



BUCHHOLZ + PARTNER GmbH | Am Oberen Anger 9 | 04435 Schkeuditz

TenneT TSO GmbH
Bernecker Straße 70
95448 Bayreuth

Es schreibt Ihnen: Frau Scholz

Unser Zeichen: 21-II-237.156

Telefon: 034207 – 9899 19

Mail: scholz@buchholz-und-partner.de

**Umweltplanung und Naturschutz
Baugrunderkundung und -begutachtung
Altlasten, Schadstoffe, Abfallmanagement**

Radefeld, 09.07.2025

380-kV-Leitung Raitersaich – Altheim, Abschnitt A „Juraleitung“

Stellungnahme zur betriebsbedingten Erwärmung des Grundwassers

Sehr geehrte Damen und Herren,

bei der geplanten Kabelverlegung innerhalb eines Tunnelbauwerkes ist eine Klimatisierung mit einem Belüftungssystem vorgesehen. Für die Tunnelaußenseite wird unter Berücksichtigung des Belüftungssystems eine Erwärmung auf ca. 25 °C erwartet. Daraus ergibt sich die Fragestellung, inwieweit das Grundwasser durch die Erwärmung beeinflusst wird. In dieser Stellungnahme sollen (1) die Randbedingungen erläutert und (2) mögliche Auswirkungen auf den Grundwasserkörper sowie (3) auf die Vegetation im Rednitztal abgeleitet werden.

1. Randbedingungen

Folgende technischen Vorgaben sind vom Vorhabenträger zur Verfügung gestellt worden:

- zwei parallel verlaufende Tunnelröhren mit einem lichten Abstand von ca. 5 m,
- Tunnelachse liegt ca. 15 m u. GOK im Bereich des Rednitztals,

BUCHHOLZ + PARTNER GmbH
Am Oberen Anger 9
04435 Schkeuditz, OT Radefeld
Geschäftsführer:
Dipl.-Geograph Marco Vierkant

Tel. 034207 – 98 99 0
Fax 034207 – 98 99 10
info@buchholz-und-partner.de
www.buchholz-und-partner.de

Amtsgericht Leipzig
HRB 9844
Steuernummer FA Eilenburg:
237/106/05572
USt.-ID: DE163879924

Deutsche Kreditbank Berlin
IBAN: DE24 1203 0000 1008 5249 00
BIC: BYLADEM1001

Sparkasse Leipzig
IBAN: DE42 8605 5592 1162 0249 21
BIC: WELADE8LXXX



Hauptsitz

Am Oberen Anger 9
04435 Schkeuditz
Tel: 034207-98 99 0
Fax: 034207-98 99 10
info@buchholz-und-partner.de

Niederlassung Heiligenberg

Röhrenbach 16
88633 Heiligenberg
Tel: 07554-210 98 0
Fax: 034207-98 99 10
heiligenberg@buchholz-und-partner.de

Niederlassung Gera

Berliner Straße 19
07545 Gera
Tel: 0365-52 78 79 0
Fax: 034207-98 99 10
gera@buchholz-und-partner.de

Betriebsstätte Brahmennau

Waaswitzer Weg 6a
07554 Brahmennau
Tel: 0365-52 78 79 60
Fax: 034207-98 99 10
info@buchholz-und-partner.de

Niederlassung Berlin

Pohlstraße 58
10785 Berlin
Tel: 030-26 39 98 30
Fax: 034207-98 99 10
berlin@buchholz-und-partner.de



- wobei im Bereich der Gewässerquerung die geringste Überdeckung des Tunnelbauwerkes von ca. 8,9 m vorhanden sein wird,
- Tunneldurchmesser beträgt jeweils ca. 4,2 m,
- Temperatur an der Außenfläche des Tunnels beträgt ca. 25 °C.

Die Festlegung der natürlichen Randbedingungen erfolgte anhand der Ergebnisse aus der Baugrunduntersuchung (Bericht vom 30.04.2025, Version 1.1, Projekt L21-II-237.156) und anhand von Angaben aus der Literatur. Folgende natürliche Randbedingungen sind gegeben:

- Es existieren zwei Grundwasserleiter im Verlegebereich der Tunnelröhren: Porengrundwasserleiter in den quartären Talsedimenten hydraulisch verbunden mit dem kombinierten Poren- und Kluftgrundwasserleiter in den Sedimentgesteinen des Sandsteinkeupers (Wechselfolge aus Sandsteinen, Schluffsteinen und Tonsteinen).
- Im Untersuchungsgebiet werden zwei Grundwasserkörper (GWK) unterschieden. Zum einen gibt es den GWK Quartär - Stein / Mfr. (2_G081) und den GWK Sandsteinkeuper - Roth (2_G009). Die Grenze liegt ungefähr bei Trassenkilometer ca. 1+100. Beide Grundwasserkörper stehen jedoch in Kontakt.
- Gemäß den Angaben aus der Literatur variiert die Wasserdurchlässigkeit innerhalb der quartären Talsedimente zwischen 1×10^{-4} m/s bis 5×10^{-3} m/s sowie innerhalb des Sandsteinkeupers zwischen 1×10^{-6} m/s bis 1×10^{-4} m/s. Um beide Grundwasserleiter abzubilden, wird für die weiteren Annahmen der Median, ein k_f -Wert von 10^{-4} m/s festgelegt.
- Die Grundwasserfließrichtung ist Nord. Gemäß den Grundwasserisohypsen (Umweltatlas Bayern, HYK 100) sinkt der Grundwasserspiegel auf ca. 2.000 Längenkilometer um ca. 2 Höhenmeter. Das ergibt ein hydraulisches Potenzial von $I = 0,001$. Unter Annahme einer effektiven Porosität (Erfahrungswert) für Sande und Sandstein von ca. $n_e = 0,2$ ergibt sich eine Grundwasserfließgeschwindigkeit von ca. 0,0432 m/Tag bzw. ca. 4 cm/Tag.
- Die Grundwassertemperatur beträgt in 15 m u. GOK ca. 10° C. Jahreszeitenabhängige Schwankungen sind ab ca. 10 m u. GOK nicht zu erwarten.
- Die Messungen der Wärmeleitfähigkeit ergaben für die Sandsteine Werte zwischen 1,6 und 2,7 W/mK und für die Wechsellagerung aus Ton- und Schluffsteinen Werte zwischen 1,1 und 2,0 W/mK.

Für das Tunnelbauwerk erfolgte eine Modellierung der Wärmeausbreitung im Untergrund durch Dr. Jörg Stammen (E-Mail vom 18.06.2025, Anlage 1). Bei einer angenommenen Überdeckung von ca. 8,9 m, einer oberflächennahen Bodenausgangstemperatur von 15 °C sowie ohne Berücksichtigung einer kühlenden Grundwasserströmung wurden folgende Temperaturänderungen (worst-case-Betrachtung) simuliert:

- 0,6 m u. GOK: Erhöhung der Bodentemperatur um 0,78 K auf 15,78 °C,
- 0,3 m u. GOK: Erhöhung der Bodentemperatur um 0,42 K auf 15,42 °C,
- 0,0 m u. GOK: Erhöhung der Bodentemperatur um 0,15 K auf 15,15 °C.



Gemäß der Wärmeausbreitungssimulation kann festgestellt werden, dass in ca. 9 m Abstand die Veränderung der Bodentemperatur abgeklungen ist.

Dementsprechend wird über die Tunnelwand Wärme emittiert und es gilt die Annahme, dass sich die in unmittelbarer Nähe zur Tunnelaußenfläche umliegenden Gesteine ca. 15° C erwärmen. Das Grundwasser kommt aus südlicher Richtung und umströmt mit einer Geschwindigkeit von ca. 4 cm pro Tag Richtung Norden das Tunnelbauwerk. Da die Tunnelröhren quer zur Grundwasserfließrichtung errichtet werden, beschränkt sich der Wärmeinput im Längsschnitt auf ca. 2-3 m um das Tunnelbauwerk. Das ergibt einen durch die Wärmeemission beeinflussten Bereich von ca. 20 bis 30 m in Grundwasserfließrichtung. Die mittlere Grundwasserfließgeschwindigkeit bewirkt, dass sich das Grundwasser ca. 500 bis 750 Tage in dem erwärmten Bereich befindet. Es ist daher anzunehmen, dass sich das Grundwasser entsprechend der Erwärmung des umgebenden Gesteins ca. 15° C erwärmt. Jedoch nur im unmittelbaren Umfeld der Tunnelröhren (wenige Zentimeter). Durch das permanent neu anströmende, kühlere Grundwasser erfolgt die Verteilung der Wärme im Untergrund und die Wärmeanomalie wird schnell abgebaut. Nach ca. weiteren 3-5 m um die Tunnelaußenfläche stellt sich die natürliche Temperatur des anstehenden Gebirges wieder ein und damit auch die natürliche Temperatur des Grundwassers. Aufgrund des fließenden Grundwassers wird sich die Wärmeausbreitung im Untergrund leicht in nördlicher Richtung verschieben.

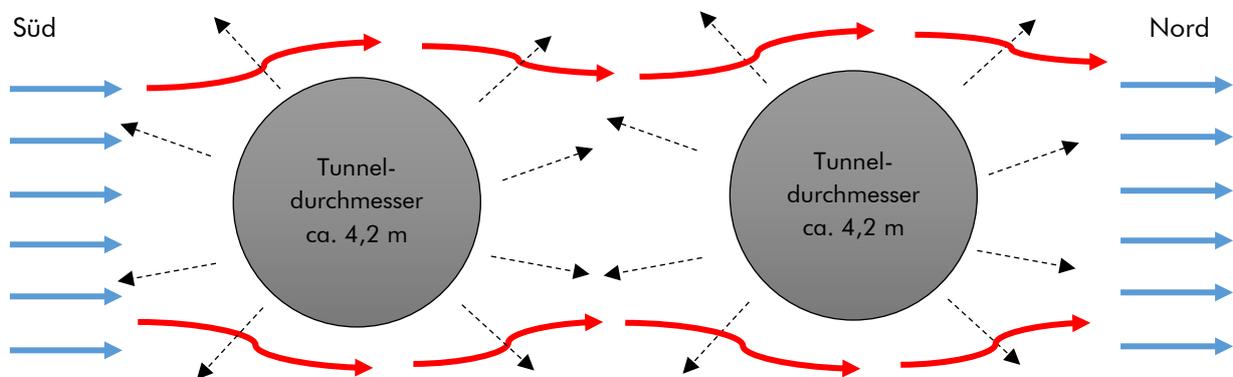


Abb. 1: schematische Darstellung der Grundwassererwärmung

2. Auswirkungen der Grundwassererwärmung

Eine Grundwassererwärmung kann nicht ausgeschlossen werden, beschränkt sich jedoch im Vergleich zum gesamten Grundwasserkörper auf einen sehr kleinen, den Tunnelröhren umgebenden Bereich. Die für die Grundwasserkörper relevanten Grundwassermessstellen zur Wahrnehmung der Zustandsüberwachung gemäß Wasserrahmenrichtlinie befinden sich für den GWK Quartär - Stein / Mfr. (2_G081) ca. 14 km in Abstromrichtung und für den GWK Sandsteinkeuper - Roth (2_G009) ca. 3,5 km in Anstromrichtung (vgl. Anlage 1). Für beide Messpunkte können durch das Tunnelbauwerk betriebsbedingte Einflüsse ausgeschlossen werden.



Die physikalischen und chemischen Eigenschaften werden durch die kleinräumige Grundwassererwärmung nicht beeinflusst. Jedoch reagiert die Grundwasserfauna sensibel auf Veränderungen. Die im Grundwasser lebenden Mikroorganismen sind Spezialisten, die sich optimal an die stationären Bedingungen im Untergrund angepasst haben. Es ist daher anzunehmen, dass die Temperaturerhöhung im unmittelbaren Umfeld des Tunnelbauwerkes zu einer Beeinträchtigung der Mikroorganismen an dieser Stelle führen kann. Jedoch beschränkt sich diese Wirkung nur auf den unmittelbaren Nahbereich des Tunnelbauwerkes. Da die betroffenen Grundwasserkörper mit 63 km² und 350 km² eine große Fläche aufweisen, ist der Einfluss vernachlässigbar gering.

3. Wirkungen der Wärmeemission auf die Vegetation im Rednitztal

Der Kabeltunnel stellt in ca. 15 m u. GOK eine Wärmequelle dar, die zu einer teilweisen Erwärmung des Gesteins und Grundwassers im unmittelbaren Nahbereich führt. Dabei ist im direkten Tunnelumfeld die höchste Erwärmung zu erwarten, die mit zunehmender Entfernung jedoch deutlich abnimmt. Der für die Vegetation relevante Bereich im Untergrund wird durch die durchwurzelbare Zone beschrieben. Diese kann gemäß BBodSchV bis ca. 2 m u. GOK reichen, wobei erfahrungsgemäß für Dauergrünland durchwurzelbare Bereiche bis ca. 1 m u. GOK angenommen werden können. Gemäß den Ausführungen von Dr. Stammen (E-Mail vom 18.06.2025) sind geringfügige Temperaturänderungen < 1K im oberflächennahen Bereich des Bodens zu erwarten. Dr. Stammen hat eine Simulation der Wärmeausbreitung für eine Überdeckung des Kabeltunnels von ca. 8,9 m durchgeführt, die der geringsten Überdeckung im Rednitztal im Bereich der Flussquerung entspricht. Der Großteil des Dauergrünlandes liegt jedoch 2 bis 4 m höher als die Rednitz, sodass die Simulation mit den angenommenen Tiefen den worst-case darstellen, der nur für einen sehr kleinen Teil der Vegetation im Rednitztal eintreffen könnte. Für den Großteil der Vegetation im Rednitztal befindet sich der simulierte Bereich (ca. 8,9 bis 9,5 über Tunnelfirst) noch unterhalb der durchwurzelbaren Zone.

Gemäß des worst-case-Ansatzes wurde bei einer angenommenen Bodenausgangstemperatur von 15 °C und ohne Berücksichtigung der kühlenden Grundwasserströmung eine Bodenerwärmung in 60 cm u. GOK auf ca. 15,78 °C (Temperaturdelta = 0,78 K), in 30 cm u. GOK auf ca. 15,42 °C (Temperaturdelta = 0,42 K) und für die Geländeoberkante eine Temperatur von ca. 15,15 °C (Temperaturdelta = 0,15 K) simuliert. Die simulierten Temperaturänderungen sind kleiner als 1 K. Erfahrungsgemäß variieren die Bodentemperaturen in der durchwurzelbaren Zone sowohl im Tagesverlauf als auch im Jahreslauf deutlich mehr als 1 K. Im Jahresverlauf kann die Bodentemperatur oberflächennah bis zu 35 K und noch in ca. 2 m u. GOK bis 10 K schwanken. Tägliche Temperaturschwankungen können im Sommer oberflächennah bis zu 20 K und im Winter bis zu 5 K betragen, wobei jedoch in 20 cm u. GOK die Schwankungen nur noch 1 bis 2 K betragen. Demnach sind die modellierten Temperaturänderungen im natürlichen, jahreszeiten-/witterungsbedingten Schwankungsbereich der Bodentemperaturen nicht messbar und damit vernachlässigbar gering.



Eine Auswirkung der Wärmeemission der Kabel auf die Vegetation im Rednitztal kann demnach ausgeschlossen werden.

4. Fazit

Eine betriebsbedingte Erwärmung des Grundwassers in ca. 15 m u. GOK kann nicht ausgeschlossen werden. Jedoch ist der durch das Tunnelbauwerk beeinflusste Bereich im Vergleich zum gesamten Grundwasserkörper so klein, dass nachteilige Veränderungen auf den Grundwasserkörper nicht zu erwarten sind. Positiv wirkt sich aus, dass das Tunnelbauwerk quer zur Grundwasserfließrichtung im Untergrund liegt. Das thermisch unbelastete Grundwasser durchströmt nur auf kurzer Strecke den erwärmten Bereich, begünstigt einen optimalen Wärmetransfer vom Tunnel weg und durch die Wärmeverteilung endet der erwärmte Bereich nach wenigen Metern. So herrschen im Untergrund nach weniger als 20-30 m Sickerstrecke wieder natürliche Bedingungen für das Grundwasser. Eine Erwärmung des Grundwassers um mehr als 6 K ist in einer Entfernung von der Tunnelaußenfläche von 0,5 m und größer nicht zu erwarten. Eine Auswirkung auf die Vegetation im Rednitztal kann ausgeschlossen werden.

Die Stellungnahme ist nur in Ihrer Gesamtheit gültig (5 Seiten, 1 Anlage).

Bei Fragen und Anmerkungen können Sie mich gern per E-Mail oder unter folgender Telefonnummer kontaktieren: 034207 9899 19.

Mit freundlichen Grüßen


Dipl.-Geogr. Kerstin Scholz



Anlage 1

Berechnung Dr.-Ing. Jörg Stammen

sta-fem GmbH

vom 18.06.2025

(3 Seiten)



sta-fem GmbH
Josef-Fehler-Str 57
46397 Bocholt

Fon: ++49(0) 2845 309 73 22
Mobil: ++49 (0) 1523 85 83 181
Mail: joerg.stammen@sta-fem.de

TenneT TSO GmbH
Herrn Tobias Bartelsen
Bernecker Straße 70
95448 Bayreuth

Bocholt, den 18.06.2025

Bodenerwärmung bei Katzwang im Bereich des Sonderbauwerks

Sehr geehrter Herr Bartelsen,

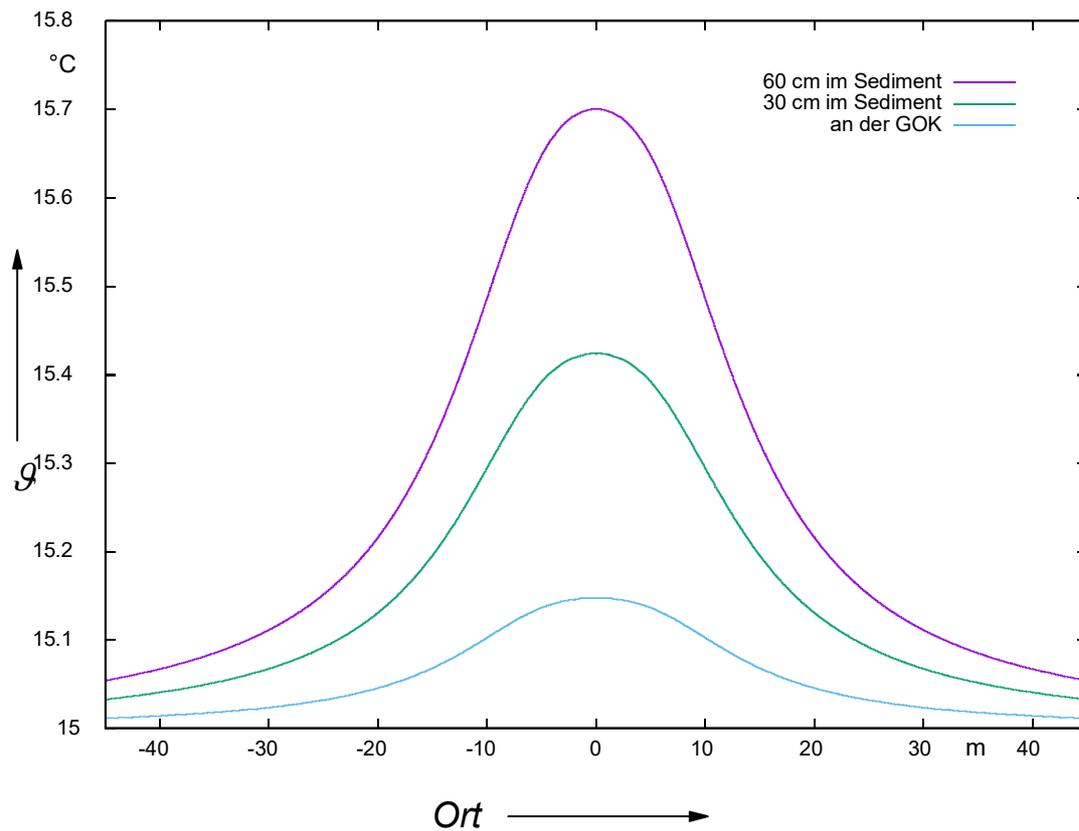
Die Doppelröhre (Sonderbauwerk im Bereich Katzwang) habe ich nun mit einer Überdeckung von 8,9 m simuliert. Ohne Berücksichtigung einer Grundwasserströmung ergeben sich folgende Bodentemperaturen bei einer ungestörten Bodentemperatur von 15 °C:

Temperatur in 60 cm Tiefe =15,78 °C

Temperatur in 30 cm Tiefe = 15,42 °C

Temperatur an der GOK =15,15 °C

Die folgende Abbildung zeigt die Kennlinien der berechneten Temperaturverteilungen:



Ebenfalls habe ich, zur Eingrenzung der Grundwassererwärmung, die Außenwände der Röhren abgetastet. Die mittlere Außenwandtemperatur bei dieser Überdeckung, ohne Grundwasserströmung, beträgt 24,87 °C.

Mit freundlichen Grüßen

Jörg Stammen

Dr.-Ing. Jörg Stammen
 sta-fem GmbH
 Josef-Fehler-Str. 57
 46397 Bocholt

Tel.: ++49(0)2845 309 73 22
 Mobil: ++49(0)1523 85 83 181
 e-mail: Joerg.stammen@sta-fem.de

