



E. Funk HYDROGEOLOGIE

**380-kV-Netzverstärkung Daxlanden – Eichstetten
Teilabschnitt A
Daxlanden – Grenze Regierungsbezirk
Karlsruhe/Freiburg**

**E. Funk
Büro für Hydrogeologie**

Rothofweg 5
79219 Staufen
Tel. 07633/7270
Fax 07633/5797

funk@geohydraulik.com
www.geohydraulik.com

Anlage 15.2 Wasserrechtliche Gestattungen

Anhang 1: Fachbeitrag zur Bauwasserhaltung

Bericht erstellt:

Staufen, 09.04.2020

E. Funk (Dipl. Geologe)
Büro für Hydrogeologie
Rothofweg 5
79219 Staufen

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Vorbemerkungen	3
2. Verwendete Unterlagen	3
3. Geologisch - Hydrogeologische Verhältnisse	4
4. Beschreibung der Mastgründungen.....	5
5. Erforderliche Wasserhaltungsmaßnahmen und -mengen	6
5.1 Wassermengen	6
5.2 Geschlossene Wasserhaltung mit Brunnen	6
5.3 Offene Wasserhaltung	6
5.4 Räumliche Ausdehnung der Wasserhaltung	7
5.5 Absenkung und Bodensetzungen	7
5.6 Ableitung des Grundwassers in Vorfluter.....	7
6. Alternativ- und Vermeidungsmaßnahmen	8
7. PFC – Belastungen des Bodens und Grundwasser.....	10
7.1 Vorbemerkung	10
7.2 Belastungssituation	10
7.2.1 Belastungssituation Boden	10
7.2.2 Belastungssituation Grundwasser	11
7.2.3 PFC-Belastung entlang der Trasse	11
7.3 Bewertungsgrundlage	11
7.3.1 Bewertungsgrundlage Boden	13
7.3.2 Bewertungsgrundlage Grundwasser	14
7.4 Vorgehen nach dem Bundesbodenschutzgesetz.....	14
7.5 Erfahrungen mit der technischen Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen.....	14
7.6 Empfehlungen	15
8. Zusammenfassung und Fazit.....	16

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: GFS-Werte für PFC in Grund und Sickerwasser.....	15
---	----

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Berechnete PFC-Belastung im oberen Grundwasserleiter Ende 2016 (Quotientensumme aus den Konzentrationsverteilungen der Einzelspezies) aus LUBW (2017)	12
--	----

1. Vorbemerkungen

Die TransnetBW plant eine überregionale Netzverstärkungsmaßnahme an einer bestehenden 220-kV-Höchstspannungsfreileitung zwischen den Umspannwerken (UW) bei Daxlanden (Karlsruhe) und Eichstetten am Kaiserstuhl über rund 120 km. Dabei soll die Bestandsleitung zurückgebaut und durch eine neue 380-kV-Freileitung mit 161 neuen Masten und Leiterseilen ersetzt werden. Gegenstand der Betrachtungen im vorliegenden Bericht ist der nördlichste Teilabschnitt A im Bereich des Regierungsbezirkes Karlsruhe mit einer Länge von 47 km.

Bei den zu betrachtenden Gründungen, die je nach hydrogeologischen Verhältnissen in das Grundwasser reichen, handelt es sich um Plattenfundamente als typische Flachgründungen sowie Bohr- und Rammpfahlgründungen als gängige Tiefengründungen. Eine Abschätzung der zu erwartenden Gründungen auf der Basis der konkreten Dimensionierung der einzelnen Freileitungsmaste sowie den zu erwartenden Baugrundverhältnissen im Projektgebiet ergab, dass voraussichtlich überwiegend Fundamente als Plattenfundamente umgesetzt werden.

In diesem Fall sind bei entsprechenden Grundwasserständen Wasserhaltungsmaßnahmen vorzusehen um die Baugruben frei von Grundwasser zu halten. Im vorliegenden Bericht soll die grundsätzliche technische und geohydraulische Machbarkeit dieser Wasserhaltungen und der Umgang mit dem abzuleitenden Grund- und Oberflächenwasser erläutert werden. Des Weiteren sollen, falls standortbezogen erforderlich, mögliche Maßnahmen zur Reduktion des Wasserandrangs aufgezeigt werden.

2. Verwendete Unterlagen

Zur Erstellung des vorliegenden Erläuterungsberichtes wurden folgende Unterlagen erhoben, bzw. wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt:

- Lagepläne und Übersichtskarten
- Europäisches Programm INTERREG, Hydrogeologische Kartierung der Oberrheinebene (1995): Grundwassergleichenpläne
- Landesamt für Geologie Rohstoffe und Bergbau (2007) - "Informationen 19" Freiburg Breisgau – Hydrogeologischer Bau und Aquifereigenschaften der Lockergesteine im Oberrheingraben (Baden-Württemberg), Freiburg
- TRANSNETBW (2019): Antragsunterlagen zum Planfeststellungsverfahren 380-kV-Netzverstärkung Daxlanden – Eichstetten Teilabschnitt A, Umspannwerk Daxlanden – Grenze Regierungsbezirk Karlsruhe/Freiburg, Erläuterungsbericht, Stuttgart
- GBM (2019): 380-kV-Netzverstärkung Daxlanden – Eichstetten Teilabschnitt A: Hydrogeologisches Fachgutachten, Zweite Revision (Rev. 2), Stuttgart

- LUBW (2017): Grundwassermodell Mittelbaden - Analyse und Prognose der PFC-Belastung im Raum Rastatt und Baden-Baden, Karlsruhe
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2017): PFC in Boden und Grundwasser Ergebnisbericht des Workshops am 25.09.2017, Recklinghausen
- Regierungspräsidium Karlsruhe, Stabstelle PFC: Boden und Grundwasser Belastungssituation, Bewertungsgrundlage und Vorgehen nach dem Bodenschutzgesetz, Karlsruhe. Onlinequelle:
https://rp.baden-wuerttemberg.de/rpk/Abt5/Ref541/PFC/Seiten/Boden_Grundwasser.aspx#BEWERTUNGSGRUNDLAGENGROUNDWASSER
- Landkreis Rastatt, Stadtkreis Baden-Baden (2018): Oberflächengewässer-Monitoring PFC – Bericht 2018 -, Baden-Baden
- Verschiedene Archivunterlagen über die hydrogeologischen Verhältnisse im Raum Rastatt und Baden-Baden

3. Geologisch - Hydrogeologische Verhältnisse

Die regionalen hydrogeologischen Verhältnisse im Bereich der Trassenführung werden u. a. in den o. g. Berichten ausführlich erläutert. Nachfolgend werden die Verhältnisse zusammengefasst:

Die Trassenführung liegt im Bereich der quartären Ablagerungen des Rheintalgrabens und hier überwiegend im Bereich der Niederterrassenschotter östlich des Rheins. Die Kiese und Sande der Niederterrasse wurden während der letzten Eiszeit abgelagert, und im Bereich der Niederungen anschließend umgelagert. Die Ablagerungen reichen vom Holozän bis ins älteste Quartär und Jungtertiär. Der regionale Schichtenaufbau entlang der Trasse kann aus den Hydrogeologischen Längsschnitten 3 und 4 der LGRB-Informationen-Nr. 19 (Hydrogeologischer Bau und Aquifereigenschaften der Lockergesteine im Oberrheingraben, LGRB 2007, Teilgebiet Mitte und Nord) entnommen werden. Demnach wird der Untergrund im Bereich der geplanten Trassenführung gemäß der Gliederung in o. g. Veröffentlichung in folgende Einheiten unterteilt:

- 0,00 – ca. 1 - 3,0 m Deckschichten (Schluffe und Tone)
 - ca. 20 - 35 m Oberer Grundwasserleiter (Ortenau-Formation oben)
(sandige bis schwach sandige Kiese, bereichsweise Feinklastische Horizonte)
 - ca. 40 - 60 m Unterer Grundwasserleiter (Ortenau-Formation unten)
(Fein- bis Grobkiese, sandig)
 - > 60,0 m Iffezheim-Formation/fluviatiles Jungtertiär oder Oligozän

Der obere Grundwasserleiter stellt den regional bedeutsamsten Grundwasserleiter dar. Der untere Grundwasserleiter hat in der Regel etwas geringere Durchlässigkeiten. Der Grundwasserspiegel liegt in der Regel relativ nahe unter der Oberfläche. Der Flurabstand bei Hochwasserverhältnissen liegt im Mittel bei ca. 2 – 3 m. Je nach Mächtigkeit der Deckschichten, können ggf. gespannte, bzw. teilgespannte Grundwasserverhältnisse vorliegen. Das Grundwasser strömt mit relativ einheitlichem Gefälle und einem flachen Gradienten in nordwestliche Richtung zum Rhein hin ab. Die Durchlässigkeiten für den obersten Bereich des Oberen Grundwasserleiter im Untersuchungsgebiet wird in LGRB (2007) mit ca. $1 - 3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ angegeben

4. Beschreibung der Mastgründungen

Gemäß Bauwerksplanung sollen die Fundamente der Maststandorte überwiegend als Plattenfundamente ausgeführt werden. Die Abmessungen der quadratischen Platten liegen zwischen 8,6 m x 8,6 m und 21 m x 21 m. Dementsprechend variieren die Fundamentdicken zwischen 0,6 m und 1,4 m, sowie deren notwendige Einbindetiefen. Nach Vorgabe der TransnetBW ergeben sich für Mastfundamente Gründungstiefen von 1,9 m bis 2,5 m unter GOK.

Einzelne Vertiefungen der Baugruben können erforderlich werden, wenn eine Verbesserung des Tragverhaltens des Untergrunds geschaffen werden muss. Eine exakte Festlegung erfolgt nach Durchführung der detaillierten, standortbezogenen Baugrunduntersuchungen im Vorfeld der baulichen Umsetzung im Rahmen der Ausführungsplanung. Bei einer Flachgründung (Plattenfundament) erfolgt die Mastgründung durch Ausheben der Baugrube mittels eines Baggers. Anschließend wird die Fundamentverschalung erstellt sowie die Bewehrung, der Beton (Betontransporte ca. 30 bis 35 t) und die Mastunterkonstruktion eingebracht. Nach Aushärten des Betons wird die Baugrube bis zur Geländeoberkante mit geeignetem Bodenmaterial, i. d. R. dem zuvor ausgehobenen und entsprechend der Bodenschichten zwischengelagerten Material, aufgefüllt und ausreichend verdichtet. Überschüssiges Bodenmaterial wird nach Abschluss der Arbeiten abtransportiert und fachgerecht entsorgt bzw. einer Weiterverwendung zugeführt.

Mitunter können an einzelnen Standorten mit wenig tragfähigem Untergrund oder sehr hohem Grundwasserstand Tiefengründungen erforderlich werden, die dann als Pfahlgründungen ausgeführt werden. Im Falle einer Tiefengründung (z. B. Bohr- oder Rammpfahl) werden jeweils an den Eckpunkten der Maste Pfähle erstellt und mit der Mastunterkonstruktion verbunden. Die Pfähle werden dabei entweder mittels Ramm- (Bodenverdrängung) oder Bohrverfahren (Bodenaushub) in den Boden eingebracht.

5. Erforderliche Wasserhaltungsmaßnahmen und -mengen

5.1 Wassermengen

Im Rahmen der Ausführungsplanung werden an sämtlichen geplanten Maststandorten Baugrunduntersuchungen durchgeführt, die eine detaillierte Aussage zur Erforderlichkeit von Wasserhaltungen während der relevanten Gründungsarbeiten (Zeitraum von ca. 2 Wochen) zulassen. Im Rahmen der Vorplanungen (GBM 2019) wurden bereits Abschätzungen der erforderlichen Wasserhaltungen durchgeführt. Die dabei nötigen Absenkungen wurden je nach Bemessungswasserstand (Grundwasserflurabstand) und erforderlicher Baugrubentiefe mit ca. 0,1 – 2,6 m angenommen. Die erforderlichen Wassermengen wurden zwischen ca. 5 l/s (gesamt ca. 6.000 cbm) und max. ca. 47 l/s (gesamt ca. 57.000 cbm) bei einer Bauzeit von ca. 14 Tagen abgeschätzt.

5.2 Geschlossene Wasserhaltung mit Brunnen

Bei größeren Absenkungen und entsprechend großen Wassermengen müssen die geplanten Baugruben mit Hilfe einer geschlossenen Wasserhaltung mit lateral um die Baugrube herum angeordneten Grundwasserbrunnen frei von Grundwasser gehalten werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass ein überwiegend freier Grundwasserspiegel vorliegt und keine stauende Sohlschicht erreicht wird (unvollkommene Brunnen). Je nach den Ergebnissen der Baugrunderkundungen und der durchzuführenden individuellen Berechnungen kann die für die erforderliche Bauwasserhaltung nötige Anzahl von Schwerkraftbrunnen ermittelt werden. Auch die entsprechenden Brunnentiefen können mit Hilfe von speziellen Berechnungsprogrammen optimiert werden.

Die erforderlichen Brunnen werden in der Regel als verrohrte Greiferbohrungen DN 700 mm bis in ca. 5,0 - 6,0 m unter Gelände abgeteuft. Der anschließende Ausbau erfolgt mit Stahl-Schlitzbrückenfilter ca. DN 400 mm. Der Ringraum zwischen Bohrung und Filterrohr wird mit einem auf die angetroffenen Bodenschichten angepassten Filterkies verfüllt. Das abgepumpte Wasser wird über Sammelleitungen und über einen ausreichend dimensionierten Sand- und Schlammfangbehälter geleitet und anschließen nach Möglichkeit in einen Vorfluter eingeleitet. Die geförderten Wassermengen werden über Wasserzähler erfasst. Nach Beendigung der Wasserhaltung wird ein Rückbau der Brunnen erfolgen. Dabei werden die Filterrohre zurückgezogen, sowie die Verfüllung gemäß den angetroffenen Bodenschichten und die Verdichtung im Bereich der Decklagen durchgeführt.

5.3 Offene Wasserhaltung

Bei hohen Flurabständen und geringen Absenkungen kann eine offene Wasserhaltung über Pumpenschächte bzw. Pumpensümpfe erfolgen die innerhalb der Baugrube angeordnet sind

und an die, falls erforderlich, zusätzlich eine Flächendrainage angeschlossen ist. Zur Ermittlung der erforderlichen Anzahl der Pumpensümpfe kann je nach hydraulischen Verhältnissen eine Abschätzung der möglichen Wasserentnahme aus einem Pumpensumpf in Anlehnung an die Brunnenformel nach DUPUIT-THIEM durchgeführt werden. Auch hier wird das abgepumpte Wasser über Sammelleitungen und über einen ausreichend dimensionierten Sand- und Schlammfangbehälter geleitet.

5.4 Räumliche Ausdehnung der Wasserhaltung

Die räumliche Ausdehnung der Wasserhaltungsmaßnahme wird mit den durchgeführten Berechnungen für jeden Standort abgeschätzt. Damit können Auswirkungen der Grundwasserabsenkung auf den oberflächennahen Grundwasserleiter oder hydraulisch an den Grundwasserleiter angebundene Gewässer ermittelt werden. Hierbei werden relevante Auswirkungen aber nur dann auftreten, wenn die Absenkungen unter die natürlichen Grundwassertiefstände reichen. Da die Wasserhaltung aber ein temporäres Ereignis ist, sind keine nachhaltigen negativen Auswirkungen auf den Grundwasserhaushalt zu erwarten.

5.5 Absenkung und Bodensetzungen

Durch die Grundwasserabsenkung fallen Bodenschichten trocken und verlieren den Auftrieb durch das Wasser und der Boden wird stärker zusammengepresst. Die Grundwasserspiegelabsenkung vergrößert also den auftriebsfreien Bereich des Bodens und erhöht die Setzungsverursachenden effektiven Spannungen im Korngerüst unterhalb des ursprünglichen Grundwasserspiegels. Je nach Bodenbeschaffenheit kann sich eine Setzung einstellen, deren Ausprägung auch kleinräumig unterschiedlich sein kann. Hierdurch können Brüche im Boden auftreten, die teils bis an die Erdoberfläche reichen. Auswirkungen können jedoch auch insoweit nur dann auftreten, wenn die Grundwasserabsenkung unter die natürlichen Grundwassertiefstände reicht. Diese relevante Reichweite ist je nach Standort unterschiedlich und hängt von dem erforderlichen Absenkungsbetrag, der Durchlässigkeit und von der Fördermenge ab. Es werden relevante Reichweiten von wenigen Metern bis max. ca. 200 m angenommen.

Je nach Lage der Baugrube wird gegebenenfalls zur Beweissicherung eine Bestandsaufnahme vor Aufnahme der Wasserhaltung durch einen Sachverständigen veranlasst.

5.6 Ableitung des Grundwassers in Vorfluter

Das im Rahmen der Wasserhaltungsmaßnahmen geförderte Grund- und Oberflächenwasser wird zunächst über Sammelleitungen in ausreichend groß dimensionierte Sand- und Schlammfangbehälter geleitet um eine ausreichende Sand- und Schlammfreiheit zu erreichen. Anschließend soll das Wasser nach Möglichkeit über zu verlegende temporäre Leitungen in geeignete Vorfluter eingeleitet werden. Dies geschieht nur wenn davon auszugehen ist, dass

die Wassermengen von dem Gewässer aufgenommen werden können und nicht zu erheblich nachteiligen umweltrelevanten Auswirkungen führen (nur 50 % des Mittelabflusses). An der Einleitungsstelle muss gewährleistet sein, dass es zu keinen nachhaltigen Veränderungen des Gewässerlaufes durch Auskolkungen etc. kommen kann. Eventuelle Sedimentablagerungen müssen gegebenenfalls wieder entfernt werden.

Es wird jedoch davon ausgegangen, dass das einzuleitende Grundwasser frei von Trübungen ist. Je nach den aktuellen Oberflächenwassertemperaturen ergibt sich bei der Einleitung des Grundwassers im Bereich der Einleitung eine Mischtemperatur, da die Grundwassertemperatur konstant bei ca. 10 - 13 Grad liegt. Allerdings ist durch den Sandfang und die Leitung ein gewisser Angleich an die Oberflächenwassertemperatur gegeben, sodass die Temperaturdifferenz nicht erheblich sein wird.

Aufgrund der Lage der Trasse kann von einer überwiegend guten Qualität des Grundwassers ausgegangen werden, und dass keine Nachteile für die Oberflächengewässer zu erwarten sind, da davon ausgegangen werden kann, dass dessen Qualität eher schlechter ist (Ausnahme PFC, siehe Kapitel 7). Außerdem werden keine zusätzlichen Nährstoffe in das Gewässer eingeleitet, da diese im Grundwasser so gut wie nicht vorhanden sind. Es kann also erwartet werden, dass sich die Nährstoffsituation im Oberflächengewässer durch Verdünnung eher verbessert.

Im Einzelfall muss geprüft werden, ob davon ausgegangen werden kann, dass der gemäß EU-WRRL festgestellte Zustand des Gewässers nicht verschlechtert wird und dass keine nachteiligen Auswirkungen auf FFH-Gebiete oder Biotope zu erwarten sind. Weiterhin muss natürlich die Einleitung mit den Anforderungen an die speziellen Gewässereigenschaften und sonstigen rechtlichen Anforderungen gemäß WG bzw. WHG vereinbar sein.

6. Alternativ- und Vermeidungsmaßnahmen

Für den Fall, dass zur Ableitung des geförderten Grund- bzw. Bauwassers kein Oberflächengewässer zur Verfügung steht, oder in dieses nicht oder nur eine begrenzte Menge eingeleitet werden darf, stehen weitere Maßnahmen zur Verfügung, um die erforderliche Bauwasserhaltung zu ermöglichen:

Flächenversickerung

Als einfachste Alternative zur Einleitung in ein Oberflächengewässer kann das zutage geförderte Grundwasser wieder flächig versickert, und somit dem Grundwasserleiter wieder zugeführt werden. Dies kann nur erfolgen, wenn ein geeignetes Grundstück zur Verfügung steht. Hierbei ist auf einen ausreichenden Abstand zwischen Entnahme- und Versickerungsfläche zu achten um einen hydraulischen Kurzschluss zu vermeiden. Außerdem müssen die Böden

eine ausreichende Versickerungsfähigkeit aufweisen, sowie die Vorgaben der DWA138 eingehalten werden. Möglich ist auch eine Verbesserung der Sickerleistung durch das Anlegen von Baggerschürfen.

Versickerungsbrunnen

Denkbar und Stand der Technik sind auch die Errichtung von Versickerungsbrunnen (Schluckbrunnen) mit denen das geförderte Grundwasser wieder direkt dem Grundwasserleiter zugeführt werden kann. Je nach tatsächlicher angetroffener Leistungsfähigkeit der einzelnen Brunnen und je nach Höhe des Grundwasserstandes muss die Anzahl der erforderlichen Brunnen ermittelt werden, um die gesamte Versickerungsrate zu erreichen. Die Brunnen müssen in einem ausreichenden Abstand zu den Förderbrunnen errichtet werden, um einen hydraulischen Kurzschluss zu vermeiden. Auch hier wird das geförderte Grundwasser über einen Sandfang geleitet und falls erforderlich gereinigt, bevor es wieder dem Grundwasserleiter zugeführt wird. Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass die Wasserbilanz des Grundwassers und des betreffenden Gewässers nicht nachteilig verändert wird, da das Wasser wieder vollständig in den Grundwasserleiter zurückgeführt wird. Weitergehende Auswirkungen auf den oberflächennahen Grundwasserleiter entstehen keine.

Baugrubenverbau

Um den Wasserandrang in die Baugrube und damit das zu hebende Grundwasser zu verringern kann die Baugrube lateral mit Spundwänden verbaut werden. Diese Maßnahme allein hat noch keine ausreichende minimierende Wirkung, da das anstehende Grundwasser durch den hydraulischen Ausgleich über die Sohle ungehindert zufließen kann. Deshalb muss die Sohle zusätzlich mit einer wassergeringdurchlässigen Unterwasserbetonsohle (Sperrbetonschicht) versehen werden. Da die Spundwände nicht ganz wasserdicht sind, muss eine gewisse Restwasserhaltung über Pumpensümpfe berücksichtigt werden.

Tiefengründung (Bohr- oder Rammpfahlgründung)

Um völlig auf die konventionellen Fundamente und damit auf eine Baugrube zu verzichten, kann in Einzelfällen die Gründungsart durch Verwendung einer Tiefengründung mit Bohr- oder Rammpfählen erfolgen. Damit kann der Wasseranfall und abzutransportierendes Erdreich (bei Rammpfählen) wie bei einer Baugrube nahezu komplett vermieden werden.

7. PFC – Belastungen des Bodens und Grundwasser

7.1 Vorbemerkung

Seit dem Jahr 2013 erstmalig poly- und perfluorierte Chemikalien (PFC) in der Trinkwasserversorgung der Stadt Rastatt nachgewiesen wurden, beschäftigen sich verschiedene Stellen der Verwaltung intensiv mit der PFC-Problematik und erarbeiten individuelle und allgemeine Lösungsmöglichkeiten zum Umgang mit dieser. Die Belastungssituation, Bewertungsgrundlage sowie das Vorgehen sind auf der Internetseite der Stabstelle PFC, Regierungspräsidium Karlsruhe ausführlich erläutert und werden im Folgenden zusammengefasst und ergänzt.

7.2. Belastungssituation

7.2.1. Belastungssituation Boden

Die landwirtschaftlich genutzten und PFC-belasteten Flächen in Mittel- und Nordbaden sind „flickenteppichartig“ und inhomogen verteilt. Die Größe und Form der belasteten Flächen variieren stark. Die Abgrenzung zwischen belasteten und unbelasteten Flächen vollzieht sich anhand der Grenzen von Ackerschlägen. Dies liegt wohl an der mutmaßlichen Ursache der Belastung, nämlich dem Aufbringen von mit PFC-haltigen Papierschlämmen belastetem Kompost auf einzelne Ackerschläge der Region.

Die Belastungssituation ist zudem geprägt durch sehr unterschiedliche PFC-Belastungswerte in der Fläche und in der Tiefe, unterschiedliche Eintragszeiten sowie noch unvollständige Kenntnisse des Verhaltens der unterschiedlichen PFC-Verbindungen und deren Vorläufersubstanzen im Boden und im Grundwasser. Bekannt ist, dass der Transport der PFC im Boden vom jeweiligen Anreicherungsvermögen bzw. von der Mobilität der einzelnen PFC abhängt. Kurzkettige PFC reichern sich schlechter an der organischen Matrix des Bodens an und haben eine höhere Mobilität als langkettige PFC. Während die kurzkettigen Verbindungen durch Regenwasser vermehrt in Richtung Grundwasser ausgewaschen werden, verbleiben die langkettigen Vertreter länger in den Böden.

Zudem liegen Anhaltspunkte vor, dass sogenannte Precursor (polyfluorierte Vorläuferverbindungen) in den Böden vorliegen. Bei dieser noch vergleichsweise wenig ergründeten Teilgruppe der PFC handelt es sich um komplexe fluororganische Verbindungen. In der Literatur werden die Precursor als Stoffgruppe definiert, die das Potenzial haben, zu Perfluoralkancarbonsäuren und -sulfonsäuren (PFOA oder PFOS), also zu den bekannten messbaren PFC abgebaut werden zu können.

Insgesamt wurden in den betroffenen Regionen im Landkreis Rastatt, der Stadt Baden-Baden und der Stadt Mannheim bisher (Stand Juni 2017) rund 1186 Hektar landwirtschaftlich genutzte Fläche untersucht, 595 Hektar dieser Flächen weisen eine PFC-Belastung (Quotientensumme im Bodeneluat größer 1) auf.

7.2.2. Belastungssituation Grundwasser

Da der PFC-Auftrag auf die Böden vermutlich bereits vor über 10 Jahren erfolgte, konnten die PFC bereits über die Oberböden durch die gesamte Bodenschicht bis ins Grundwasser gelangen und haben dort zu großflächigen Grundwasserbelastungen im Abstrom der Flächen geführt. Durch die Überlagerung der Einträge vieler Einzelflächen kommt es zu teils erhöhten Konzentrationen im Grundwasser.

Aufgrund der Grundwasserfließrichtung in nordwestlicher Richtung (in Richtung Rhein), breitet sich auch die PFC-Belastung im Grundwasser in diese Richtung aus. Durch die Fließrichtung Richtung Rhein vermischen sich die PFC-Verunreinigungen in diese Richtung mächtiger werdenden Grundwasserleiter, sodass eine Verdünnung eintritt. Während es im mittelbadischen Raum durch die PFC im Grundwasser auch zu Beeinträchtigungen mehrerer Brunnen der öffentlichen Trinkwasserversorgung kam, ist im Norden Mannheims die öffentliche Trinkwasserversorgung bisher nicht betroffen.

Durch ein engmaschiges Netz aus Grundwassermessstellen kann die Belastungssituation eingeschätzt werden. Jedoch können diese jeweils nur eine punktuelle Bewertung der Belastung am Ort der Messstelle liefern. Die LUBW wurde daher beauftragt ein Grundwassermodell für die Region Rastatt/Baden-Baden zu erstellen. Dadurch lässt sich der Transport, die flächenhafte Ausbreitung und die Tiefenausbreitung der PFC Belastung im Grundwasser besser nachvollziehen

7.2.3 PFC-Belastung entlang der Trasse

Gemäß LUBW (2017) verläuft die geplante Trasse im Bereich von Bühl bis Ötigheim im Bereich der PFC-Belastungszone. Die Belastungsintensität schwankt dabei deutlich und es sind sowohl hochbelastete wie auch gering- und unbelastete Bereiche dabei. Die Belastungsschwerpunkte ($>1 \mu\text{l}$) sind dabei in folgenden Gebieten zu finden:

- Niederbühl – Kuppenheim
- Iffezheim (Kühlsee) – Sandweier
- Hügelsheim – Halberstung
- Mülhofen
- Leiberstung – Vimbuch

7.3 Bewertungsgrundlage

Das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) trifft grundsätzliche Regelungen zur Untersuchung und Sanierung derartiger schädlicher Bodenveränderungen und hierdurch hervorgeru

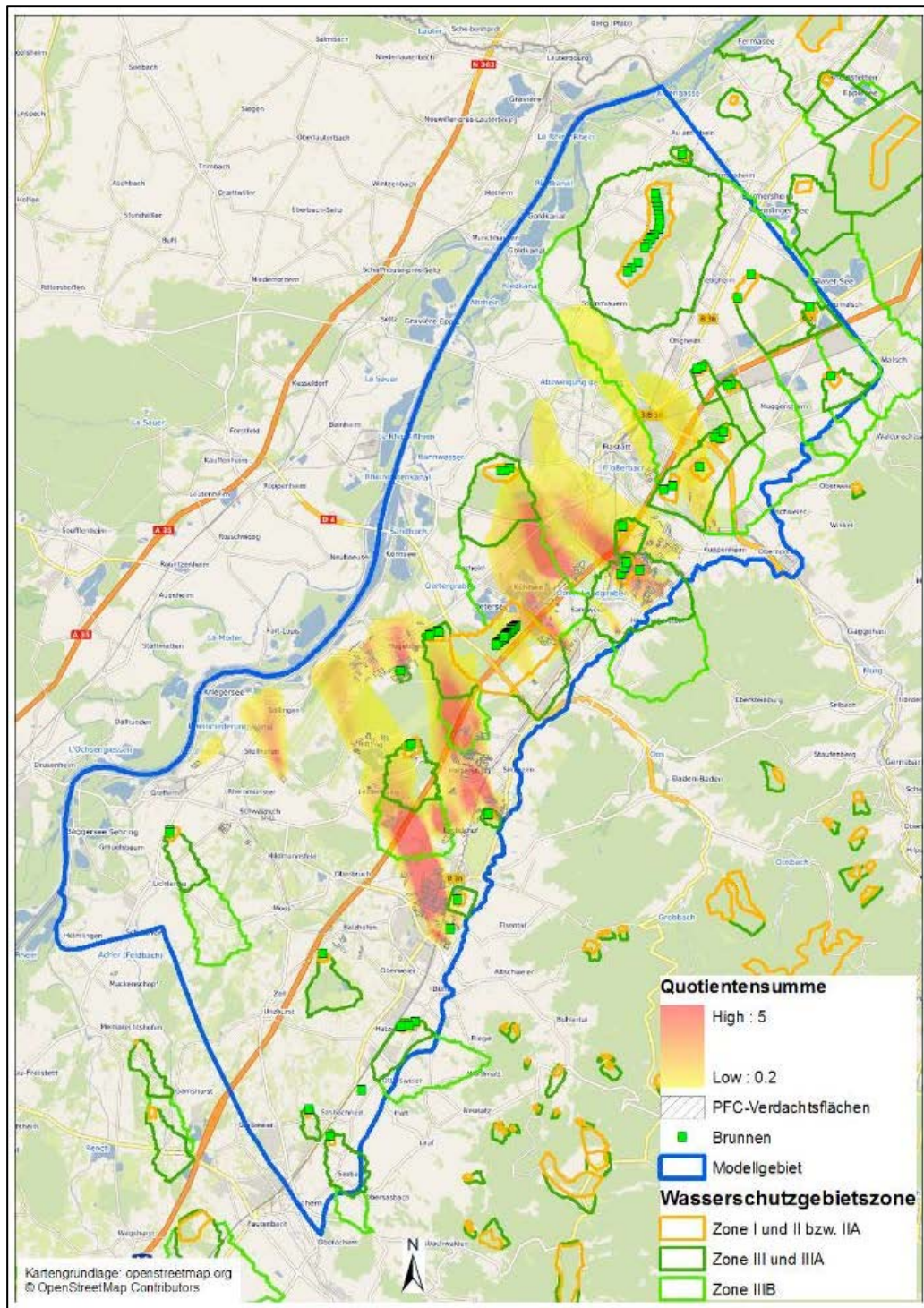


Abbildung 1: Berechnete PFC-Belastung im oberen Grundwasserleiter Ende 2016 (Quotientensumme aus den Konzentrationsverteilungen der Einzelspezies) aus LUBW (2017)

feiner Grundwasserbelastungen. Unter einer schädlichen Bodenveränderung versteht man Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen (insbesondere deren natürliche Funktionen als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen), die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen.

Um PFC-Belastungen in Boden, Grundwasser und Pflanzen umfassend beurteilen und die von ihnen ausgehenden Gefahren bewerten zu können, fehlen derzeit belastbare und gesetzlich normierte Prüf- und Grenzwerte. Eine vorläufige Beurteilung für das Grundwasser erfolgt auf der Basis der vom Umweltbundesamt zum Schutz des Trinkwassers festgelegten Leitwerte (LW) und Gesundheitlichen Orientierungswerte (GOW), die für 13 maßgebliche PFC-Einzerverbindungen gelten. Von diesen für das Trinkwasser geltenden Beurteilungswerten werden in Baden-Württemberg die zur vorläufigen Beurteilung von Boden und Grundwasser heranzuziehenden Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) abgeleitet. Momentan wird durch eine LAWA-LABO-Kleingruppe „Abteilung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für PFC an der bundeseinheitlichen Festlegung von GFS-Werten für PFC gearbeitet. Bis zur Veröffentlichung dieser Werte bleibt der Erlass des Umweltministeriums Baden-Württemberg zu GFS-Werten in Kraft.

Die PFC-Belastung von Fließgewässern wurde im Rahmen des Oberflächengewässer-Monitoring PFC des Landkreises Rastatt untersucht und ist weitgehend bekannt (Landkreis Rastatt 2018). Im Rahmen der geplanten Wasserhaltungsmaßnahmen wird mit Hilfe der vorgeschlagenen Minimierungs- und Vermeidungsmaßnahmen eine Überschreitung der Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) bei der Einleitung von Grundwasser in Oberflächenwasser vermieden.

7.3.1. Bewertungsgrundlage Boden

Meist werden die auftretenden Verunreinigungen in Boden und Grundwasser durch verschiedene PFC hervorgerufen. Um dies bei der Bewertung, ob eine schädliche Bodenveränderung vorliegt, berücksichtigen zu können, wird eine Quotientensumme gebildet. Dabei wird für jede gefundene PFC-Einzelsubstanz im Bodeneluat der Quotient aus gemessenem Wert und zugehörigem GFS-Wert berechnet. Die einzelnen Quotienten werden dann addiert und bilden so die Quotientensumme. Bei einer Quotientensumme "kleiner oder gleich 1" ist nicht von einer schädlichen Bodenveränderung auszugehen. Bei einer Quotientensumme über 1 ist näher zu prüfen, ob eine schädliche Bodenveränderung vorliegt. Denn die Überschreitung der Quotientensumme bedeutet nicht gleichzeitig eine Gefährdung für betroffene Schutzgüter, sondern dient als Schwellenwert, ab dem durch die zuständigen Bodenschutzbehörden nähere Untersuchungen angestellt werden müssen.

7.3.2. Bewertungsgrundlage Grundwasser

Wie zur Bewertung des Vorliegens einer schädlichen Bodenveränderung, werden zur vorläufigen Beurteilung der Grundwasserbelastung die aus den Trinkwasserleit- und Orientierungswerten abgeleiteten Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) genutzt. Bei einer Quotientensumme größer 1 ist von einer schädlichen Gewässerverunreinigung auszugehen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die GFS-Werte der PFC-Einzelsubstanzen

7.4. Vorgehen nach dem Bundesbodenschutzgesetz

Schädliche Bodenveränderungen und dadurch verursachte Grundwasserverunreinigungen sind nach den gesetzlichen Vorgaben des Bundesbodenschutzgesetzes zu untersuchen und zu sanieren.

An die orientierenden Untersuchungen (OU), die dem Auffinden belasteter Flächen nach Auftreten eines Anfangsverdachts dienen und die durch die zuständigen unteren Bodenschutzbehörden durchgeführt werden, schließen sich Detailuntersuchungen (DU) an. Diese dienen dem Nachweis einer schädlichen Bodenveränderung; ihr Ziel ist die abschließende Gefährdungsabschätzung und die Feststellung des genauen Ausmaßes des Schadens. Die Detailuntersuchungen sind grundsätzlich durch den oder die bodenschutzrechtlich Verantwortlichen (juristisch Störer genannt) durchzuführen und werden durch die Behörden angeordnet. Kommt der oder die Störer ihrer Verpflichtung nicht nach, kann die Behörde die notwendigen Schritte im Wege der Ersatzvornahme selbst durchführen und dem oder den Störern die Kosten hierfür auferlegen. Die Ergebnisse der Detailuntersuchungen können zur Sanierung mit vorhergehender Sanierungsuntersuchung führen.

Die Stadt Baden-Baden und der Landkreis Rastatt haben seit dem Jahr 2013 zahlreiche OU durchgeführt. Sanierungsverfahren für eine flächendeckende Sanierung des Bodens stehen derzeit ebenso wenig zur Verfügung wie Verfahren zur umfänglichen Sanierung des Grundwassers.

7.5 Erfahrungen mit der technischen Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen

Sanierungsverfahren für eine punktuelle Reinigung des Grundwassers werden derzeit im Rahmen eines Pilotprojektes des Landes Baden-Württemberg erprobt. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist angesichts der großflächigen Ausdehnung der PFC-Verunreinigungen eine zeitnahe und flächendeckende Sanierung von Boden und Grundwasser mit verhältnismäßigen Mitteln nicht möglich.

Tabelle 1: GFS-Werte für PFC im Grund- und Sickerwasser zur Beurteilung nachteiliger Veränderungen der Beschaffenheit des Grund- und Sickerwassers aus schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten

Nr.	PFC (PFAS)	GFS ¹⁾²⁾ [µg/l]	vorläufige GFS ³⁾ [µg/l]
1	PFBA Perfluorbutansäure	10	
2	PFPeA Perfluorpentansäure		3,0
3	PFHxA Perfluorhexansäure	6,0	
4	PFHpA Perfluorheptansäure		0,3
5	PFOA Perfluoroktansäure	0,1	
6	PFNA Perfluornonansäure	0,06	
7	PFDA Perfluordekansäure		0,1
8	PFBS Perfluorbutansulfonsäure	6,0	
9	PFHxS Perfluorhexansulfonsäure	0,1	
10	PFHpS Perfluorheptansulfonsäure		0,3
11	PFOS Perfluoroktansulfonsäure	0,1	
12	H4PFOS 1H,1H,2H,2H-Perfluoroktansulfonsäure		0,1
13	PFOSA Perfluoroktansulfonamid		0,1
14	Weitere PFC z.B. GenX, ADONA, u.a. ⁴⁾		1,0

1) Humantoxikologische Ableitung durch LAWA-LABO-Kleingruppe (LAWA, 2017)

2) GOW aus GFS-Bericht (LAWA, 2017)

3) Für die Bildung der Quotientensumme nach der Additionsregel werden ausschließlich die Werte in Spalte 3 herangezogen

4) R1- (CF₂)_n- R2, mit n > 3

Im Rahmen der Sanierung von PFC-Belastungen in Nordrhein-Westfalen wurden für Grundwassersanierungen Pump & Treat Verfahren mit Aktivkohle und Ionenaustausch herangezogen. Bei Bodenbelastungen wurden Bodensanierungen durch Bodenaustausch vorgenommen (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2017).

7.6 Empfehlungen

Im Rahmen der Baugrunduntersuchungen muss standortbezogen die Belastung der Böden untersucht werden. Ebenso muss mittels zu errichtender Grundwassermessstellen die lokale Belastung mit PFC im Grundwasser nachgewiesen werden kann. Gegebenenfalls empfiehlt es sich auch die lokale Belastung der Oberflächengewässer zu ermitteln, in die im Rahmen der Wasserhaltungen das geförderte Grundwasser eingeleitet werden soll. Falls diese schon belastet sind, kann geringer belastetes Grundwasser eventuell trotzdem eingeleitet werden.

Falls relevante Belastungen auftreten wird auf die weiter oben erwähnten Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen verwiesen, mit Hilfe derer eine Überschreitung der Prüfwerte verhindert werden kann. Belasteter Bodenaushub muss entsprechend den Vorgaben der LAGA/VwV entsorgt werden. Belastetes Grundwasser kann vor Ort durch die Adsorption an Aktivkohle mit einer mobilen Filteranlage abgereinigt werden. Hier ist jedoch auf die aus der Literatur bekannten niedrigen Beladungsraten und den damit erforderlichen regelmäßigen Wechsel der Aktivkohle oder der Vorhaltung einer ausreichend großen Menge zu verweisen.

8. Zusammenfassung und Fazit

Im Rahmen der neuen 380-kV-Freileitung mit ca. 160 neuen Masten werden überwiegend Fundamente als Plattenfundamente realisiert, bei denen je nach vorgefundenen Grundwasserständen Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich werden, um die Baugruben frei von Grundwasser zu halten. Je nach Umfang der anfallenden Wassermengen werden die geplanten Baugruben mit Hilfe einer geschlossenen Wasserhaltung mit lateral um die Baugrube herum angeordneten Grundwasserbrunnen oder mit einer offenen Wasserhaltung über Pumpensümpfe mit angeschlossener Flächendrainage frei von Grundwasser gehalten. Auf der Basis der Ergebnisse der vorab durchgeführten Baugrunderkundungen können die Wasserhaltungen exakt dimensioniert und die räumlichen Ausdehnungen der möglichen Absenkungen und damit eventuelle Auswirkungen auf den Grundwasserhaushalt oder hydraulisch an den Grundwasserleiter angebundene Gewässer sowie eventuelle Bodensetzungen ermittelt werden.

Das geförderte Grund- und Oberflächenwasser wird über ausreichend groß dimensionierte Sand- und Schlammfangbehälter in Abstimmung mit der ökologischen Baubegleitung möglichst in geeignete Vorfluter eingeleitet werden. Hierbei kann davon ausgegangen werden, dass die Qualität des Gewässers nicht verschlechtert wird, da das Grundwasser in der Regel die bessere Qualität aufweist. Im Einzelfall wird natürlich geprüft werden, ob die Maßnahmen den Anforderungen der EU-WRRL gerecht werden, und dass die Einleitungen mit den Anforderungen an die speziellen Gewässereigenschaften und sonstigen rechtlichen Anforderungen gemäß WG bzw. WHG vereinbar sind. Im Einzelfall wird geprüft ob das Grundwasser auch flächig versickert oder über Schluckbrunnen abgeleitet werden kann.

Die in Teilbereichen der Trasse zu erwartenden Belastungen des Untergrundes mit PFC werden im Rahmen der Baugrunderkundungen erfasst und bewertet. Falls relevante Belastungen auftreten und eine Ableitung sowie ein Abtransport des Grundwassers nicht in Frage kommt, können Vermeidungsmaßnahmen wie Baugrubenverbau mit Spundwänden und Sperrbetonsohle oder Tiefengründungen mit Bohr- oder Rammpfahlgründung erfolgen. Auch kann eine Abreinigung des Restwassers vor Ort durch die Adsorption an Aktivkohle mit einer mobilen Filteranlage erfolgen um die Einhaltung der Prüfwerte für die Einleitung zu garantieren. Die Durchführung der erforderlichen Wasserhaltungen und die Ableitung des Grund- und Oberflächenwassers ist somit grundsätzlich machbar.