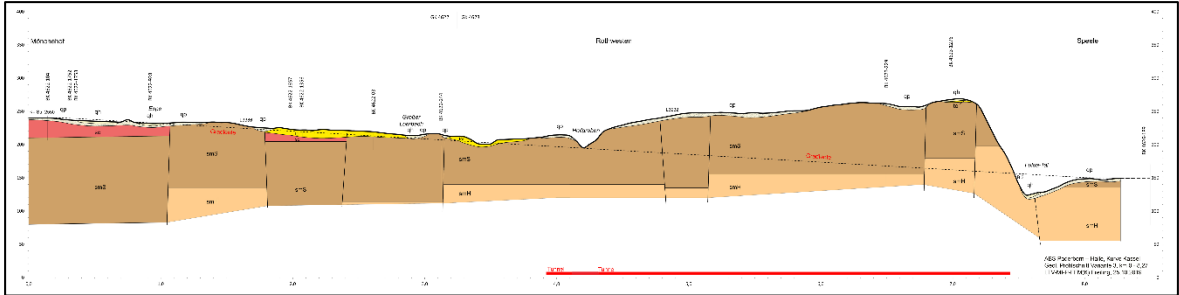


Abb. 26: Gradiente der Variante 3 (Angepasst nach Freiling (2019))

Die unterschiedlichen Ausprägungen der Tunnel der **Varianten 4A, 4B und 4C** liegen auch orthogonal zur geschätzten Grundwasserfließrichtung. Allerdings sind die Tunnel im Bereich des Geringleiters Röt geplant und bilden daher voraussichtlich keine Barriere (vgl. Abb. 27, Abb. 28, Abb. 29 und Anhang 2).

Bei der Realisierung der Variante 4A ist sicherzustellen, dass durch den Bau des Tunnels nicht die grundwasserführende Schicht smS angeschnitten wird (vgl. Abb. 27).

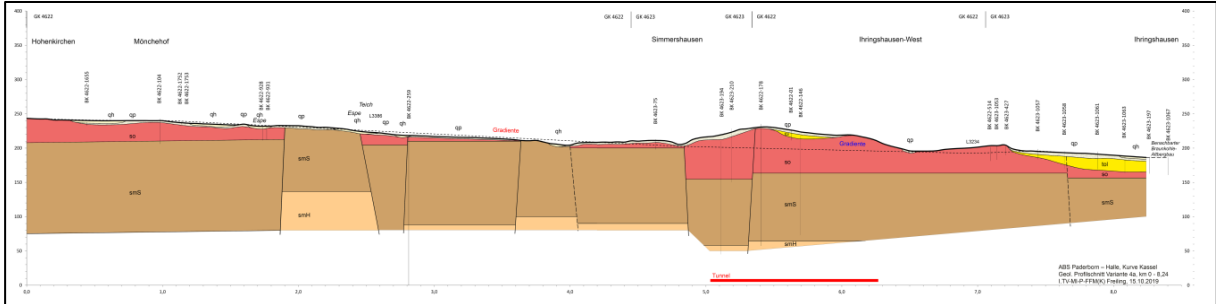


Abb. 27: Gradiente der Variante 4A (Freiling, 2019)



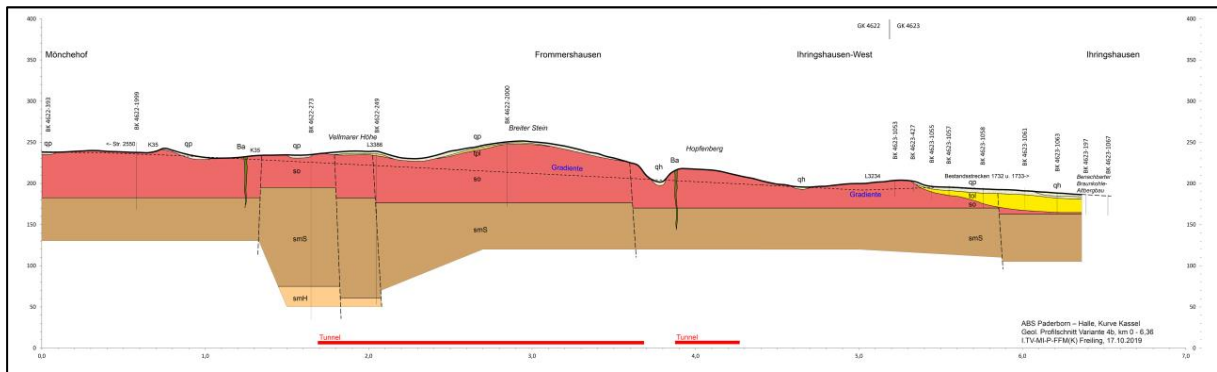


Abb. 28: Gradiente der Variante 4B (Freiling, 2019)

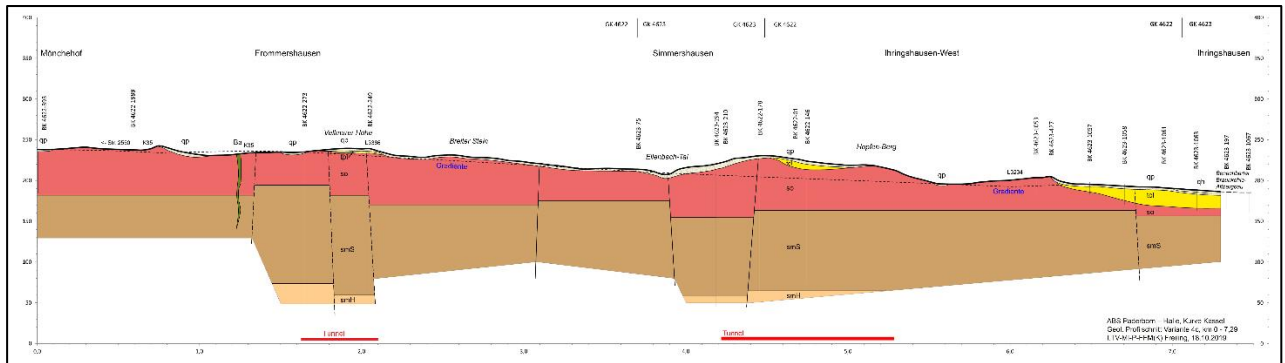


Abb. 29: Gradiente der Variante 4C (Angepasst nach Freiling (2019))

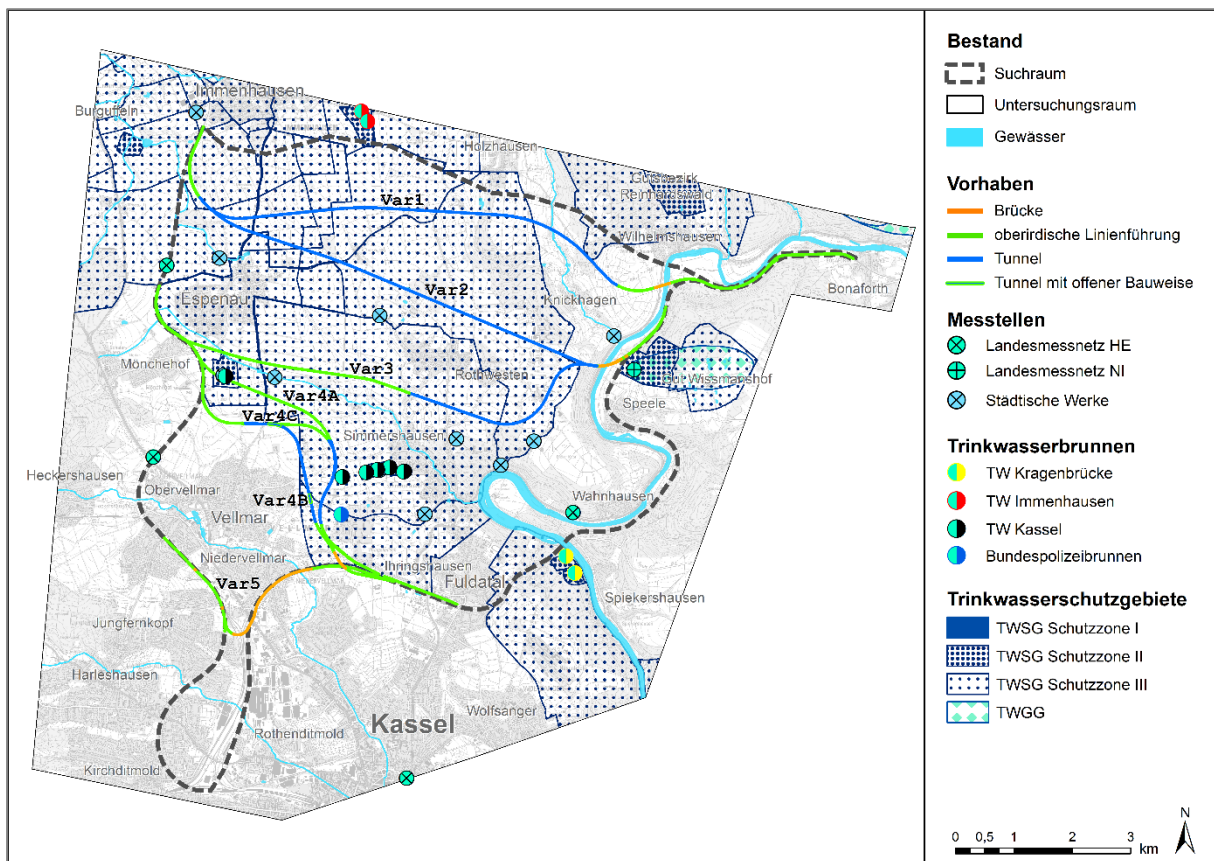
Die Planung der **Variante 5** beinhaltet keine Tunnel weshalb die Variante die Grundwasserströmung nicht beeinträchtigt.

## 6 Wasserschutzgebiete

### 6.1 Wasserschutzgebietsausweisungen

Die im UR ausgewiesenen Wasserschutzgebiete (WSG) sind in Tab. 11 und in Abb. 30 dargestellt.





**Abb. 30: Von den Varianten betroffene Trinkwasserschutzgebiete**

Für die Trinkwasserversorgung werden im Untersuchungsraum in zahlreichen Gewinnungsgebieten Quellen genutzt, wobei die Schüttung der Quellen zumeist mit der Höhenlage und damit mit der Größe des zur Verfügung stehenden Einzugsgebietes negativ korreliert. Quellen mit hohen Schüttungen finden sich daher oft in Talnähe. Aufgrund des in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts stetig steigenden Wasserbedarfs reichten die aus Quelfassungen zu gewinnenden Trinkwassermengen nicht mehr aus. Deshalb wurden vornehmlich die Grundwasservorkommen des Unteren und Mittleren Buntsandsteines verstärkt auch über Bohrbrunnen erschlossen. Aus tektonischen Gründen und auch aufgrund der Nähe zu den Siedlungszentren wurden auch für die Anlage von Bohrbrunnen vorzüglich Ansatzpunkte in Tallage gewählt.

Im Untersuchungsraum gibt es insgesamt zwölf Wassergewinnungsanlagen mit entsprechenden Trinkwasserschutzgebieten, die der regionalen und zum Teil auch überregionalen Wassergewinnung dienen. Hervorzuheben ist das Gewinnungsgebiet Simmershausen (ID 633-012), dieses umfasst eines der wichtigsten Wasserversorgungsgebiete der Stadt Kassel und sichert 30 % (ca. 3,7 m<sup>3</sup>) des Jahresbedarfs.

**Tab. 11: Trinkwasserschutzgebiete innerhalb des Untersuchungsgebietes**

Schutzgebietstyp	ID	Name	Zonen	Lage im Untersuchungsraum	Betroffen durch
TWSG	633-012	WSG TB 1 - 5 Simmershausen, StW Kassel	I	Mittig-Nördlich	keine
			II		keine
			III A		Varianten 3-4



Schutzgebietstyp	ID	Name	Zonen	Lage im Untersuchungsraum	Betroffen durch
			IIIB		Varianten 1 - 5
TWSG	633-013	WSG TB 6 Simmershausen StW Kassel	I	Westen	keine
			II		Variante 4A
			III		Varianten 2, 3, 4A-C
TWSG	633-025	WSG TB Calden u. TB I Frankenhhausen	I	Nordwesten	keine
			II		keine
			IIIA		Varianten 1 und 2
			IIIB		Varianten 1 und 2
TWSG	633-026	WSG TB II Frankenhhausen, Calden	I	Nordwesten	keine
			II		keine
			IIIA		Varianten 1 und 2
			IIIB		Varianten 1 und 2
TWSG	633-040	WSG TB II Kragenhofer Brücke, Fulda-tal	I, II, III	Südosten	Keine Betroffenheit
TWSG	633-041	WSG TB III Kragenhofer Brücke, Fulda-tal	I, II, III	Südosten	Keine Betroffenheit
TWSG	633-043	WSG TB I und TB II Wilhelmshausen	I, II, III	Nordosten	Keine Betroffenheiten
TWSG	633-045	WSG TB Heidelberg, Grebenstein	IIIA, IIIB	Nordwesten	Keine Betroffenheiten
TWSG	633-060	WSG TB I + II, Immenhausen	I	Norden	keine
			II		keine
			III		Varianten 1 und 2
TWSG	633-061	WSG TB III, Immenhausen	III	Norden	Varianten 1 und 2
TWSG	633-073	WSG TB I + II, Sandershausen	IIIB	Südosten	keine
WSG	Speele		I, II, III	Osten	keine

Es wird ersichtlich, dass die Schutzzonen (Sz) der folgenden Wasserschutzgebiete betroffen sind. Es werden nur die für das Vorhaben relevanten Verbotstatbestände aufgeführt.





### **WSG TB 1 - 5 Simmershausen, StW Kassel – Zone IIIA und IIIB**

Gemäß Schutzgebietsverordnung sind in der weiteren Schutzzone (IIIA und IIIB) u.a. verboten:

- Da Abfüllen von Öl und Treibstoff ohne zusätzliche Sicherungsmaßnahmen gegen Versickern in den Untergrund
- Das oberirdische Lagern von wassergefährdenden Stoffen [...]
- Größere Erdaufschlüsse ohne ausreichende Sicherung
- Abwasserversenkung und die Versenkung radioaktiver Stoffe
- Ablagerung von Öl, [...] in offenen und nicht sorgfältig abgedichteten Gruben.

### **WSG TB 6 Simmershausen StW Kassel – Zone II und Zone III**

Gemäß Schutzgebietsverordnung sind in der weiteren Schutzzone (III) u.a. verboten:

- Betriebe die radioaktiven oder wassergefährdende Stoffe verwenden oder abstoßen
- Umschlags- und Vertriebsstellen für wassergefährdende und radioaktive Stoffe,
- Ablagern, Aufhalten und Beseitigen durch Einbringen in den Untergrund von radioaktiven oder wassergefährdenden Stoffen z.B. von Giften, auswaschbaren beständigen Chemikalien, Öl, [...].
- Offene Lagerung und Anwendung boden- und wasserschädigender chemischer Mittel für Pflanzenschutz, für Aufwuchs und Schädlingsbekämpfung sowie Wachstumsregelung
- Versenken, Verrieseln, Versickern oder Verregnen von Abwasser (einschl. des von Straßen und Verkehrsflächen abfließenden Wassers)
- Abwasserbehandlungsanlagen (Kläranlagen)
- Erdaufschlüsse durch die die Deckschichten wesentlich vermindert werden, vor allem wenn das Grundwasser ständig oder zu Zeiten hoher Grundwasserstände aufgedeckt oder eine schlecht reinigende Schicht freigelegt wird und keine ausreichende und dauerhaft Sicherung zum Schutze des Grundwasser vorgenommen werden kann.
- Verwendung von wassergefährdenden auswasch- und auslaugbaren Materialien zum Straßen-, Wege- und Wasserbau,
- Rangierbahnhöfe

Gemäß Schutzgebietsverordnung sind in der weiteren Schutzzone (II) u.a. verboten:

- In der Zone II gelten die Verbote für die Zone III
- Baustellen und Baustofflager
- Straßen, Bahnlinien, und sonstige Verkehrslagen, Parkplätze
- Kies-, Sand, Torf- und Tongruben, Einschnitte, Hohlwege, Steinbrüche und jegliche über die Land- und Forstwirtschaft hinausgehenden Bodeneingriffe, durch die die Belebte Bodenzone verletzt oder die Deckschichten vermindert werden
- Sprengungen
- Transport radioaktiver oder wassergefährdender Stoffe,
- Lagern wassergefährdender Stoffe,
- Durchleiten von Abwasser
- Neuanlage von Drängräben



## **WSG TB Calden u. TB I Frankenhausen – Zone IIIA und Zone IIIB**

Im Bereich des gesamten Wasserschutzgebietes sind alle Handlungen untersagt, die die Wasserversorgung gefährden können.

In der Zone IIIB sind verboten:

- Versenkung von Abwasser einschließlich des von Straßen und Verkehrsflächen abfließenden Wassers, Versenkung oder Versickerung radioaktiver Stoffe
- Betriebe, die radioaktive oder wassergefährdende Abfälle oder Abwässer ausstoßen [...]
- Ablagern, Aufhalten, oder Beseitigung durch Einbringen in den Untergrund von radioaktiven Stoffen oder wassergefährdenden Stoffen z.B. von Giften, auswaschbaren beständigen Chemikalien, Öl, Teer, Phenolen, chemischen Mitteln für den Pflanzenschutz, Aufwuchs und Schädlingsbekämpfung sowie Wachstumsregulierung [...]

In der Zone IIIA sind verboten:

- Die für Zone IIIB genannten Einrichtungen, Handlungen und Vorgänge
- Betriebe, die radioaktiver oder wassergefährdender Stoffe verwenden
- Umschlags- und Vertriebsstellen für wassergefährdende Stoffe und radioaktive Stoffe,
- Lagern radioaktiver und wassergefährdender Stoffe,
- Offene Lagerung oder Verwendung boden- oder wasserschädigender chemischer Mittel für Pflanzenschutz für Aufwuchs- und Schädlingsbekämpfung, sowie zur Wachstumsregulierung
- Verrieseln und Versickern von Abwasser [...]
- Erdaufschlüsse, durch die die Deckschichten wesentlich vermindert werden, vor allem wenn das Grundwasser ständig oder zu Zeiten hoher Grundwasserstände aufgedeckt oder eine schlecht reinigende Schicht freigelegt wird und keine ausreichende und dauerhafte Sicherung zum Schutze des Grundwassers vorgenommen werden kann.
- Verwenden von wassergefährdenden auswasch- oder auslaugbaren Materialien, sowie von Teer mit einem höheren Phenolgehalt als nach der DIN 1995 „Bitumöse Bindemittel für den Straßenbau“ zulässig zum Straßen, Wege- und Wasserbau
- Rangierbahnhöfe

## **WSG TB Calden u. TB II Frankenhausen – Zone IIIA und Zone IIIB**

Für die Schutzzone III des TB II Frankenhausen gelten die gleichen Verbotstatbestände wie für den TB I.

## **WSG TB I + II, Immenhausen – Zone III**

- Versenkung von Abwasser einschließlich des von Straßen und Verkehrsflächen abfließenden Wassers, Versenkung oder Versickerung radioaktiver Stoffe
- Ablagern, Aufhalten, oder Beseitigung durch Einbringen in den Untergrund von radioaktiven Stoffen oder wassergefährdenden Stoffen z.B. von Giften, auswaschbaren beständigen Chemikalien, Öl, Teer, Phenolen, chemischen Mitteln für den Pflanzenschutz, Aufwuchs und Schädlingsbekämpfung sowie Wachstumsregulierung [...]
- Betriebe mit Verwendung oder Abstoß radioaktiver oder wassergefährdender Stoffe



- Offene Lagerung oder Verwendung boden- oder wasserschädigender chemischer Mittel für Pflanzenschutz für Aufwuchs- und Schädlingsbekämpfung, sowie zur Wachstumsregulierung
- Abwasserbehandlung, Abwasserverregnung, Versickerung von Abwasser einschließlich des von Straßen und sonstigen Verkehrsflächen abfließenden Wassers, Untergrundverrieselung, Sandfiltergräben, Abwassergruben
- Lagern radioaktiver oder wassergefährdender Stoffe [...]
- Versenkung oder Versickerung von Kühlwasser
- Erdaufschlüsse, durch die die Deckschichten wesentlich vermindert werden, vor allem wenn das Grundwasser ständig oder zu Zeiten hoher Grundwasserstände aufgedeckt oder eine schlecht reinigende Schicht freigelegt wird und keine ausreichende und dauerhafte Sicherung zum Schutze des Grundwassers vorgenommen werden kann
- Rangierbahnhöfe
- Verwendung von wassergefährdenden auswasch- oder auslaugbaren Materialien zum Straßen-, Wege- oder Wasserbau (z.B. Teer, manche Bitumina und Schlacken)

### WSG TB III, Immenhausen – Zone III

Gemäß Schutzgebietsverordnung sind in der weiteren Schutzzone (IIIA und IIIB) u.a. verboten:

- Da Abfüllen von Öl und Treibstoff ohne zusätzliche Sicherungsmaßnahmen gegen Versickern in den Untergrund
- Das oberirdische Lagern von wassergefährden Stoffen [...]
- Größere Erdaufschlüsse ohne ausreichende Sicherung
- Abwasserversenkung und die Versenkung radioaktiver Stoffe
- Ablagerung von Öl, [...] in offenen und nicht sorgfältig abgedichteten Gruben.

Außer für die Zone II des WSG Simmershausen, steht der Neubau einer Bahnstrecke, unter Einhaltung von Vermeidungsmaßnahmen, nicht im Widerspruch zu den Verboten der Wasserschutzgebietsverordnung. Relevante Verbotstatbestände können wie in Tab. 12 dargestellt vermieden werden.

**Tab. 12: Verbotstatbestände der Schutzzonen der Wasserschutzgebiete und dazugehörige Vermeidungsmaßnahmen**

Verbotstatbestand	Vermeidungsmaßnahme
Ableiten / Absenken des Abwassers	Ableitung des Abwassers außerhalb der Trinkwasserschutzgebiete
Lagern von Gefahrenstoffen / Verwendung von wassergefährdenden Stoffen / Pestiziden etc.	Lagern von Gefahrenstoffen außerhalb des Untersuchungsraumes / Bauweise ohne Wassergefährdende Stoffe
Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	Nutzung von thermischer Herbizidbekämpfung
Rangierbahnhöfe	Keine Errichtung von Rangierbahnhöfen im UR
Erdaufschlüsse / Erdaufschlüsse ohne ausreichende Sicherung	Herstellung der Deckschichten nach Beendigung der Bauarbeiten / Herstellung äquivalenter Verhältnisse



Für die Zone II des TB & des WW Simmershausen ist ein Antrag auf Befreiung aus dem Schutzgebiet zu stellen bzw. das Trinkwasserschutzgebiet zu (ver)ersetzen, da folgenden Verbotstatbestände zum jetzigen Planungsstand nicht ausgeschlossen werden können:

- Anlage von Straßen, Bahnlinien, und sonstige Verkehrslagen, Parkplätze
- Sprengungen
- Neuanlage von Drängräben

Generell wirkt sich das Vorhaben in den weiteren Sz (IIIA und IIIB) und der engeren (II) Sz auf das Grundwasser aus. Die Auswirkungen werden nach bau-, anlage- und betriebsbedingten Wirkungen differenziert.

### **6.1.1 Auswirkprognose auf WSG**

In Tab. 13 werden potenzielle Vorhabenwirkungen dargestellt. Weiterhin wird ergänzt, ob diese durch Vermeidungsmaßnahmen minderbar sind.

Die Gefährdung der Qualität des Grundwassers während der Bauphase kann, zum einen durch Verminderungs- und Vermeidungsmaßnahmen im Baubetrieb und zum anderen durch die Einhaltung von einschlägigen Richtlinien, Verordnungen und Erlassen stark vermindert werden. Dies sind:

- AwSV - Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
- Verordnung zum Schutz der Trinkwassergewinnungsanlage
- Wasserschutzgebietsverordnung

Anlagebedingte negative Beeinträchtigungen des Grundwassers können durch bautechnische Anpassungen abgewandt, bzw. minimiert werden. Während der Tunnelbohrungen ist darauf zu achten, dass Grundwasserstockwerke nicht kurzgeschlossen werden.

Betriebsbedingte Stoffeinträge wie Schmiermetalle durch Bremsabrieb oder Herbizide durch die Vegetationskontrolle können durch eine zielgerichtete Entwässerung, welche sich beispielsweise an der RistWag orientieren kann, vermieden werden. Dazu sind Abstimmungen mit der unteren Wasserbehörde durchzuführen.

### **Verbotstatbestände**

Zum jetzigen Planungsstand quert die Variante 4A die Zone II des WSG Simmershausen TB6. Hier gibt die Schutzgebietsverordnung ein Verbot des Baus von Bahnlinien vor (vgl. Kapitel 6.1.).

Sollte sich Varianten 4A als Vorzugsvariante herausstellen, ist ein Antrag auf Befreiung von den Verboten der Wasserschutzgebietsverordnung zu stellen bzw. der Brunnen und die Schutzzonen zu verlegen. Das konkrete Vorgehen und Maßnahmen sind mit dem zuständigen Regierungspräsidium zu klären. Es wird dazu empfohlen eine genaue Analyse des geologischen Untergrundes und der wasserführenden Schichten durchzuführen, um eine Gefährdung des TB6 beurteilen zu können.



## Beeinträchtigung von Trinkwasserschutzgebieten

Nach FREILING (2019) werden die Tunnelbauwerke der einzelnen Varianten durch die folgenden Schichten geplant (vgl. 3.1 und Anhang 1):

- Variante 1 smS, SmH
- Variante 2 smS, SmH
- Variante 3 qp, teo-tol, smS, smH
- Variante 4A so, teo-tol
- Variante 4B so
- Variante 4C so, teo-tol

Dabei werden die Schichten smS und SmH als grundwasserführende Schichten und so als Grundwassergeringerleiter eingestuft (SCHRAFT 2002).

Hinsichtlich der Verfilterung der Trinkwasserbrunnen liegen Daten für die Wasserwerke Simmershausen und Immenhausen vor. Dabei sind die einzelnen Trinkwasserbrunnen, in den folgenden Schichten verfiltert:

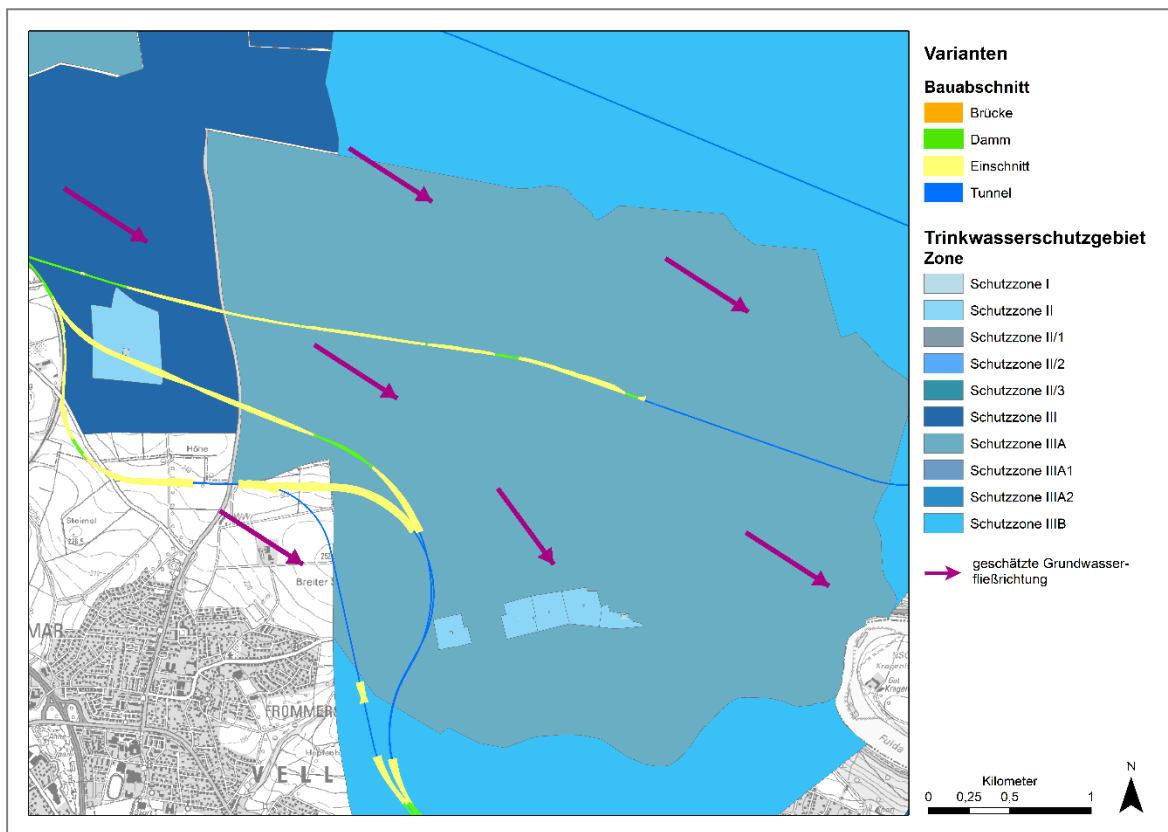
- TB 1 Simmershausen smS
- TB 2 Simmershausen smS
- TB 3 Simmershausen smS
- TB 4 Simmershausen smS
- TB 5 Simmershausen smS
- TB 6 Simmershausen sm
- TB I Waitzrodt smH
- TB II Waitzrodt smH /SmD
- Brunnen auf dem Gelände der Bundespolizei: smS

Unter Beachtung der erwarteten Grundwasserfließrichtung ergeben sich folgende Auswirkungen auf die Trinkwasserbrunnen.

### WW Simmershausen:

Der gesamte Verlauf der Variante 3 verläuft nördlich der Trinkwasserbrunnen 1 - 5, durch die Schutzzone IIIA und liegt voraussichtlich in Anstromrichtung des Grundwassers (vgl. Abb. 31). Allerdings endet der Verlauf des Tunnelabschnittes auf Höhe des TB 1 und liegt somit zwar in der grundwasserführenden Schicht smS, aber nur geringfügig im direkten Grundwasseranstrom für den TB1. Die Distanz zu den nächstgelegenen Tiefenbrunnen, TB1 und TB2, beträgt ca. 1.300. Der weitere Verlauf der Trasse erfolgt oberirdisch und beeinflusst die Trinkwasserbrunnen betriebsbedingt nicht mehr. Weitere Auswirkungen werden in Tab. 13 behandelt.





**Abb. 31: Möglicher Einfluss der Tunnel der Variante 3 auf die TB 1-5 der WW Simmershausen**

Die Varianten 4A, 4B und 4C verlaufen westlich der Trinkwasserbrunnen 1-5, ebenfalls durch die Schutzzone IIIA (vgl. Abb. 31). Die Entfernung der Trasse der Var 4b zum TB 5 beträgt ca. 630 m, die Distanz zwischen Var 4a und Var 4c ca. 160 m. Dabei liegen die Varianten voraussichtlich in Grundwasserfließrichtung zu den Tiefenbrunnen des Wasserwerkes Simmershausen. Allerdings ist geplant, die Tunnel im Grundwassergeringleiter (so) anzulegen. Die TB 1-5 sind im darunterliegenden Grundwasserleiter verfiltert (smS). Eine anlagebedingte Beanspruchung des Grundwasserleiters erfolgt nicht.

Weiterhin quert die Variante 4a die Schutzzone 2 des TB 6. Diese verläuft dabei allerdings oberirdisch und schätzungsweise mit der Grundwasserfließrichtung. Der TB 6 ist daher nicht durch einen Eingriff in den Grundwasserleiter betroffen. Während des Tunnelbaus der Varianten ist allerdings dafür Sorge zu tragen, dass keine hydraulische Verbindung zwischen den Stockwerken hergestellt wird und auch ein Havariekonzept muss ausgearbeitet werden. Weitere Auswirkungen werden in Tab. 13 dargestellt.

Die Varianten 1 und 2 durchqueren die Schutzzone III B der TB 1-5 und die Var 2 noch zusätzlich die Zone III B des TB 6. Dabei werden die Tunnel in den grundwasserführenden Schichten smS und smH geplant, in welchen die TB ebenfalls verfiltert sind. Die Distanz der Var 2 zur Brunnengalerie der TB 1-5 beträgt in der kürzesten Distanz ca. 3.000 m und von Var 1 zur Brunnengalerie ca. 4.400 m. Die Entfernung der Tunnelelemente der Var 1 und 2 zum TB 6 beträgt 2.600 m (Var 2) und 2.750 m (Var 1). Die Tunnelstrecken der beiden Varianten liegen voraussichtlich nicht im direkten Anstrombereich der TB.



## TWSG Immenhausen, Calden und Frankenhausen:

Die Brunnen der Wasserwerke sind aufgrund der erwarteten Grundwasserfließrichtung nicht vom Vorhaben betroffen. Allerdings werden die Schutzzonen III, IIIA und IIIB der TWSG beansprucht (vgl. Tab. 11).

**Tab. 13: Potenzielle vorhabenbedingte Auswirkungen auf die WSG der TB 1 – 6 Simmershausen**

Vorhabenwirkungen	Auswirkung	Auswirkung auf das WSG
<b>Baubedingte Auswirkungen</b>		
Versiegelung und Verdichtung durch Baustelleninfrastruktur	Reduktion der Grundwasserneubildungsrate	Durch Vermeidungsmaßnahmen abwendbar
Emissionen von Betriebsstoffen	Eintrag von Schadstoffen	Durch Vermeidungsmaßnahmen abwendbar
Temporäre Wasserhaltungsmaßnahmen	Absenkung des Grundwassers	Durch Vermeidungsmaßnahmen abwendbar
Leckagen und Schadstoffeintrag in Havariefällen	Eintrag von Schadstoffen	Siehe Kapitel 7.
Tunnelbau	Eintrag von Sedimenten in das Grundwasser	Durch Vermeidungsmaßnahmen abwendbar
<b>Anlagenbedingte Auswirkungen</b>		
Anlagenbedingte Versiegelung durch oberirdische Linienführung	Reduktion der Grundwasserneubildungsrate und somit der Trinkwasserressourcen	Die anlagebedingte Versiegelung der einzelnen Varianten führt, im Verhältnis zu Größe des Trinkwasserschutzgebiets, nicht zu einer Beeinträchtigung der Trinkwassermengen
Veränderung der Grundwasserströmungsverhältnisse durch Einschnitte, Tunnellagen und Brückenneifeiler	Veränderung der Grundwasserfließrichtung	Wie bereits im obenstehenden Fließtext beschrieben, wirken sich die Var 4A-C aufgrund ihrer Planung im Röt nicht auf das WSG der TB 1-5 Simmershausen aus.  Das Tunnelement der Var 3 wird so geplant, dass nur ein geringer bis marginaler Einfluss auf das Trinkwasserschutzgebiet besteht.  Die Tunnel der Varianten 1 und 2 liegen in der geschätzten Fließrichtung des Grundwassers. Damit tritt zwar keine erheblich Barrierewirkung auf. Allerdings wird der Grundwasserleiter der Schutzzone III des WSG beansprucht.
<b>Betriebsbedingte Auswirkungen</b>		
Schadstoffeinträge durch Herbizide	Eintrag von Schadstoffen	Durch zielgerichtete Entwässerung kein Eintrag im WSG
Havarien	Eintrag von Schadstoffen	Durch zielgerichtete Entwässerung kein Eintrag im WSG



## 6.1.2 Bewertung

Aus der Tab. 13 wird ersichtlich, dass die Vorhabenwirkungen voraussichtlich durch Vermeidungsmaßnahmen verhindert werden können. Aus diesem Grund werden für die Bewertung der Varianten drei Kriterien herangezogen. Dies sind die Betroffenheit von Trinkwasserschutzgebieten, die Wahrscheinlichkeit von Auswirkungen auf Trinkwasserschutzgebiete und die Distanz zu Trinkwasserbrunnen Simmershausen (vgl. Tab. 14).

Bei dem Kriterium „Betroffenheit von Trinkwasserschutzgebieten“ zählt die Anzahl von beanspruchten Zonen in Trinkwasserschutzgebieten je Variante. Die Variante mit den an meisten beanspruchten Zonen bekommt die schlechteste Bewertung.

Für das Kriterium „Distanz zu den Trinkwasserbrunnen Simmershausen, werden die geringsten Distanzen zum nächstgelegenen TB gemessen. Dabei wurde immer der nächstgelegene Trinkwasserbrunnen gewählt, da dieser als erstes durch Havarien o.ä. der Tunnelbauwerke der Varianten betroffen sein kann. So kann eine Gewichtung der Bewertung auf die Tunnelbauwerke gelegt werden.

Durch die hohe Betroffenheit der Zonen in TWSG und der damit verbundene erhöhte Aufwand für Ausnahmegenehmigungen, sowie das Gefährdungspotential durch die Lage in der grundwasserführenden Schicht führt zur schlechtesten Bewertung der Variante 2. Die Variante 5 erhält durch die fehlenden Tunnel und die damit fehlenden Auswirkungen die beste Bewertung (vgl. Tab. 14).

**Tab. 14: Bewertung der Auswirkung der Varianten auf die Wasserschutzgebiete**

Variante	Betroffenheit Zonen der von TWSG im gesamten UR (Anzahl)	Teilbewertung	Beeinträchtigung des TWSG Simmershausen durch Lage in grundwasserführender Schicht (verbal)	Teilbewertung	Distanz zu Trinkwasserbrunnen des TWSG Simmershausen (Länge in m)	Teilbewertung	Gesamtbewertung
Variante 1	7	6	teilweise	5	4.400 m	1	<b>4</b>
Variante 2	8	7	teilweise	5	3.000 m	2	<b>4,6</b>
Variante 3	3	2	teilweise	5	1.300 m	4	<b>3,6</b>
Variante 4A	4	5	nein	1	160 m	6	<b>4</b>
Variante 4B	3	2	nein	1	630 m	5	<b>2,6</b>
Variante 4C	3	2	nein	1	160 m	6	<b>3</b>
Variante 5	1	1	nein	1	1.500 m	3	<b>1,6</b>

## 6.2 Entwässerungskonzept im Wasserschutzgebiet

Ein Entwässerungskonzept liegt zum jetzigen Planungsstand nicht vor. Dieses wird erst nach der Variantenfindung detailliert ausgearbeitet. Im Allgemeinen können für eine zielgerichtete Entwässerung folgende Regelwerke angewandt werden.





- Hinweise für Maßnahmen an bestehenden Straßen in Wasserschutzgebieten – (1993) – 548
- Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten (RiSt-Wag) – (2016)
- Merkblatt über Bauweisen für technische Sicherungsmaßnahmen beim Einsatz von Böden und Baustoffen mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen im Erdbau (M T S E) – (2017)
- Vorschriften für die Entwässerung im WSG
- Musterwasserschutzgebiets-Verordnungen
- Einschlägige Richtlinien des Landes Hessen

Wie Kapitel 6.1 zu entnehmen ist, ist eine Versickerung innerhalb der Schutzzonen der Trinkwasserschutzgebiete nicht möglich. Aus diesem Grund sind die Entwässerungsanlagen so zu planen, dass der Abfluss des Gleises und des Gleiskörpers gesammelt und außerhalb der Schutzzone abgeleitet wird.

### 6.2.1 Bewertung

Für die Entwässerung der Trassen muss das Abwasser voraussichtlich außerhalb der Trinkwasserschutzgebiete abgeführt werden. Es ist daher davon auszugehen, dass die Entwässerung komplexer wird und mehr Kosten verursacht, je höher der Anteil der im WSG liegenden Streckenabschnitte im Vergleich zur Gesamtlänge ist. Aus diesem Grund wird die Länge der Strecke im TWSG im Vergleich zur Gesamtlänge ermittelt und bewertet.

Die beste Bewertung erhält die Variante 5, da keiner der Streckenabschnitte in einem der TWSG liegt. Am schlechtesten wird die Variante 4A bewertet, da diese vollständig durch TWSG verläuft.

**Tab. 15: Bewertung der Entwässerung**

Variante	Länge der Trasse insgesamt [m]	Länge der Trasse in TWSG [m]	Länge der Trasse in TWSG [%]	Bewertung
Variante 1	11.500 m	7.100 m	62 %	2
Variante 2	9.100 m	8.100 m	89 %	6
Variante 3	10.400 m	8.600 m	83 %	5
Variante 4A	7.100 m	7.100 m	100 %	7
Variante 4B	6.500 m	4.500 m	69 %	4
Variante 4C	7.100 m	4.800 m	67 %	3
Variante 5	2.200 m	0	0 %	1

## 7 Auswirkung im Havariefall

Havarien können sowohl bau- als auch anlage- und betriebsbedingt auftreten. In dem folgenden Kapitel wird eine überschlägige Betrachtung der Auswirkungen im Havariefall durchgeführt. Eine genaue Abschätzung der möglichen Vermeidungsmaßnahmen sollte detaillierter auf einer späteren Planungsebene stattfinden.



Zum Schutz der Trinkwasserressourcen sind nach Findung der Vorzugsvariante und Erkundung des Baugrundes Vermeidungsmaßnahmen zu entwickeln.

Für den Bau der Tunnel der Varianten 1, 2 und 3 werden Schichten des Mittleren Buntsandsteins der Solling- und der Trias-Formation durchfahren (FREILING, 2019). Diese bilden gemäß SCHRAFT ET AL. (2002) die wichtigsten Grundwasserleiter Hessens. Im Rahmen einer Havarie kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich Schadstoffe zügig über die Klüfte ausbreiten. Durch die Entfernung der Varianten 1 (4.400 m) und Var 2 (3.000 m) verbleibt ein längerer Fließweg zu den TB 1-6 des TWSG Simmershausen, als bei den restlichen Varianten 3 bis 5 (vgl. Tab. 14). Weiterhin liegen die Varianten 1 und 2 nicht im direkten Anstrom des Grundwassers zum TWSG Simmershausen TB 1-5.

Die Var 3 hingegen wird in einer Entfernung von 1.300 m zu den TB geplant. Im Falle einer Havarie kann eine Gefährdung des TWSG nicht ausgeschlossen werden, allerdings endet der Tunnel der Variante 3 auf Höhe des TB 1. Durch die geschätzte Grundwasserströmung in Richtung Fulda, wird das Risiko einer Verschmutzung des Grundwassers, welches in den TB 1 gelangt vermindert.

Für die Tunnelabschnitten der Varianten 4A, 4B und 4C werden Schichten des Oberen Buntsandsteins (Röth) durchfahren. Dieser ist gemäß SCHRAFT et al. (2002) als gering bis undurchlässig charakterisiert und bildet eine Grundwassergeringleiter. Es wird erwartet, dass eine Ausbreitung von Schadstoffen im Falle eine Havarie geringer als für die Varianten 1-3 erfolgt. Allerdings ist bei der Umsetzung der Tunnelbauwerke der Varianten 4A, 4B und 4C dafür Sorge zu tragen, dass durch das Durchfahren des Grundwassergeringleiters keine hydraulische Verbindung entsteht und letztlich der trinkwasserrelevante Grundwasserleiter smS/ smD/ smH doch beeinträchtigt wird, da die Tunnel der Varianten im Anstrom der Trinkwasserbrunnen liegen (vgl. Abb. 12) und nur Distanzen von 160 - 630 m (vgl. Tab. 14) zum TB5 der Brunnengalerie besitzen. Aufgrund der Lage der Tunnel in der Nähe der Trinkwasserfassungen des Wasserwerks Simmershausen und des Brunnens der Bundespolizei sind auch hier nach Findung der Vorzugsvariante und aktuellen Baugrunduntersuchungen Vermeidungsmaßnahmen zu entwickeln.

In der folgenden Tabelle sind mögliche Vermeidungsmaßnahmen für die einzelnen Projektphasen dargestellt:

**Tab. 16: Vermeidungsmaßnahmen für verschiedene Havariefälle**

Baubedingte Havarie	Anlagenbedingte Havarie	Betriebsbedingte Havarie
Nutzung von biologisch abbaubaren Ölen und Schmierstoffen	Kontrollpunkte wie überwachte Sicherwasserschächte einplanen	Kontrollpunkte wie überwachte Sicherwasserschächte einplanen
Ökologische Baubegleitung		

Eine Bewertung für die Anfälligkeit für Havarien wird nicht durchgeführt, da sich der differenzierte Text auf die folgenden bereits bewerteten Parameter bezieht und somit eine doppelte Wichtung erfolgen würde.

- Distanz der Tunnelvarianten zu den TB des TWSG Simmershausen TB 1-5 und 6 (vgl. Tab. 14)
- Lage in der grundwasserführenden oder -nichtführenden Schicht (vgl. Tab. 3)
- Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung (vgl. Tab. 6)



## 7.1 Ersatzwasserbeschaffung

Eine Planung der Ersatzwasserbeschaffung sollte zum Zeitpunkt der Genehmigung für eine Vorzugsvariante erfolgen, da auf der aktuellen Ebene der Raumordnung zu wenig Informationen für eine Beurteilung vorliegen.

Möglichkeiten für die Ersatzwasserbeschaffung sind eine Wasserentnahme aus dem Reinhardswald oder die Nutzung von Oberflächenwasser aus der Fulda nach Versickerung.

## 8 Querung von Fließgewässern

In Tab. 17 und in Abb. 32 werden die von der entsprechenden Variante gequerten Fließgewässer dargestellt.

Die Varianten des Vorhabens queren ebenfalls Stillgewässer. Beispielsweise befinden sich parallel zum Osterbach im Bereich von Knickhagen Stillgewässer, welche durch das Vorhaben eventuell gequert werden. Die Betroffenheiten sind bei einer detaillierten Auswirkprognose auf einer fortgeschrittenen Planungsebene darzustellen. Es wird empfohlen, bei der Planung der Vorzugsvariante bereits projektimmanente Vermeidungsmaßnahmen, durch beispielweise eine geeignete Trassenführung, die Vorhabenauswirkungen zu minimieren.

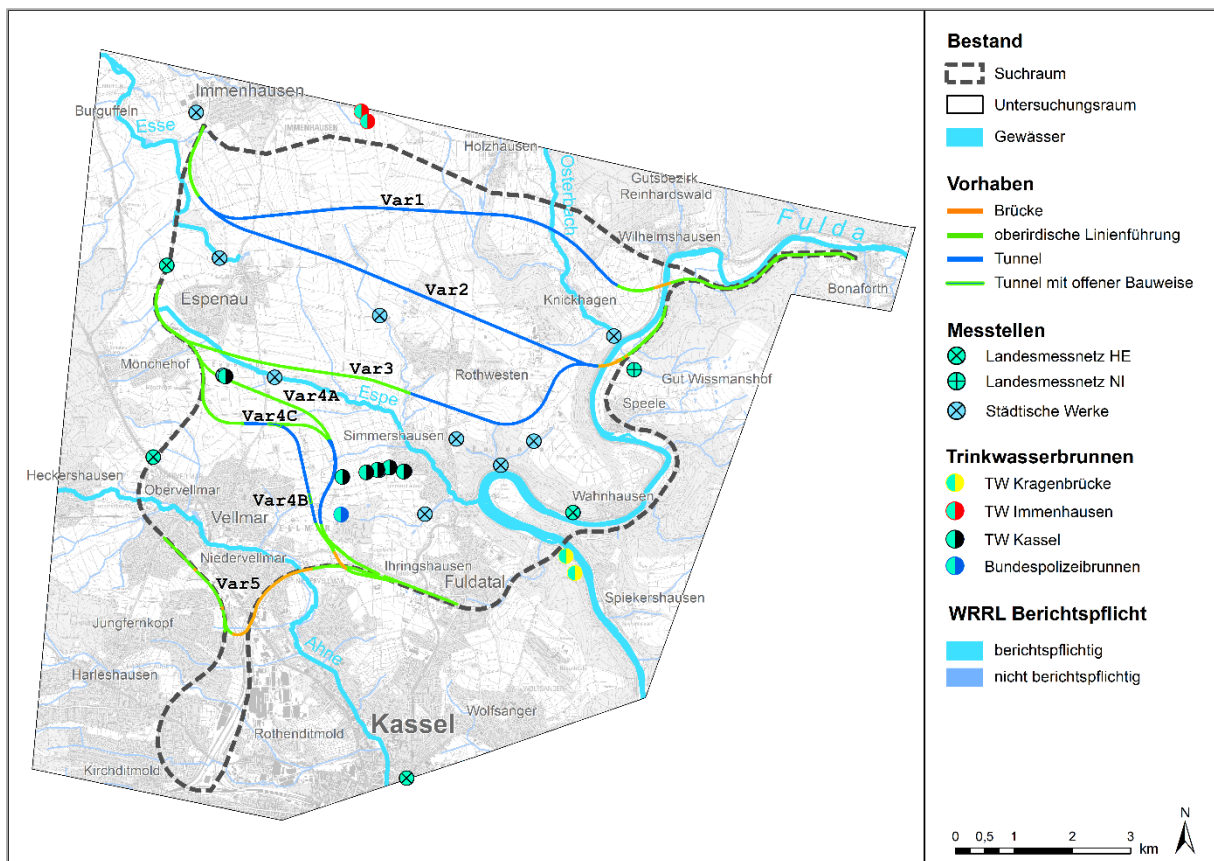
**Tab. 17: Durch die Trassen der Varianten direkt beanspruchte Fließgewässer**

Variante	Fließgewässer	Betroffenheit durch Streckenelement
Variante 1	Namenloser Bach (Sandbrunnen)	Oberirdische Linienführung
	Namenloser Bach (Vogelbrunnen)	Oberirdische Linienführung
	Fulda	Brücke
	Osterbach	Tunnel
	Krummbach	Tunnel
	Namenloser Bach	Tunnel
	Namenloser Bach	Oberirdische Linienführung
Variante 2	Namenloser Bach	Oberirdische Linienführung
	Rodenbach	Oberirdische Linienführung
	Fulda	Brücke
	Höllgraben	Tunnel
	Namenloser Bach	Oberirdische Linienführung
Variante 3	Namenloser Bach	Oberirdische Linienführung



Variante	Fließgewässer	Betroffenheit durch Streckenelement
	Rodenbach	Oberirdische Linienführung
	Fulda	Brücke
	Rehgraben	Tunnel
	Höllgraben	Oberirdische Linienführung
	Großer Loh-Bach	Oberirdische Linienführung
	Espe	Oberirdische Linienführung
	Namenloses Fließgewässer durch Mönchehof	Puffergleis
	Espe / Sichelbach	Puffergleis
Variante 4A	Ellenbach	Tunnel
	Hainebach	Oberirdische Linienführung
	Espezfluss	Oberirdische Linienführung
	Namenloses Fließgewässer durch Mönchehof	Puffergleis
	Espe / Sichelbach	Puffergleis
Variante 4B	Ellenbach	Tunnel
	Namenloses Fließgewässer durch Mönchehof	Puffergleis
	Espe / Sichelbach	Puffergleis
Variante 4C	Ellenbach	Tunnel
	Namenloses Fließgewässer durch Mönchehof	Puffergleis
	Espe / Sichelbach	Puffergleis
Variante 5	Ahne	Brücke
	Namenloser Bach evtl. Mittelbach	Böschung und Puffergleis





**Abb. 32: Von den Varianten betroffene Fließgewässer und Oberflächenwasserkörper nach WRRL**

In dem folgenden Kapitel werden die Auswirkungen der Streckenelemente auf die Fließgewässer dargestellt.

### Tunnel

Wie aus Tab. 17 ersichtlich wird sind die folgenden Fließgewässer durch die Auswirkungen des Tunnelbaus betroffen:

- Osterbach
- Krummbach
- Nameloser Bach
- Höllgraben
- Rehgraben
- Ellenbach

Für den Bau der Tunnel sind auf den nächsten Planungsebene Konzepte zur Grundwasserhaltung auszuarbeiten. Mit diesen Konzepten ist sicherzustellen, dass keine Auswirkungen auf die Fließgewässer erfolgen.

### Brücke

Die folgenden OWK sind durch Brücken vom Vorhaben betroffen (vgl. Tab. 17).

- Fulda
- Ahne
- Mittelbach



Die Fulda ist durch eine Brückenneubau betroffen. Für die Ahne und den Mittelbach wird zum jetzigen Zeitpunkt eine Erweiterung des vorhandenen Bauwerkes erwartet. Es wird ersichtlich, dass zum jetzigen Planungsstand alle Auswirkungen durch die Einhaltung von Vermeidungsmaßnahmen als nicht erheblich eingestuft werden. Eine endgültige Überprüfung der Auswirkung der Entwässerung kann erst bei Vorliegen der abgeschlossenen Entwässerungsplanung erfolgen.

**Tab. 18: Wirkungen des Brückenbaus**

Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Eingriff vermeidbar?
<b>Bauzeitliche Wirkung</b>			
Bauzeitliche Einträge von Ölen und Schmierstoffen	Erhöhung der Schadstoffkonzentrationen in den Fließgewässern, Verschlechterung des Zustands der aquatischen Zönose	Nutzung vom biologisch abbaubaren Ölen, Ökologische Baubegleitung Auf der Baustelle ist sicherzustellen, dass ein Unfall oder ein unsachgemäßer Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vermieden wird.	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Beanspruchung des Retentionsraumes der Fulda	Beeinträchtigung der Uferstruktur des Fließgewässers,	Nutzung von Geoflächen um eine Beeinträchtigung des Retentionsraumes zu vermeiden, Rückbau der Baustraßen und Wiederherstellung der Vegetationsstrukturen	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Einleitung von Baugrubenwasser in den OWK	Erhöhung der Schadstoffkonzentrationen in den Fließgewässern, Verschlechterung des Zustands der aquatischen Zönose	Reinigung des Baugrubenwassers vor Einleitung in den OWK	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Eingriff in die Sohlstruktur der Ahne und des Mittelbaches bei der Erweiterung des Durchlasses	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose,	Umsiedlung der Makrophyten und des unbeweglichen Makrozoobenthos vor Beginn der Bauarbeiten und Wiedereinsetzung nach Fertigstellung der Bauarbeiten,  Sicherstellen der Durchgängigkeit für Fische	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Erschütterungen, potenzieller Eintrag von Stäuben	Erhöhung der Schadstoffkonzentrationen in den Fließgewässern, Verschlechterung des Zustands der aquatischen Zönose	Keine	Ja, gemäß dem Urteil des BVerwG 7 C 25.15 vom 02.11.2017 handelt es sich beim Stoffeintrag über den Luftpfad nicht um eine Maßnahme im Sinne des §9 Abs. 2 Nr. 2 WHG, die geeignet ist dauernd nachteilige Gewässereigenschaften herbeizuführen.
<b>Anlagebedingte Wirkung</b>			



Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Eingriff vermeidbar?
Beschattung des Fließgewässers	Verringerung der Wassertemperatur	keine	Ja, die überspannte Fläche ist zu gering, um Verschlechterungen auszulösen. Ferner ist die Beschattung des Gewässers im allg. als positiv zu bewerten
Verlängerung der bestehenden Durchlässe	Verlängerung der künstlichen Sohlstruktur und einen potentiellen Wanderhindernisses	Keine	Ja, die aquatischen Zönose in dem Gewässerabschnitt sollte sich an den bestehenden Durchlass angepasst haben. Eine Erweiterung des Durchlasses sollte kein Wanderhindernis darstellen

#### Betriebsbedingte Wirkung

Eintrag von Schadstoffen nach Anlage 6, 7 und 8 OGewV durch Entwässerungsanlage	Erhöhung der Schadstoffkonzentrationen in den Fließgewässern, Verschlechterung des Zustands der aquatischen Zönose	Anpassung der Entwässerungsanlage	Wahrscheinlich ist mit der Entwässerungsanlage der Vorzugsvariante abzu prüfen
---	--	-----------------------------------	--

### Oberirdische Linienführung

Gemäß Tab. 17 sind die folgenden OWK durch Böschungen betroffen.

- Namenloser Bach (Sandbrunnen) (Niedersachsen)
- Namenloser Bach (Vogelbrunnen) (Niedersachsen)
- Namenloser Bach (Niedersachsen)
- Rodenbach (Niedersachsen)
- Höllgraben
- Großer Loh-Bach
- Espe
- Hainebach
- Namenloses Fließgewässer südwestlich Mönchehof

Alle Fließgewässer sind zum jetzigen Zeitpunkt anthropogen beeinflusst und überwiegend als Graben ausgebaut (ZRK, 2007). Verrohrungen werden nicht erwähnt. Da die Fließgewässer zum jetzigen Planungsstand durch oberirdische Linienführung gequert werden, wird davon ausgegangen, dass die Fließgewässer in diesen Bereichen mit Durchlässen gestaltet werden.

In der folgenden Tabelle werden die Auswirkungen und Vermeidungsmaßnahmen dargestellt. Es wird ersichtlich, dass zum jetzigen Planungsstand keine erheblichen Auswirkungen aus dem Vorhaben resultieren. Eine endgültige Überprüfung der Auswirkung der Entwässerung kann erst bei Vorliegen der abgeschlossenen Entwässerungsplanung erfolgen.



**Tab. 19: Wirkungen der oberirdischen Linienführung**

Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Verschlechterung vom ökologischen oder chemischen Zustand kann vermieden werden?
<b>Bauzeitliche Wirkung</b>			
Bauzeitliche Einträge von Ölen und Schmierstoffen sowohl während des Neubaus als auch der Erweiterung der Trasse	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Erhöhung von Schadstoffkonzentrationen im Fließgewässer	Nutzung vom biologisch abbaubaren Ölen, Ökologische Baubegleitung Auf der Baustelle ist sicherzustellen, dass ein Unfall oder ein unsachgemäßer Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vermieden wird.	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Beanspruchung des Retentionsraumes der Fließgewässer durch Baustraßen, Eingriff in die Begleitvegetation entlang des Ufers	Beeinträchtigung der Uferstruktur des Fließgewässers, Erhöhung der Wassertemperatur durch fehlende Beschattung	Nutzung von Geoflächen um eine Beeinträchtigung des Retentionsraumes zu vermeiden, Rückbau der Baustraßen und Wiederherstellung der Vegetationsstrukturen	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Eingriff in die Sohlstruktur bei der Errichtung des Durchlasses	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose	Umsiedlung der aquatischen Zönose  Sicherstellen der Durchgängigkeit für Fische	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Einleitung von Baugrubenwasser in den OWK sowohl während des Neubaus als auch der Erweiterung der Trasse	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Eintrag von Schadstoffkonzentrationen	Reinigung des Baugrubenwassers vor Einleitung in den OWK	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Erschütterungen, potentieller Eintrag von Stäuben	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Eintrag von Schadstoffen	Keine	Ja, gemäß dem Urteil des BVerwG 7 C 25.15 vom 02.11.2017 handelt es sich beim Stoffeintrag über den Luftpfad nicht um eine Maßnahme im Sinne des §9 Abs. 2 Nr. 2 WHG, die geeignet ist dauernd nachteilige Gewässereigenschaften herbeizuführen.
<b>Anlagebedingte Wirkung</b>			
Durch die Anlage von Durchlässen - Eingriff in das Gewässer	Verkleinerung des Fließgewässerquerschnittes	Der Fließgewässerquerschnitt des Durchlasses ist so zu wählen, dass eine Verkleinerung des ursprünglichen Querschnitts vermeiden wird.	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
<b>Betriebsbedingte Wirkung</b>			





Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Verschlechterung vom ökologischen oder chemischen Zustand kann vermieden werden?
Eintrag von Schadstoffen nach Anlage 6, 7 und 8 OGewV durch Entwässerungsanlage	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Eintrag von Schadstoffen	Anpassung der Entwässerungsanlage	Wahrscheinlich, ist mit der Entwässerungsanlage der Vorzugsvariante ab-zuprüfen

## Puffergleis

Durch die Erweiterung bestehender Gleisanlagen um ein Puffergleis sind die folgende Oberflächenwasserkörper betroffen (vgl. Tab. 17).

- Namenloses Fließgewässer durch Mönchehof
- Espe / Sichelbach
- Namenloser Bach evtl. Mittelbach

Die drei genannten Fließgewässer sind ebenfalls als Gräben klassifiziert (ZRK, 2007) und in den Bereichen mit Puffergleis bereits verrohrt, bzw. mit Durchlass gestaltet. Daher wirkt sich das Vorhaben, zum jetzigen Planungsstand durch die Verlängerung der Verrohrung aus.

Erhebliche Eingriffe sind unter Einhaltung der Vermeidungsmaßnahmen nicht zu erwarten (vgl. Tab. 20). Eine endgültige Überprüfung der Auswirkung der Entwässerung kann erst bei Vorliegen der abgeschlossenen Entwässerungsplanung erfolgen.

**Tab. 20: Wirkungen des Puffergleises**

Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Verschlechterung vom ökologischen oder chemischen Zustand kann vermieden werden?
<b>Bauzeitliche Wirkung</b>			
Bauzeitliche Einträge von Ölen und Schmierstoffen	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Eintrag von Schadstoffen	Nutzung vom biologisch abbaubaren Ölen, Ökologische Baubegleitung Auf der Baustelle ist sicherzustellen, dass ein Unfall oder ein unsachgemäßer Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vermieden wird.	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Beanspruchung des Uferbereiches der Fließgewässer, Eingriff in die Begleitvegetation entlang des Ufers	Beeinträchtigung der Uferstruktur des Fließgewässers, Erhöhung der Wassertemperatur durch fehlende Beschattung	Lockerung des Bodens und Wiederherstellung der Vegetationsstrukturen	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Eingriff in die Sohlstruktur bei der Verlängerung des Durchlasses	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose	Umsiedlung der aquatischen Zönose  Sicherstellen der Durchgängigkeit für Fische	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme



Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Verschlechterung vom ökologischen oder chemischen Zustand kann vermieden werden?
Wasserhaltung bei der Erweiterung des Durchlasses,	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose,	Bei der bauzeitlichen Verlegung des Fließgewässers ist sicherzustellen, dass die Durchgängigkeit für die Aquatische Zönose aufrechterhalten wird.	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
<b>Anlagebedingte Wirkung</b>			
Verlängerung der bestehenden Durchlässe	Verlängerung der künstlichen Sohlstruktur und einen potenziellen Wanderhindernisses	Keine	Ja, die aquatischen Zönose in dem Gewässer abschnitt sollte sich an den bestehenden Durchlass angepasst haben. Eine Erweiterung des Durchlasses sollte kein Wanderhindernis darstellen
<b>Betriebsbedingte Wirkung</b>			
Eintrag von Schadstoffen nach Anlage 6, 7 und 8 OGewV durch Entwässerungsanlage	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Eintrag von Schadstoffen	Anpassung der Entwässerungsanlage	Wahrscheinlich, dies ist mit der Entwässerungsanlage der Vorzugsvariante abzu prüfen

## 8.1 Bewertung

Wie dem vorhergehenden Kapitel entnommen werden kann, verbleiben für keines der Fließgewässer unter Einhaltung der Vermeidungsmaßnahmen erhebliche Auswirkung durch die einzelnen Trassenelemente der Varianten. Aus diesem Grund erfolgt für dieses Attribut eine Bewertung über die Anzahl der betroffenen Fließgewässer.

**Tab. 21: Bewertung der Varianten über die betroffenen Fließgewässer**

Variante	Anzahl der betroffenen Fließgewässer	Bewertung
Variante 1	7	6
Variante 2	5	4
Variante 3	9	7
Variante 4A	5	4
Variante 4B	3	2
Variante 4C	3	2
Variante 5	2	1

## 9 Verschlechterungsverbot gemäß WRRL

Im UR befinden sich fünf berichtspflichtige Fließgewässer, welche durch die Varianten des Vorhabens betroffen sind (BafG, 2020) (vgl. Abb. 32).



- Fulda/Wahnhausen
- Der Osterbach
- Die Espe
- Die Obere Ahne
- Die Esse

Des Weiteren unterliegen dem UR die folgenden Grundwasserkörper (vgl. Abb. 33):

- DEHE\_4\_1043 – 4290\_5201
- DEHE\_4\_1042 – 4290\_5112
- DEHE\_4\_2602 – 4400\_5112
- DEHE\_4\_2603 – 4400\_5201

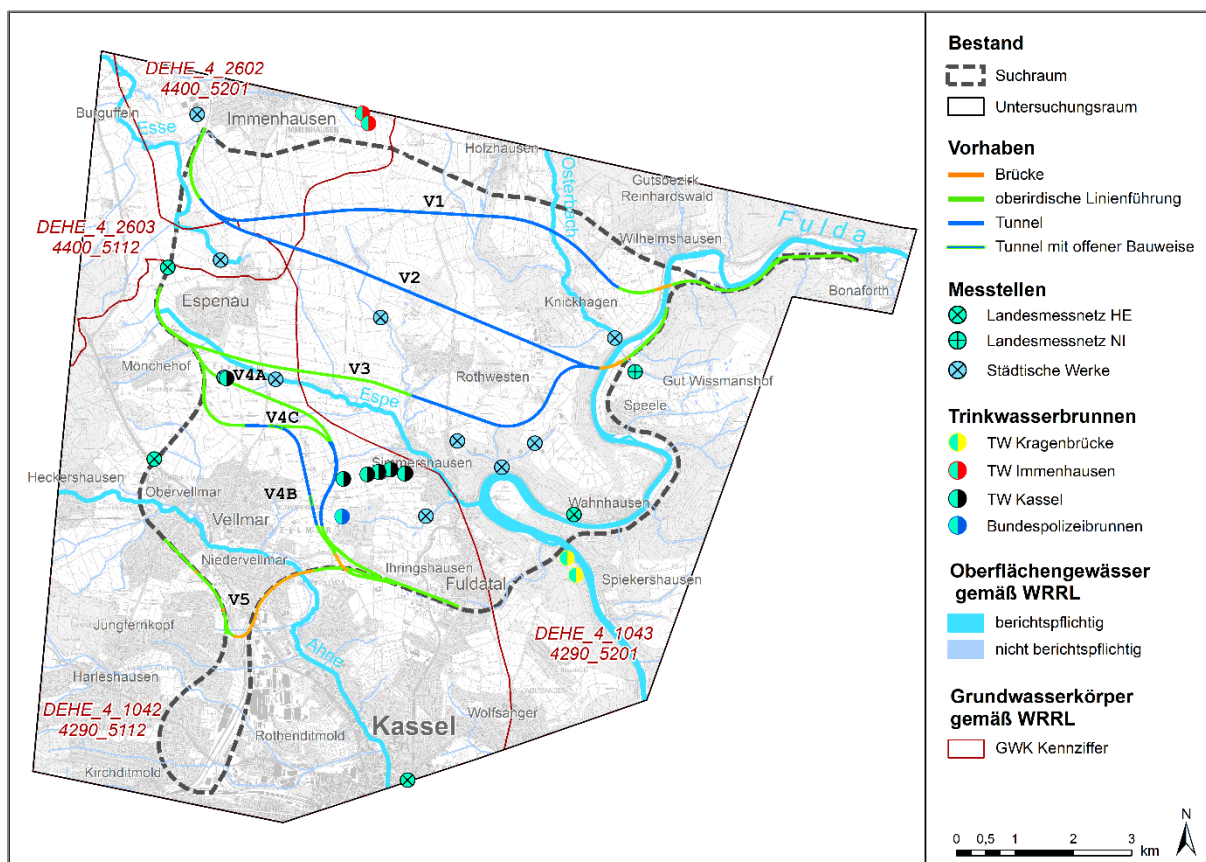


Abb. 33: Von den Varianten betroffene Grundwasserkörper nach WRRL (Nachrichtlich: GWK (HLNUG, 2020))

## 9.1 Darstellung nach EG-WRRL

Die Informationen zu den OWK werden aus den Gewässersteckbriefen für den zweiten Bewirtschaftungszeitraum entnommen (BAFG, 2020)

### 9.1.1 Oberflächenwasserkörper Fulda/Wahnhausen

Der Oberflächenwasserkörper Fulda /Wahnhausen hat eine Länge von 31,9 km und gehört zur Flussgebietseinheit Weser. Er wird als erheblich verändert eingestuft und gehört zum Gewässertyp 9.2 Große Flüsse des Mittelgebirges.



Der Wasserkörper wurde aufgrund von hydromorphologischen Änderungen und Wassernutzungen als erheblich verändert eingestuft. Als konkrete hydromorphologische Änderungen werden:

- Schleusen
- Wehre / Dämme / Talsperren
- Kanalisierung / Begradigung / Sohlbefestigung / Uferbefestigung
- Andere

Als konkrete Änderung für Wassernutzungen werden die folgenden Aspekte aufgezählt:

- Siedlungsentwicklung - andere Nutzungen
- Energie – Wasserkraft
- Verkehr - Schifffahrt / Häfen

Als signifikante Belastungen aus Punktquellen gelten kommunales Abwasser und IED-Anlagen. Physische Veränderungen von Kanal/Bett/Ufer sowie Dämme, Querbauwerke und Schleusen belasten das Gewässer genauso wie anthropogene Belastungen, welche allerdings nicht genauer definiert werden können.

Der ökologische Zustand des Oberflächengewässers wird als schlecht eingestuft. Diese Einstufung erfolgt durch die Bewertung der Qualitätskomponente „Fische“. Die QK Makrophyten & Phyto-benthos (M&P) wird als mäßig und die QK Makrozoobenthos (MZB) als gut eingestuft. Die Morphologie wird als mäßig und der Versauerungszustand als gut klassifiziert. Der chemische Zustand wird durch die Überschreitung der Umweltqualitätsnorm für Benzo(a)pyren in den schlechten Zustand eingestuft.

### 9.1.1.1 Auswirkprognose

Da zum jetzigen Planungsstand keine technische und keine Entwässerungsplanung vorliegt, kann nur eine vorläufige Auswirkprognose abgegeben werden. Der OWK ist durch die Überspannung mit den Brücken der Varianten 1,2 und 3 betroffen. In Tab. 22 sind die überschlägigen Auswirkungen durch das Vorhaben dargestellt.

Eine Beeinträchtigung der biologischen QK wird zum jetzigen Planungsstand durch die Einhaltung von Vermeidungsmaßnahmen nicht erwartet.

Für den OWK wurde die Überschreitung der UQN von Benzo(a)pyren festgestellt. Somit ist jede nachweisbare Konzentrationserhöhung nicht mehr zulässig. Zwar gilt der Schienenverkehr nicht primär als Emittent von PAK, dennoch schlägt die Ril 880.4010 „Verwertung von Altschotter“ PAK als Untersuchungsgegenstand vor. Aus diesem Grund ist bei Vorliegen der Entwässerungsplanung in der nächsten Planungsebene der Eintrag über die Entwässerungsplanung detailliert zu betrachten.

**Tab. 22: Wirkprognose auf die Fulda**

Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Verschlechterung des ökologischen oder chemischen Zustands kann vermieden werden?
<b>Bauzeitliche Wirkung</b>			



Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Verschlechterung des ökologischen oder chemischen Zustands kann vermieden werden?
Bauzeitliche Einträge von Ölen und Schmierstoffen	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Erhöhung von Schadstoffkonzentrationen nach Anlage 6 und Anlage 8 OGeWV	Nutzung vom biologisch abbaubaren Ölen, Ökologische Baubegleitung Auf der Baustelle ist sicherzustellen, dass ein Unfall oder ein unsachgemäßer Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vermieden wird.	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Beanspruchung des Retentionsraumes durch Baustraßen	Beeinträchtigung der Uferstruktur des Fließgewässers, Verschlechterung der hydromorphologischen QK	Nutzung von Geoflächen um eine Beeinträchtigung des Retentionsraumes zu vermeiden, Rückbau der Baustraßen und Wiederherstellung der Vegetationsstrukturen	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Einleitung von Baugrubenwasser in den OWK	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Erhöhung von Schadstoffkonzentrationen nach Anlage 6 und Anlage 8 OGeWV	Reinigung des Baugrubenwassers vor Einleitung in den OWK	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Erschütterungen, potentieller Eintrag von Stäuben	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Erhöhung von Schadstoffkonzentrationen nach Anlage 6 und Anlage 8 OGeWV	Keine	Ja, gemäß dem Urteil des BVerwG 7 C 25.15 vom 02.11.2017 handelt es sich beim Stoffeintrag über den Luftpfad nicht um eine Maßnahme im Sinne des §9 Abs. 2 Nr. 2 WHG, die geeignet ist dauernd nachteilige Gewässereigenschaften herbeizuführen.
<b>Anlagebedingte Wirkung</b>			
Beschattung des Fließgewässers	Verringerung des allg. chemischen Parameters Temperatur	keine	Ja, die überspannte Fläche ist zu gering, um Verschlechterungen auszulösen. Ferner ist ein die Beschattung des Gewässers im allg. als positiv zu bewerten
<b>Betriebsbedingte Wirkung</b>			
Eintrag von Schadstoffen nach Anlage 6, 7 und 8 OGeWV durch Entwässerungsanlage	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Erhöhung von Schadstoffkonzentrationen nach Anlage 6, 7 und Anlage 8 OGeWV	Anpassung der Entwässerungsanlage	Wahrscheinlich ist mit der Entwässerungsanlage der Vorzugsvariante abzu prüfen



## 9.1.2 Oberflächenwasserkörper Osterbach

Der Oberflächenwasserkörper Osterbach hat eine Länge von 7,2 km und gehört zur Flussgebietseinheit Weser. Er wird als natürliches Fließgewässer eingestuft und gehört zum Gewässertyp 5.1 Feinmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche.

Signifikante Belastungen sind kommunales Abwasser aus Punktquellen, Einträge aus der Landwirtschaft, Dämme, Querbauwerke und Schleusen, sowie anthropogene Belastungen, welche allerdings nicht genauer definiert werden können. Diese Belastungen wirken sich durch Verschmutzungen mit Chemikalien, veränderten Habitaten aufgrund morphologischer Änderungen (Durchgängigkeit) und Belastungen mit Nährstoffen und organischen Verbindungen aus.

Der ökologische Zustand des Oberflächengewässers wird als schlecht eingestuft. Diese Einstufung erfolgt durch die Bewertung der Qualitätskomponente „Fische“. Die QK Makrophyten & Phyto-benthos (M&P) wird als mäßig und die QK Makrozoobenthos (MZB) als gut eingestuft. Die Morphologie wird als mäßig und der Versauerungszustand als gut klassifiziert. Der chemische Zustand wird durch die Überschreitung der Umweltqualitätsnorm für Benzo(a)pyren in den schlechten Zustand eingestuft.

### 9.1.2.1 Auswirkprognose

Zum jetzigen Planungsstand wird der Osterbach lediglich durch die Variante 1 in einer Tiefe von 164,31 m unterfahren. Die Differenz zur Geländehöhe beträgt 62,25 m. Auf der nächsten Planungsebene ist für die Grundwasserhaltung ein Konzept auszuarbeiten. Mit diesem ist sicherzustellen, dass sich das Vorhaben nicht auf den überliegenden OWK auswirkt.

## 9.1.3 Oberflächenwasserkörper Espe

Der Oberflächenwasserkörper Espe hat eine Länge von 8,6 km und gehört zur Flussgebietseinheit Weser. Er wird als natürliches Fließgewässer eingestuft und gehört zum Gewässertyp 5.1 Feinmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche.

Als signifikante Belastungen sind diffuse Einträge aus der Landwirtschaft, physische Veränderung von Kanal/Bett/Ufer, Veränderung durch Dämme, Querbauwerke und Schleusen, sowie anthropogene Belastungen, welche allerdings nicht genauer definiert werden können, genannt. Diese Belastungen wirken sich durch Verschmutzungen mit Chemikalien, veränderten Habitaten aufgrund morphologischer Änderungen (Durchgängigkeit) und Belastungen mit Nährstoffen und organischen Verbindungen aus.

Der ökologische Zustand des Fließgewässers wird ebenfalls in die schlechteste Zustandsklasse eingeteilt, was durch die QK Fische und die QK MZB verursacht wird. Die QK M&P wird in die mäßige Zustandsklasse eingeteilt. Bei den unterstützenden QK wird die Morphologie mit mäßig und der Versauerungszustand mit gut beschrieben. Der chemische Zustand wird durch die Überschreitung der Umweltqualitätsnorm für Benzo(a)pyren ebenfalls in den schlechten Zustand eingestuft.

### 9.1.3.1 Auswirkprognose

Die Espe wird zum einen durch die Trasse der Variante 3 gequert. Weiterhin wird zum jetzigen Planungsstand davon ausgegangen, dass das Bestandsgleis des bestehenden Streckenabschnittes westlich von Hohenkirchen verbreitert wird um die Puffergleise der Varianten 3 und 4 zu



realisieren. Daher wird davon ausgegangen, dass der bestehende Durchlass über die Espe erweitert wird.

Zum jetzigen Planungsstand wird davon ausgegangen, dass die Auswirkungen auf die biologischen und die morphologischen QK durch die Einhaltung der Vermeidungsmaßnahmen nicht zu einer Verschlechterung des ökologischen Zustands führen.

Auch für den OWK Espe gilt, dass eine Aussage zum chemischen Zustand erst möglich ist, wenn die Entwässerungsplanung vorliegt. Es ist dringend zu empfehlen den neusten Stand der Entwässerungstechnik für die Neubaustrecke anzuwenden, da auch für den OWK die UQN des Parameters Benzo(a)pyren überschritten ist.

**Tab. 23: Wirkprognose auf die Espe**

Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Verschlechterung vom ökologischen oder chemischen Zustand kann vermieden werden?
<b>Bauzeitliche Wirkung</b>			
Bauzeitliche Einträge von Ölen und Schmierstoffen sowohl während des Neubaus als auch der Erweiterung der Trasse	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Erhöhung von Schadstoffkonzentrationen nach Anlage 6 und Anlage 8 OGewV	Nutzung von biologisch abbaubaren Ölen, Ökologische Baubegleitung Auf der Baustelle ist sicherzustellen, dass ein Unfall oder ein unsachgemäßer Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vermieden wird.	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Beanspruchung des Retentionsraumes durch Baustraßen, Fällung von Bäumen entlang des Ufers der Espe beim Neubau der Trasse	Beeinträchtigung der Uferstruktur des Fließgewässers, Verschlechterung der hydromorphologischen QK, Erhöhung der Wassertemperatur durch fehlende Beschattung	Nutzung von Geoflächen um eine Beeinträchtigung des Retentionsraumes zu vermeiden, Rückbau der Baustraßen und Wiederherstellung der Vegetationsstrukturen	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Eingriff in die Sohlstruktur der Espe bei der Errichtung des Durchlasses	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose,	Umsiedlung der Makrophyten und des unbeweglichen Makrozoobenthos vor Beginn der Bauarbeiten und Wiedereinsetzung nach Fertigstellung der Bauarbeiten,  Sicherstellen der Durchgängigkeit für Fische	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Einleitung von Baugrubenwasser in den OWK sowohl während des Neubaus als auch der Erweiterung der Trasse	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Erhöhung von Schadstoffkonzentrationen nach Anlage 6 und Anlage 8 OGewV	Reinigung des Baugrubenwassers vor Einleitung in den OWK	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Erschütterungen, potentieller Eintrag von Stäuben sowohl während des	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Erhöhung von	Keine	Ja, gemäß dem Urteil des BVerwG 7 C 25.15 vom 02.11.2017 handelt es



Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Verschlechterung vom ökologischen oder chemischen Zustand kann vermieden werden?
Neubaus als auch der Erweiterung der Trasse	Schadstoffkonzentrationen nach Anlage 6 und Anlage 8 OGewV		sich beim Stoffeintrag über den Luftpfad nicht um eine Maßnahme im Sinne des §9 Abs. 2 Nr. 2 WHG, die geeignet ist dauernd nachteilige Gewässereigenschaften herbeizuführen.
<b>Anlagebedingte Wirkung</b>			
Durch die Anlage von Durchlässen - Eingriff in das Gewässer	Verkleinerung des Fließgewässerquerschnittes	Der Fließgewässerquerschnitt des Durchlasses ist so zu wählen, dass eine Verkleinerung des ursprünglichen Querschnitts vermeiden wird.	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
<b>Betriebsbedingte Wirkung</b>			
Eintrag von Schadstoffen nach Anlage 6, 7 und 8 OGewV durch Entwässerungsanlage	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Erhöhung von Schadstoffkonzentrationen nach Anlage 6, 7 und Anlage 8 OGewV	Anpassung der Entwässerungsanlage	Wahrscheinlich, ist mit der Entwässerungsanlage der Vorzugsvariante ab-zuprüfen

#### 9.1.4 Oberflächenwasserkörper Obere Ahne

Der Oberflächenwasserkörper Obere Ahne hat eine Länge von 17,00 km und gehört zur Flussgebietseinheit Weser. Er wird als natürliches Fließgewässer eingestuft und gehört zum Gewässertyp 5.1 Feinmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche.

Als signifikante Belastungen sind kommunales Abwasser, diffuse Einträge aus der Landwirtschaft, physische Veränderung von Kanal/Bett/Ufer, Veränderung durch Dämme, Querbauwerke und Schleusen, sowie anthropogene Belastungen, welche allerdings nicht genauer definiert werden können, genannt. Diese Belastungen wirken sich durch Verschmutzungen mit Chemikalien, veränderten Habitaten aufgrund morphologischer Änderungen (Durchgängigkeit) und Belastungen mit Nährstoffen und organischen Verbindungen aus.

Der ökologische Zustand des Fließgewässers wird, durch die Bewertung des MZB in die unbefriedigende Zustandsklasse eingeteilt. Die QK M&P wird in die mäßige Zustandsklasse eingeteilt. Für die QK Fische liegen keine Daten vor. Bei den unterstützenden QK wird die Morphologie mit mäßig und der Versauerungszustand mit gut beschrieben. Der chemische Zustand wird durch die Überschreitung der Umweltqualitätsnorm für Benzo(a)pyren ebenfalls in den schlechten Zustand eingestuft.

##### 9.1.4.1 Auswirkprognose

Die Obere Ahne ist durch die Variante 5, durch die Erweiterung der Bestandstrasse, um ein Puffergleis betroffen. Die potenziellen Vorhabenwirkungen werden in der folgenden Tab. 24 dargestellt. Es wird zum jetzigen Stand der Planung davon ausgegangen, dass der vorhandene Durchlass erweitert wird.





Mit der Optimierung des Bauablaufes und der Einhaltung von Vermeidungsmaßnahmen werden keine Auswirkungen auf die biologischen QK erwartet. Auch für den chemischen Zustand gilt, dass jede weitere nachweisbare Erhöhung des Parameters Benzo(a)pyren zu einer Verschlechterung des chemischen Zustandes führt. Aus diesem Grund ist ebenfalls nach Festlegung der Vorzugsvariante eine detailliertere Betrachtung erforderlich.

**Tab. 24: Wirkprognose auf die Obere Ahne**

Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Verschlechterung des ökologischen oder chemischen Zustands kann vermieden werden?
<b>Bauzeitliche Wirkung</b>			
Bauzeitliche Einträge von Ölen und Schmierstoffen	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Erhöhung von Schadstoffkonzentrationen nach Anlage 6 und Anlage 8 OGewV	Nutzung von biologisch abbaubaren Ölen, Ökologische Baubegleitung Auf der Baustelle ist sicherzustellen, dass ein Unfall oder ein unsachgemäßer Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vermieden wird.	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Fällung von Bäumen entlang des Ufers der Ahne	Beeinträchtigung der Uferstruktur des Fließgewässers, Verschlechterung der hydromorphologischen QK, Erhöhung der Wassertemperatur durch fehlende Beschattung	Nutzung von Geoflächen um eine Beeinträchtigung des Retentionsraumes zu vermeiden, Rückbau der Baustraßen und Wiederherstellung der Vegetationsstrukturen	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Einleitung von Baugrubenwasser in den OWK	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Erhöhung von Schadstoffkonzentrationen nach Anlage 6 und Anlage 8 OGewV	Reinigung des Baugrubenwassers vor Einleitung in den OWK	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Erschütterungen, potenzieller Eintrag von Stäuben	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Erhöhung von Schadstoffkonzentrationen nach Anlage 6 und Anlage 8 OGewV	Keine	Ja, gemäß dem Urteil des BVerwG 7 C 25.15 vom 02.11.2017 handelt es sich beim Schadstoffeintrag über den Luftpfad nicht um eine Maßnahme im Sinne des §9 Abs. 2 Nr. 2 WHG, die geeignet ist dauernd nachteilige Gewässereigenschaften herbeizuführen.
Eingriff in den OWK durch die Verlängerung des Durchlasses	Beeinträchtigung der Morphologie des Gewässers und davon abhängig Beeinträchtigung der aquatischen Zönose	Umsiedlung der Makrophyten und des unbeweglichen Makrozoobenthos vor Beginn der Bauarbeiten und Wiedereinsetzung nach Fertigstellung der Bauarbeiten,  Sicherstellen der Durchgängigkeit für Fische	Ja, bei Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme



Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Verschlechterung des ökologischen oder chemischen Zustands kann vermieden werden?
<b>Anlagebedingte Wirkung</b>			
Verlängerung des Durchlasses	Beeinträchtigung der Morphologie des Gewässers und davon abhängig Beeinträchtigung der aquatischen Zönose	Keine	Ja, die aquatischen Zönose in dem Gewässer abschnitt sollte sich an den bestehenden Durchlass angepasst haben. Eine Erweiterung des Durchlasses sollte kein Wanderhindernis darstellen
<b>Betriebsbedingte Wirkung</b>			
Eintrag von Schadstoffen nach Anlage 6, 7 und 8 OGewV durch Entwässerungsanlage nach Erweiterung der Trasse	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Erhöhung von Schadstoffkonzentrationen nach Anlage 6, 7 und Anlage 8 OGewV	Anpassung der Entwässerungsanlage	Wahrscheinlich ist mit der Entwässerungsanlage der Vorzugsvariante abzuprüfen

## 9.1.5 Oberflächenwasserkörper Esse

Der Oberflächenwasserkörper Esse hat eine Länge von 64,9 km und gehört zur Flussgebietseinheit Weser. Er wird als natürliches Fließgewässer eingestuft und gehört zum Gewässertyp 5.1 Feinmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche.

Als signifikante Belastungen sind kommunales Abwasser, diffuse Einträge aus der Landwirtschaft, physische Veränderung von Kanal/Bett/Ufer, Veränderung durch Dämme, Querbauwerke und Schleusen, sowie anthropogene Belastungen, welche allerdings nicht genauer definiert werden können, genannt. Diese Belastungen wirken sich durch Verschmutzungen mit Chemikalien, veränderten Habitaten aufgrund morphologischer Änderungen (Durchgängigkeit) und Belastungen mit Nährstoffen und organischen Verbindungen aus.

Der ökologische Zustand des Fließgewässers wird, durch die Bewertung des MZB und der Fische in die unbefriedigende Zustandsklasse eingeteilt. Die QK M&P wird in die mäßige Zustandsklasse eingeteilt. Hinsichtlich der unterstützenden QK wird die Morphologie mit mäßig und der Versauerungszustand mit gut beschrieben. Der chemische Zustand wird durch die Überschreitung der Umweltqualitätsnorm für Benzo(a)pyren ebenfalls in den schlechten Zustand eingestuft.

### 9.1.5.1 Auswirkprognose

Die Esse wird durch das Vorhaben nicht direkt beansprucht. Gemäß den aktuellen Planungsstand liegen allerdings zwischen der Esse und den geplanten Puffergleises der Varianten 1 und 2 in der kürzesten Distanz nur 130 m. Daher können sowohl bauzeitliche Auswirkungen als auch betriebsbedingte Auswirkungen durch die Entwässerung nicht ausgeschlossen werden. Auch für die Esse gilt, durch die Einhaltung von Vermeidungsmaßnahmen führen baubedingte Auswirkungen nicht zu einer Verschlechterung des ökologischen Zustandes, während bei einer geplanten Entwässerung der Trasse in den OWK eine Abschätzung erst nach Fertigstellung des Entwässerungskonzeptes erfolgen kann.



**Tab. 25: Wirkprognose auf die Esse**

Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Verschlechterung des ökologischen oder chemischen Zustands kann vermieden werden?
<b>Bauzeitliche Wirkung</b>			
Potenzieller Eintrag von Stäuben	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Erhöhung von Schadstoffkonzentrationen nach Anlage 6 und Anlage 8 OGewV	Keine	Ja, gemäß dem Urteil des BVerwG 7 C 25.15 vom 02.11.2017 handelt es sich beim Schadstoffeintrag über den Luftpfad nicht um eine Maßnahme im Sinne des §9 Abs. 2 Nr. 2 WHG, die geeignet ist dauernd nachteilige Gewässereigenschaften herbeizuführen.
<b>Anlagebedingte Wirkung</b>			
keine			
<b>Betriebsbedingte Wirkung</b>			
Eintrag von Schadstoffen nach Anlage 6, 7 und 8 OGewV durch Entwässerungsanlage bei Einleitung in die OWK	Beeinträchtigung der aquatischen Zönose, Erhöhung von Schadstoffkonzentrationen nach Anlage 6, 7 und Anlage 8 OGewV	Anpassung der Entwässerungsanlage	Wahrscheinlich ist mit der Entwässerungsanlage der Vorzugsvariante abzuprüfen

### 9.1.6 Grundwasserkörper DEHE\_4\_1043 - 4290\_5201

Der Grundwasserkörper 4290\_5201, mit einer Größe von 371,4 km<sup>2</sup> erstreckt sich über die Bundesländer Hessen und Niedersachsen. Er wird nicht zur Trinkwassernutzung herangezogen. Es wurde sowohl der gute chemische als auch der gute mengenmäßige Zustand bereits erreicht.

#### 9.1.6.1 Auswirkprognose

Der Grundwasserkörper wird durch Varianten 1 bis 3 beansprucht. Dabei sind für die Auswirkprognose vorwiegend die Tunnelbauwerke zu beachten. In der folgenden Tab. 26 werden die Vorhabenauswirkungen und Bestandteile dargestellt.

Es wird ersichtlich, dass für die oberirdische Linienführung unter Einhaltung der Vermeidungsmaßnahmen, mit dem jetzigen Planungsstand keine Verschlechterung zu erwarten ist. Für die Tunnelabschnitte können zum jetzigen Planungsstand Verschlechterungen trotz Vermeidungsmaßnahmen nicht ausgeschlossen werden.

**Tab. 26: Wirkprognose auf den GWK 4290\_5201, 4400\_5201, 4400\_5112**

Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Verschlechterung des ökologischen oder chemischen Zustands kann vermieden werden?
<b>Bauzeitliche Wirkung</b>			



Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Verschlechterung des ökologischen oder chemischen Zustands kann vermieden werden?
Einrichtung von BE-Flächen und Baustraßen	Verminderung der Grundwasserneubildung	Lockerung der bauzeitlichen Verdichtung	Ja, unter Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Eintrag von Ölen und Schmierstoffen in Bauabschnitten mit oberirdischer Linienführung	Eintrag von Schadstoffen	Verwendung von biologisch abbaubaren Ölen  Auf der Baustelle ist sicherzustellen, dass ein Unfall oder ein unsachgemäßer Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vermieden wird.  Die Wartung und Reinigung von Baumaschinen ist auf versiegelten Flächen außerhalb der Baugruben vorzunehmen. Das Nachfüllen von Treibstoffen muss ebenfalls auf versiegelten Flächen bzw. über Auffangwannen erfolgen.	Ja, unter Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Eintrag von Ölen und Schmierstoffen in Bauabschnitten mit Tunneln	Eintrag von Schadstoffen / Gefährdung des Trinkwassers	Verwendung von biologisch abbaubaren Ölen  Auf der Baustelle ist sicherzustellen, dass ein Unfall oder ein unsachgemäßer Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vermieden wird.  Die Wartung und Reinigung von Baumaschinen ist auf versiegelten Flächen außerhalb der Tunnelbaustelle vorzunehmen. Das Nachfüllen von Treibstoffen muss ebenfalls auf versiegelten Flächen bzw. über Auffangwannen erfolgen.	Aufgrund des Durchfahrens von grundwasserführenden Schichten kann zum jetzigen Planungsstand ein Eintrag von Schadstoffen bei Havariefällen nicht ausgeschlossen werden.
Bauzeitliche Wasserhaltung bei der Bohrung der Tunnel	Veränderung der Grundwasserfließrichtung, Gefährdung des guten mengenmäßigen Zustandes	Konzept zur Wasserhaltung	Zum jetzigen Planungsstand liegt kein Konzept zur baubedingten Grundwasserhaltung vor, aus diesem Grund kann eine Verschlechterung des mengenmäßigen nicht ausgeschlossen werden.
Anschnitt des Grundwassers während des Einbringens der Ingenieurbauwerkfundamenten bei oberirdischer Trassenführung	Eintrag von Schadstoffen	Bei der Anlage der technischen Infrastruktur oder der Entwässerung ist mit dem Anschnitt von Grundwasser zu rechnen. Daher sind vor Einrichtung der Baustelle	Ja, unter Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme



Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Verschlechterung des ökologischen oder chemischen Zustands kann vermieden werden?
		technische Maßnahmen festzulegen, die einen Eintrag von Schadstoffen durch das abfließende Wasser verhindern.	
Versickerung von gelentem Grubenwasser	Eintrag von Schadstoffen	Mit Schadstoffen kontaminierte Wassermengen, welche sich in der Baugrube sammeln, dürfen nicht ohne vorherige Reinigung versickert werden	Ja, unter Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Eintrag von Bauzusatzstoffen, hydraulischen Bindemitteln oder Schadstoffen aus neu einzubringenden Böden	Eintrag von Schadstoffen	<p>Unterhalb des zeHGW/HGW dürfen nur geeignete natürliche ungebrauchte Stoffe oder Material mit der Klassifizierung ZO LAGA eingebracht werden, z.B. für die Sauberkeitsschicht, das Verfüllen von Vorbohrungen und die Baugrundverbesserung.</p> <p>Im Rahmen der Nutzung von Bindemitteln zur Stabilisation des Baugrundes müssen die gängigen DIN-Normen, wie beispielsweise DAfStb-Richtlinie zur Vermeidung von Alkalireaktionen im Beton, Zement Merkblatt S3, ARS Nr. 04/2013 oder DIN EN 14227-1 eingehalten werden.</p> <p>Im Bereich des Grundwassers sind chromatreduzierende Zemente und andere Zemente mit Chromatreduzierern zu verwenden.</p>	
<b>Anlagebedingte Wirkung</b>			
Anlage von Trassenelementen	Verminderung der Grundwasserneubildung	Entwässerungsplanung mit Versickerungsflächen planen	Eine Verschlechterung wird unter Einhaltung der Vermeidungsmaßnahmen und aufgrund der Größe des GWK mit 371,4 km <sup>2</sup> nicht erwartet
<b>Betriebsbedingte Wirkung</b>			
Eintrag von Schadstoffen nach Anlage 2 GrwV durch Versickerung	Beeinträchtigung des chemischen Zustandes	Anpassung der Entwässerungsanlage	Wahrscheinlich ist mit der Entwässerungsanlage der Vorzugsvariante abzuprüfen



## 9.1.7 Grundwasserkörper DEHE\_4\_1042 - 4290\_5112

Der Grundwasserkörper 4290\_5112, mit einer Größe von 90,4 km<sup>2</sup> wird ebenfalls nicht zur Trinkwassernutzung herangezogen. Es wurde sowohl der gute chemische als auch der gute mengenmäßige Zustand bereits erreicht.

### 9.1.7.1 Auswirkprognose

Der Grundwasserkörper 4290\_5112 ist durch die Dammlänge der Variante 3 und die Varianten 4A, 4B, 4C sowie Variante 5 betroffen.

Tab. 27: Wirkprognose auf den GWK 4290\_5112

Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Verschlechterung des ökologischen oder chemischen Zustands kann vermieden werden?
<b>Bauzeitliche Wirkung</b>			
Einrichtung von BE-Flächen und Baustraßen	Verminderung der Grundwasserneubildung	Lockerung der bauzeitlichen Verdichtung	Ja, unter Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Eintrag von Ölen und Schmierstoffen in Bauabschnitten mit oberirdischer Linienführung	Eintrag von Schadstoffen	Verwendung von biologisch abbaubaren Ölen  Auf der Baustelle ist sicherzustellen, dass ein Unfall oder ein unsachgemäßer Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vermieden wird.  Die Wartung und Reinigung von Baumaschinen ist auf versiegelten Flächen außerhalb der Baugruben vorzunehmen. Das Nachfüllen von Treibstoffen muss ebenfalls auf versiegelten Flächen bzw. über Auffangwannen erfolgen.	Ja, unter Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Eintrag von Ölen und Schmierstoffen in Bauabschnitten mit Tunneln	Eintrag von Schadstoffen / Gefährdung des Trinkwassers	Verwendung von biologisch abbaubaren Ölen  Auf der Baustelle ist sicherzustellen, dass ein Unfall oder ein unsachgemäßer Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vermieden wird.  Die Wartung und Reinigung von Baumaschinen ist auf versiegelten Flächen außerhalb der Tunnelbaustelle vorzunehmen. Das Nachfüllen von Treibstoffen muss ebenfalls auf versiegelten Flächen bzw. über Auffangwannen erfolgen.	Aufgrund der Durchführung des Tunnelbaus in nur gering grundwasserführenden Schichten kann zum jetzigen Planungsstand ein Eintrag von Schadstoffen bei Havariefällen nicht ausgeschlossen werden.



Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Verschlechterung des ökologischen oder chemischen Zustands kann vermieden werden?
Bauzeitliche Wasserhaltung bei der Bohrung der Tunnel	Veränderung der Grundwasserflussrichtung, Gefährdung des guten mengenmäßigen Zustandes	Konzept zur Wasserhaltung	Zum jetzigen Planungsstand liegt kein Konzept zur baubedingten Grundwasserhaltung vor, aus diesem Grund kann eine Verschlechterung des mengenmäßigen nicht ausgeschlossen werden.
Anschnitt des Grundwassers während des Einbringens der Ingenieurbauwerkfundamenten bei oberirdischer Trassenführung	Eintrag von Schadstoffen	Bei der Anlage der technischen Infrastruktur oder der Entwässerung ist mit dem Anschnitt von Grundwasser zu rechnen. Daher sind vor Einrichtung der Baustelle technische Maßnahmen festzulegen, die einen Eintrag von Schadstoffen durch das abfließende Wasser verhindern.	Ja, unter Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Versickerung von gelenztem Grubenwasser	Eintrag von Schadstoffen	Mit Schadstoffen kontaminierte Wassermengen, welche sich in der Baugrube sammeln, dürfen nicht ohne vorherige Reinigung versickert werden	Ja, unter Einhaltung der Vermeidungsmaßnahme
Eintrag von Bauzusatzstoffen, hydraulischen Bindemitteln oder Schadstoffen aus neu einzubringenden Böden	Eintrag von Schadstoffen	<p>Unterhalb des zeHGW/HGW dürfen nur geeignete natürliche ungebrauchte Stoffe oder Material mit der Klassifizierung ZO LAGA eingebracht werden, z.B. für die Sauberkeitsschicht, das Verfüllen von Vorbohrungen und die Baugrundverbesserung.</p> <p>Im Rahmen der Nutzung von Bindemitteln zur Stabilisation des Baugrundes müssen die gängigen DIN-Normen, wie beispielsweise DAfStb-Richtlinie zur Vermeidung von Alkalireaktionen im Beton, Zement Merkblatt S3, ARS Nr. 04/2013 oder DIN EN 14227-1 eingehalten werden.</p> <p>Im Bereich des Grundwassers sind chromatarmer Zemente und andere Zemente mit Chromatreduzierern zu verwenden.</p>	



Vorhaben	Wirkung	Vermeidungsmaßnahmen	Verschlechterung des ökologischen oder chemischen Zustands kann vermieden werden?
<b>Anlagebedingte Wirkung</b>			
Anlage von Trassenelementen	Verminderung der Grundwasserneubildung	Entwässerungsplanung mit Versickerungsflächen planen	Eine Verschlechterung wird unter Einhaltung der Vermeidungsmaßnahmen und aufgrund der Größe des GWK mit 90,4 km <sup>2</sup> nicht erwartet
<b>Betriebsbedingte Wirkungen</b>			
Eintrag von Schadstoffen nach Anlage 2 GrwV durch Versickerung	Beeinträchtigung des chemischen Zustandes	Anpassung der Entwässerungsanlage	Wahrscheinlich, ist mit der Entwässerungsanlage der Vorzugsvariante ab-zuprüfen

### 9.1.8 Grundwasserkörper DEHE\_4\_2603 – 4400\_5201 und Grundwasserkörper DEHE\_4\_2602 – 4400\_5112

Der Grundwasserkörper 4400\_5201, mit einer Größe von 187,6 km<sup>2</sup> wird ebenfalls nicht zur Trinkwassernutzung herangezogen. Es wurde sowohl der gute chemische als auch der gute mengenmäßige Zustand bereits erreicht.

Der Grundwasserkörper 4400\_5112, mit einer Größe von 459,3 km<sup>2</sup> wird ebenfalls nicht zur Trinkwassernutzung herangezogen. Es wurde sowohl der gute chemische als auch der gute mengenmäßige Zustand bereits erreicht.

Der Grundwasserkörper 4400\_5112 ist durch Tunnelabschnitte der Varianten 1 und 2 sowie die oberirdische Linienführung betroffen. Der Grundwasserkörper 4400\_5201 wird durch einen Tunnelabschnitt der Variante 2 tangiert. Die Auswirkprognose ist gleich der Auswirkprognose des GWK 4290\_5201 (vgl. 9.1.6) und wird zur Vermeidung von Dopplungen an dieser Stelle nicht nochmal aufgeführt.

### 9.1.9 Bewertung

#### Oberflächenwasserkörper

Hinsichtlich der Auswirkungen auf die berichtspflichtigen Oberflächenwasserkörper ist festzustellen, dass durch die Einhaltung der Vermeidungsmaßnahmen keine der Varianten einen Verschlechterungstatbestand auslöst. Daher werden zur Bewertung ebenfalls die Anzahl der durch die entsprechende Variante betroffenen berichtspflichtigen OWK herangezogen.

Es wird ersichtlich, dass die Variante 1 drei berichtspflichtige OWK tangiert während die Varianten 4A,4B und 4C und 5 lediglich einen OWK betreffen.





**Tab. 28: Bewertung der Varianten über die berichtspflichtigen Oberflächenwasserkörper**

Variante	Betroffener OWK	Anzahl der betroffenen Fließgewässer	Bewertung
Variante 1	Fulda Osterbach Esse	3	3
Variante 2	Fulda Esse	2	2
Variante 3	Fulda Espe	2	2
Variante 4A	Espe	1	1
Variante 4B	Espe	1	1
Variante 4C	Espe	1	1
Variante 5	Oberer Ahne	1	1

Grundwasserkörper

Nicht alle Auswirkungen der einzelnen Varianten auf die Grundwasserkörper nach WRRL können zum jetzigen Planungsstand durch Vermeidungsmaßnahmen vermindert werden. Insbesondere die Auswirkungen durch die Tunnel müssen bei Vorliegen eines Konzepts zur Bauwasserhaltung sowie für den Havariefall nochmals überprüft werden. Es ist hier nochmal hervorzuheben, dass die Tunnelbauwerke der Varianten 1-3 gemäß FREILING (2019) durch eine grundwasserführende Schicht geführt werden, während die Tunnelabschnitte der Varianten 4 und 5 durch eine geringleitende Schicht geführt werden, welche im Havariefall die Trinkwasserressourcen wenige gefährdet. Eine Bewertung hinsichtlich der Auswirkungen auf die Varianten auf die berichtspflichtigen Grundwasserkörper erfolgt über die prozentuale Flächenbeanspruchung des GWK durch die einzelnen Varianten (vgl. Tab. 29). Dabei wurde der zum jetzigen Planungsstand bekannte Flächenanspruch ins Verhältnis zur Fläche der Grundwasserkörper gesetzt.

Hierbei zeigt sich, dass der Grundwasserkörper 4290\_5112 mit einer Größe von 90,4 km<sup>2</sup> die geringste Fläche besitzt. Da die Varianten 4 A-C und 5 nur über diesem Grundwasserkörper geplant werden, verursachen diese den größten Flächenanspruch für den GWK. Die Varianten 1 und 2 hingegen erstrecken sich in kleineren Abschnitten über mehrere Grundwasserkörper.

Somit besitzen die Varianten 1 und 2 den geringsten Einfluss auf die GWK im UR und die Variante 4c den Größten.

**Tab. 29: Bewertung der Varianten über die berichtspflichtigen Grundwasserkörper**

Variante	Beanspruchung Grundwasserkörper [%]				Beanspruchung gesamt	Bewertung
	4290_5112	4290_5201	4400_5112	4400_5201		
Variante 1	0,00	0,03	0,0002	0,03	0,06	2
Variante 2	0,00	0,02	0,002	0,03	0,05	1



Variante	Beanspruchung Grundwasserkörper [%]				Beanspruchung gesamt	Bewertung
	4290_5112	4290_5201	4400_5112	4400_5201		
Variante 3	0,05	0,03	0,00	0,00	0,08	3
Variante 4A	0,09	0,00	0,00	0,00	0,09	4
Variante 4B	0,14	0,00	0,00	0,00	0,14	6
Variante 4C	0,18	0,00	0,00	0,00	0,18	7
Variante 5	0,09	0,00	0,00	0,00	0,09	4

## 10 Grundwasserhaltung

Zur Grundwasserhaltung können zum jetzigen Planungsstand keine relevanten Aussagen getroffen werden. Durch die langen Tunnelabschnitte und das Durchfahren von Grundwasserführenden Schichten ist für die Varianten 1 und 2 mehr Aufwand bei der Wasserhaltung zu erwarten als für die Varianten 3, 4A, b, c. Lediglich bei der Variante 5 wird durch den Trassenverlauf nicht ins Grundwasser eingegriffen und eine Wasserhaltung entfällt.

## 11 Überschlägige Bewertung

In der folgenden Tab. 30 werden Bewertungen der einzelnen Varianten gegeneinander dargestellt aufsummiert und die hydro(geo)logische Vorzugsvariante ermittelt.

Die Variante 5 konnte hydro(geo)logisch als die Vorzugsvariante ermittelt werden. Dies kann vor allem mit den fehlenden Tunneln und den damit verbundenen nicht vorhandenen Auswirkungen auf das Grundwasser erklärt werden.

Die Variante 3 wurde als am ungeeignetsten ermittelt, da durch den langen Tunnelabschnitt viele Vorhabenwirkungen zu erwarten sind, welche durch Vermeidungsmaßnahmen kompensiert werden müssten. Dies gilt auch für die Varianten 1 und 2.

**Tab. 30: Zusammenfassende Darstellung der Auswirkprognose**

Wirkfaktor/ Gegebenheit	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4A	Variante 4B	Variante 4C	Variante 5
Länge der Tunnelemente	7	6	5	2	4	3	1
Schutzpotential der Grundwasserüberdeckung	7	6	5	4	2	2	1
Durchlässigkeiten	3	6	7	2	3	3	1
Betroffenheit von Wasserschutzgebieten	4	4,6	3,6	4	2,6	3	1,6
Bewertung der Entwässerung	2	6	5	7	4	3	1
Anzahl der gequerten Fließgewässer	6	4	7	4	2	2	1
Anzahl betroffener berichtspflichtiger OWK nach WRRL	3	2	2	1	1	1	1



Wirkfaktor/ Gegebenheit	Vari- ante 1	Vari- ante 2	Vari- ante 3	Variante 4A	Variante 4B	Variante 4C	Vari- ante 5
<b>GWK nach WRRL</b>	2	1	3	4	6	7	4
<b>Gesamtbewertung</b>	4,3	4,5	4,7	3,5	3,1	3,0	1,5

## 12 Hydrogeologischer Erkundungsbedarf

Zur Bestimmung der konkreten hydrogeologischen Verhältnisse entlang der Trassen sollten neue Grundwassermessstellen gerichtet werden. Die Messstellentiefe sollte in Anhängigkeit vom Grundwasserstand und der Bauwerkstiefe festgelegt werden. Auf Streckenabschnitten mit Trog- und Tunnelbauwerken, sind Bohrungen bis deutlich unter die Bauwerkssohle bzw. Baugrube ab zu teufen. Die Filterstrecke sollte mindestens 5 m in das Grundwasser reichen. Dabei sind die gängigen technischen Regelwerke zu beachten.

Mithilfe der Erkundungsbohrungen und Grundwassermessstellen kann die Barrierewirkung der Tunnelbauwerke auf die Grundwasserströmung ermittelt, die Erstellung von Grundwasserisohypsenplänen und Plänen zum Grundwasserflurabstand ermittelt werden. Diese bilden die Grundlage für die spätere Planung und eine detailliertere Auswirkprognose.

Die einzuholenden wasserrechtlichen Genehmigungen orientieren sich an den konkreten Problemen und Fragestellungen nach der Auswahl der Vorzugsvariante. Als mögliche Beispiel gelten im Folgenden:

- Antrag auf Befreiung von Verboten der Wasserschutzgebietsverordnung
- Wasserrechtliche Erlaubnis nach §8 WHG für bauzeitliche Gewässerbenutzung
- Wasserrechtliche Erlaubnis nach §8 WHG für das Einleiten von Abwässern in ein Gewässer (Außerhalb des TWSG)



## 13 Literatur und Quellen

### **AD-HOC-HYDROGEOLOGIE (2016):**

Regionale Hydrogeologie von Deutschland -Die Grundwasserleiter: Verbreitung, Gesteine, Lagerungsverhältnisse, Schutz und Bedeutung. – Geol. Jb., A 163: 456 S., 264 Abb.; Hannover

### **BAFG – BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (2020):**

Geoportal zur WRRL mit Steckbriefen zu berichtspflichtigen Fließgewässern.  
<https://geoportal.bafg.de/mapapps/resources/apps/WKSB/index.html?lang=de> [Zugriff: 24.03.2020]

### **BERTHOLD ET AL. – BERTHOLD G., FRITSCHKE J-G., THOMAS A., HERRMANN F., KUNKEL R., UND WENDLAND F. (2011):**

Konzeptionelles hydrogeologisches Modell zur zeitlichen Bewertungen von Maßnahmenprogrammen für die EU-WRRL in Hessen („Verweilzeiten-modell Hessen“), Jahresbericht 2011, [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/das\\_hlug/jahresbericht/2011/jb2011\\_047-054\\_W4\\_Berthold\\_et\\_al\\_final.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/das_hlug/jahresbericht/2011/jb2011_047-054_W4_Berthold_et_al_final.pdf) [Zugriff 24.09.2020]

### **BGR – BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2020):**

Geoviewer Hydrogeologischen Fragestellungen, Download von Geodaten zur Thematik  
<https://geoviewer.bgr.de/mapapps4/resources/apps/geoviewer/index.html?lang=de> [Zugriff: 24.03.2020]

### **BGR – BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2020B):**

Angaben zum Schutzz Potenzial der Grundwasserüberdeckung  
[https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/Projekte/abgeschlossen/Beratung/Sgwu/sgwu\\_projektbeschr.html](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/Projekte/abgeschlossen/Beratung/Sgwu/sgwu_projektbeschr.html) [Zugriff: 24.03.2020]

### **BUWAL – BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT (1998):**

Vollzug Umwelt, Wegleitung zur Umsetzung des Grundwasserschutzes bei Untertagebauten, Zürich

### **FREILING, HJ (2019):**

Erläuterungen zur den Geologischen Verhältnissen an den Varianten 1 bis 5 der ABS Paderborn – Halle / Kurve Kassel; Stand 17.12.2019

### **FRITSCHKE, H.-G., HEMFLER, M., KÄMMERER, D., LEBMANN B., MITTELBACH G., PETERS A., PÖSCHL W., RUMOHR S. & SCHLÖSSER-KLUGER I. (2003):**

Beschreibung der hydrogeologischen Teilräume von Hessen gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL), Geol. Jb. Hessen 130: 5–19, 1 Abb.; Wiesbaden 2003,

### **HERMANN, F., VOIGT, H.-J., NIESCHE, H. UND WENDLAND, F. (2010):**

Entwicklung einer Methodik zur großräumigen Modellierung von Grundwasserdruckflächen am Beispiel der Grundwasserleiter des Bundeslandes Hessen, im Rahmen des Forschungsauftrags des Forschungszentrum Jülich GmbH:



Konzeptionelles hydrogeologisches Modell für das Grundwassermonitoring in Hessen; Endbericht

**HLNUG (2020):**

WRRL Hessen – Geoportal zu Themen der EG-WRRL, Nachrichtliche Übernahme der Grundwasserkörper,  
<http://wrrl.hessen.de/mapapps/resources/apps/wrrl/index.html?lang=de> [Zugriff: 18.05.2020]

**HÖLTING, B. UND COLDEWEY, W G. (2013):**

Hydrogeologie, Einführung in die allgemeine und angewandte Hydrogeologie, 8. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013, 470 S.

**LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE (2020):**

NIBIS Kartenserver, Niedersächsisches Bodeninformationssystem, Lage der Grundwasseroberfläche 1:200 000 (HÜK200), Aussage zu Grundwasserganglinien in Festgesteinsgrundwasserleitern.  
<https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?TH=647> [Zugriff: 18.02.2020]

**SCHRAFT A., FRITZSCHE, J-G., HEMFLER, M., MITTELBACH G., RAMBOW, D. UND TANGERMANN H., (2002):**

Die hydrogeologischen Einheiten Nordhessens, ihre Grundwasserneubildung und ihr nutzbares Grundwasserdargebot (Ldkrs. Waldeck-Frankenberg, Kassel, Schwalm-Eder, Werra-Meißner, Hersfeld-Rotenburg, Fulda und Stadt Kassel), Geol. Jb. Hessen 129:27–53, 9 Tab., 1 Anlage; Wiesbaden 2002,

**ZRK - ZWECKVERBAND RAUM KASSEL (2007)**

Landschaftsplan, Stand 30.03.2007

**Gesetze, Verordnungen, Leitfäden**

**GRWV – VERORDNUNG ZUM SCHUTZ DES GRUNDWASSERS (GRUNDWASSERVERORDNUNG)**

Grundwasserverordnung vom 9. November 2010 (BGBl. I S. 1513), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 4. Mai 2017 (BGBl. I S. 1044) geändert worden ist

**OGEWV – VERORDNUNG ZUM SCHUTZ DER OBERFLÄCHENGEWÄSSER (OBERFLÄCHENGEWÄSSERVERORDNUNG)**

Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373).

**RIL 880.4010 BAUTECHNIK, VERWERTUNG VON ALTSCHOTTER**

Altschotterrichtlinie der DB AG, Stand 2003

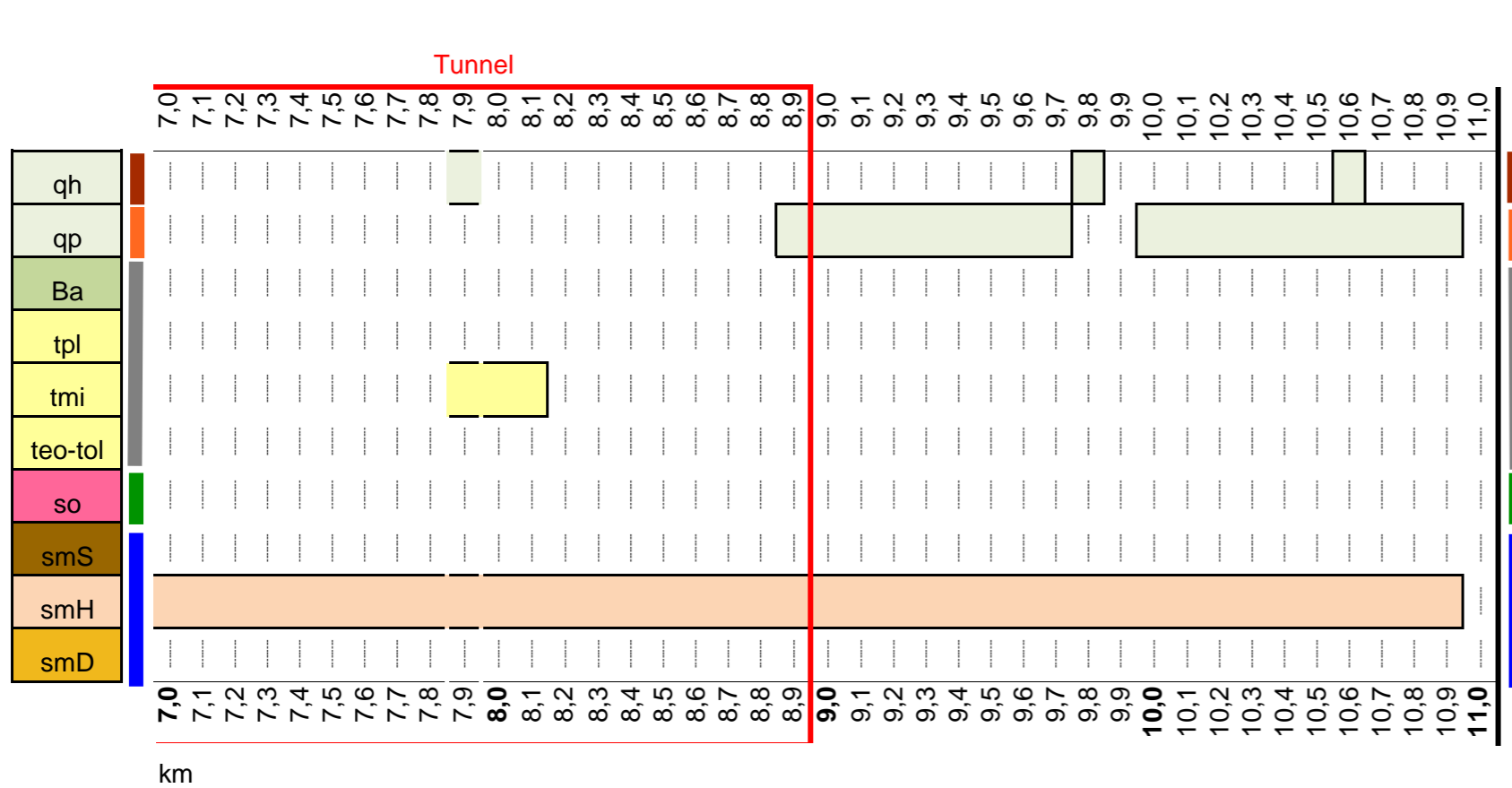
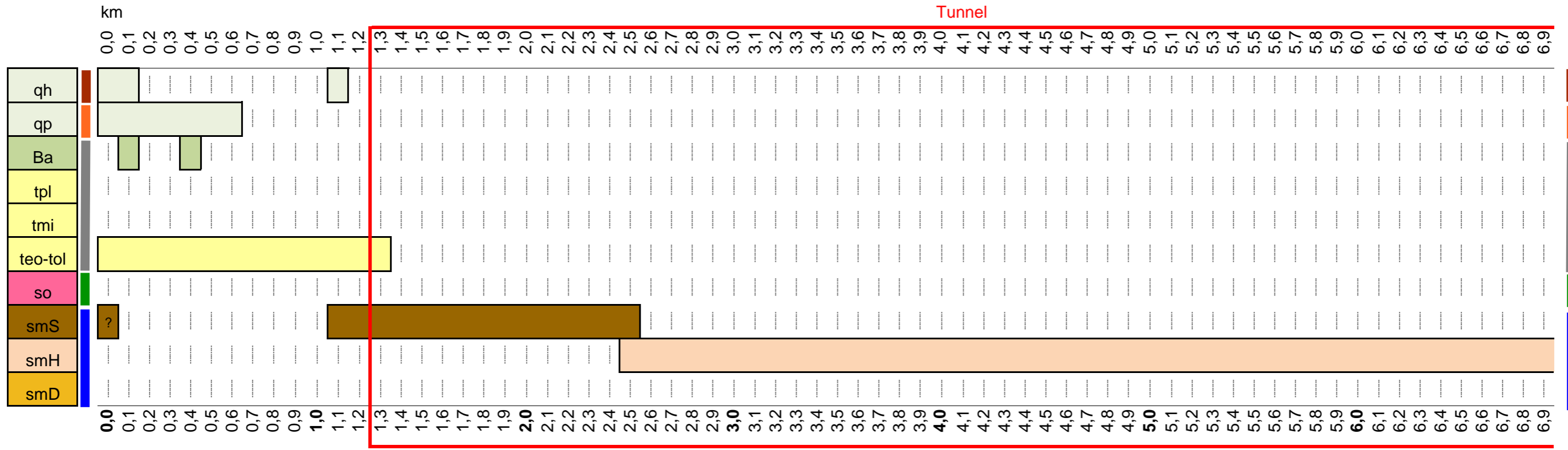


**14 Anhang**



# Anhang 1: Verteilung der im Bereich der Gradiente der 7 Varianten anzutreffenden Schichten / Gesteine mit ihrer hydrogeologischen Bedeutung

## Verteilung der im Bereich der Gradiente der Variante 1 anzutreffenden Schichten / Gesteine



hydrogeologische Bedeutung nach Schraft et al. (2002)

- hydrogeologisch unbedeutend
- Grundwasserleiter von lokaler Bedeutung
- Grundwasservorkommen von lokaler Bedeutung
- Grundwassergeringleiter
- Grundwasserleiter

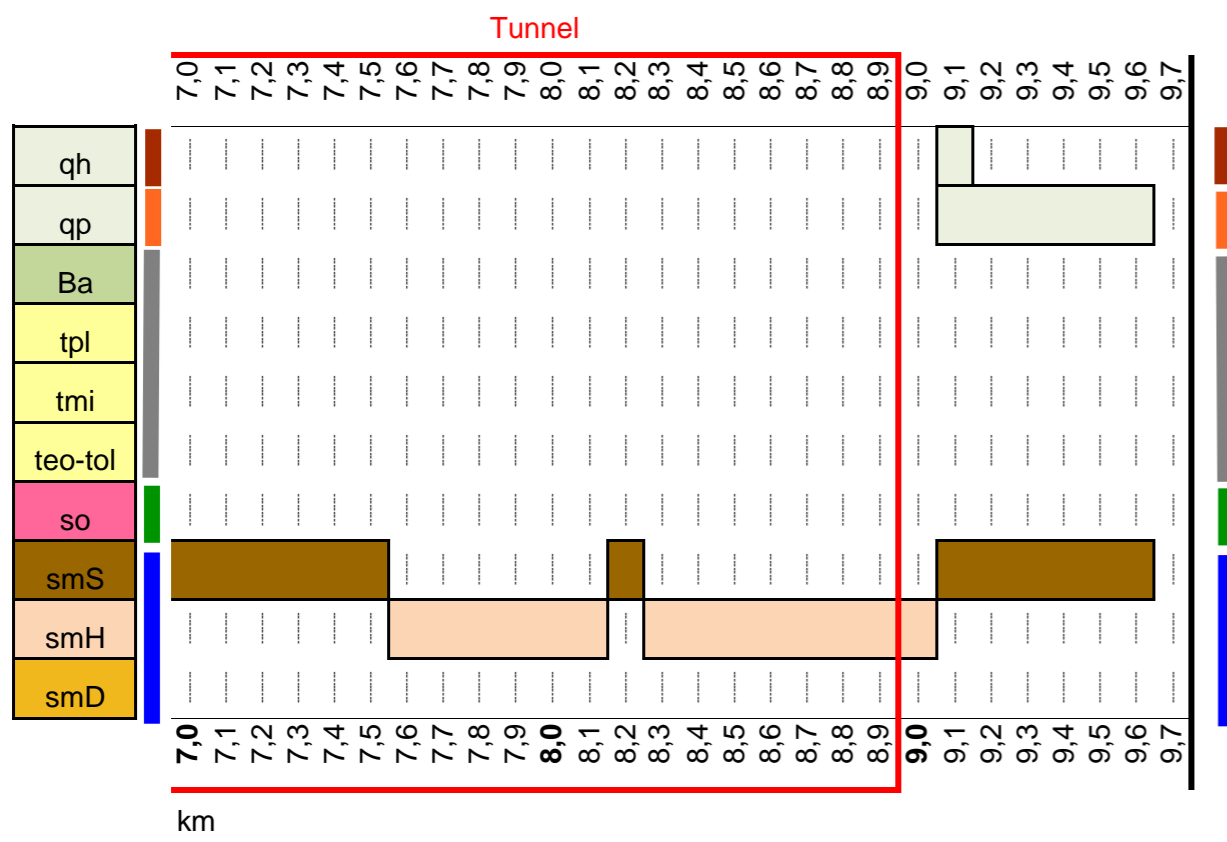
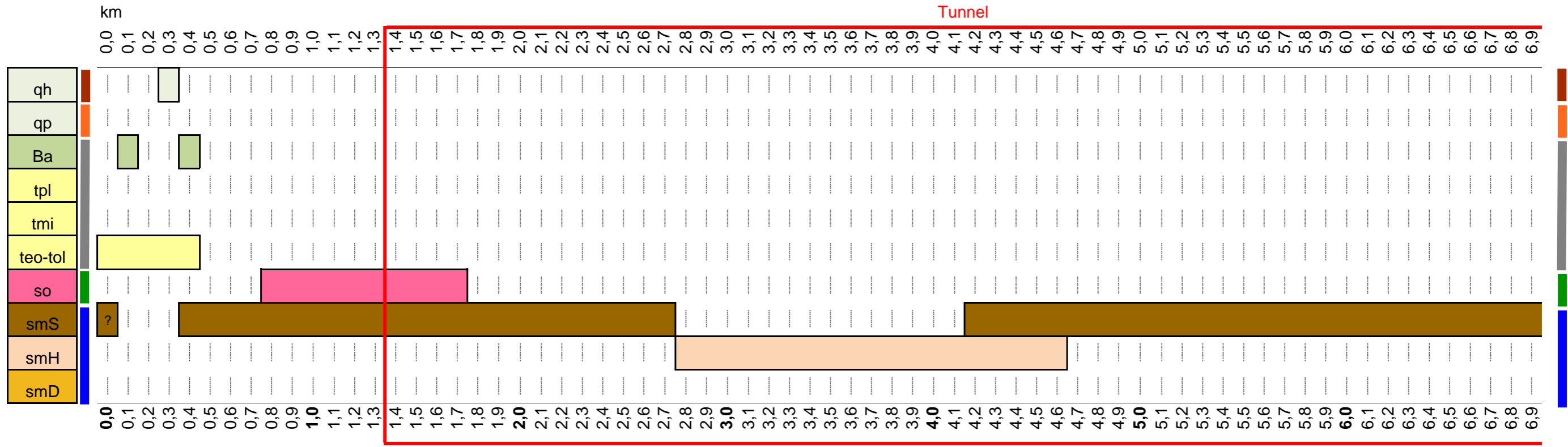
**Kurzbeschreibung der anzutreffenden Schichten:**

qh	Quartär / Holozän	Flussaufschüttungen; Lehm, Sand und schluffiger Ton, örtl. mit Geröllen, z.T. humos	0 m
qp	Quartär / Pleistozän	Löß, meist entkalkt und verlehmt; Schluff, schwach feinsandig - tonig	100 m
Ba	Tertiär-Basalte / Miozän-Pliozän	Basalt (Schlot, Gang), Tuff	0 m
tpl	Tertiär-Sedimente / Pliozän	Heller Quarzsand mit Grobkieslagen, Ton und Schluff	0 m
tmi	Tertiär-Sedimente / Miozän	Quarzsand, Ton und Braunkohle, z.T. Kies	200 m
teo-tol	Tertiär-Sedimente / Eozän-Oligozän	Gelber Sand mit Ton, Braunkohle und Brauneisenstein, örtl. Quarzitblöcke	100 m
so	Trias / Ob. Buntsandstein / Röt	Bankiger - plattiger Ton- und Mergelstein, Feinsandsteinlagen, Basis mit Residualgesteinen	0 m
smS	Trias / Mittl. Buntsandstein / Solling	Bausandstein: Mittel- bis grobkörniger Sandstein, z.T. verkieselt, wenig Tonsteinlagen	1.300 m
smH	Trias / Mittl. Buntsandstein / Hardegsen	Fein- bis Grobsandstein, Schluff- und Tonstein, z.T. quarzitisch, glimmerige Tonsteinlagen	6.400 m
smD	Trias / Mittl. Buntsandstein / Detfurth	<i>Erst in größerer Tiefe zu erwarten</i>	0 m

davon in  
Tunnel-  
abschnitten:



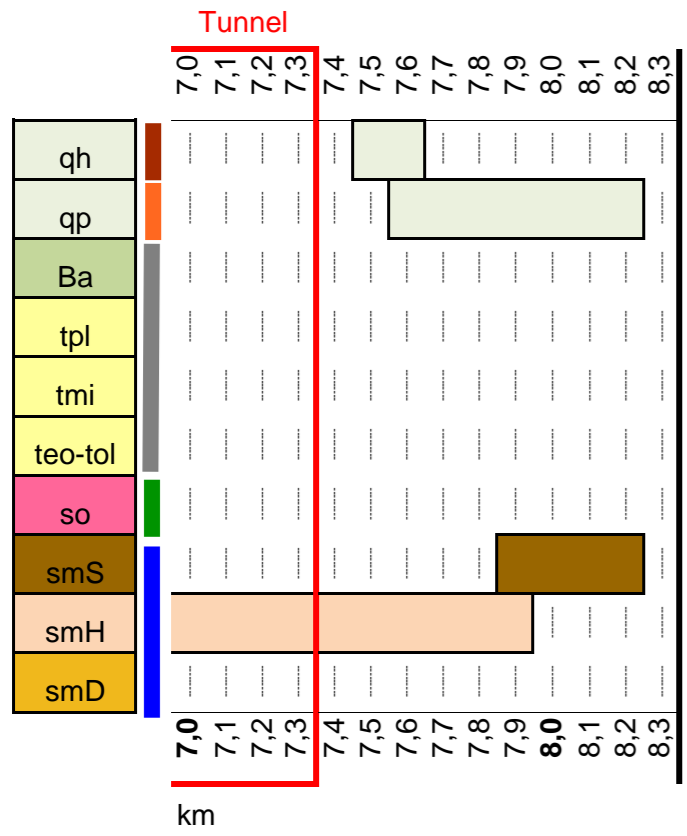
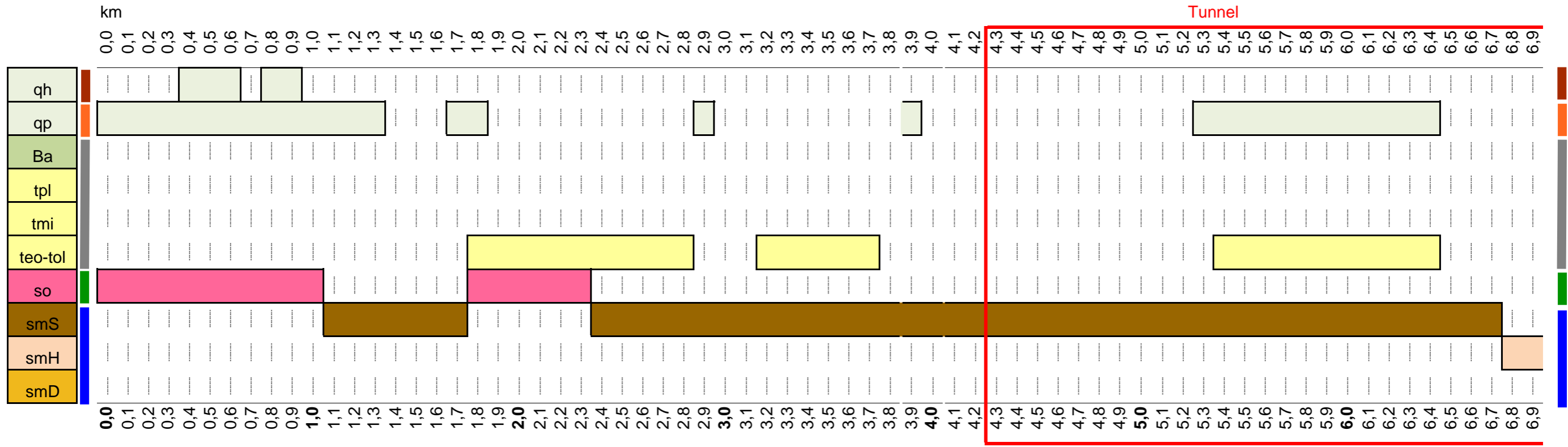
Verteilung der im Bereich der Gradiente der Variante 2 anzutreffenden Schichten / Gesteine



**Kurzbeschreibung der anzutreffenden Schichten:**

			davon in Tunnel- abschnitten:
qh	Quartär / Holozän	Flussaufschüttungen; Lehm, Sand und schluffiger Ton, örtl. mit Geröllen, z.T. humos	0 m
qp	Quartär / Pleistozän	Löß, meist entkalkt und verlehmt; Schluff, schwach feinsandig - tonig	0 m
Ba	Tertiär-Basalte / Miozän-Pliozän	Basalt (Schlot, Gang), Tuff	0 m
tpl	Tertiär-Sedimente / Pliozän	Heller Quarzsand mit Grobkieslagen, Ton und Schluff	0 m
tmi	Tertiär-Sedimente / Miozän	Quarzsand, Ton und Braunkohle, z.T. Kies	0 m
teo-tol	Tertiär-Sedimente / Eozän-Oligozän	Gelber Sand mit Ton, Braunkohle und Brauneisenstein, örtl. Quarzitblöcke	0 m
so	Trias / Ob. Buntsandstein / Röt	Bankiger - plattiger Ton- und Mergelstein, Feinsandsteinlagen, Basis mit Residualgesteinen	400 m
smS	Trias / Mittl. Buntsandstein / Solling	Bausandstein: Mittel- bis grobkörniger Sandstein, z.T. verkieselt, wenig Tonsteinlagen	4.900 m
smH	Trias / Mittl. Buntsandstein / Hardegsen	Fein- bis Grobsandstein, Schluff- und Tonstein, z.T. quarzitisch, glimmerige Tonsteinlagen	3.200 m
smD	Trias / Mittl. Buntsandstein / Detfurth	<i>Erst in größerer Tiefe zu erwarten</i>	0 m

Verteilung der im Bereich der Gradiente der Variante 3 anzutreffenden Schichten / Gesteine



hydrogeologische Bedeutung nach Schraft et al. (2002)

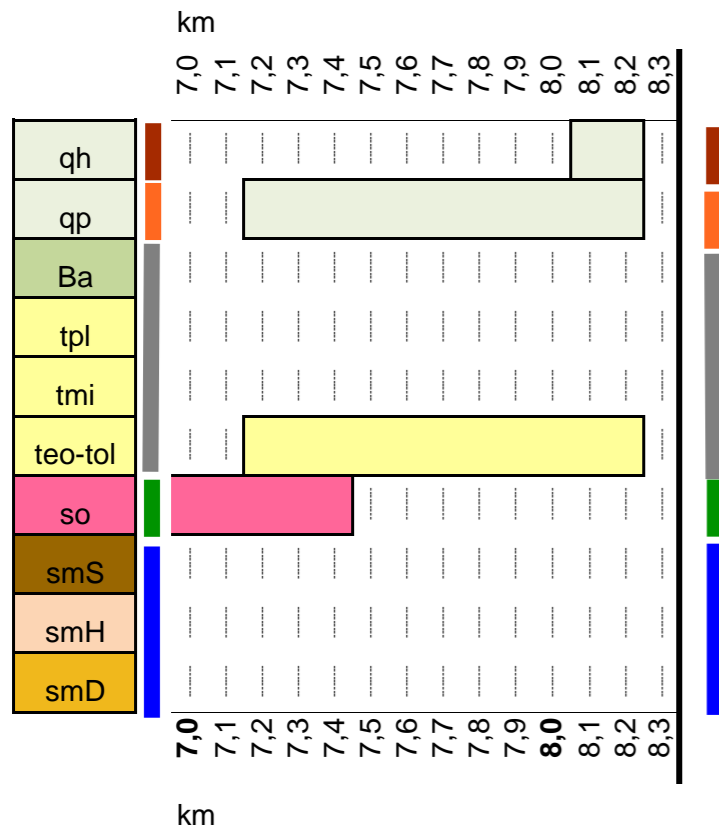
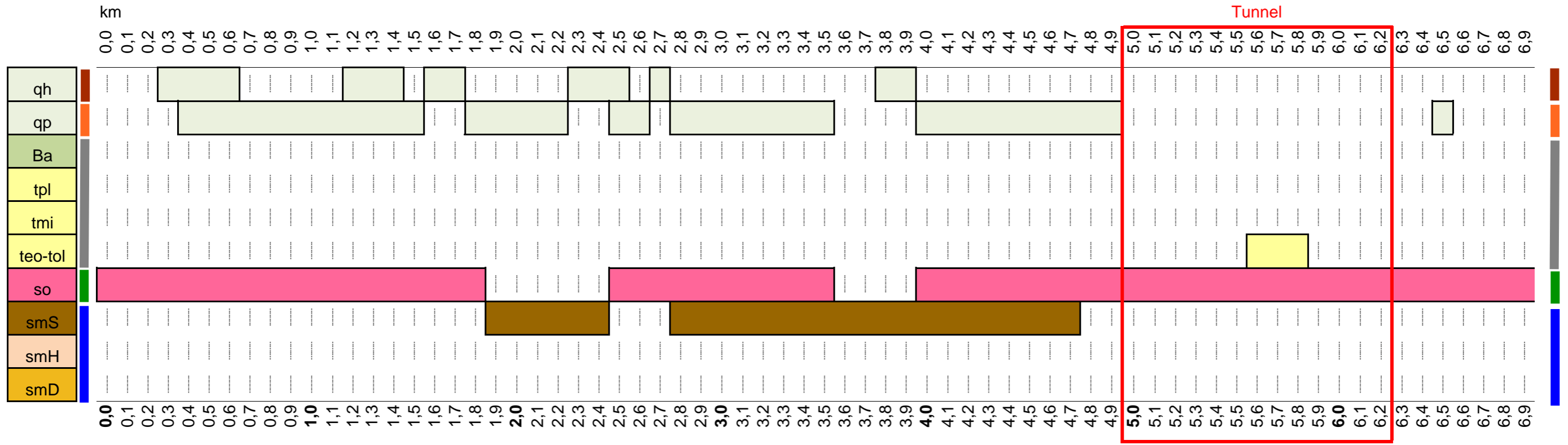
- hydrogeologisch unbedeutend
- Grundwasserleiter von lokaler Bedeutung
- Grundwasservorkommen von lokaler Bedeutung
- Grundwassergeringleiter
- Grundwasserleiter

**Kurzbeschreibung der anzutreffenden Schichten:**

davon in  
Tunnel-  
abschnitten:

qh	Quartär / Holozän	Flussaufschüttungen; Lehm, Sand und schluffiger Ton, örtl. mit Geröllen, z.T. humos	0 m
qp	Quartär / Pleistozän	Löß, meist entkalkt und verlehmt; Schluff, schwach feinsandig - tonig	100 m
Ba	Tertiär-Basalte / Miozän-Pliozän	Basalt (Schlot, Gang), Tuff	0 m
tpl	Tertiär-Sedimente / Pliozän	Heller Quarzsand mit Grobkieslagen, Ton und Schluff	0 m
tmi	Tertiär-Sedimente / Miozän	Quarzsand, Ton und Braunkohle, z.T. Kies	200 m
teo-tol	Tertiär-Sedimente / Eozän-Oligozän	Gelber Sand mit Ton, Braunkohle und Brauneisenstein, örtl. Quarzitblöcke	100 m
so	Trias / Ob. Buntsandstein / Röt	Bankiger - plattiger Ton- und Mergelstein, Feinsandsteinlagen, Basis mit Residualgesteinen	0 m
smS	Trias / Mittl. Buntsandstein / Solling	Bausandstein: Mittel- bis grobkörniger Sandstein, z.T. verkieselt, wenig Tonsteinlagen	1.300 m
smH	Trias / Mittl. Buntsandstein / Hardegsen	Fein- bis Grobsandstein, Schluff- und Tonstein, z.T. quarzitisches, glimmerige Tonsteinlagen	6.400 m
smD	Trias / Mittl. Buntsandstein / Detfurth	<i>Erst in größerer Tiefe zu erwarten</i>	0 m

Verteilung der im Bereich der Gradiente der Variante 4A anzutreffenden Schichten / Gesteine



hydrogeologische Bedeutung nach Schraft et al. (2002)

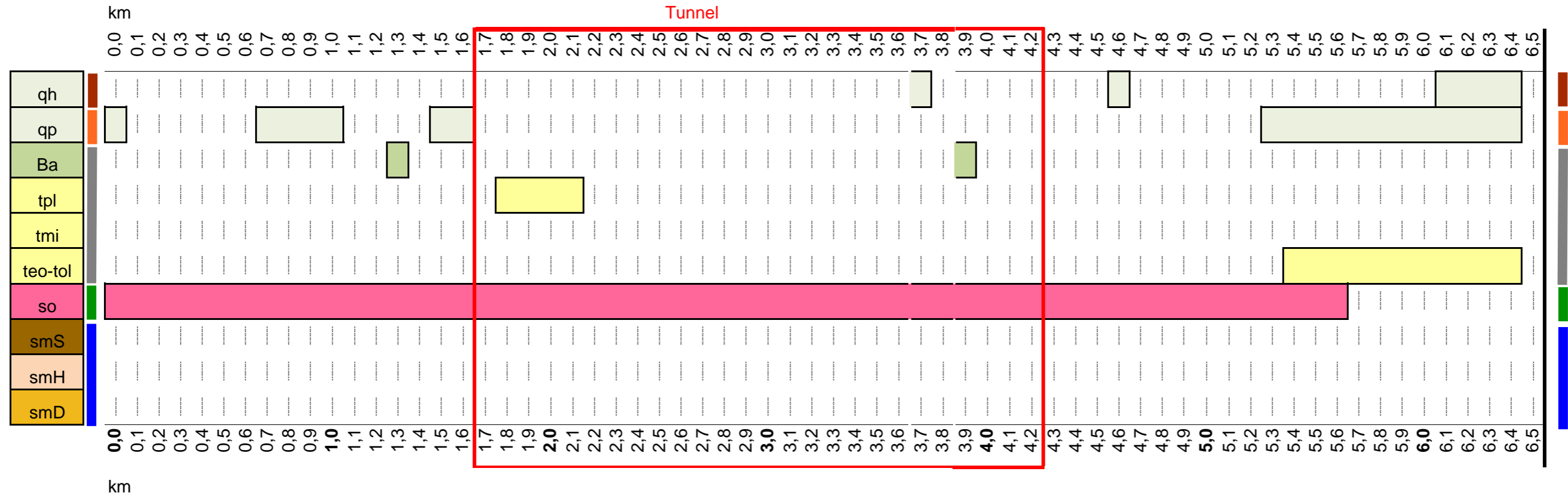
- █ hydrogeologisch unbedeutend
- █ Grundwasserleiter von lokaler Bedeutung
- █ Grundwasservorkommen von lokaler Bedeutung
- █ Grundwassergeringleiter
- █ Grundwasserleiter

**Kurzbeschreibung der anzutreffenden Schichten:**

qh	Quartär / Holozän	Flussaufschüttungen; Lehm, Sand und schluffiger Ton, örtl. mit Geröllen, z.T. humos	0 m
qp	Quartär / Pleistozän	Löß, meist entkalkt und verlehmt; Schluff, schwach feinsandig - tonig	0 m
Ba	Tertiär-Basalte / Miozän-Pliozän	Basalt (Schlot, Gang), Tuff	0 m
tpl	Tertiär-Sedimente / Pliozän	Heller Quarzsand mit Grobkieslagen, Ton und Schluff	0 m
tmi	Tertiär-Sedimente / Miozän	Quarzsand, Ton und Braunkohle, z.T. Kies	300 m
teo-tol	Tertiär-Sedimente / Eozän-Oligozän	Gelber Sand mit Ton, Braunkohle und Brauneisenstein, örtl. Quarzitblöcke	100 m
so	Trias / Ob. Buntsandstein / Röt	Bankiger - plattiger Ton- und Mergelstein, Feinsandsteinlagen, Basis mit Residualgesteinen	1.200 m
smS	Trias / Mittl. Buntsandstein / Solling	Bausandstein: Mittel- bis grobkörniger Sandstein, z.T. verkieselt, wenig Tonsteinlagen	0 m
smH	Trias / Mittl. Buntsandstein / Hardegsen	Fein- bis Grobsandstein, Schluff- und Tonstein, z.T. quarzitisch, glimmerige Tonsteinlagen	0 m
smD	Trias / Mittl. Buntsandstein / Detfurth	<i>Erst in größerer Tiefe zu erwarten</i>	0 m

davon in  
Tunnel-  
abschnitten:

Verteilung der im Bereich der Gradiente der Variante 4B anzutreffenden Schichten / Gesteine



hydrogeologische Bedeutung nach Schraft et al. (2002)

- █ hydrogeologisch unbedeutend
- █ Grundwasserleiter von lokaler Bedeutung
- █ Grundwasservorkommen von lokaler Bedeutung
- █ Grundwassergeringleiter
- █ Grundwasserleiter

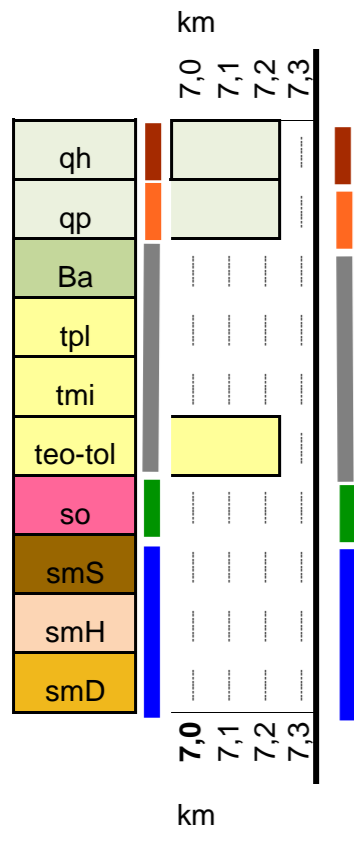
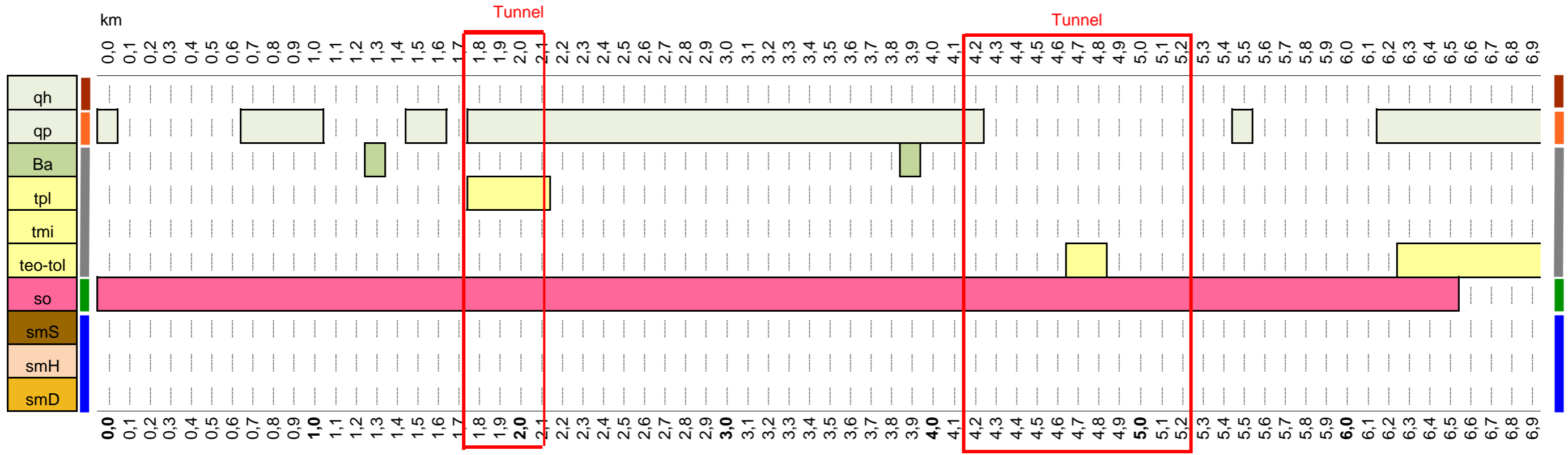
**Kurzbeschreibung der anzutreffenden Schichten:**

qh	Quartär / Holozän	Flussaufschüttungen; Lehm, Sand und schluffiger Ton, örtl. mit Geröllen, z.T. humos	0 m
qp	Quartär / Pleistozän	Löß, meist entkalkt und verlehmt; Schluff, schwach feinsandig - tonig	0 m
Ba	Tertiär-Basalte / Miozän-Pliozän	Basalt (Schlot, Gang), Tuff	100 m
tpl	Tertiär-Sedimente / Pliozän	Heller Quarzsand mit Grobkieslagen, Ton und Schluff	400 m
tmi	Tertiär-Sedimente / Miozän	Quarzsand, Ton und Braunkohle, z.T. Kies	200 m
teo-tol	Tertiär-Sedimente / Eozän-Oligozän	Gelber Sand mit Ton, Braunkohle und Brauneisenstein, örtl. Quarzitblöcke	100 m
so	Trias / Ob. Buntsandstein / Röt	Bankiger - plattiger Ton- und Mergelstein, Feinsandsteinlagen, Basis mit Residualgesteinen	2.400 m
smS	Trias / Mittl. Buntsandstein / Solling	Bausandstein: Mittel- bis grobkörniger Sandstein, z.T. verkieselt, wenig Tonsteinlagen	0 m
smH	Trias / Mittl. Buntsandstein / Hardegsen	Fein- bis Grobsandstein, Schluff- und Tonstein, z.T. quarzitisch, glimmerige Tonsteinlagen	0 m
smD	Trias / Mittl. Buntsandstein / Detfurth	<i>Erst in größerer Tiefe zu erwarten</i>	0 m

davon in  
Tunnel-  
abschnitten:



Verteilung der im Bereich der Gradiente der Variante 4C anzutreffenden Schichten / Gesteine



hydrogeologische Bedeutung nach Schraft et al. (2002)

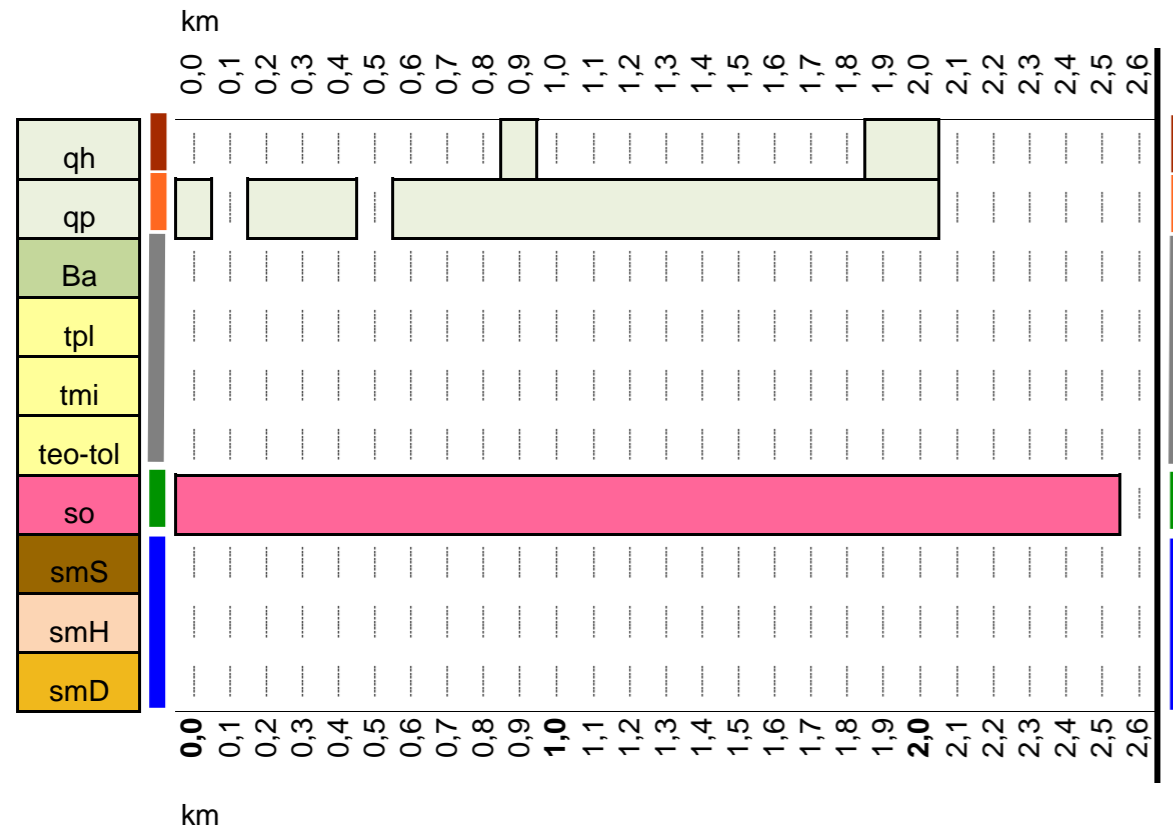
- █ hydrogeologisch unbedeutend
- █ Grundwasserleiter von lokaler Bedeutung
- █ Grundwasservorkommen von lokaler Bedeutung
- █ Grundwassergeringleiter
- █ Grundwasserleiter

**Kurzbeschreibung der anzutreffenden Schichten:**

qh	Quartär / Holozän	Flussaufschüttungen; Lehm, Sand und schluffiger Ton, örtl. mit Geröllen, z.T. humos	0 m
qp	Quartär / Pleistozän	Löß, meist entkalkt und verlehmt; Schluff, schwach feinsandig - tonig	100 m
Ba	Tertiär-Basalte / Miozän-Pliozän	Basalt (Schlot, Gang), Tuff	0 m
tpl	Tertiär-Sedimente / Pliozän	Heller Quarzsand mit Grobkieslagen, Ton und Schluff	0 m
tmi	Tertiär-Sedimente / Miozän	Quarzsand, Ton und Braunkohle, z.T. Kies	0 m
teo-tol	Tertiär-Sedimente / Eozän-Oligozän	Gelber Sand mit Ton, Braunkohle und Brauneisenstein, örtl. Quarzitblöcke	200 m
so	Trias / Ob. Buntsandstein / Röt	Bankiger - plattiger Ton- und Mergelstein, Feinsandsteinlagen, Basis mit Residualgesteinen	1.100 m
smS	Trias / Mittl. Buntsandstein / Solling	Bausandstein: Mittel- bis grobkörniger Sandstein, z.T. verkieselt, wenig Tonsteinlagen	0 m
smH	Trias / Mittl. Buntsandstein / Hardegsen	Fein- bis Grobsandstein, Schluff- und Tonstein, z.T. quarzitisch, glimmerige Tonsteinlagen	0 m
smD	Trias / Mittl. Buntsandstein / Detfurth	<i>Erst in größerer Tiefe zu erwarten</i>	0 m

davon in  
Tunnel-  
abschnitten:

Verteilung der im Bereich der Gradiente der Variante 5 anzutreffenden Schichten / Gesteine



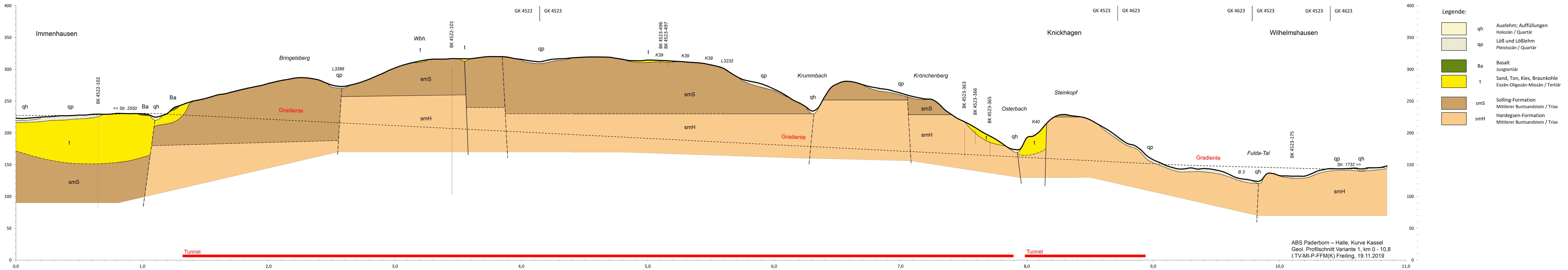
hydrogeologische Bedeutung nach Schraft et al. (2002)

- █ hydrogeologisch unbedeutend
- █ Grundwasserleiter von lokaler Bedeutung
- █ Grundwasservorkommen von lokaler Bedeutung
- █ Grundwassergeringleiter
- █ Grundwasserleiter

Kurzbeschreibung der anzutreffenden Schichten:

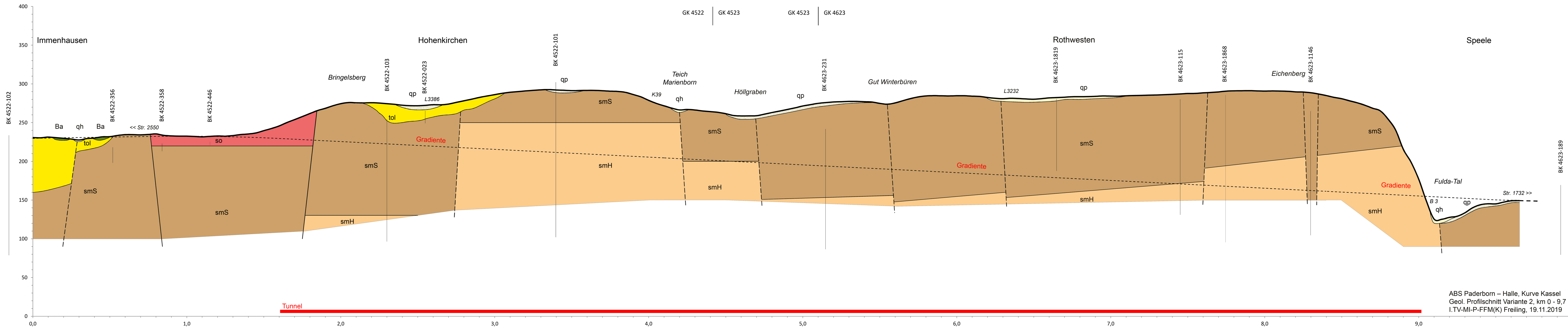
Layer Code	Geological Period	Description	davon in Tunnelabschnitten:
qh	Quartär / Holozän	Flussaufschüttungen; Lehm, Sand und schluffiger Ton, örtl. mit Geröllen, z.T. humos	-
qp	Quartär / Pleistozän	Löß, meist entkalkt und verlehmt; Schluff, schwach feinsandig - tonig	-
Ba	Tertiär-Basalte / Miozän-Pliozän	Basalt (Schlot, Gang), Tuff	-
tpl	Tertiär-Sedimente / Pliozän	Heller Quarzsand mit Grobkieslagen, Ton und Schluff	-
tmi	Tertiär-Sedimente / Miozän	Quarzsand, Ton und Braunkohle, z.T. Kies	-
teo-tol	Tertiär-Sedimente / Eozän-Oligozän	Gelber Sand mit Ton, Braunkohle und Brauneisenstein, örtl. Quarzitblöcke	-
so	Trias / Ob. Buntsandstein / Röt	Bankiger - plattiger Ton- und Mergelstein, Feinsandsteinlagen, Basis mit Residualgesteinen	-
smS	Trias / Mittl. Buntsandstein / Solling	Bausandstein: Mittel- bis grobkörniger Sandstein, z.T. verkieselt, wenig Tonsteinlagen	-
smH	Trias / Mittl. Buntsandstein / Hardegsen	Fein- bis Grobsandstein, Schluff- und Tonstein, z.T. quarzitisches, glimmerige Tonsteinlagen	-
smD	Trias / Mittl. Buntsandstein / Detfurth	<i>Erst in größerer Tiefe zu erwarten</i>	-

Anhang 1: Darstellung der Längsschnitte der 7 Variante



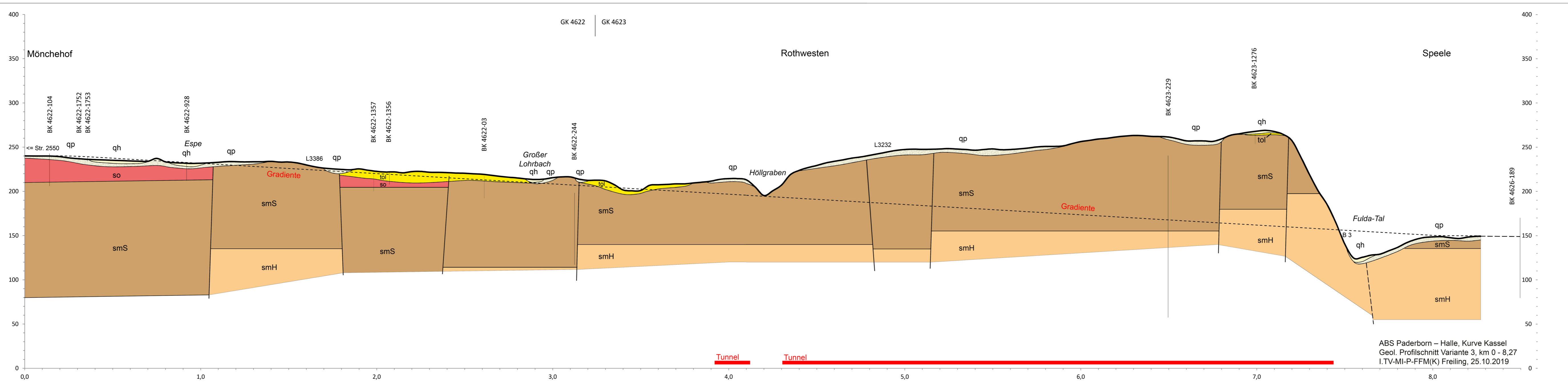
- Legende:**
- qh Auelehm; Auffüllungen  
Holozän / Quartär
  - qp Löß und Lößlehm  
Pleistozän / Quartär
  - Ba Basalt  
Jungtertiär
  - t Sand, Ton, Kies, Braunkohle  
Eozän-Oligozän-Miozän / Tertiär
  - smS Solling-Formation  
Mittlerer Buntsandstein / Trias
  - smH Hardegsen-Formation  
Mittlerer Buntsandstein / Trias

ABS Paderborn – Halle, Kurve Kassel  
 Geol. Profilschnitt Variante 1, km 0 - 10,8  
 I.TV-MI-P-FFM(K) Freiling, 19.11.2019



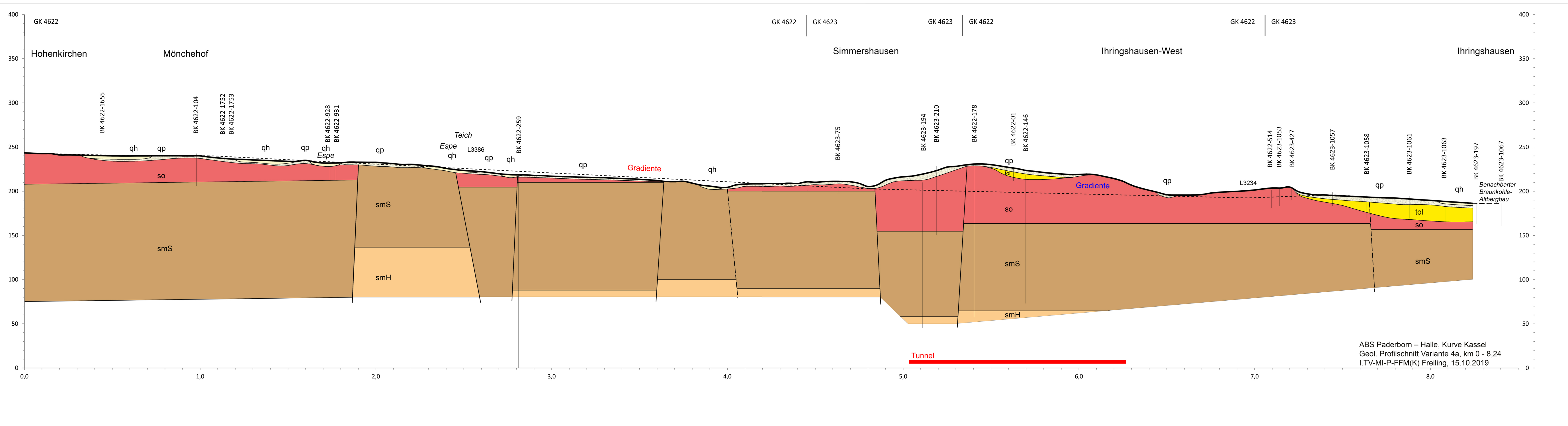
- Legende:**
- qh Auelehm; Auffüllungen  
Holozän / Quartär
  - qp Löß und Lößlehm  
Pleistozän / Quartär
  - Ba Basalt (Schlote)  
Jungtertiär
  - tol Ton, Sand, Kies, Braunkohle  
Oligozän / Tertiär
  - so Röt-Formation  
Oberer Buntsandstein / Trias
  - smS Solling-Formation  
Mittlerer Buntsandstein / Trias
  - smH Hardegsen-Formation  
Mittlerer Buntsandstein / Trias

ABS Paderborn – Halle, Kurve Kassel  
 Geol. Profilschnitt Variante 2, km 0 - 9,7  
 I.TV-MI-P-FFM(K) Freiling, 19.11.2019



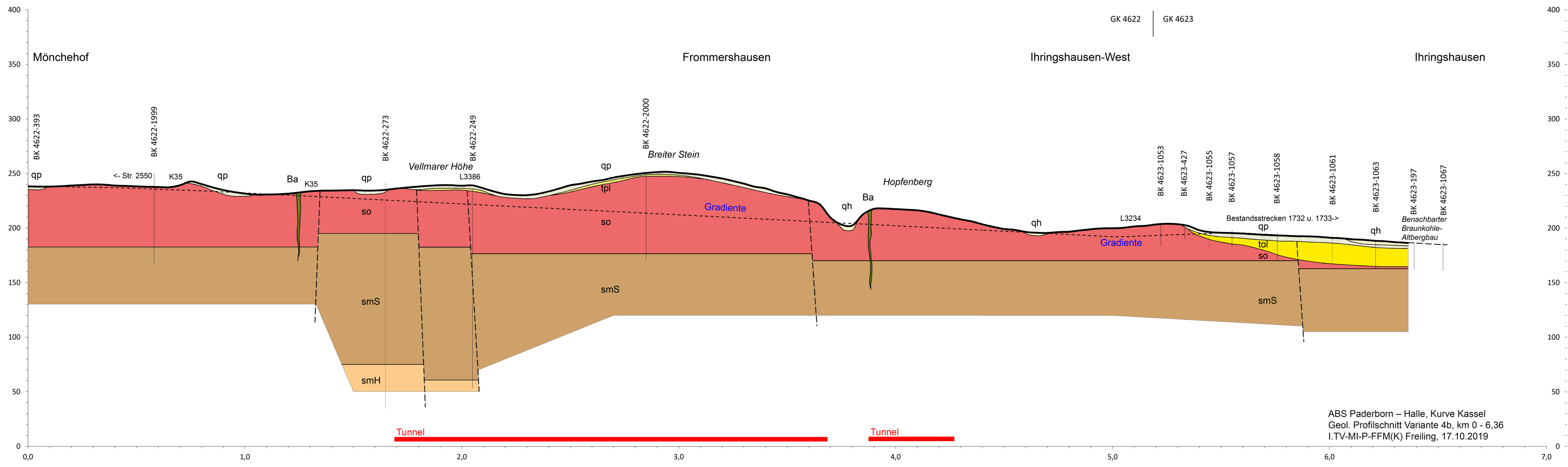
- Legende:**
- qh Auelehm; Auffüllungen  
Holozän / Quartär
  - qp Löß und Lößlehm  
Pleistozän / Quartär
  - tol Ton, Sand, Kies, Braunkohle  
Oligozän / Tertiär
  - so Röt-Formation  
Oberer Buntsandstein / Trias
  - smS Solling-Formation  
Mittlerer Buntsandstein / Trias
  - smH Hardeggen-Formation  
Mittlerer Buntsandstein / Trias

ABS Paderborn – Halle, Kurve Kassel  
 Geol. Profilschnitt Variante 3, km 0 - 8,27  
 I.TV-MI-P-FFM(K) Freiling, 25.10.2019



- Legende:**
- qh Auelehm; Auffüllungen  
Holozän / Quartär
  - qp Löß und Lößlehm  
Pleistozän / Quartär
  - tol Ton, Sand, Kies, Braunkohle  
Oligozän / Tertiär
  - so Röt-Formation  
Oberer Buntsandstein / Trias
  - smS Solling-Formation  
Mittlerer Buntsandstein / Trias
  - smH Hardeggen-Formation  
Mittlerer Buntsandstein / Trias

ABS Paderborn – Halle, Kurve Kassel  
 Geol. Profilschnitt Variante 4a, km 0 - 8,24  
 I.TV-MI-P-FFM(K) Freiling, 15.10.2019

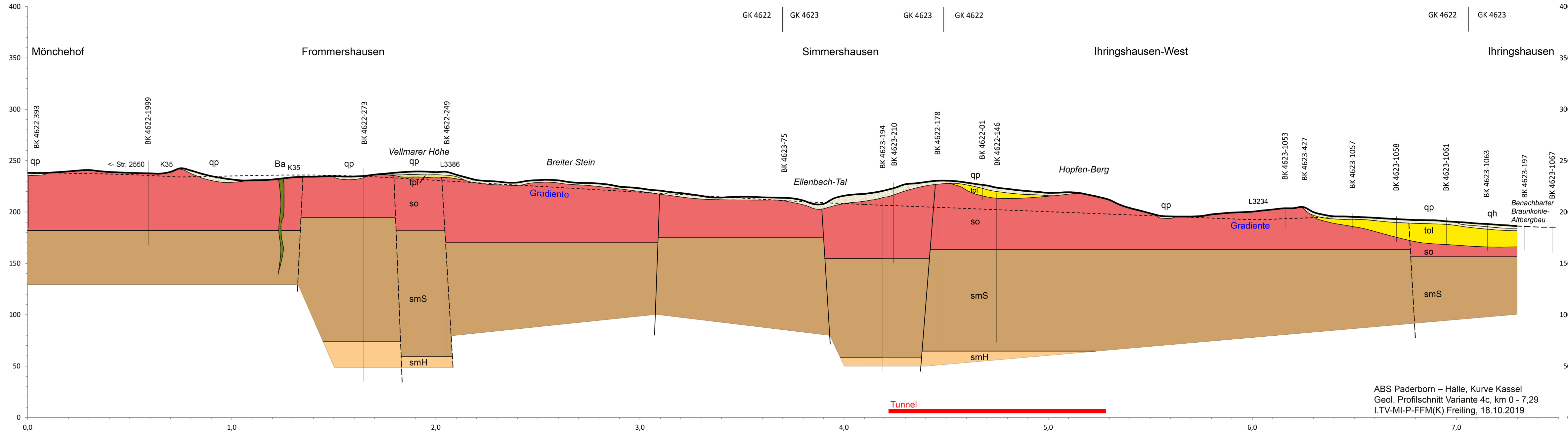


**Legende:**

qh	Auelehm; Auffüllungen Holozän / Quartär
qp	Löß und Lößlehm Pleistozän / Quartär
tpl	Sand, lgw. Kies Pliozän / Tertiär
Ba	Basalt (Schlote) Jungtertiär
tol	Ton, Sand, Kies, Braunkohle Oligozän / Tertiär
so	Röt-Formation Oberer Buntsandstein / Trias
smS	Solling-Formation Mittlerer Buntsandstein / Trias
smH	Hardeggen-Formation Mittlerer Buntsandstein / Trias

ABS Paderborn – Halle, Kurve Kassel  
 Geol. Profilschnitt Variante 4b, km 0 - 6,36  
 I.TV-MI-P-FFM(K) Freiling, 17.10.2019

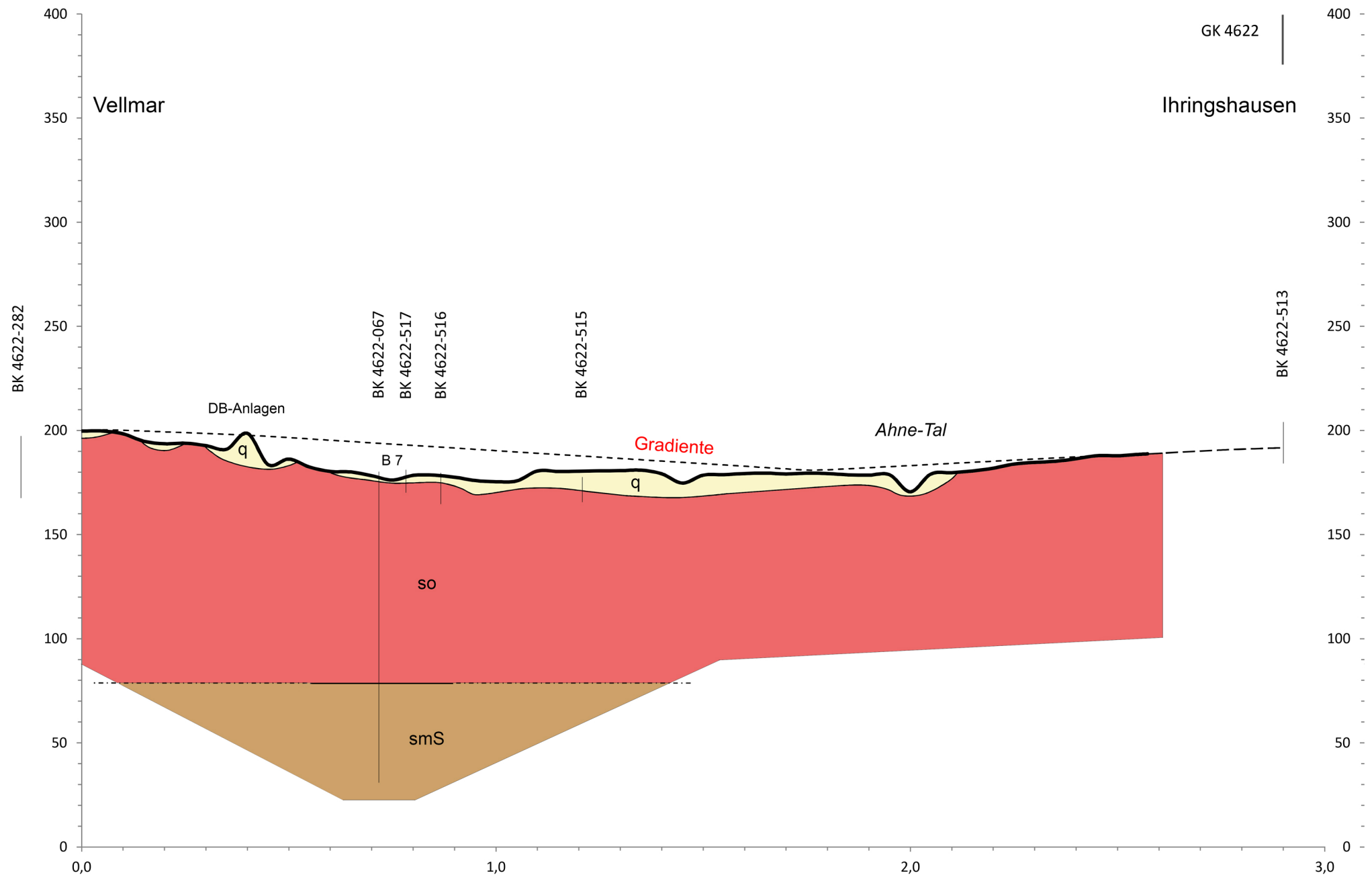




**Legende:**

qh	Auelehm; Auffüllungen Holozän / Quartär
qp	Löß und Lößlehm Pleistozän / Quartär
tpl	Sand, lgw. Kies Pliozän / Tertiär
Ba	Basalt (Schlote) Jungtertiär
tol	Ton, Sand, Kies, Braunkohle Oligozän / Tertiär
so	Röt-Formation Oberer Buntsandstein / Trias
smS	Solling-Formation Mittlerer Buntsandstein / Trias
smH	Hardeggen-Formation Mittlerer Buntsandstein / Trias

ABS Paderborn – Halle, Kurve Kassel  
 Geol. Profilschnitt Variante 4c, km 0 - 7,29  
 I.TV-MI-P-FFM(K) Freiling, 18.10.2019



Legende:

- q
Lößlehm, Auelehm  
Quartär
- so
Röt-Formation  
Oberer Buntsandstein / Trias
- smS
Solling-Formation  
Mittlerer Buntsandstein / Trias

ABS Paderborn – Halle, Kurve Kassel  
 Geol. Profilschnitt Variante 5, km 0 - 2,6  
 I.TV-MI-P-FFM(K) Freiling, 30.09.2019