

Dyneon GmbH

**Detailuntersuchung der PFOA-
Belastungen in Boden und
Grundwasser im Bereich Gendorf**

Abschlussbericht

Bericht Nr. 9

12. Dezember 2018

www.erm.com



Dyneon GmbH

Detailuntersuchung der PFOA-
Belastungen in Boden und
Grundwasser im Bereich Gendorf

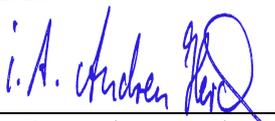
Abschlussbericht
Bericht Nr. 9

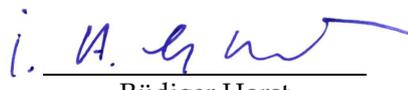
Erstellt für:

Dyneon GmbH
Industrieparkstraße
84508 Burgkirchen

ERM GmbH
Neu-Isenburg
12. Dezember 2018


Ulrich Desery
Partner


Dr. Andrea Herch
Projektleiter
öff. b. v. Sachverständige


Rüdiger Horst
Projektmitarbeiter

Sitz der Gesellschaft:

Neu-Isenburg
Siemensstrasse 9
D-63263 Neu-Isenburg
Tel.: +49 (0) 61 02/206-0
Fax.: +49 (0) 61 02/206-202
E-Mail: germany@erm.com
http://www.erm.com

Geschäftsführer
Graham Lane
Jean-François Bolduc

Amtsgericht Offenbach
HRB 42108

USt-IdNr.
DE248679829

Bankverbindungen
Commerzbank, Neu-Isenburg
SWIFT: COBADEFF 504
IBAN DE24 5004 0000 0407 8788 00

Deutsche Bank, Darmstadt
SWIFT: DEUTDEFF 508
IBAN DE12 5087 0005 0210 0840 00

Teil der
Environmental Resources
Management Group

Dieser Bericht wurde von ERM GmbH (ERM) mit der gebotenen Sorgfalt und Gründlichkeit im Rahmen der Allgemeinen Auftragsbedingungen für den Kunden und für seine Zwecke erstellt. ERM übernimmt keine Haftung für die Anwendungen, die über die im Auftrag beschriebene Aufgabenstellung hinausgehen. ERM übernimmt ferner gegenüber Dritten, die über diesen Bericht oder Teile davon Kenntnis erhalten, keine Haftung. Es können insbesondere von dritten Parteien gegenüber ERM keine Verpflichtungen abgeleitet werden.

PROJEKT NR. 0115238

INHALT

1	<i>EINFÜHRUNG</i>	1
1.1	<i>HINTERGRUND</i>	1
1.2	<i>ZIELSETZUNG DES BERICHTES</i>	1
1.3	<i>METHODIK DER DETAILUNTERSUCHUNG</i>	2
1.4	<i>GLIEDERUNG DES BERICHTS</i>	7
1.5	<i>ZITIERTER UNTERLAGEN</i>	8
1.6	<i>HAFTUNGS AUSSCHLUSS</i>	16
2	<i>GEOGRAFISCHER ÜBERBLICK</i>	17
3	<i>GEOLOGISCHER ÜBERBLICK</i>	19
3.1	<i>REGIONALE GEOLOGIE</i>	19
4	<i>HYDROGEOLOGISCHE ÜBERSICHT</i>	21
5	<i>PFOA - CHEMISCHE, PHYSIKALISCHE UND BIOLOGISCHE EIGENSCHAFTEN</i>	24
6	<i>RECHTLICHE ANFORDERUNGEN UND VERWENDETE KRITERIEN FÜR DIE DETAILUNTERSUCHUNG</i>	28
7	<i>HISTORIE ZUM EINSATZ VON PFOA IM BEREICH DES CHEMIEPARKS UND KONZEPTIONELLE MODELLVORSTELLUNG ZUR AUSBREITUNG</i>	37
8	<i>BELASTUNGSSITUATION</i>	41
8.1	<i>PFOA-KONZENTRATIONEN IM BODEN</i>	41
8.2	<i>PFOA-KONZENTRATIONEN IM GRUNDWASSER</i>	43
8.3	<i>PFOA-KONZENTRATIONEN IN OBERFLÄCHENGEWÄSSERN</i>	47

9	<i>PFOA-MASSENVERTEILUNG</i>	49
10	<i>PROGNOSEN ZUKÜNFTIGER PFOA-KONZENTRATIONEN IM SICKERWASSER UND GRUNDWASSER</i>	52
10.1	<i>NUMERISCHE MODELLE ALS PROGNOSEINSTRUMENT</i>	52
10.2	<i>PROGNOSTIZIERTE SICKERWASSERKONZENTRATIONEN</i>	54
10.3	<i>PROGNOSTIZIERTE GRUNDWASSERKONZENTRATIONEN</i>	56
11	<i>GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG</i>	59
11.1	<i>METHODIK</i>	59
11.2	<i>WIRKUNGSPFADE UND SCHUTZGÜTER</i>	60
11.3	<i>WIRKUNGSPFAD BODEN-MENSCH</i>	62
11.4	<i>WIRKUNGSPFAD BODEN-WILDTIERE/ NUTZTIER-MENSCH</i>	62
11.5	<i>WIRKUNGSPFAD BODEN-NUTZPFLANZE-(NUTZTIER)-MENSCH</i>	63
11.6	<i>WIRKUNGSPFAD BODEN-GRUNDWASSER</i>	65
11.7	<i>WIRKUNGSPFAD GRUNDWASSER-MENSCH</i>	67
11.8	<i>WIRKUNGSPFAD GRUNDWASSER-OBERFLÄCHENGEWÄSSER</i>	70
11.9	<i>AUSWIRKUNGEN AUF DIE BODENFUNKTIONEN</i>	72
11.10	<i>ZUSAMMENFASSUNG DER GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG</i>	77
12	<i>ABGRENZUNG DES PFOA-BELASTUNGSBEREICHES</i>	80
12.1	<i>ABGRENZUNG BASIEREND AUF SCHWELLENWERTEN UND NUMERISCHEN PROGNOSEN</i>	80
12.2	<i>ABGRENZUNG ANHAND DER BEEINTRÄCHTIGUNG VON BODENFUNKTIONEN UND WIRKUNGSPFAD</i>	81
13	<i>MAßNAHMEN</i>	83
13.1	<i>ABWÄGUNG VON SANIERUNGSMAßNAHMEN IM SINNE VON § 2 ABS. 7 BBODSCHG</i>	83
13.2	<i>MAßNAHMEN IM SINNE VON § 2 ABS. 8 BBODSCHG UND SONSTIGE EMPFEHLUNGEN</i>	85

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 4-1:	Grundwassergleichenplan des quartären Aquifers /35/	22
Abbildung 5-1:	Chemische Struktur von PFOA.	24
Abbildung 7-1:	Allgemeines Fließbild der Fluorpolymerherstellung im Chemiepark und Abschätzung der PFOA-Emissionen über den Luftpfad und über die Einleitung in die Alz.....	38
Abbildung 7-2:	Skizze konzeptionelles Modell	40
Abbildung 8-1:	Entwicklung der PFOA-Konzentrationen im Rohwasser der Trinkwasserbrunnen.	45
Abbildung 8-2:	Zeitliche Entwicklung der PFOA-Konzentrationen im Daxenthaler Forst.	46
Abbildung 9-1:	Massenverteilung PFOA im Untersuchungsgebiet (1969-2015).	50
Abbildung 10-1:	Prognose der Sickerwasserkonzentration am Ort der Beurteilung.....	55
Abbildung 11-1:	Skizzierung möglicher Wirkungspfade.....	60

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1-1:	Wesentliche Arbeitsschritte der Untersuchungen im Zeitraum 2010 bis 2018 ...	5
Tabelle 4-1:	Hydrogeologische Parameter und hydrostratigrafische Einheiten im Untersuchungsraum /35/	23
Tabelle 5-1:	Physikalische und chemische Eigenschaften von PFOA /40/	25
Tabelle 6-1:	Richtwerte zur vorläufigen Bewertung von PFOA im Boden und Grundwasser nach LfU /54/ und im Oberflächengewässer in Anlehnung an RIVM /64/	32
Tabelle 6-2:	Zuordnungswerte für PFOA in Eluat für die Verwertung oder Entsorgung von Bodenmaterial in Anlehnung an LAGA M20 /45/ und DepV /8/	35
Tabelle 11-1:	Potentielle Wirkungspfade und Schutzgüter für das Untersuchungsgebiet.	61
Tabelle 11-2:	Gemessene PFOA-Konzentrationen in Gemüse im Zeitraum 2007-2017.	64
Tabelle 11-3:	Vorliegende Messwerte zu PFOA-Konzentrationen in privaten Trinkwasserbrunnen.	69
Tabelle 11-4:	Auswirkung der PFOA-Bodenbelastung auf die Bodenfunktionen /71/ /55/	73

Tabelle 11-5:	Zusammenfassung der Gefährdungsabschätzung für die potenziellen Wirkungspfade und Schutzgüter im Raum Gendorf.	77
Tabelle 13-1:	Empfohlene Messpunkte für die Grundwasserüberwachung.	92
Tabelle 13-2:	Empfohlene Messpunkte für die Oberflächenwasserüberwachung.	96

ANHANGSVERZEICHNIS

Annex A: Topografische Übersicht

- A-1 Untersuchungsgebiet
- A-2 Chemiepark GENDORF

Annex B: Überblick PFOA-Konzentrationen Boden und PFOA-Massen in der ungesättigten Zone und Abgrenzung einer schädlichen Bodenveränderung anhand Bodenfunktionen und Wirkungspfad

- B-1 Übersichtskarte
- B-2 Bereich des Chemiepark GENDORF
- B-3 PFOA-Konzentrationen im Eluat von Bodenproben A-Horizont
- B-4 PFOA-Konzentrationen im Eluat von Bodenproben B-Horizont
- B-5 Abgrenzung einer schädlichen Bodenveränderung anhand Bodenfunktionen und Wirkungspfad

Annex C: Verteilung der modellierten Sickerwasserkonzentrationen am Ort der Beurteilung

- C-1 Jahr 2016
- C-2 Jahr 2030
- C-3 Jahr 2060

Annex D: PFOA-Konzentrationen im Grundwasser

- D-1 Verteilung der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser (2015; 0 bis 10 m unter GW-Oberfläche)
- D-2 Verteilung der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser (2015; 10 bis 20 m unter GW-Oberfläche)

D-3 PFOA-Konzentrationen in Grundwasser am Westrand vom Untersuchungsgebiet

Annex E *Modellprognose zur zukünftigen Entwicklung der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser*

Text mit folgenden Anhängen

- E-1: Grundwasserentnahmen der Trinkwasserbrunnen
- E-2: Ergebnisse Simulation 1
- E-2: Ergebnisse Simulation 2
- E-2: Ergebnisse Simulation 3
- E-5: Berechnete PFOA-Verteilung im Grundwasser für das Jahr 2016
- E-6: Berechnete PFOA-Verteilung im Grundwasser für das Jahr 2030
- E-7: Berechnete PFOA-Verteilung im Grundwasser für das Jahr 2060

Annex F: *Ergebnisse Lebensmittelüberwachung im Raum Gendorf zwischen 2006 und 2017*

- F-1 Tabellen Analyseergebnisse Lebensmittel, nach Lebensmittel sortiert
- F-2 Tabellen Analyseergebnisse Lebensmittel, chronologisch sortiert
- F-3 Tabellen Analyseergebnisse Futtermittel, chronologisch sortiert

Annex G: *Nutzungen von Grund- und Oberflächenwasser*

- G-1 Sonstige Nutzungen (nicht Trinkwasser, nicht Chemiapark GENDORF, nicht Industriegebiet Burghausen) von Grundwasser und Oberflächenwasser [Tabelle aus Datenschutzgründen nicht veröffentlicht.]
- G-2 Private Brunnen [tabellarische Übersicht]
- G-3 Nutzung von Grund- und Oberflächenwasser: Privatbrunnen, Quellen und Oberflächengewässer [Lageplan aus Datenschutzgründen nicht veröffentlicht.]

Annex H: *Empfehlung für zukünftige Überwachung*

- H-1 Empfehlung für die zukünftige Grundwasserüberwachung
- H-2 Empfehlung für zukünftiges Bodenmonitoring

Annex I: Messwerte PFOA-Konzentrationen

- I-1 PFOA-Konzentrationen im Grundwasser
- I-2 PFOA-Konzentrationen im Rohwasser der öffentlichen
Trinkwasserbrunnen
- I-3 PFOA-Konzentrationen im Wasser von Privatbrunnen
- I-4 PFOA-Konzentrationen im Oberflächengewässer
- I-5 PFOA-Konzentrationen im Boden

1 EINFÜHRUNG

1.1 HINTERGRUND

PFOA (Perfluorooctansäure) wurde im Chemiepark GENDORF (Chemiepark) hergestellt und als Emulgator bei der Polymerisierung von Fluorpolymeren eingesetzt. Der Einsatz von PFOA begann 1968 mit der Produktion von Fluorpolymeren durch die Hoechst AG und wurde von der Dyneon GmbH (Dyneon) ab 1996 fortgesetzt. Die Herstellung von PFOA wurde 2004 und der Einsatz in der Fluorpolymerproduktion 2008 eingestellt.

PFOA wurde über die Abluft emittiert und mit dem Abwasser aus der Kläranlage des Chemieparks (zentrale Abwasserreinigungsanlage - ZARA) in die Alz eingeleitet. Emissionen aus Abluft und Abwasser wurden stufenweise 1980, 1993, 2001 und 2006 durch Abluftreinigung und Recycling reduziert. Darüber hinaus tragen lokale Quellbereiche auf dem Gelände des Chemieparks, wie z.B. der Bereich der Deponien, Bereiche von früheren Kanalleckagen, etc. zu den PFOA-Konzentrationen im Grundwasser bei.

Das Wasserwirtschaftsamt Traunstein und das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) führten zwischen 2006 und 2009 die Orientierende Untersuchung gemäß dem Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) und der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) durch. Die Ergebnisse sind im Hydrogeologischen Basisgutachten des Wasserwirtschaftsamtes Traunstein zusammengefasst /78/. Aufgrund der Ergebnisse von PFOA im Boden und Grundwasser konnte der Verdacht einer schädlichen Bodenverunreinigung nicht ausgeschlossen werden. Daraufhin hat Dyneon in Abstimmung mit dem Landratsamt Altötting eine Detailuntersuchung im Sinne der BBodSchV und des Merkblattes 3.8/1 /10/ des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft (jetzt Landesamt für Umwelt - LfU) in Auftrag gegeben.

1.2 ZIELSETZUNG DES BERICHTES

Ziel dieses Berichtes ist es, die Ergebnisse der Detailuntersuchung der PFOA-Belastung in Boden und Grundwasser im Bereich des Öttinger Forstes, des Alztales und des Daxenthaler Forstes zusammenzufassen, soweit die PFOA-Einträge auf die historische Luftemission und -deposition sowie die Alzversickerung zurückzuführen sind. Die darauf basierende Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser und damit verbundene nachgeordnete Wirkungspfade werden vorgestellt. Zudem

wird aus fachlicher Sicht zum Erfordernis weitergehender Maßnahmen nach § 2 Abs. 7 oder Abs. 8 BBodSchG Stellung genommen.

Der Bericht soll den Behörden alle erforderlichen Informationen für die Bewertung liefern, ob außerhalb des Chemieparks

- eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast nach BBodSchG vorliegt,
- aufgrund der Boden- und Grundwasserbelastung eine Gefährdung für Mensch, Tier und Pflanzen besteht und
- Maßnahmen nach § 2 Abs. 7 oder Abs. 8 BBodSchG erforderlich sind.

Es hat sich gezeigt, dass die lokalen Schadensherde auf dem Chemiepark keinen Einfluss auf die Gefährdung des Trinkwassers im Öttinger Forst haben und auch für die Abgrenzung der durch Luftemission und -deposition verursachten Bodenbelastung nicht relevant waren. Daher wurde die Untersuchung von lokalen Schadensherden mit PFOA auf dem Chemiepark auf Antrag der InfraServ GmbH & Co. Gendorf KG (InfraServ) /42/ von der großräumigen Detailuntersuchung der flächenhaften PFOA-Belastung des Bodens außerhalb des Chemieparks abgetrennt. Um den Abschluss der Detailuntersuchung außerhalb des Chemieparks nicht zu verzögern, stimmte der Landkreis Altötting mit Schreiben vom 20. Dezember 2017 /46/ dem Antrag von InfraServ zu. Die lokalen Quellen werden in Abstimmung mit dem Landratsamt Altötting separat begutachtet.

1.3 *METHODIK DER DETAILUNTERSUCHUNG*

Den allgemeinen Rahmen für die Untersuchung der Stoffkonzentrationen in Boden und Grundwasser bilden

- Das BBodSchG und die dazugehörige BBodSchV sowie das Wasserhaushaltsgesetz (WHG),
- Das Merkblatt Nr. 3.8/1 des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft (jetzt LfU) zur „Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerunreinigungen -Wirkungspfad Boden-Gewässer-“ vom 31. Oktober 2001,
- Die „Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden. Stand April 2017.“ des LfU.

Die BBodSchV enthält insbesondere in § 3 Hinweise zur Untersuchung und in § 4 zur Bewertung von Bodenbelastungen und Anforderungen an die Gefahrenabwehr.

Im Rahmen der Detailuntersuchung soll festgestellt werden, ob sich aus räumlich begrenzten Anreicherungen von Schadstoffen innerhalb einer Verdachtsfläche oder altlastverdächtigen Fläche Gefahren ergeben. Weiter soll festgestellt werden, ob und wie eine Abgrenzung von nicht belasteten Flächen geboten ist.

Grundsätzlich werden die folgenden drei Wirkungspfade betrachtet:

- Wirkungspfad Boden-Mensch,
- Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze,
- Wirkungspfad Boden-Grundwasser.

Die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze sind nicht Gegenstand der hier vorgestellten Detailuntersuchungen/42/. Sie sind bereits früher behördlicherseits bewertet worden und die Ergebnisse werden in diesem Bericht nur der Vollständigkeit halber kurz zusammengefasst.

Das LfU und das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) haben 2009 die PFOA-Belastung im Raum Gendorf für den Wirkungspfad Boden-Mensch, basierend auf dem ursprünglich vom Niedersächsischen Landesgesundheitsamt abgeleiteten Prüfwert für Kinderspielflächen von 30 mg/kg TS als nicht relevant eingestuft /53/. Laut LGL ist eine Überprüfung dieses Wertes zu erwarten /58/.

Die Bewertung des Wirkungspfades Boden-Nutzpflanze war vom LGL in 2012 für Futtermittel abgeschlossen worden/56/. Hinsichtlich des nachgeordneten Wirkungspfades Nutzpflanze-Mensch waren in den Salat- und Gemüsepflanzen und Obst die bisher ermittelten Gehalte selten über der Bestimmungsgrenze und daher gemäß der lebensmittelrechtlichen Einstufung durch das LGL ohne gesundheitliche Relevanz/47/.

In Abstimmung mit dem Landratsamt Altötting sind der Wirkungspfad Boden-Grundwasser und die damit verbundenen sekundären Wirkungspfade alleiniger Gegenstand dieser Detailuntersuchung (/42/). Die Detailuntersuchung umfasst:

- Die Ermittlung der Belastungssituation, d.h. der räumlichen Ausdehnung von PFOA in Boden und Grundwasser unter Berücksichtigung von Anreicherungen der Schadstoffe und der bisherigen zeitlichen Entwicklung der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser,
- Laborstudien zum Adsorptionsverhalten mit Bodenproben aus dem Untersuchungsgebiet,

- die Sichtung von Literaturdaten zu den chemischen, physikalischen und biologischen Eigenschaften, zum Verhalten in der Umwelt, insbesondere zum Transportverhalten und zur Aufnahme durch Mensch, Tier und Pflanzen,
- eine Sickerwasserprognose der PFOA-Konzentrationen am Ort der Beurteilung zur Bewertung der von den Verdachtsflächen ausgehenden Gefahren für das Grundwasser,
- eine Prognose der zukünftigen Entwicklung der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser,
- die abschließende Gefährdungsabschätzung, das heißt die Ermittlung und fachliche Bewertung von Wirkungspfaden zwischen der Belastung in Boden und Grundwasser und den Schutzgütern Mensch, Tier, Pflanze, Grundwasser und Oberflächenwasser, sowie
- eine fachliche Bewertung inwieweit Maßnahmen nach § 2 Abs. 7 oder Abs. 8 des BBodSchG erforderlich sind.

Tabelle 1-1 listet die wesentlichen Arbeitsschritte der Untersuchungen im Zeitraum 2010 bis 2018 auf.

Die Ergebnisse der horizontalen und vertikalen Abgrenzung von PFOA in Boden und Grundwasser, der Massenabschätzungen und der Strömungs- und Stofftransportmodellierung sind im Detail in den vorangegangenen Berichten beschrieben (siehe auch Bearbeitungsschritte der Detailuntersuchung in Tabelle 1-1). Sie werden in diesem Bericht informationshalber nochmals zusammengefasst.

Tabelle 1-1: Wesentliche Arbeitsschritte der Untersuchungen im Zeitraum 2010 bis 2018

Schritt	Umfang	Zeit- raum	Bericht
Erhebung Kenntnisstand	Beschaffung von Daten vorangegangener Untersuchungen, d.h. zu Oberflächengewässern, Grundwasser, Boden, Pflanze Sichtung und erste Auswertung der vorhandenen Daten Erstellung eines konzeptionellen Modells Aufzeigen von Kenntnislücken Zusammenstellung in Berichtsform	2010	/25/
Untersuchung von PFOA im Boden	Aufeinander aufbauende Kampagnen für Bodenbeprobungen als Grundlage für die horizontale und vertikale Abgrenzung von PFOA im Boden Massenabschätzung für PFOA im Boden Lysimeterversuche durch das LfU Laborversuche zur Ermittlung von Adsorptionskoeffizienten (kd)	2010- 2013	/26/ /28/ /28//2 9/ /32/ /33/ /1/
Zuarbeiten zum Abschluss der Detailunter- suchung zum Wirkungspfad Boden-Pflanze durch das LGL	Abstimmung mit dem LGL und der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) hinsichtlich abschließender Beprobungskampagnen Erstellung einheitlicher Handlungsanweisungen zur Probenahme von Boden und von Futtermitteln Beprobung von Mais und Gras sowie von Boden der zugehörigen Flächen Abschließende Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden- Nutzpflanze durch das LGL	2011- 2012	/27/ /53/ /56/
Untersuchung von PFOA im Grundwasser	Erstellung von Handlungsanweisungen zur einheitlichen Probenahme von Grundwasser und von Trinkwasserbrunnen Aufeinander aufbauende Kampagnen für Grundwasserbeprobungen zur horizontalen und vertikalen Abgrenzung von PFOA im Grundwasser Ermittlung von Trends in den Grundwasserkonzentrationen (Grundlage für Kalibration Stofftransportmodell) Massenabschätzung PFOA im Grundwasser	2010 - 2017	/26/, /28/, /30/, /32/ /33/ /36/
Entwicklung numerisches Strömungs- und Stofftransport- modell für die ungesättigte Zone	Erstellung des Strömungs- und Stofftransportmodells, Kalibration, Validation Simulation von PFOA-Konzentrationen im Sickerwasser für verschiedene Massen und Mächtigkeit der ungesättigten Zone Sensitivitätsanalyse	2011- 2017	/14/

Schritt	Umfang	Zeit- raum	Bericht
Entwicklung numerisches Strömungs- und Stofftransport- modell für die gesättigte Zone	Erstellung des Strömungs- und Stofftransportmodells, Kalibration, Validation	2011- 2017	/31/
	Prognose der PFOA-Konzentrationen im Sickerwasser am Ort der Beurteilung		/33/ /34/
	Prognose der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser		/35/
	Sensitivitätsanalyse		/38/
Gefährdungs- abschätzung	Identifizierung von relevanten Wirkungspfaden und Schutzgütern	2016- 2018	/37/
	Identifizierung von sensitiven Grundwassernutzern		und dieser
	Zusammenstellung von Informationen am Westrand und westlich des Untersuchungsgebietes		Bericht.
	fachliche Bewertung von Wirkungspfaden zwischen der Belastung in Boden und Grundwasser und den Schutzgütern Mensch, Tier, Pflanze, Grundwasser und Oberflächenwasser		
	Abschluss der Detailuntersuchung, Zusammenfassung der Ergebnisse		

1.4 GLIEDERUNG DES BERICHTS

Dieser Bericht ist wie folgt gegliedert:

- Kapitel 1 *Einführung* gibt Informationen zum Hintergrund, Zielsetzung des Berichtes, zur Methodik der Detailuntersuchung, zum Aufbau des Berichtes, zu den zitierten Unterlagen und zum Haftungsausschluss,
- Kapitel 2 gibt einen *Geografischen Überblick* des Untersuchungsgebietes,
- Kapitel 3 gibt einen *Geologischen Überblick*,
- Kapitel 4 gibt einen *Hydrogeologischen Überblick*,
- Kapitel 5 informiert zu den *chemischen, physikalischen und biologischen Eigenschaften* von PFOA,
- Kapitel 6 gibt einen Überblick zu den *rechtlichen Anforderungen und verwendeten Kriterien für eine Detailuntersuchung*,
- Kapitel 7 fasst den *historischen Umgang* mit PFOA und das *konzeptionelle Modell* zur Ausbreitung der PFOA zusammen,
- Kapitel 9 *Belastungssituation* stellt die PFOA-Konzentrationen in den verschiedenen Umweltkompartimenten Boden, Grundwasser, Oberflächenwasser dar,
- Kapitel 9 gibt eine Übersicht zu der *Massenverteilung*,
- Kapitel 10 beschreibt die *Prognosen* der zukünftigen PFOA-Konzentrationen in Sickerwasser und Grundwasser,
- Kapitel 11 stellt die Methodik und die Ergebnisse der *Gefährdungsabschätzung* vor,
- Kapitel 12 diskutiert die *Abgrenzung der PFOA-Belastungsbereiche*,
- Kapitel 13 stellt die *empfohlenen Maßnahmen* dar.

1.5

ZITIERTE UNTERLAGEN

- /1/ 3M Environmental Laboratory (2010): Adsorption and Desorption of Perfluorooctanoic Acid (PFOA) in Soil Samples collected in Gendorf, Germany, Laboratory Request No. E10-0338, December 22, 2010.
- /2/ 3M (2018): Assessment of Proposed Dutch Water Quality Standard for Surface Water.- Memorandum dated October 29, 2018.
- /3/ Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) vom 17. März 1998, zuletzt geändert 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465).
- /4/ Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), zuletzt geändert 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465).
- /5/ Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) vom 31.07.2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert 18. Juli 2017 (BGBl. I S. 2771).
- /6/ Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung GrwV) vom 9. November 2010, zuletzt geändert 4. Mai 2017, BGBl. I S. 1044.
- /7/ Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV) vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373).
- /8/ Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung DepV) vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), zuletzt geändert 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465).
- /9/ Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung - DüMV) vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2482), zuletzt geändert 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305).
- /10/ Merkblatt Nr. 3.8/1 des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft (jetzt Landesamt für Umwelt LfU) zur „Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen – Wirkungspfad Boden-Gewässer –“, 31. Oktober 2001.
- /11/ Abbott et al. 2007 Toxicol Sci 98 571-81.
- /12/ Albrecht et al. 2013 Toxicol Sci 131 568-82.
- /13/ ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (2016): Per- and perfluoroalkyl substances (PFAS). Frequently asked questions. https://www.atsdr.cdc.gov/pfc/docs/pfas_fact_sheet.pdf.

- /14/ Barr (2018): Modeling of Vadose Zone Flow and PFOA Transport: Gendorf, Germany.- Revised Report Barr Engineers, May 2018. [Aktualisierter Bericht Barr Engineers, Mai 2018].
- /15/ Beyer, N. & Fries, G. (2002): Toxicological Significance of Soil Ingestion by Wild and Domestic Animals.- in David J. Hoffman, Barnett A. Rattner, G. Allen Burton, Jr.. [Ed.]: Handbook of Ecotoxicology. 151-163.
- /16/ Butenhoff et al. 2004 Regul Toxicol Pharmacol 39 363-380.
- /17/ Butenhoff et al. 2012 Toxicol Letters 210 360-5.
- /18/ CONCAWE (2016): Report no. 8/16. Environmental fate and effects of poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS). Brussels, Belgium.
- /19/ Corton et al. 2014 Crit Rev Toxicol 44 1-49.
- /20/ Crystal (1994): Hydrogeologische Grundlagen zur Grundwasserbeweissicherung im Umfeld des Werkes Gendorf der Fa. Hoechst AG - Hydrogeologischer Untersuchungsbericht. [Hydrogeological Baseline for Assessment of Status of groundwater in the Surrounding of the Hoechst Gendorf site - Hydrogeological Report].- Crystal Geotechnik (1994/05/10).
- /21/ Crystal (2006): Hydrogeologisches Konzept zur Kühlwassererschließung Industriepark Werk Gendorf.- Crystal Geotechnik (2006/09/27).
- /22/ Dhingra et al. 2017 Environ Health Perspect. 125(3):416-421.
- /23/ Dyneon (2012): Erhebung der Abluft-Emissionen und Deposition an PFOA zwischen 1969 und 2008 aus Anlagen des heutigen Industrieparks Werk Gendorf. Interner Bericht vom 12. Juli 2012.
English Version: Assessment of PFOA Air Emissions and Deposition between 1969 and 2008 from Facilities of today's Industrial Park Site Gendorf.- Internal Report Dyneon GmbH, dated July 16, 2012.
- /24/ ECHA. European Chemicals Agency. 2013. Member state committee support document for identification of pentadecafluorooctanoic acid (PFOA) as a substance of very high concern because of its cmr and pbt properties. Adopted on 14 June 2013. SVHC Support Document-PFOA.
- /25/ ERM (2010): Zusammenfassung und Bewertung der bisherigen Boden- und Grundwasseruntersuchungen zu PFOA-Belastungen im Bereich Gendorf.- ERM Bericht vom 4. November 2010.
English Version: Baseline Summary and Assessment of Soil and Groundwater Investigations for PFOA Impacts in the Area of Gendorf, Germany.- ERM Report dated November 04, 2010.

- /26/ ERM (2011a): Probenahmeplan und Handlungsanweisung für eine einheitliche Grundwasserprobennahme zur PFOA-Analytik.- 26. Mai 2011.
- /27/ ERM (2011b): Handlungsanweisung für Probenahme von Futtermitteln und Boden zur PFOA-Analytik als Grundlage für die Bewertung des Wirkungspfades Boden-Pflanze.- 12. August 2011.
- /28/ ERM (2011c): Detailuntersuchung der PFOA-Belastungen im Boden und Grundwasser im Bereich Gendorf. Horizontale Abgrenzung der PFOA Belastung im Grundwasser. Bericht Nr. 2.- ERM Bericht vom 15.11.2011. English Version: Detailed Investigation of PFOA Impacts in Soil and Groundwater in the Area of Gendorf, Germany. Horizontal Delineation of PFOA in Shallow Groundwater. Report No. 2.- ERM Report dated November 15, 2011.
- /29/ ERM (2012a): Handlungsanweisung für Probenahme von Boden zur PFOA-Analytik als Grundlage für die Bewertung des Wirkungspfades Boden-Wasser. 23. März 2012.
- /30/ ERM (2012b): Probenahmeplan und Handlungsanweisung für eine einheitliche Grundwasserprobennahme zur vertikalen Abgrenzung der PFOA im Grundwasser.- 13. Januar 2012.
- /31/ ERM (2012c): Detailuntersuchung der PFOA-Belastungen im Boden und Grundwasser im Bereich Gendorf. Hydrogeologisches Modell für den Raum Gendorf. Bericht Nr. 3. - ERM Bericht vom 11.10.2012.
- /32/ ERM (2012d): Detailuntersuchung der PFOA-Belastungen im Boden und Grundwasser im Bereich Gendorf. Abschließende Abgrenzung der PFOA-Belastung in Boden und Grundwasser. Bericht Nr. 4.- ERM Bericht vom 13.12.2012.
English Version: Detailed Investigation of PFOA Impacts in Soil and Groundwater in the Area of Gendorf, Germany. Final Delineation of PFOA in Soil and Groundwater. Report No. 4. - ERM Report dated December 13, 2012.
- /33/ ERM (2013): Detailuntersuchung der PFOA-Belastungen im Boden und Grundwasser im Bereich Gendorf. Ergänzende Untersuchungen und Addendum zum Bericht „Hydrogeologisches Modell für den Raum Gendorf“. Bericht Nr. 5.- ERM Bericht vom 11.10.2013.
- /34/ ERM (2015): Detailuntersuchung der PFOA-Belastungen im Boden und Grundwasser im Bereich Gendorf. 2. Addendum zum Bericht „Hydrogeologisches Modell für den Raum Gendorf“. Bericht Nr. 6.- ERM Bericht vom 13.02.2015. [Report only in German.]

- /35/ ERM (2016): Detailuntersuchung der PFOA-Belastungen im Boden und Grundwasser im Bereich Gendorf. Grundwassermodellbericht „Strömungskalibrierung“. Bericht Nr. 7.- ERM Bericht vom 26. April 2016 (Ergänzt gegenüber der Berichtsfassung vom 25. März 2016).
- /36/ ERM (2017a): Dyneon GmbH Burgkirchen, Deutschland, Abgestimmtes Konzept für die Überwachung von PFOA im Grundwasser im Raum Gendorf begleitend zu der laufenden Detailuntersuchung.- ERM Bericht vom 30. Januar 2017.
- /37/ ERM (2017b): Zusammenfassung der bisherigen Untersuchungsergebnisse am westlichen Randbereich des Untersuchungsgebietes.- ERM Kurzbericht vom 07. Juni 2017.
- /38/ ERM (2018): Detailuntersuchung der PFOA-Belastungen im Boden und Grundwasser im Bereich Gendorf. Grundwassermodellbericht „Stofftransportkalibrierung“. Bericht Nr. 8.- ERM Bericht Aktualisierte Version vom 27. April 2018.
- /39/ Gebbink W.A., Gerber, U., Cousins, I.T. (2015): Estimating human exposure to PFOS isomers and PFCA homologues: The relative importance of direct and indirect (precursor) exposure.- Env. Int 74 (2015) 160-169, referred to by Pabel, U. (2016).
- /40/ Gestis Datenbank
<https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index.jsp>
- /41/ Hengeler Mueller (2018): Optionen für das Bodenmanagement im Landkreis Altötting – Rechtliche Schlussfolgerungen aus dem Abschlussbericht der Detailuntersuchung.- Rechtsgutachten vom 30. August 2018.
- /42/ InfraServ (2010): Ergebnisprotokoll der Besprechung am 07.12.2009 mit dem Landratsamt Altötting, dem Wasserwirtschaftsamt Traunstein, dem Bayerischen Landesamt für Umwelt, der Regierung von Oberbayern, Dyneon GmbH und InfraServ zum Thema Vorstellung der Ergebnisse der Konzepterarbeitung zum Umgang mit PFOA-Funden im Erdreich der Erweiterungsfläche des Industrieparks Werk GENDORF und zum Thema Gebietsabgrenzung Detailuntersuchung.- Protokoll vom 12.01.2010, erstellt von InfraServ.
- /43/ InfraServ (2017): PFOA-Detailuntersuchung; separate Betrachtung der lokalen Quellen.- Schreiben InfraServ an Landratsamt vom 10.10.2017. [Letter InfraServ to District dated October 10, 2017, applying for separation of detailed investigation of local sources from DI related to historical air emission and deposition.]

- /44/ Ingeo (2001): Grundwassererkundung Holzfelder Forst, Bericht zur Erkundungskampagne 2000/ 2001 [Groundwater investigation Holzfelder Forest, Report on investigation phase 2000/ 2001].- INGEO (2001).
- /45/ LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall) (1997): LAGA-Mitteilung 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Technische Regeln“ (Stand 06. November 1997).
- /46/ Landratsamt Altötting (2017): Bodenschutz. PFOA im Raum Gendorf; PFOA-Detailuntersuchung; hier: Vorschlag für eine separate Betrachtung der lokalen Quellen auf dem Werksgelände. Schreiben Landratsamt an InfraServ vom 20.12.2017.
- /47/ Landratsamt Altötting, Amt für Veterinärmedizin und Lebensmittelsicherheit (November 2017): Tabellarische Übersicht zu Analyseergebnissen von pflanzlichen und tierischen Lebensmitteln im Landkreis Altötting im Zeitraum 2006-2017. Datenbankauszug Stand November 2017.
- /48/ Landratsamt Altötting, Gesundheitsamt (Juni 2018): Antwort auf Fragen zu Humanbiomonitoring-Untersuchungen.- Email an Landratsamt Altötting, Sg. 22 - Abfallrecht und Bodenschutz vom 19. Juni 2018 mit Titel „PFOA im Raum Gendorf; Detailuntersuchung; Abschlussbericht“.
- /49/ Lau et al. 2007 Toxicol Sci 99 366-394.
- /50/ LAWA (Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (2016): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Aktualisierte und überarbeitete Fassung.
- /51/ LAWA (Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (2017): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC). 28.07.2017.
- /52/ LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (2010): Vollzug des Bodenschutzrechts, PFOA-Belastung des Bodens im Raum Gendorf, Burgkirchen a.d. Alz, Detailuntersuchung Pfad Boden-Pflanze. Schreiben LfL an das Landratsamt Altötting vom 06. Juni 2010.
- /53/ LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2009): PFOA-Belastung des Bodens im Raum Gendorf/ Burgkirchen; Vorläufiges Handlungskonzept für den Umgang mit potenziell belastetem Bodenaushub.- Schreiben LfU an das Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit vom 16.12.2009.

- /54/ LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt) (2017): Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden. Stand April 2017.
- /55/ LfU (Bayerisches Landesamt für Umwelt): Leitfaden zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen – Kurzfassung.
https://www.lfu.bayern.de/boden/boden_planung/doc/arbeitshilfe_kurzfassung.pdf.
- /56/ LGL (Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit) (2012): Teilprojekt „Untersuchung des Kontaminationspfades Boden-Pflanze bei perfluorierten Tensiden, hier: Bestimmung des PFOA-Gehaltes bei Futtermitteln“ hier: Bericht PFOA in Mais-, Gras- und Wiesenproben Stand 22.08.2012.
- /57/ LGL (Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit) (2017): PFOA im Raum Gendorf, Landkreis Altötting; Bewertung der PFOA in tierischen und pflanzlichen Lebensmitteln (Az. RK3-2626-201-1-V46-U1-D38995/2017).- Schreiben LGL an Landratsamt Altötting vom 08.12.2017.
- /58/ LGL (Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit) (2018a): Mitteilung zum Entwurf des Abschlussberichtes „Detailuntersuchung der PFOA-Belastungen in Boden und Grundwasser im Bereich Gendorf“ (Az. AP-2462-4-V41-D18780/2018).- Email an das Landratsamt Altötting vom 12. Juni 2018.
- /59/ LGL (Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit) (2018a): Human-Biomonitoring von perfluorierten Substanzen in Teilen des Landkreises Altötting. Abschlussbericht vom 11. Juli 2018.
https://www.lgl.bayern.de/downloads/gesundheit/arbeitsplatz_umwelt/doc/bericht_hbm_altoetting_2018_07_11.pdf.
- /60/ Li, Y., Fletcher, T., Mucs, D., Scott, K., Lindh, C. H., Tallving, P., and Jakobsson, K. (2018). Half-lives of PFOS, PFHxS and PFOA after end of exposure to contaminated drinking water. *Occup Environ Med.* 75, 46-51.
- /61/ Lindstrom, A.B., M.J. Strynar, and E.L. Libelo (2011): Perfluorinated compounds: Past, present, and future. *Environmental Science & Technology*, vol. 45, 7954-7961.
- /62/ MN DOH (Minnesota Department of Health). 2016. Perfluorochemicals (PFCs) and health.
<http://www.health.state.mn.us/divs/eh/hazardous/topics/pfcshealth.html>.

- /63/ NGWA (National Groundwater Association, 2017): Groundwater and PFAS: State of Knowledge and Practice.
- /64/ National Institute for Public Health and the Environment [Authors Verbruggen, E.M.J., Wassenaar, P.N.H, Smit, C.E.] (2017) Water Quality Standards for PFOA. A proposal in accordance with Water Framework Directive. – RIVM Letter Report 2017-0044.
<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2017-0044.pdf>.
- /65/ Nielsen, K. J. (2012): PFOA Isomers, Salts and Precursors. Literature study and evaluation of physico-chemical properties.-
<http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/2944/ta2944.pdf>.
- /66/ Olsen, G. W., Burris, J. M., Ehresman, D. J., Froehlich, J. W., Seacat, A. M., Butenhoff, J. L., and Zobel, L. R. (2007). Half-life of serum elimination of perfluorooctanesulfonate, perfluorohexanesulfonate, and perfluorooctanoate in retired fluorochemical production workers. Environ Health Perspect. 115, 1298-305.
- /67/ Pabel, U. (2016): PFAS – Risikobewertung für den Menschen.- Workshop “PFC in Boden und Grundwasser – eine große Herausforderung für die Umwelt” am 13.04.2016 im Rahmen der Tagung der Fachsektion Hydrogeologie der DGGV in Karlsruhe.
- /68/ Perkins et al. 2004 Drug Chem Toxicol 27 361-378.
- /69/ Risk assessment of Perfluorooctanoic Acid (PFOA) as part of a strategic partnership between German authorities and industry, Chemical Safety Report according to the provisions of the European REACH Regulation No. 1907/2006, Presented by Germany, April 2009. Basisbericht.
http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/docs_studies/final_report_pfoa_pfos_en.pdf.
- /70/ Stockerl, R. (2017): PFC - Die GFS-Werte der LAWA. Vortrag LfU-Workshop „PFC-Kontaminationen – Bewertungsmaßstäbe für Wasser und Boden” am 21. November 2017 in Augsburg.
- /71/ UBA (2013): Bodenfunktionen.-
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/kleine-bodenkunde/bodenfunktionen#textpart-1>.
- /72/ UBA (2016): Investigations on the presence and behavior of precursors to perfluoroalkyl substances in the environment as a preparation of regulatory measures. –
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/investigations-on-the-presence-behavior-of>.

- /73/ UBA (Umweltbundesamt) (2017): Fortschreibung der vorläufigen Bewertung von per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) im Trinkwasser, Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission, Bundesgesundheitsblatt 2017, 60:350-352. DOI 10.1007/s00103-016-2508-3.
- /74/ USEPA (United States Environmental Protection Agency) (2012): Emerging Contaminants - Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) and Perfluorooctanoic Acid (PFOA). Fact Sheet. December. http://www.delawareriverkeeper.org/sites/default/files/resources/Factsheets/EPA_fact_sheet_pfos_pfoa_january2013.pdf.
- /75/ USEPA (United States Environmental Protection Agency) (2016): https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-05/documents/pfoa_hesd_final-plain.pdf.
- /76/ Vestergren R, Gerber, U, Glynn, A., Cousins, I.T. (2012): Dietary exposure to perfluoroalkyl acids for the Swedish population in 1999, 2005 and 2010.- Env. Int 49 (2012) 120-127, referred to by Pabel, U. /67/
- /77/ Walters, A., and D. Santillo (2006): Uses of perfluorinated substances. GRL-TN-06-2006. Greenpeace research laboratories technical note 06/2006. <http://www.greenpeace.to/publications/uses-of-perfluorinatedchemicals.pdf>.
- /78/ Wasserwirtschaftsamt Traunstein (2009): Hydrogeologisches Basisgutachten Grundwasserströmungsverhältnisse im Öttinger Forst. - [Hydrogeological Baseline Report Area Öttinger Forest].
- /79/ Wasserwirtschaftsamt Traunstein (2018): Bewertung Pfad Boden - oberirdische Gewässer. Email WWA an ERM vom 16. Mai 2018.
- /80/ Žiga Laznik, Z., Trdan, S. (2016) Evaluation of Different Soil Parameters and Wild Boar (*Sus Scrofa* [L.]) Grassland Damage, Italian Journal of Animal Science, 13:4, DOI: 10.4081/ijas.2014.3434.
- /81/ Alt-Neuöttinger Anzeiger (2018): Kastler PFOA-Filter gehen am Freitag in Betrieb.- Presseartikel 10. Oktober 2018. https://www.pnp.de/lokales/landkreis_altoetting/altoetting/3099668_Kastler-PFOA-Filter-gehen-am-Freitag-in-Betrieb.html
- /82/ Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Augsburg (Juni 2018): Vollzug der Bodenschutzgesetze; Gendorf - PFOA-Belastungen im Grundwasser, Boden und Erntegut - Abschlussbericht und Bewertung.- Schreiben an Landratsamt Altötting vom 21. Juni 2018 (Az. 7303.2-1-2(-2)).

/83/ Risk assessment of Perfluorooctanoic Acid (PFOA) as part of a strategic partnership between German authorities and industry, Chemical Safety Report according to the provisions of the European REACH Regulation No. 1907/2006, Presented by Germany, April 2009. Basisbericht.

1.6 HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Dieser Bericht ist das Ergebnis von unter Anwendung wissenschaftlicher Prinzipien und sachverständiger Beurteilung gewonnenen subjektiven Einschätzungen.

Die in diesem Bericht zum Ausdruck gebrachten sachverständigen Beurteilungen basieren auf den gegenwärtig vorhandenen Tatsachen im Rahmen der vorhandenen Informationen und des Leistungsumfangs. Der Bericht basiert auf dem Zustand und der Verfassung des betreffenden Standorts zum Zeitpunkt der Untersuchungen.

Dieser Bericht einschließlich aller Anhänge, Anlagen und sonstigen in Bezug genommenen Dokumente wurde einzig und allein zur Nutzung durch den Kunden, dessen Berater und Vertreter sowie die konkret bezeichneten und bestätigten Empfänger des Berichts zum Zwecke des Projekts, insbesondere die zuständigen Ämter und Behörden, erstellt. Der Bericht ist vom Kunden vertraulich zu behandeln und darf vom Kunden nicht ohne Rücksprache weitergegeben werden. Andere Parteien dürfen auf den Bericht nur auf der Grundlage eines mit ERM abgeschlossenen schriftlichen „Reliance Letter“ zu denselben Vertragsbedingungen wie mit dem Kunden vertrauen. Soweit die Weitergabe ohne einen solchen „Reliance Letter“ erfolgt, haftet ERM gegenüber den anderen Parteien nicht. Einer allgemein zugänglichen Verbreitung des Berichts zur Information der Öffentlichkeit unter Hinweise auf den vorstehenden Haftungsausschluss steht diese Regelung nicht entgegen.

Der Bericht ist auf der Grundlage der zum Zeitpunkt der Berichtserstellung geltenden Rechtslage erstellt. Sofern nicht vom Kunden aufgefordert, ist ERM nicht verpflichtet, nach diesem Zeitpunkt eintretende Änderungen der einschlägigen Gesetze zu berücksichtigen oder auf sie hinzuweisen.

GEOGRAFISCHER ÜBERBLICK

Das Untersuchungsgebiet liegt in Südostbayern nahe der österreichischen Grenze im Inn-Salzach-Dreieck. Die Ausdehnung des Untersuchungsgebietes ergibt sich hauptsächlich aus der Abgrenzung der PFOA-Konzentrationen im Sickerwasser und Grundwasser oberhalb des ursprünglichen Leitwertes von $0,3 \mu\text{g/l}$, der zu Beginn der Studie und noch bis 2017 Gültigkeit besaß. Die Abgrenzung erfolgte auch unter Berücksichtigung der geomorphologischen Ausprägung des Untersuchungsgebietes, des geologischen und hydrogeologischen Untergrundaufbaus und der hydrologisch und wasserwirtschaftlich relevanten Gegebenheiten.

Im Jahr 2017 hat das Umweltbundesamt (UBA) auf Empfehlung der Trinkwasserkommission, den Leitwert für PFOA, also die lebenslang duldbare Konzentration im Trinkwasser, auf $0,1 \mu\text{g/l}$ gesenkt (/73/). Die Auswertung von vorliegenden Daten in 2017 ergab, dass für die Detailuntersuchung eine Erweiterung des Untersuchungsgebietes nach Westen aufgrund der Absenkung des Leitwertes nicht erforderlich war (/37/). Laut Prognosen mit dem numerischen Grundwassermodell übersteigen in diesem Gebiet die PFOA-Konzentrationen im Grundwasser nicht den Wert von $0,1 \mu\text{g/l}$. Aufgrund der modellimmanenten Prognoseunsicherheiten (siehe Kapitel 10.1) wird zur Verifizierung der Modellvorhersagen der Westrand des Untersuchungsgebietes in die Grundwasserüberwachung nach Abschluss der Detailuntersuchung einbezogen.

Die Detailuntersuchung zur PFOA-Belastung im Boden und Grundwasser umfasst eine Fläche von ca. 200 km^2 , mit einer maximalen Ausdehnung von rund 20 km in Ost-West- und von etwa 16 km in Nord-Süd-Richtung (siehe Anhang A-1). Die nördliche und östliche Begrenzung des Untersuchungsraumes wird durch die Flüsse Inn und Salzach repräsentiert. Der westliche Rand verläuft entlang der Ortslagen von Alt- und Neuötting. Der südliche Rand des Untersuchungsgebietes verläuft entlang der Hochlagen südwestlich Kastl, Gendorf und Burghausen.

Der Chemiepark GENDORF befindet sich im südwestlichen Teil der Untersuchungsregion nordöstlich Gendorf. Es umfasst eine Fläche von etwa 190 ha (siehe Annex A-1 und A-2).

Im Südwesten und Südosten ist die Landschaft des Untersuchungsraumes durch die intensiv landwirtschaftlich genutzten Lößflächen der Alzplatte zwischen Neuötting und Burgkirchen und weiter in Richtung Burghausen geprägt. Die Geländehöhen liegen in diesem Bereich zwischen etwa 410 bis

440 m ü. NN. Zwischen Burgkirchen und Burghausen treten die Erhebungen des Eschel- und Hechenberges mit Höhen zwischen 490 und 500 m ü. NN deutlich hervor.

Nach Nordosten und Osten erstrecken sich westlich der Alz die ausgedehnten Waldflächen des Öttinger Forstes und östlich der Alz die Waldflächen des Daxenthaler Forstes. Beide Waldgebiete liegen auf einem Hochterrassenplateau, welches von Südwesten nach Norden vom Flusstal der Alz durchschnitten wird. Die Geländehöhe beträgt auf dem Plateau zwischen 400 und 420 m ü. NN.

Nördlich und nordöstlich des Öttinger und des Daxenthaler Forstes erfolgt ein steiler morphologischer Abbruch der westlichen und östlichen Hochterrassen zu den Flusstälern von Inn und Salzach. Die Geländehöhen im Inn- und Salzachtal liegen zwischen 340 und 380 m ü. NN.

Das Flusstal des Inns ist weiträumig ausgebildet. Zwischen den Ortslagen von Altötting, Neuötting und Alzgern erstrecken sich landwirtschaftliche Nutzflächen und zahlreiche Gehöfte sowie die verbindenden Verkehrswege und die Bundesautobahn A 94.

3 GEOLOGISCHER ÜBERBLICK

3.1 REGIONALE GEOLOGIE

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Übergangsbereich des süd-deutschen Molassebeckens in das sich nördlich anschließende „Tertiäre Hügelland“. Es ist geomorphologisch geprägt durch eiszeitlich überformte quartäre Hoch- und Niederterrassenschotter, welche über tertiären Molasse-Sedimenten abgelagert wurden.

3.1.1 Quartär

Den unmittelbar anstehenden Untergrund im Untersuchungsgebiet bilden großflächig gut durchlässige eiszeitliche Deckenschotter. Die ältesten Sedimente stellen die "Deckenschotter" des unteren Pleistozäns dar (Günz- und Mindel-Eiszeiten), gefolgt von den jüngeren riss- und würmeiszeitlichen Sedimenten. Sie formen die Hochplateaus des Öttinger- und Daxenthaler Forstes (Niederterrassenschotter) sowie die Hochterrassenschotter westlich von Kastl. Bereichsweise sind die Hochterrassenschotter durch eine dünne Lössschicht von 1 m bis maximal 5 m bedeckt.

Im Rahmen der letzten Vereisungsperiode im Würm wurden im Bereich der Flusstäler von Inn, Salzach und Alz die Deckenschotter teilweise bis auf die Quartärbasis erodiert. Somit weisen dort die fluviatil abgelagerten Niederterrassenschotter nur noch sehr geringe Mächtigkeiten auf (2-10 m) und liegen unmittelbar den tertiären Sedimenten auf.

3.1.2 Tertiär

Die ältesten Sedimente im Untersuchungsraum bilden die tertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM). Diese untergliedert sich in die Hangendserie sowie die unterlagernden Vollschotter mit einer maximalen Mächtigkeit bis zu 150 m.

Die *Hangendserie* ist durch eine Wechsellagerung aus gering durchlässigen Tonen und Sanden aufgebaut. Die *Hangendserie* tritt nur im südlichen und südwestlichen Bereich des Untersuchungsraumes auf. Sie bildet auch die Basis für den Eschelberg und Hechenberg. Die maximale Mächtigkeit kann bis zu 80 m betragen. Entlang der Linie Neuötting – Kastl – Burgkirchen – Burghausen keilt die *Hangendserie* in Richtung Norden aus.

Die *Vollschotter* umfassen hingegen gut durchlässige Kiese mit Anteilen feinkörniger Sedimente, stellenweise auch mit Einschaltungen von Sandlagen. Die maximale Mächtigkeit der Vollschotter beträgt an der südlichen Grenze des Untersuchungsraumes ca. 150 m und nimmt nach Norden graduell bis auf 50 m ab.

HYDROGEOLOGISCHE ÜBERSICHT

Die quartären Kiese und die tertiären Vollsotter bilden die Hauptgrundwasserleiter im Untersuchungsgebiet. Im Süden werden diese durch die dazwischenliegenden Schichten der Hangendserie hydraulisch in einen ungespannten quartären und einen gespannten tertiären Aquifer getrennt.

Eine Zusammenfassung der hydrostratigraphischen Einheiten und der hydrogeologischen Eigenschaften findet sich in Tabelle 4-1.

Die wassererfüllte Mächtigkeit der quartären Sedimente steigt von 20 m im südlichen Untersuchungsgebiet bis etwa 50 m nördlich von Kastl an. Die wassererfüllte Mächtigkeit des tertiären Grundwasserleiters kann im Süden mehr als 130 Meter betragen, nach Norden nimmt sie allmählich ab.

Wie in Kapitel 3.1.2 erwähnt, keilt die Hangendserie entlang der Linie Neuötting – Kastl – Burgkirchen – Burghausen aus. Sie ist nordöstlich von Kastl nicht mehr vorhanden. Mit dem Verschwinden der Hangendserie vereinigen sich die beiden wasserführenden Stockwerke zu einem gemeinsamen Aquifersystem. Die wassererfüllte Mächtigkeit dieses einheitlichen Grundwasserleiters beträgt im zentralen Teil des Öttinger Forstes etwa 100 m. Nach Norden, d. h. in Richtung Inn, nimmt die wassererfüllte Mächtigkeit allmählich auf etwa 20 m ab.

Inn und Salzach bilden die regionalen Vorfluter der quartären und tertiären Grundwasserleiter (Abbildung 4-1). Die Alz, die das Untersuchungsgebiet von Südwesten nach Nordosten durchquert, fungiert als natürliche Wasserscheide zwischen dem Öttinger Forst im Westen und dem Daxenthaler Forst im Osten. Die Alz repräsentiert über den größten Teil ihres Verlaufs ein infiltrierendes Gewässer, d.h. sie gibt Wasser an das begleitende Aquifersystem ab. Lediglich im Bereich der Alzmündung in den Inn fungiert die Alz als lokaler Vorfluter.

Westlich der Alz verläuft die regionale Grundwasserströmung von Südwesten nach Norden und Nordosten. Östlich der Alz ist die Grundwasserströmung von Südwesten und Westen nach Osten gerichtet (siehe Abbildung 4-1).

Die Flurabstände variieren in Abhängigkeit von der Morphologie zwischen einigen Metern in den Flusstälern von Inn, Salzach und Alz und ca. 30 m im Bereich der Hochflächen des Öttinger und Daxenthaler Forstes. Im Bereich der tertiären Hochlagen im südwestlichen Untersuchungsgebiet treten Flurabstände von mehr als 30 m auf. Die saisonalen Schwankungen des Grundwasserspiegels sind im Allgemeinen gering und variieren in einer Bandbreite von 1 m. Die Grundwasserfließgeschwindigkeit beträgt ungefähr 1 m/d.

Die Grundwasserneubildung beträgt im Mittel rund $8,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$, lokal variierend zwischen $10 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ im Inntal und $6,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ in den Gebieten mit Lössbedeckung südwestlich von Kastl.

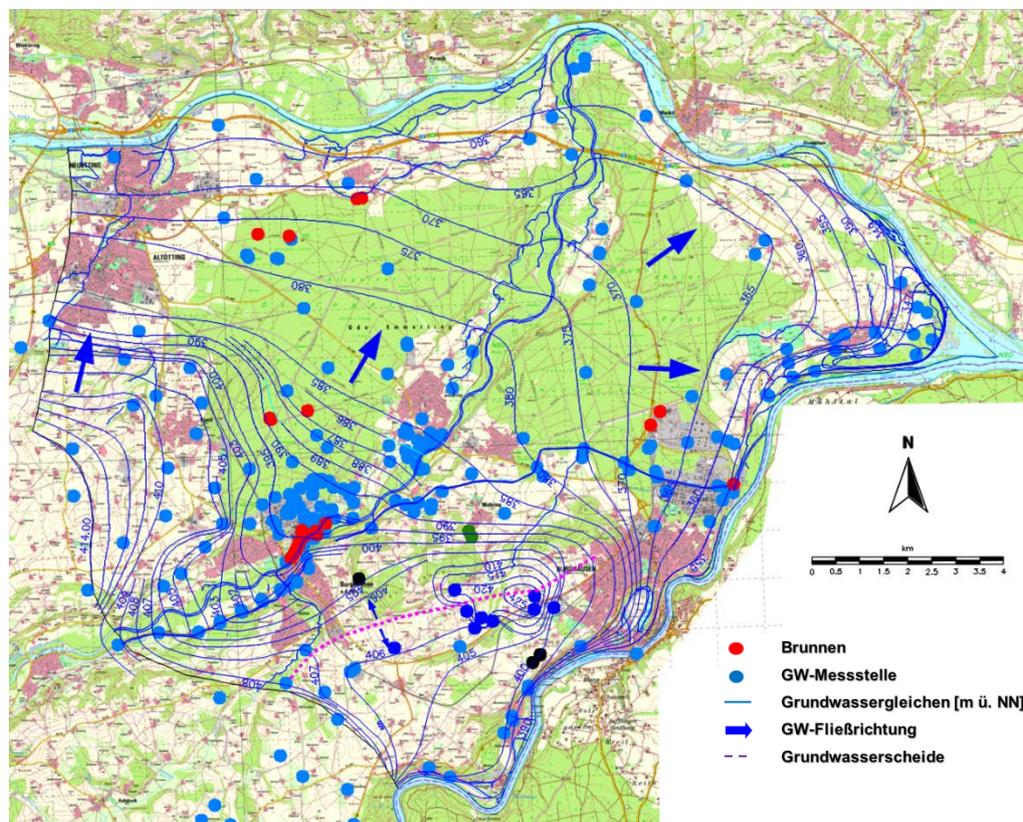


Abbildung 4-1: Grundwassergleichenplan des quartären Aquifers /35/.

Tabelle 4-1: Hydrogeologische Parameter und hydrostratigrafische Einheiten im Untersuchungsraum /35/.

Alter	Stratigraphie	Nr.	Lokalität	Durchlässigkeit [m/s]			Porosität	Wassererfüllte Mächtigkeit [m]	Quelle	
				Min.	Max.	Mittel				
Quartär	Holozän	1	Inn- & Alz-Flusssschotter	1,00E-03	1,00E-02	5,50E-03	-	2-10	[3]	LfU, Fluvioglaziale Schotter
	Würm-Niederterrasse von Inn und Salzach	2	Würm-Niederterrasse	1,00E-03	2,00E-03	1,50E-03	-	10-20	[1]	Hydrogeolog. Karte von Bayern
		3	Würm-Niederterrasse	1,00E-03	1,00E-02	5,50E-03	-		[2]	LfU, Tertiär-Hügelland
		4	Neuötting Br. I	2,10E-03	2,20E-03	2,15E-03	0,16	23	[8]	WATEC (1992)
		5	Neuötting Br. II	2,70E-03	4,30E-03	3,50E-03	0,22	21	[8]	WATEC (1992)
		6	Kastl Br. I	1,20E-04	1,30E-04	1,15E-04	0,22	38,5	[6]	Hydrogeol. GU Kastl
		7	Kastl Br. II	1,20E-04	1,50E-04	1,21E-04	0,22	43,5	[6]	Hydrogeol. GU Kastl
		8	Öttinger Forst Br. III	2,80E-04	7,30E-04	5,60E-04	0,22	34	[6]	Hydrogeol. GU Kastl
		9	PV EBA-EBF	8,00E-04	3,00E-03	1,90E-03	0,23	25-24	[5]	Crystal (2007)
		10	Entsandung GWM107	1,00E-04	1,50E-04	1,25E-04	-	34	[4]	WWA Traunstein (2009)
		11	VB1 Holzfelder Forst	2,30E-04	3,40E-04	2,60E-04	-	18	[7]	GU INGEO
		Riß-Hochterrasse westlich von Kastl	12	Riss-Hochterrasse	1,00E-03	1,00E-02	5,50E-03	-	4-16	[2]
	13		Riss-Hochterrasse	-	-	2,00E-03	-		[6]	Hydrogeol. GU Kastl
			Mittelwert / Mean (excl. /6/7/10/11/)	5,60E-04	5,50E-03	3,12E-03	0,21	-		
Tertiär	Hangendserie	1	Allgemein	1,00E-07	1,00E-06	5,50E-07	-	2-80	[1]	Hydrogeolog. Karte von Bayern
		2	Allgemein	1,00E-07	1,00E-04	5,01E-05	-		[2]	LfU, Tertiär-Hügelland
			Mittelwert	5,50E-07	5,01E-05	2,53E-05	-	-		
	Vollschotter	1	Hydrogeolog. Karte von Bayern	1,00E-05	1,00E-04	5,50E-05	-	50-140	[1]	Hydrogeolog. Karte von Bayern
		2	LfU, Tertiär-Hügelland	1,00E-05	1,00E-04	5,50E-05	-		[2]	LfU, Tertiär-Hügelland
		3	Hydrogeol. GU Kastl	3,00E-05	5,00E-05	4,00E-05	-		[6]	Hydrogeol. GU Kastl
		4	GU Crystal (2007)	1,00E-05	1,00E-04	5,50E-05	0,20		[5]	GU Crystal (2007)
		5	VB2 Pierach	1,30E-05	1,90E-05	1,60E-05	-	75	[7]	GU INGEO
		6	VB2 Pierach (Wa n. Theis)	5,71E-06	2,95E-05	1,76E-05	-		[7]	GU INGEO
		7	VB1 Holzfelder Forst	7,40E-04	2,50E-03	1,40E-03	-	52	[7]	GU INGEO
		8	PV Wacker (Mittel)	3,37E-05	1,42E-03	4,58E-04	-	60-70	[9]	Pumpversuche bei Wacker
		9	PV OMV	-	-	7,60E-04	0,24	58	[10]	OMV (1998)
					Mittelwert / Mean (excl. /7/)	1,60E-05	7,60E-04	1,82E-04	0,22	-

- [1] Bayerisches Landesamt für Umwelt (2008): Hydrogeologische Karte L 7742 Altötting - Blätter 1-3 (Grundlagen, Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung, Hydrogeologische Schnitte), M= 1 : 50.000.
- [2] Bayerisches Landesamt für Umwelt (2007): Hydrogeologischer Teilraum: Tertiär-Hügelland. - http://www.lfu.bayern.de/geologie/hydro-geologie_daten/hydrogeologische_raumgliederung/teilraum/doc/teilraum_tertiaer_huegelland.pdf.
- [3] Bayerisches Landesamt für Umwelt (2007): Hydrogeologischer Teilraum: Fluvioglaziale Schotter. - http://www.lfu.bayern.de/geologie/hydrogeologie_daten/hydrogeologische_raumgliederung/teilraum/doc/teilraum_fluvioglaziale_schotter.pdf.
- [4] Wasserwirtschaftsamt Traunstein (2009): Hydrogeologisches Basisgutachten: Grundwasserströmungsverhältnisse im Öttinger Forst, WWA Traunstein, Mai 2009.
- [5] Crystal Geotechnik (2007): Kühlwassererschließung Industriepark Werk Gendorf. - Wasserburg, Juni 2007.
- [6] HydroGeo (2001): Hydrogeologisches Gutachten und Schutzgebietsvorschlag für die Brunnen 1 und 2. - Erstellt für die Gemeinde Kastl, Bad Tölz, Mai 2002.
- [7] INGEO (2001): Grundwassererkundung Holzfelder Forst - Bericht zur Erkundungskampagne 2000/2001. - Erstellt für die Stadtwerke Burghausen, Mai 2001.
- [8] WATEC GmbH (1992): Festlegung des Einzugsgebietes von Brunnen I und II der Wasserversorgung der Stadt Neuötting. - Erstellt für die Stadt Neuötting, Dez. 1992.
- [9] Wacker (2012): Auszug aus Datenarchiv zu Auswertungen von Pumpversuchen an 17 Messstellen auf dem Gelände der Wacker-Chemie Burghausen im November 2010.
- [10] OMV (2012): Information zur Auswertung von Pumpversuchen an den Brunnen 4 und 7 (OMV) sowie KI/1 und KI/2 (Wacker Chemie) im Sommer 1998.

PFOA - CHEMISCHE, PHYSIKALISCHE UND BIOLOGISCHE EIGENSCHAFTEN

PFOA ist eine perfluorierte Alkylcarbonsäure, die aus einer vollständig fluorierten Kohlenstoffkette mit sieben Kohlenstoffatomen und einer negativ geladenen funktionellen Carbonsäuregruppe besteht (Abbildung 5-1). Die Kohlenstoff-Fluor-Bindung der PFOA ist sehr stabil und beständig. PFOA kann weder über Hydrolyse, Photolyse noch biotisch oder abiotisch unter Umweltbedingungen abgebaut werden (USEPA 2012/74/, erwähnt in NGWA/63/).

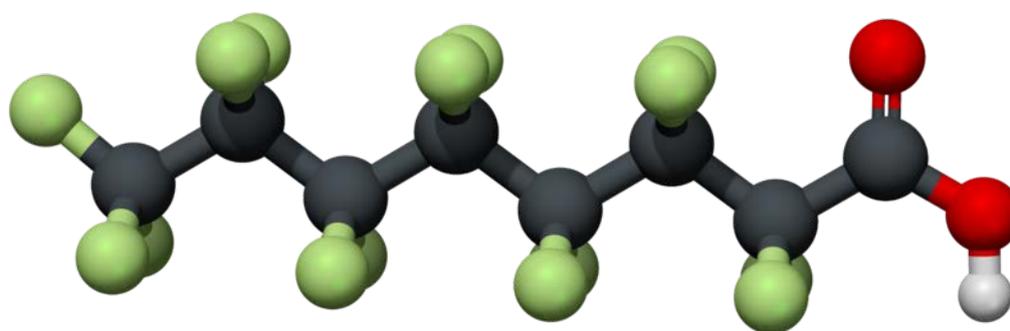


Abbildung 5-1: Chemische Struktur von PFOA.

Grün = Fluoratom, schwarz = Kohlenstoff, rot = Sauerstoff, weiß = Wasserstoff.

Quelle der Abbildung 5-1: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PFOA-3D.png> von Manuel Almagro Rivas (Own work using: Avogadro, Discovery Studio, GIMP), via Wikimedia Commons.

PFOA liegt in der Umwelt normalerweise als dissoziiertes Anion (Perfluorooctanoat, CAS-Nr. 45285-51-8) vor. Nur bei niedrigem pH-Wert verschiebt sich das Gleichgewicht zur undissoziierten Form (Perfluorooctansäure, CAS-Nr. 335-67-1).

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften von PFOA sind in Tabelle 5-1 zusammengefasst.

Die anionische Form der PFOA hat eine hohe Löslichkeit (3.400 mg/l) und bindet aufgrund elektrostatischer Anziehung an Oberflächen. Die Sorption von PFOA in Sedimenten kann mit dem Anteil an organischem Kohlenstoff zunehmen. Diese Eigenschaften führen zu einem verzögerten Sickerwassertransport in der ungesättigten Bodenzone bis zum Grundwasser. Dabei ist in der ungesättigten Zone der Transport von PFOA grundsätzlich nach unten gerichtet. Ein relevanter nach oben gerichteter vertikaler Transport von PFOA in der ungesättigten Zone ist aus folgenden Gründen ausgeschlossen:

- PFOA ist nicht flüchtig.
- Bei den vorherrschenden Bodenarten und den großen Flurabständen spielt der kapillare Aufstieg keine Rolle.
- Die Bioturbation im Ober- und Unterboden durch Bodenmakrofauna (z.B. Regenwürmer) ist vernachlässigbar.
- Auch wenn die Saugspannung im Wurzelraum der Sickerwasserbewegung entgegen gerichtet ist, ist über das Jahr gemittelt die Sickerwasser-rate größer als die nutzbare Feldkapazität.

In der gesättigten Zone ist aufgrund des sehr geringen Anteils an organischem Kohlenstoff in den Sanden und Kiesen die Sorption an die Bodenmatrix gering. Dies haben auch die Laborversuche zur Ermittlung von Adsorptionskoeffizienten belegt /1/. Die Laborversuche haben aber auch gezeigt, dass einmal an Boden adsorbiertes PFOA nur langsam wieder über einen längeren Zeitraum in die wässrige Phase desorbiert.

Tabelle 5-1: Physikalische und chemische Eigenschaften von PFOA /40/.

	Einheit	PFOA Perfluorooctansäure
CAS		335-67-1 (Säureform) 45285-51-8 (anionische Form)
Allgemeine Beschreibung		weiß, stechender Geruch
Molekularformel		C8 HF15 O2 (Säureform) C8 F15 O2 (anionische Form)
Molekulargewicht	[g/mol]	414 (Säureform) 413 (anionische Form)
Dichte (20 °C)	[g/cm³]	1,792
Schmelzpunkt	[°C]	54,3
Siedepunkt	[°C]	192,4
Dampfdruck (20 °C)	[hPa]	0,69 hPa (anionische Form)
Löslichkeit in Wasser	[mg/l]	3.400 (20 °C) (anionische Form)
Verteilungskoeffizient (Octanol/Wasser) Log Kow		6,3 ¹

¹ Kow kann für PFOA nicht zuverlässig bestimmt werden. Laut /65/ ergibt sich rechnerisch ein Log Kow von 2.69 bei pH=7 und 25°C ;

Die fluorierte Kohlenstoffkette ist hydrophob und lipophob und in Kombination mit der funktionellen Carboxylatgruppe werden PFOA amphiphile und grenzflächenaktive Eigenschaften verliehen.

Bei allen Per- und Polyfluoralkylen (PFAS) einschließlich PFOA hängt die Bioakkumulation davon ab, ob der Organismus aquatisch oder terrestrisch ist, auf welcher der trophischen Ebenen der Organismus steht und ob er Lungen oder Kiemen hat (NGWA 2017 /63/ unter Verweis auf ECHA 2013/24/; CONCAWE 2016/18/). Spezifischer ausgedrückt:

- PFOA ist in Phytoplankton, Muscheln oder Fischen nicht bioakkumulierbar.
- Beobachtet wurde, dass PFOA bei mehreren Arten biomagnifiziert wird.
- Die trophische Magnifizierung von PFOA tritt in luftatmenden aquatischen Arten auf, aber nicht in Arten mit Kiemenatmung.

Im Allgemeinen kann der Mensch über folgende Pfade PFOA ausgesetzt sein:

- Aufnahme von PFOA in Trinkwasser, in Lebensmitteln (Gemüse, tierische Produkte) oder in Lebensmitteln, die mit PFAS-behandelten Lebensmittelverpackungen wie Pizzakartons, Sandwichverpackungen, usw. in Kontakt gekommen sind.
- Aufnahme von PFAS aus Hausstaub (Vestergren et al. 2012/76/, Gebbink et al. 2015/39/, beide zitiert von Pabel 2016 /67/) durch Einatmen oder unbeabsichtigtes Verschlucken durch Kleinkinder, die beim Herumkrabbeln und Kontakt mit Hausstaub die Hände in den Mund stecken. PFAS einschließlich PFOA sind in Hausstaub aufgrund Oberflächenbehandlung von Teppichen und Stoffen anzutreffen.
- Berichten zufolge kann PFOA sich in Spuren in einigen Verbraucherprodukten befinden.

Wie Studien gezeigt haben, ist die Aufnahme von PFOA über die Haut nur sehr begrenzt möglich (ATSDR 2016/13/; MNDOH 2016/62/, beide zitiert in NGWA/63/). So stellt der Kontakt mit PFOA-haltigem Wasser beim Duschen, Baden oder beim Schwimmen keine relevante Exposition dar. Auch der Kontakt mit PFOA-haltigem Boden während Aktivitäten im Freien scheint hinsichtlich einer chronischen Aufnahme von PFOA insgesamt vernachlässigbar.

Aufgrund der amphiphilen Eigenschaften wird PFOA nicht besonders von Lipiden aufgenommen, sondern neigt dazu, sich an die Proteine im Blut zu binden /17/. Messungen des PFOA-Spiegels im Serum (eine Untereinheit von Blut) werden häufig als Indikator für die Exposition von Menschen gegenüber PFOA verwendet /49//16/. Die Halbwertszeit der Elimination von PFOA aus dem Blutserum wird auf etwa 3,4 bis 4,8 Jahre geschätzt /66//60/.

In Bezug auf PFOA gibt es umfangreiche Labortierstudien mit kurzzeitigen, subchronischen und chronischen Expositionszeiten /49/. In den meisten dieser Studien wurden Tieren hohe PFOA-Dosen verabreicht, um eine beobachtbare Wirkung zu erzielen. Es zeigte sich, dass hauptsächlich die Leber PFOA aufnimmt. Viele der beobachteten Effekte waren adaptiv. Sie bezogen sich auf Veränderungen in der Leber und waren reversibel /49//68//66/. Die meisten Wirkungen, die bei den Versuchstieren beobachtet wurden, traten bei Serum-PFOA-Konzentrationen auf, die höher waren als üblicherweise beim Menschen beobachtet /16/.

Die PFOA-Daten zur Entwicklungstoxizität bei Mäusen wurden einige Male für Risikobewertungen herangezogen, obwohl Forschungsdaten aufzeigten, dass die für Mäuse beobachtete Entwicklungstoxizität nagerspezifisch ist (via PPAR α -Weg) /11//12/. Es gibt deutliche qualitative Unterschiede zwischen Nagetier und Mensch in Bezug auf pleiotrophe Reaktionen auf PPAR α . Deshalb sind extrapolierende Entwicklungseffekte beim Nagetier nicht ohne Weiteres auf Menschen übertragbar.

Es gab zudem viele epidemiologische Studien, die Zusammenhänge zwischen PFOA-Exposition und gesundheitlichen Auswirkungen beim Menschen untersuchten. Diese Studien weisen viele Unstimmigkeiten auf und die angegebenen Zusammenhänge beruhten lediglich auf Statistiken und lieferten keinen direkten Beweis für eine Kausalität beim Menschen /75//22/.

RECHTLICHE ANFORDERUNGEN UND VERWENDETE KRITERIEN FÜR DIE DETAILUNTERSUCHUNG

Umfang, Maßstab und Methodik der Detailuntersuchung orientieren sich an § 9 Abs. 1 S. 3 BBodSchG sowie § 3 i.V.m Anhang 1 BBodSchV. Ein wichtiges Kriterium für die Untersuchung sind Prüf- und Maßnahmenwerte nach Anhang 2 der BBodSchV. Sofern solche - wie für PFOA - nicht festgesetzt sind, müssen nach § 4 Abs. 5 BBodSchV entsprechende Werte unter Berücksichtigung der für Anhang 2 der BBodSchV herangezogenen Methoden und Maßstäbe abgeleitet werden. Eine allgemein rechtsverbindliche Festsetzung von Prüf- und Maßnahmenwerten ermöglicht § 4 Abs. 5 BBodSchV allerdings nicht. Neben (festgelegten oder abgeleiteten) Prüf- und Maßnahmenwerten sind bei der umweltsachverständigen Beurteilung einer Bodenbelastung die konkreten „Gegebenheiten des Einzelfalls“ (§ 4 Abs. 1 BBodSchV) zu berücksichtigen (z. B. räumliche Ausdehnung des Schadensbereiches, Schadstofffrachten, (hydro)geologische Situation, Gefährdung von Schutzgütern).

Um verschiedene Kontaminationsbereiche in Boden, Grundwasser und ggf. anderen Umweltmedien zu ermitteln, abzugrenzen und zu bewerten, greift die Detailuntersuchung auf Konzentrationswerte zurück, die im Vollzug umweltrechtlicher Vorschriften für die Beurteilung von stofflichen Belastungen von verschiedenen Umweltmedien verwendet werden.

Ein rechtlich verbindlicher Grenzwert für PFOA ist nur in der Düngemittelverordnung /9/(100 µg/kg Trockenmasse für die Summe von PFOA und PFOS) festgelegt. Klärschlämme, in denen dieser Grenzwert überschritten wird, dürfen als Dünger auf landwirtschaftlichen Flächen nicht eingesetzt werden.

Nachfolgend wird ein Überblick gegeben, in welchen Leitlinien bzw. Vollzugshilfen Werte für PFOA angegeben sind und welchen Anwendungsbereich diese Leitlinien bzw. Vollzugshilfen jeweils haben.

Trinkwasser

Auf Grundlage einer „vorläufigen Bewertung von Perfluorierten Tensiden (PFT) im Trinkwasser am Beispiel ihrer Leitsubstanzen Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)“ schlug die Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit beim UBA im Jahr 2006 einen Leitwert von 0,3 µg/l für die Summe aus PFOA und PFOS vor. Nach dem Verständnis des UBAs bezeichnet der Leitwert eine auch unter Vorsorgegesichtspunkten lebenslang duldbare Konzentration im Trinkwasser,

auch für besondere Risikogruppen wie Kleinkinder oder Schwangere. Der Trinkwasserleitwert bedeutet, dass nach den verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnissen gesundheitliche Beeinträchtigungen auch bei lebenslangem Konsum ausgeschlossen sind.

Basierend auf neueren toxikologischen Informationen hat die Trinkwasserkommission 13 per- und polyfluorierte Chemikalien neu bewertet und eine Reduzierung des Leitwertes für die Summe von PFOA und PFOS von 0,3 µg/l auf jeweils 0,1 µg/l empfohlen. Dieser Empfehlung ist das UBA gefolgt und hat im Januar 2017 den vorläufigen Leitwert für PFOA auf 0,1 µg/l reduziert/73/. An dem Vorsorgecharakter des Leitwerts hat sich dadurch nichts geändert.

Grundwasser

Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) empfiehlt für PFOA einen Geringfügigkeitsschwellenwert (GFS) von 0,1 µg/l /51/. GFS stellen die Stoffkonzentrationen dar, bis zu denen anthropogene Änderungen der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers als geringfügig eingestuft werden. Die GFS-Werte werden von der LAWA basierend auf öko- und humantoxikologischen Informationen zu den Schadstoffen abgeleitet.

Oberflächengewässer

Aus den Untersuchungen zur akuten und chronischen Ökotoxikologie der PFOA über alle aquatischen Trophiestufen ergibt sich für Oberflächengewässer ein PNEC (PNEC = Predicted No Effect Concentration) von 570 µg/l /83/. Der PNEC wird von den bayerischen Behörden als Beurteilungswert zum Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaft nicht mehr herangezogen¹, nachdem PFOA nach der REACH-Verordnung als „substance of very high concern (SVHC)“ in der Kategorie der PBT-Stoffe² (PBT steht für persistent, bioakkumulativ, toxisch) in die Kandidatenliste der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) aufgenommen wurde. Nach den Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden des

¹https://www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/doc/eu_beschraenkungen_pfos_pfoa.pdf ;
https://www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/doc/pnec_aquatisc_pfc.pdf.

² Gemäß ECHA /24/ erfolgte die Zuordnung des Bioakkumulationskriteriums aufgrund der Anreicherung in terrestrischen Spezies und gefährdeten Tierarten. PFOA reichert sich nicht in Fischen mit Kiemenatmung an.

LfU soll die Emission von SVHC-Stoffen unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Möglichkeiten minimiert werden.

Eine Umweltqualitätsnorm (UQN) zur Bestimmung des chemischen Zustands von Oberflächengewässern hinsichtlich PFOA ist in der Europäischen Union noch nicht vereinbart. PFOA ist auch nicht in die Liste prioritärer Stoffe nach der Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG aufgenommen.

Im September 2017 veröffentlichte das niederländische Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) einen Bericht /64/, der für Oberflächengewässer folgende PFOA-Schwellenwerte als mögliche zukünftige UQN zur Diskussion stellt:

- ein Wert von 30 µg/l PFOA zum Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaft,
- ein Wert von 0,99 µg/l PFOA zum Schutz von Vögeln und Säugetieren vor „secondary poisoning“ und
- ein Wert von 0,048 µg/l zum Schutz des Menschen als empfindlichstes Schutzgut hinsichtlich Verzehr von Fischen aus PFOA-belasteten Gewässern.

Das Wasserwirtschaftsamt Traunstein und das LfU hatten erwogen, den von der niederländischen Umweltbehörde RIVM erarbeiteten Vorschlag auch für die Bewertung der Oberflächengewässer im Raum Gendorf heranzuziehen.

Ökotoxikologische Beurteilungen /2/ der dem Vorschlag des RIVM zugrundeliegenden Annahmen und die Ergebnisse früherer Untersuchungen der Alz weisen jedoch darauf hin, dass ein Wert von 0,048 µg/l zur Beurteilung von Oberflächengewässern im Raum Gendorf nicht geeignet ist. Die wesentlichen Gründe für diese Einschätzung lassen sich wie folgt zusammenfassen (siehe auch /2/):

- RIVM nutzt für die Ableitung des Wertes eine humantoxikologische Wirkungsschwelle von 0,0125 µg/kg-bw, der um den Faktor 2,288 niedriger ist als der Wert für die täglich tolerierbare Aufnahme (TDI-Wert) von 0,0286 µg/kg-bw, den die Trinkwasserkommission beim UBA in 2017 für die Ermittlung des Leitwertes für Trinkwasser ansetzte.
- RIVM setzt für den lebenslangen täglichen Fischverzehr eine Menge von 114 g/Tag an. Diese Menge ist etwa zehnmal so hoch wie der mittlere tägliche Fischverzehr von 11,5 g (frisch oder tiefgefroren) nach der bayerischen Verzehrsstudie, oder noch 3 mal so hoch wie die regelmäßige

tägliche Verzehrsmenge von 34,5 g, die vom LGL³ für erwachsene Vielverzehrer (z. B. Angler) für Fische aus der Alz angenommen wird.

- RIVM geht von einem Bioakkumulationsfaktor (BAF) von 176 aus, der rund 100-mal höher ist als der BAF von 1,6, der sich aus den Daten im Raum Gendorf ableiten lässt.

Alle bisherigen Fischuntersuchungen des LGL, also auch aus Zeiten, als die PFOA-Konzentrationen in der Alz durch die Einleitung deutlich höher waren als heute, haben Fisch aus der Alz als sicheres Lebensmittel eingestuft (siehe Kapitel 11.8).

Passt man in der von RIVM angewendeten Ableitungsmethode den TDI, die lebenslange tägliche Verzehrsmenge von Fisch und den Bioakkumulationsfaktor an die Gegebenheiten im Raum Gendorf an, ergibt sich für Oberflächengewässer ein Schwellenwert zwischen 28 und 109 µg/l PFOA, bei dem der Schutz der menschlichen Gesundheit hinsichtlich Fischkonsum gewährleistet ist. Unter Berücksichtigung der Spannweite dieser Konzentrationen wird für die Bewertung von Oberflächengewässer im Raum Gendorf ein Wert von 30 µg/l in der Detailuntersuchung zugrunde gelegt.

Boden

Die BBodSchV enthält keine Vorsorge-, Prüf- oder Maßnahmenwerte für PFOA. Für die Bewertung von Bodenverunreinigungen anhand analytisch-chemischer Befunde sieht das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft in seinem Merkblatt Nr. 3.8/1 aus dem Jahr 2001 /10/ ein zweistufiges System vor. Danach sollen bei Überschreitung des Stufe-1-Werts im Sickerwasser am Ort der Beurteilung das Erfordernis von Maßnahmen geprüft werden und bei Überschreiten des Stufe-2-Werts in der Regel Sanierungsmaßnahmen indiziert sein. Die Stufe-1-Werte für Grundwasser entsprechen den Geringfügigkeits-schwellenwerten. Das LfU schlägt einen vorläufigen Stufe-1-Wert für PFOA von 0,1 µg/l und einen vorläufigen Stufe-2-Wert von 0,4 µg/l vor /10/.

Übersicht

Nach der Absenkung des Leitwertes für PFOA im Trinkwasser auf 0,1 µg/l hat das LfU im April 2017 seine Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden veröffentlicht /54/ und darin

³https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/chemie/kontaminanten/pfas/pft_fische_toxikologische_bewertung.htm

die vorstehend beschriebenen Schwellenwerte für verschiedene Umweltmedien und Wirkungspfade zusammengefasst. In der Tabelle 6-1 sind die der Detailuntersuchung zugrunde gelegten Konzentrationsschwellen von PFOA in Boden, Grundwasser und Oberflächengewässer zusammengestellt, wie sie sich aus den LfU-Leitlinien /54/ und der Diskussion der von RIVM vorgeschlagenen Werte ergeben.

Tabelle 6-1: *Richtwerte zur vorläufigen Bewertung von PFOA im Boden und Grundwasser nach LfU /54/ und im Oberflächengewässer in Anlehnung an RIVM /64/.*

Umweltmedium/ Pfad	Schwellenwert	Bedeutung/ Folgen der Schwellenwertüberschreitung nach Merkblatt 3.8/1 /Leitlinien LfU
Grundwasser	0,1 µg/l	Vorläufiger Schwellenwert für PFOA im Grundwasser in Anlehnung an den von der LAWA/51/ empfohlenen GFS-Wert. Nach LfU /54/ liegt bei Überschreitung des Schwellenwertes im Grundwasser in der Regel eine nachteilige Veränderung des Grundwassers im Sinne des WHG vor.
Oberflächengewässer	30 µg/l	Mangels einer für den Vollzug festgelegten Umweltqualitätsnorm wird in Anlehnung an die Ableitungsmethodik des RIVM /64/ ein Schwellenwert von 30 µg/l zur Bewertung der Oberflächengewässer im Raum Gendorf vorgeschlagen. Die spezifischen Expositionsszenarien im Raum Gendorf lassen keine Auswirkungen hinsichtlich Fischverzehr durch den Menschen erwarten. In der Vollzugspraxis wird für SVHC Stoffe eine Minimierung des Eintrages angestrebt, soweit es verhältnismäßig möglich ist.
Wirkungspfad Boden - Grundwasser		
Sickerwasser am Ort der Beurteilung (Abgeleitet aus Sickerwasserprognose)	0,1 µg/l	Vorläufiger Stufe-1-Wert /54/. Nach der Konzeption des LfU-Merkblattes 3.8/1 /10/ erfolgt bei Überschreitung des Stufe-1 Wertes im Sickerwasser am Ort der Beurteilung eine abschließende Gefährdungsabschätzung unter Berücksichtigung der Frachten und der Ausdehnung. Es ist auch zu prüfen, ob Maßnahmen erforderlich sind (§ 4 Abs. 2 BBodSchV).

Umweltmedium/ Pfad	Schwellenwert	Bedeutung/ Folgen der Schwellenwertüberschreitung nach Merkblatt 3.8/1 /Leitlinien LfU
Sickerwasser am Ort der Beurteilung (Abgeleitet aus Sickerwasserprognose)	0,4 µg/l	Vorläufiger Stufe-2-Wert /54/. Nach der Konzeption des LfU- Merkblattes 3.8/1 ist bei Überschreitung des Stufe-2-Wertes im Sickerwasser am Ort der Beurteilung der Verdacht für das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung bestätigt und es sind in der Regel Sanierungsmaßnahmen erforderlich.
Grundwasser	0,1 µg/l	Vorläufiger Stufe-1-Wert/54/; entsprechend der Regelung im LfU-Merkblatt 3.8/1 dem Schwellenwert gleichgesetzt. Nach der Konzeption des LfU-Merkblattes 3.8/1 liegt bei der Überschreitung des Stufe-1-Wertes eine erhebliche Grundwasserverunreinigung vor; i. d. R. sind Untersuchungs- und Bewertungsmaßnahmen erforderlich.
	0,4 µg/l	Vorläufiger Stufe-2-Wert. Nach der Konzeption des LfU-Merkblattes 3.8/1. sind bei Überschreitung des Stufe-2-Wertes in der Regel Sanierungsmaßnahmen erforderlich.

Fazit und Schlussfolgerungen für die Detailuntersuchung:

- Es existieren keine für die Detailuntersuchung rechtsverbindlichen Werte zur Beurteilung von PFOA-Kontaminationen in Boden, Grundwasser, Sickerwasser oder Oberflächengewässer. Der Trinkwasserleitwert und die zum Teil darauf beruhenden sonstigen Schwellenwerte haben Vorsorgecharakter und stehen nicht im Zusammenhang mit konkreten Gesundheitsgefährdungen.
- Unabhängig von der fehlenden rechtlichen Verbindlichkeit wurden der Leitwert und die vorläufigen Schwellenwerte des LfU-Merkblattes 3.8/1 für die Zwecke der Detailuntersuchung herangezogen. So war anfangs zur Abstufung und Darstellung unterschiedlicher PFOA-Konzentrationen im Sickerwasser am Ort der Beurteilung und im Grundwasser in der Detailuntersuchung in Abstimmung mit den Behörden der ursprüngliche Leitwert von 0,3 µg/l zu Grunde gelegt worden.
- Nach der Herabsetzung des Leitwertes auf 0,1 µg/l sind auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse und des Modells auch anhand dieses Wertes bestimmte räumliche Schadstoffverteilungen sowie Prognoseszenarien gerechnet worden.

- In Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt sind in den Kartendarstellungen die Abgrenzungen der Sicker- und Grundwasserkonzentrationen nach den im LfU-Leitfaden von 2017 genannten Stufe-1- und Stufe-2-Werten von 0,1 µg/l und 0,4 µg/l angepasst worden.
- Für die Bewertung der Oberflächengewässer wurde ein Wert von 30 µg/l PFOA angesetzt.
- Die umweltsachverständige und behördliche Bewertung und Gefahrenbeurteilung nach § 9 BBodSchG, § 4 BBodSchV (z.B. bezüglich schädlicher Boden- oder Gewässerveränderungen) ist jedoch nicht allein auf die Anwendung der vorgestellten orientierenden und teilweise vorläufigen Schwellenwerte beschränkt. Die Gefahrenbeurteilung erfordert eine Gesamtschau aller für eine etwaige Gefährdung von Schutzgütern relevanten Umstände des Einzelfalls. Die LfU-Leitlinien von 2017 erlauben ausdrücklich Abweichungen aufgrund der Besonderheiten des Einzelfalls.

In den Leitlinien des LfU zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden /54/ sind in Anlehnung an die LAGA M 20 (Stand 06. November 1997) /45/⁴ auch Zuordnungswerte für die Verwertung von Bodenmaterial in technischen Bauwerken auf nicht schädlich veränderten Böden sowie Werte für die Entsorgung auf Deponien analog Deponieverordnung (DepV)/8/vorgeschlagen. Die Werte beziehen sich auf Eluat nach DIN 38414 - S4 (Wasser-Feststoff-Verhältnis 10:1). Die Zuordnungswerte basieren auf der Annahme, dass verunreinigter Boden auf unbelastete Flächen aufgebracht werden soll. Der Vollständigkeit halber sind sie dennoch in nachfolgender Tabelle 6-2 zusammengestellt.

⁴ LAGA M20: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen.

Tabelle 6-2: Zuordnungswerte für PFOA in Eluat für die Verwertung oder Entsorgung von Bodenmaterial in Anlehnung an LAGA M20 /45/ und DepV /8/.

PFOA-Konzentration im Eluat [$\mu\text{g/l}$]	Bewertung	Klassifikation	Möglicher Umgang
$\leq 0,05$	Konzentrationen unbedenklich. Uneingeschränkter Einbau.	Z0	Verwertung in bodenähnlichen Anwendungen (Verfüllung von Abgrabungen und Abfallverwertung im Landschaftsbau außerhalb von Bauwerken, Verfüllung in Gruben der Kategorie N und A. Auffüllung kann von Sickerwasser durchströmt werden.
$\leq 0,1$	Konzentrationen erlauben eingeschränkten offenen Einbau.	Z 1.1 *	Verwertung als Ober- und Unterbau für Straßen, Wege, Verkehrsflächen, Industrie-, Gewerbe- und Lagerflächen, Unterbau von Gebäuden, in Lärm- und Sichtschutzwällen unterhalb der durchwurzeltten Bodenschicht, Unterbau von Sportanlagen.
$\leq 0,1$		Z 1.2 *	GFS müssen im Sickerwasser unterhalb des Einbaus eingehalten werden.
$\leq 0,4$	Konzentrationen erfordern technische Sicherungsmaßnahmen beim Einbau.	Z2	<i>„Eingeschränkter Einbau des Materials mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen“ in technischen Bauwerken.</i> Verwertung im Straßen-, Wege-, Verkehrsflächenbau, bei der Anlage von befestigten Flächen in Industrie- und Gewerbegebieten (z.B. Parkplätze, Lagerflächen), unter wasserundurchlässigen Deckschichten (Beton, Asphalt, fugendichtes Pflaster), als gebundene Tragschicht unter wenig durchlässiger Deckschicht (Pflaster, Platten), oder als gebundene Deckschicht. Auch Verwertung bei Erdbaumaßnahmen als Lärm- und Sichtschutzwälle, oder Straßendamm (Unterbau), wenn Niederschlagswasser vom eingebauten Abfall weitestgehend ferngehalten wird.
$\leq 0,1$	Nicht verwertbares Material, Abfall	DK0	Deponie ohne Sickerwasserfassung.
≤ 50	Abfall	DKI	Deponie mit entsprechender Basis- und Oberflächenabdichtung mit Sickerwasserfassung.

PFOA-Konzentration im Eluat [$\mu\text{g/l}$]	Bewertung	Klassifikation	Möglicher Umgang
≤ 100	Abfall	DKII	Deponie mit entsprechender Basis- und Oberflächenabdichtung mit Sickerwasserfassung, untertägige Entsorgung, Sonderabfallverbrennung.

*Klassifikation Z1.1 ist nach LAGA M20 für "ungünstige hydrogeologische Standortbedingungen", d.h. mit weniger als 2 m mächtigen Deckschichten aus Tonen, Schluffen oder Lehmen, und Klassifikation Z1.2. für "günstige hydrogeologische Bedingungen", d.h. mit mindestens 2 m mächtigen Deckschichten aus Tonen, Schluffen oder Lehmen. LfU (2017/54/) unterscheidet für PFOA keine Zuordnungswerte für Z1.1 und Z1.2.

HISTORIE ZUM EINSATZ VON PFOA IM BEREICH DES CHEMIEPARKS UND KONZEPTIONELLE MODELLVORSTELLUNG ZUR AUSBREITUNG

Zwischen 1968 und 2008 wurde PFOA in Form seines Ammoniumsalzes (CAS # 3825-26-1) im Chemiepark GENDORF als Emulgator bei der Polymerisierung von Fluorpolymeren eingesetzt. Die Anlagen für die Fluorpolymerproduktion befinden sich im nördlichen Bereich des Chemieparks (siehe Standortlageplan in Annex A-2). Zwischen 1983 und 2004 wurde PFOA in Gebäude 107 hergestellt, das im zentralen Bereich des Chemieparks gelegen ist.

Der Einsatz und die Herstellung von PFOA begann 1968 mit der Produktion von Fluorpolymeren durch Hoechst und wurde von Dyneon ab 1996 fortgesetzt. Die Herstellung von PFOA wurde 2004 und der Einsatz in der Fluorpolymerherstellung 2008 eingestellt.

Während der Zeit als PFOA bei Polymerisierung von Fluorpolymeren eingesetzt wurde, wurde PFOA sowohl über die Abluft aus den Kaminen in die Luft emittiert als auch mit dem Abwasser aus der zentralen Abwasserreinigungsanlage in die Alz eingeleitet (Abbildung 7-1). Die Abluft aus den Kaminen wurde beginnend in 1980 über Abluftwäscher behandelt, wobei zwischen 1993 und 2006 die Abreinigung der Abluft von PFOA technisch verbessert wurde. Ab 2001 wurde auch der Austrag von PFOA mit dem Abwasser in die Alz durch eine Rückgewinnungsanlage basierend auf Ionentauscher-Technologie deutlich reduziert.

Der Klärschlamm aus der zentralen Abwasserreinigungsanlage (ZARA) wurde auf den werkseigenen Deponien des Chemieparks abgelagert und nie als Dünger für die Aufbringung auf landwirtschaftlichen Flächen verkauft.

Abbildung 7-1 zeigt ein generelles Fließbild zum PFOA-Einsatz im Chemiepark. Das Ablaufschema gibt außerdem Schätzwerte für den Gesamtmassenstrom an PFOA zwischen 1968 und Ende 2008. Die Emission von PFOA über die Abluft wird auf rund 10 Tonnen geschätzt. Die über den Ablauf aus der Kläranlage in die Alz eingeleitete Masse an PFOA wird auf etwa 70 Tonnen geschätzt.

Aufgrund der physikalisch-chemischen Eigenschaften erfolgte die PFOA-Emission über die Abluft als Partikel oder gasförmig. Es kann davon ausgegangen werden, dass während des Windtransports schwerere Partikel zuerst abgeschieden und leichtere Partikel und gasförmiges PFOA weit über das Untersuchungsgebiet hinaus transportiert wurden.

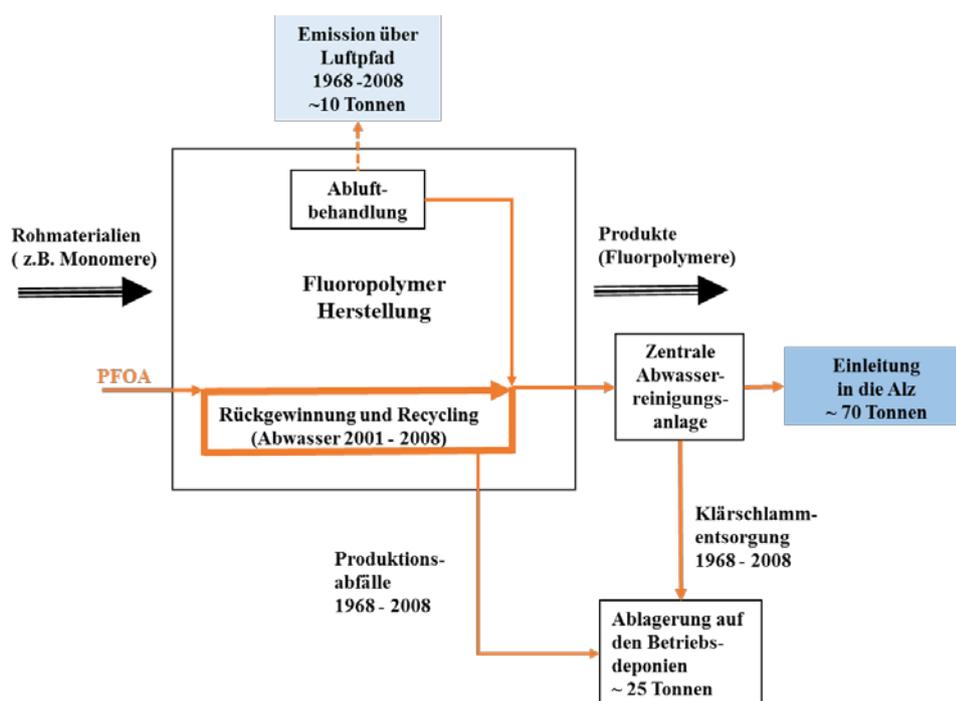


Abbildung 7-1: Allgemeines Fließbild der Fluorpolymerherstellung im Chemiepark und Abschätzung der PFOA-Emissionen über den Luftpfad und über die Einleitung in die Alz

Aufgrund der historischen Luftemission und -deposition wird PFOA im Boden angetroffen.

Über Sickerwasser wird PFOA aus der ungesättigten Bodenzone in das Grundwasser eingetragen. Sickerwasser aus dem Bereich lokaler Quellen auf dem Chemiepark trägt zu den Grundwasserkonzentrationen bei.

Die Sickerwasserprognose ergibt die höchsten Sickerwasserkonzentrationen im Bereich des Chemieparks und im Bereich des Luftdepositionsmaximums unmittelbar nördlich des Werksgeländes im Öttinger Forst. Mit zunehmender Entfernung vom Werksgelände nehmen die Bodenkonzentrationen und damit einhergehend die Sickerwasserkonzentrationen ab.

Im Daxenthaler Forst stehen die Grundwasserkonzentrationen im Zusammenhang mit der Infiltration von PFOA-haltigem Alzwasser. PFOA gelangte in die Alz, als PFOA noch im Chemiepark eingesetzt und über das Abwasser aus der zentralen Abwasserreinigungsanlage in die Alz eingeleitet wurde.

Im Ergebnis führen der Sickerwasseraustrag von luftdepositionsbürtigem PFOA und aus lokalen Quellen sowie die historische Alzversickerung flächenhaft zu Grundwasserkonzentrationen über 0,1 µg/l.

Basierend auf den Simulationen mit dem numerischen Grundwassermodell wurden von der über die Luftdeposition verteilten Masse im Öttinger und Daxenthaler Forst bisher nur ein kleiner Anteil aus der rund 30 m mächtigen ungesättigten Zone in das Grundwasser eingetragen. Das Peak-Maximum der Sickerwasserkonzentrationen hat das Grundwasser noch nicht erreicht. Demnach sind weiter ansteigende Grundwasserkonzentrationen zu erwarten, bis sie ab etwa 2030 beginnen abzufallen.

Die Alz, der Inn und die Salzach sowie kleinere Nebenbäche bilden die Vorflut für das Grundwasser im Untersuchungsgebiet. Nach der Einstellung der PFOA-Nutzung auf dem Chemiapark sind die PFOA-Konzentrationen in der Alz deutlich zurückgegangen. In 2017 waren am Pegel Burgkirchen PFOA-Konzentrationen unter der Bestimmungsgrenze von 0,005 µg/l und am Pegel Oberpiesing von 0,195 µg/l gemessen worden.

In einigen kleineren Bachläufen am nördlichen Abfall des Öttinger Forstes zum Inntal, im nördlichen Alztal, oder im Daxenthaler Forst Richtung Haiming, werden PFOA-Konzentrationen in der Größenordnung von wenigen µg/l gemessen. Diese Konzentrationen passen mit den Grundwasserkonzentrationen in den Einzugsgebieten der Bäche überein.

Im Öttinger Forst befinden sich die Brunnen Kastl Br1, Kastl Br2, Burgkirchen, Neuötting BrI, Neuötting BrII, Alzgern 1 und Alzgern 2 der öffentlichen Wasserversorger. Daneben sind im Untersuchungsgebiet insgesamt 12 private Trinkwasserbrunnen bekannt, von denen 10 Brunnen noch für die Trinkwasserversorgung genutzt werden. Weiterhin gibt es im Untersuchungsgebiet Brauchwasserbrunnen im Bereich des Chemiaparks GENDORF und im Bereich des Industriegebietes Burghausen sowie Brunnen für die Bewässerung von Gärten, Sport- oder Golfplätzen und zur Speisung von Fischteichen.

Oberflächenwasser wird für die Bewässerung von Golfplätzen, zur Speisung von Fischteichen und für die Gartenbewässerung genutzt.

Die konzeptionelle Modellvorstellung zu der PFOA-Ausbreitung ist in Abbildung 7-2 skizziert. In den nachfolgenden Kapiteln 8 bis 12 werden die aktuelle Belastungssituation, die Massenverteilung, die Prognosen zur zeitlichen Entwicklung von PFOA im Sicker- und Grundwasser, sowie die Abgrenzung der PFOA-Belastungsbereiche näher erläutert.

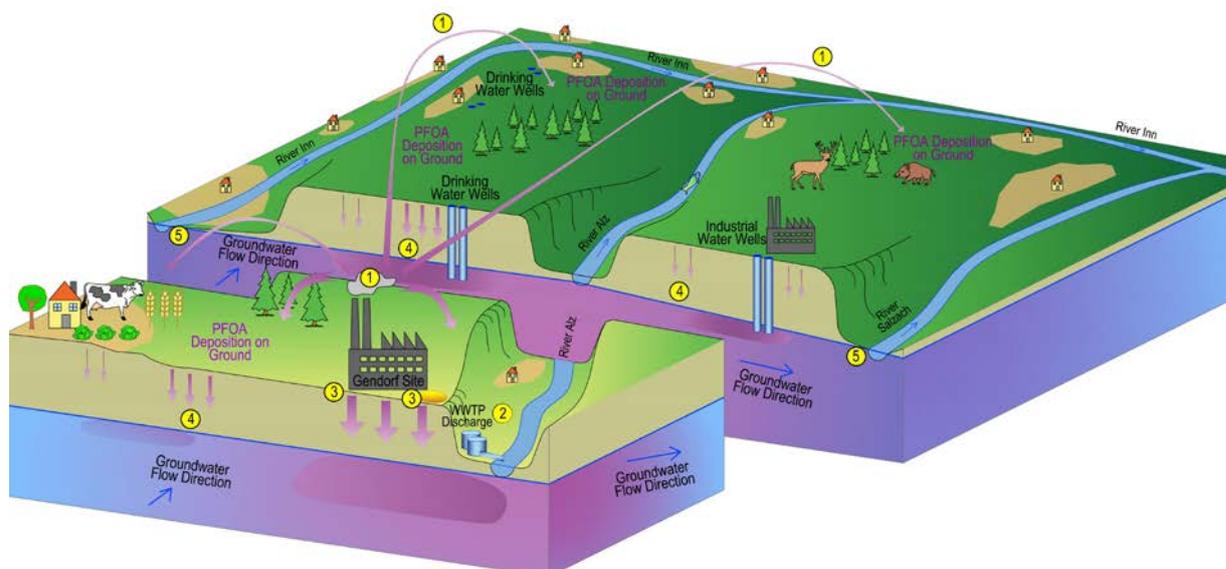


Abbildung 7-2: Skizze konzeptionelles Modell

Ausbreitungspfade	Masse [t]
1 Historische Luftemission und -deposition	~ 10 ~ 3-5
2 Historische Einleitung von PFOA-haltigem Abwasser aus der ZARA in die Alz und Versickerung von PFOA-haltigem Alzwasser ins Grundwasser im Daxenthaler Forst	~ 70 ~ 7,4
3 Austrag von PFOA aus lokalen Quellen auf dem Werksgelände ins Grundwasser	~ 0,13
4 Austrag von luftdepositionsbürtigem PFOA aus der ungesättigten Zone ins Grundwasser	~ 0,4
5 Abfluss von PFOA in Vorfluter über Grundwasserabfluss	~ 6-7 (5,8-6,8 aus der Alz infiltriert)

8 *BELASTUNGSSITUATION*

8.1 *PFOA-KONZENTRATIONEN IM BODEN*

Die Luftemission und Deposition zwischen 1968 und 2008, während PFOA als Emulgator im Chemiepark GENDORF verwendet wurde, ist die Hauptursache für die PFOA-Gehalte im Boden außerhalb des Chemieparks. Umfangreiche Bodenuntersuchungen wurden durchgeführt, um den Gehalt von PFOA zu quantifizieren.

Die Methodik der Bodenbeprobung war mit dem LfU, dem LGL und der LfL abgestimmt worden. An den Probenahmestellen auf Forstflächen wurde in Anlehnung an die bodenkundliche Kartieranleitung (KA5) jeweils die organische Auflage (O-Horizont), der Oberboden (A-Horizont), der Unterboden (B-Horizont) und das Ausgangsmaterial (C-Horizont) getrennt beprobt. Auf Acker- und Grünlandflächen wurden gemäß den Vorgaben in der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) für den Wirkungspfad Boden-Pflanze jeweils Ober- und Unterboden getrennt beprobt.

Insgesamt wurden 644 Bodenproben aus 173 Bohrungen oder Schürfen im Untersuchungsgebiet entnommen. Die Lage und die räumliche Verteilung der Bodenbeprobung ist aus Annex B-1 und B-2 ersichtlich.

Die Lage der Probenahmestellen wurde anfangs in Anlehnung an eine Luftemissionsmodellierung festgelegt. Später erfolgte die Probenahme iterativ, bis im flachen Boden die Bodenbelastung mit Eluatkonzentrationen bis 0,3 µg/l abgegrenzt war. Die meisten Bodenproben wurden im nahen Umfeld des Chemieparks, im Öttinger sowie im Daxenthaler Forst entnommen. Darüberhinaus wurden insgesamt 30 landwirtschaftliche Flächen (Grünland und Äcker) beprobt. Nach Herabsetzung des vorläufigen Leitwerts bzw. des Stufe-1-Wertes von 0,3 µg/l auf 0,1 µg/l und des Stufe-2-Wertes von 1 µg/l auf 0,4 µg/l wurden die Daten nochmals hinsichtlich Eluatkonzentrationen von 0,1 µg/l und 0,4 µg/l ausgewertet. Die Abgrenzung des Bereiches mit Eluatkonzentrationen von 0,1 µg/l basiert in den Randbereichen auf nur wenigen Messpunkten. Sie hat somit noch einen vorläufigen Charakter. Im Nachgang zu der Detailuntersuchung sind daher für die Entwicklung eines Handlungskonzeptes zum Umgang mit PFOA-belastetem Erdaushub noch weitere Bodenprobenahmen vorgesehen (siehe auch Kapitel 13.2.2).

Auf dem Chemiepark liegen Messwerte zu Bodenuntersuchungen im Rahmen von Bauvorhaben und einzelnen Bohrungen vor. Sie geben Hinweise auf

Belastungen, reichen aber nicht aus, um „hot spots“ von lokalen Eintragsherden abzugrenzen. Wie bereits erwähnt, werden die lokalen Schadensherdbereiche separat begutachtet.

Um sowohl die PFOA-Masse als auch die Mobilität von PFOA in der ungesättigten Zone zu ermitteln, wurden die PFOA-Analysen am Feststoff der Proben und/oder am Eluat gemäß DIN 38414 S4 durchgeführt.

Die Ergebnisse von Proben aus den flachen Bodenhorizonten (O-, A- und B-Horizont) zeigen, dass die stärksten Depositionen bzw. der höchste Masseneintrag im nordöstlichen Teil des Werksgeländes sowie in den unmittelbar nördlich und nordöstlich angrenzenden Flächen stattgefunden haben. Der höchste im Feststoff gemessene Wert von 2.762 µg/kg PFOA stammt von einer Probe der organischen Auflage (O-Horizont) im Öttinger Forst nördlich des Chemieparks. Mit zunehmender Entfernung vom Werksgelände nehmen die PFOA-Konzentrationen im Boden deutlich ab (Annex B-1). So wurde zum Beispiel am Beprobungspunkt B2012_3, der etwa 150 m nördlich des Werksgeländes lag, eine PFOA-Konzentration von 1.330 µg/kg im A-Horizont gemessen. Weiter nördlich, in einer Entfernung von etwa 900 m vom Werksgelände, betrug die PFOA-Konzentration am Punkt B2012_9 nur noch 134 µg/kg, also etwa eine Größenordnung niedriger.

Basierend auf den Bodenkonzentrationen wurden die PFOA-Massen in der ungesättigten Zone geschätzt und über Flächenfarben in den Anhängen B-1 und B-2 gekennzeichnet. Der Farbverlauf von grün nach rot veranschaulicht die Anreicherung von PFOA im nahen Umfeld des Chemieparks.

Es zeigt sich, dass auf den Forstflächen die höchsten PFOA-Konzentrationen in der organischen Auflage (O-Horizont) sowie im A-Horizont zu messen sind. Mit der Tiefe nehmen die PFOA-Konzentrationen im B- und C-Horizont ab (Annex B-1 und B-2).

Auf den landwirtschaftlichen Flächen wurden die höchsten PFOA-Konzentrationen meist ebenfalls im oberen Probenhorizont gemessen. Der Unterschied zwischen den obersten und tiefer liegenden Probenhorizonten ist auf den landwirtschaftlichen Flächen weniger stark ausgeprägt, was wahrscheinlich an der Bearbeitung (z.B. Pflügen) der Flächen liegt.

Eine mögliche Erklärung für die in den O- und A-Horizonten höheren PFOA-Konzentrationen ist ein erhöhtes Rückhaltevermögen aufgrund der hohen Gehalte an organischem Kohlenstoff (C_{org}). Im B-Horizont ist der C_{org} -Gehalt deutlich niedriger als im A-Horizont. Die Tonminerale im B-Horizont haben allerdings eine große Mineraloberfläche. Hinzu kommt, dass der B-Horizont mit einer Mächtigkeit von rund 20 bis 40 Zentimeter um ein Mehrfaches

mächtiger ist als der A-Horizont. Die im C-Horizont anzutreffenden Sande und Kiese haben im Vergleich zu den Tonmineralen im B-Horizont kleinere Mineraloberflächen. In der Summe ist jedoch auch im C-Horizont aufgrund seiner Mächtigkeit bis 30 m von einer großen Mineraloberfläche auszugehen.

8.2

PFOA-KONZENTRATIONEN IM GRUNDWASSER

Bereits 2006 wurden erste Grundwasseruntersuchungen an Trinkwasserbrunnen im Öttinger Forst und an ausgewählten Grundwassermessstellen im Chemiapark GENDORF durchgeführt. Seither wurden mehr als 1.100 Wasserproben von Trinkwasserbrunnen oder Grundwassermessstellen aus dem Untersuchungsgebiet analysiert. Diese Daten erlaubten, die räumliche Verteilung der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser zu ermitteln. Annex D-1 und D-2 zeigen die Tiefenverteilung der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser für die Tiefenintervalle 0-10 m bzw. 10-20 m unter dem Grundwasserspiegel basierend auf Untersuchungskampagnen vor allem in 2011/2012 und in 2015. Die Karte der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser im Tiefenintervall von 20 bis 30 m unter dem Grundwasserspiegel ist im Bericht zum numerischen Modell näher erläutert /38/. Die Abgrenzung der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser in Annex D-1 und D-2 erfolgte mit folgender Abstufung: 0,1 µg/l (vorläufiger Stufe-1-Wert), 0,4 µg/l (vorläufiger Stufe-2-Wert), 1 µg/l, 2,5 µg/l, 5 µg/l und 10 µg/l und mehr.

Die höchsten PFOA-Konzentrationen im Grundwasser wurden im Bereich des Chemiaparks bzw. in dessen unmittelbarer Umgebung gemessen. Im südöstlichen Teil des Werksgeländes liegen die PFOA-Konzentrationen im Grundwasser bei ca. 10 µg/l und an der östlichen Werksgrenze zwischen 5 und 7 µg/l. Basierend auf der Grundwasserfließrichtung und der Grundwassermodellierung wird geschlussfolgert, dass diese Werte auf lokale PFOA-Quellen auf dem Werksgelände zurückzuführen sind, wie z.B. das historische Neutralisationsbecken der Kläranlage, frühere Kanalleckagen und der Bereich der Werksdeponien.

Entlang der nördlichen Grenze des Chemiaparks treten ebenfalls erhöhte PFOA-Konzentrationen im Grundwasser auf. Im nordöstlichen Teil des Werksgeländes und entlang der nordöstlichen Werksgrenze liegen die PFOA-Konzentrationen im Grundwasser im Bereich von 8-11 µg/l. Diese Werte können auf lokale Quellen (z.B. frühere Kanalleckagen) und/oder das Luftdepositionsmaximum zurückgehen. Eine genaue Zuordnung ist nicht möglich.

Im Bereich der nordwestlichen Werksgränze liegen die PFOA-Konzentrationen im Grundwasser zwischen 1 und 6 µg/l. Diese Werte lassen sich nur mit historischer Luftemission und Deposition erklären, entweder aus den Kaminen oder aus Druckentlastungen über Explosionsschutzeinrichtungen.

Im Ergebnis zeigen sich in der Nähe des Chemieparks drei kleine Fahnen mit PFOA-Konzentrationen über 5 µg/l, die nach Nordosten abströmen. Mit zunehmender Entfernung vom Werksgelände nehmen die PFOA-Konzentrationen ab, so dass im Bereich von Bruck und Emmerting Werte zwischen 1 und 3 µg/l (lokal höher) gemessen werden (Anhang D-1).

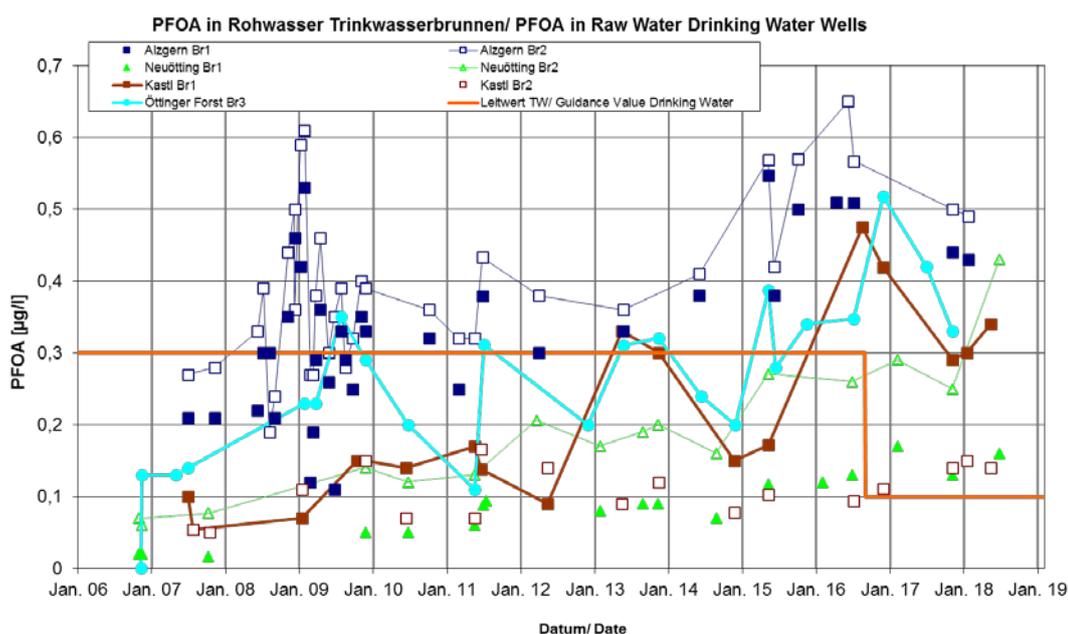
Weiter nördlich des Chemieparks, im Öttinger Forst, wird der Leitwert (Stufe-1-Wert) von 0,1 µg/l bis in die Gegend von Neuötting überschritten, der Stufe-2-Wert bis in den Bereich zwischen den Brunnen Alzgern und Neuötting. Nach Nordwesten hin gibt es Überschreitungen des Leitwertes bis westlich von Kastl. In diesen Bereichen gibt es für die PFOA-Konzentrationen im Grundwasser keine andere Erklärung als die historische Luftemission und -deposition.

Im Bereich der Trinkwasserbrunnen im Öttinger Forst lässt sich die Situation wie folgt zusammenfassen:

- Die Trinkwasserbrunnen von Kastl liegen in einem Bereich, in dem PFOA über Luftdeposition in den Boden eingetragen wurde. Sie liegen allerdings außerhalb des Depositionsmaximums. Im Anstrom der Brunnen, d.h. in westliche Richtung, nehmen die PFOA-Konzentrationen mit zunehmender Entfernung vom Werksgelände ab.
- Der Brunnen Burgkirchen (Öttinger Forst Br.3) liegt näher am Chemiepark und somit in einem Bereich mit höheren Luftdepositionen, jedoch noch im Seitenstrom des Depositionsmaximums.
- Die Brunnen Neuötting liegen in größerer Entfernung vom Chemiepark und dem Depositionsmaximum. Sie befinden sich aber schon randlich (westlich) einer Fahne, die aus den Bereichen im Öttinger Forst mit höherer Luftdeposition resultiert.
- Im Bereich der Trinkwasserbrunnen Kastl Br1, Kastl Br2, Burgkirchen und Neuötting BrI und Neuötting BrII werden im Grundwasser PFOA-Konzentrationen zwischen etwa 0,1 und 0,3 µg/l gemessen.
- Die Brunnen Alzgern sind am weitesten vom Chemiepark entfernt. Sie liegen östlich der Brunnen Neuötting und sind von der Fahne, die aus den Bereichen im Öttinger Forst mit höherer Luftdeposition abströmt, stärker

betroffen. Im Bereich der Brunnen von Alzgern liegen die PFOA-Konzentrationen im Grundwasser über 0,5 µg/l.

Im Öttinger Forst zeigen die PFOA-Konzentrationen im Grundwasser einen ansteigenden Trend. Abbildung 8-1 zeigt beispielhaft die Entwicklung der PFOA-Konzentrationen im Rohwasser der Trinkwasserbrunnen. Wie im Abschnitt 10.2 erläutert, werden für den Öttinger Forst noch weiter ansteigende PFOA-Konzentrationen im Sickerwasser am Ort der Beurteilung prognostiziert.



Anmerkung Neuötting Br. 2: Im Februar 2016 wurde PFOA in der Probe unter 0,3 µg/l nachgewiesen, konnte aber aufgrund von Matrixeffekten nicht näher quantifiziert werden. Kein Wert dargestellt in Grafik.

Abbildung 8-1: Entwicklung der PFOA-Konzentrationen im Rohwasser der Trinkwasserbrunnen.

Am Westrand des Untersuchungsgebietes liegen für einige Messstellen westlich des Modellrands aus dem Zeitraum 2008 bis 2011 einzelne Messwerte vor. Die Lage der Messstellen geht aus Annex D-3 hervor. Es sind von Nord nach Süd die Messstellen GWM58 - 0,023 µg/l (2008), GWM46 - 0,13 µg/l (2009), GWM47 - 0,058 µg/l (2011) und der Privatbrunnen TW93 - 0,005 µg/l (2016).

Noch weiter westlich wurde durch das Gesundheitsamt der Brunnen 2 des Wasserwerks Unterneukirchen (GWM51) beprobt. In 2009 war der PFOA-Gehalt mit 0,019 µg/l und in 2018 mit 0,008 µg/l bestimmt worden. Im Südwesten wurde die Tucher Quelle beprobt. Dabei handelt es sich um eine

gefasste Quelle, welche zur Trinkwasserversorgung genutzt wird. Die PFOA-Konzentration wurde vom Wasserwirtschaftsamt für 2016 mit 0,005 µg/l und für 2018 mit 0,006 µg/l mitgeteilt.

Im Daxenthaler Forst gehen die derzeitigen PFOA-Konzentrationen im Grundwasser im Wesentlichen auf die frühere Versickerung von PFOA-haltigem Alzwasser zurück, als PFOA-haltiges Wasser aus der werkseigenen Kläranlage in die Alz eingeleitet wurde. In 2001 wurden durch Inbetriebnahme der PFOA-Rückgewinnung die Emissionen ins Abwasser deutlich gemindert. Seit Ende 2008 werden im Chemiepark GENDORF keine PFOA mehr verwendet. Somit gingen auch die PFOA-Konzentrationen im Alzwasser zurück. Momentan lassen sich von der Alz in östliche Richtung zunächst noch zunehmende PFOA-Konzentrationen im Grundwasser beobachten (GWM12, GWM113, Haiminger Bach), die dann aber weiter nach Osten in Richtung Haiming (GWM14) und Salzach abnehmen (siehe auch Verteilung der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser für 2015 in Annex D1).

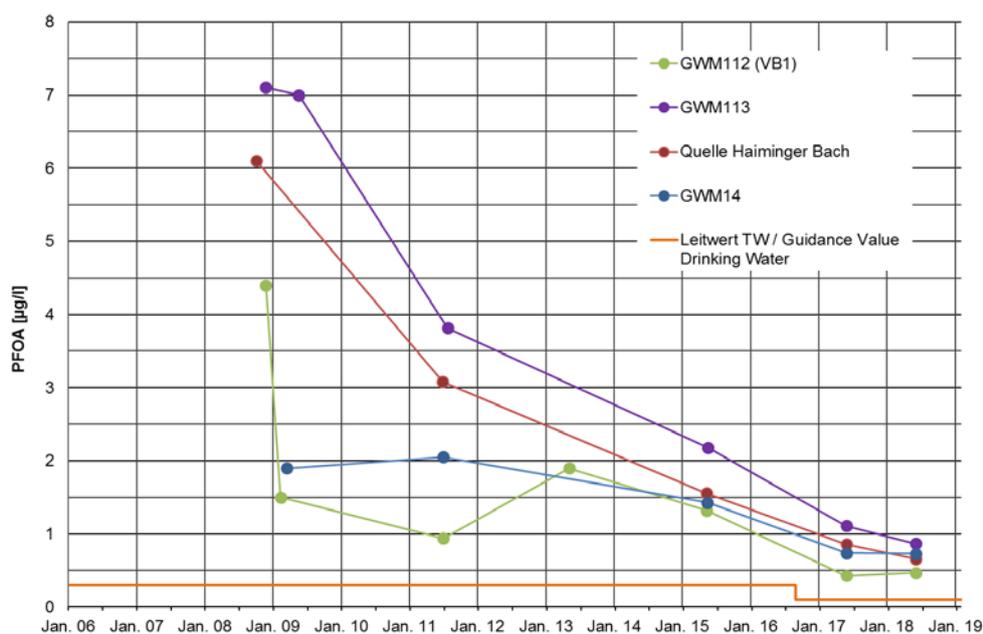


Abbildung 8-2: Zeitliche Entwicklung der PFOA-Konzentrationen im Daxenthaler Forst.

Generell sind die PFOA-Konzentrationen im Grundwasser des Daxenthaler Forstes über die Zeit rückläufig (Abbildung 8-2). In 2018 lagen die gemessenen PFOA-Konzentrationen zwischen etwa 0,5 und 0,9 µg/l. Die höchsten Werte von 0,87 µg/l und 0,73 µg/l PFOA wurden an den Grundwassermessstellen GWM113 und GWM14 gemessen.

Wie weiter unten in Kapitel 10.3.1 erläutert, wird die auf die historische Alzversickerung zurückzuführende PFOA Fahne im Daxenthaler Forst laut Prognose bis ca. 2025 in die Salzach abgeströmt sein. Allerdings reicht die im Daxenthaler Forst durch Luftemission und -deposition aufgebrauchte PFOA-Masse im Boden aus, dass auch hier bis mindestens zum Ende des Modellierungszeitraums (2065) die Grundwasserkonzentrationen noch über 0,1 µg/l liegen.

8.3

PFOA-KONZENTRATIONEN IN OBERFLÄCHENGEWÄSSERN

Die PFOA-Konzentrationen in Oberflächengewässern im Untersuchungsgebiet sind auf folgende Einträge zurückzuführen: Einleitung von PFOA-haltigem Abwasser aus der Werkskläranlage, Exfiltration von PFOA-haltigem Grundwasser in die Vorfluter, Zuträge aus Nebenbächen.

Die Ergebnisse von Wasseranalysen aus den Oberflächengewässern sind in Annex I-4 aufgelistet.

Erste Messwerte von PFOA-Konzentrationen in der Alz und im Inn liegen ab 2006 vor, also zu Zeiten als PFOA noch im Chemiepark genutzt wurde.

In der Alz wurden am Pegel Hohenwart, der sich ca. 3 km flussabwärts vom Einleitpunkt der Kläranlage in die Alz befindet, PFOA-Konzentrationen von einigen µg/l bis 28 µg/l gemessen. Mit Inbetriebnahme der PFOA-Rückgewinnung aus dem Abwasser in 2001 und dem Ende der PFOA-Verwendung in der Produktion im Chemiepark Ende 2008 nahmen die PFOA-Konzentrationen im Wasser der Alz deutlich ab. In 2015 wurden in Hohenwart PFOA-Konzentrationen zwischen 0,037 und 0,257 µg/l gemessen. In 2018 wurden am selben Punkt nur noch zwischen 0,016 und 0,021 µg/l PFOA gemessen. Am Pegel Oberpiesing, der ca. 13 km vom Einleitpunkt und nahe der Alzmündung liegt, wurden in 2015 PFOA-Konzentrationen zwischen 0,080 und 0,411 µg/l und in 2018 zwischen 0,159 und 0,204 µg/l gemessen. Die in Oberpiesing gegenüber Hohenwarth geringfügig höheren PFOA-Konzentrationen gehen auf die Zuflüsse des Brunnbaches (PFOA-Konzentration um etwa 1 µg/l) und des Schützingener Baches im nördlichen Alztal zwischen Emmerting und Oberpiesing zurück, in deren Einzugsgebiet die PFOA-Konzentrationen im Grundwasser erhöht sind. Bei Niedrigwasser (Basisabfluss aus Grundwasser) wird die PFOA-Konzentration in diesen Bächen der PFOA-Konzentration im zuströmenden Grundwasser entsprechen.

Nördlich von Kastl, am Nordabfall des Öttinger Forst ins Inntal und westlich von Haiming im Daxenthaler Forst werden kleine Bäche von Quellen gespeist.

An der Kastler Gieß wurden in 2011 PFOA-Konzentrationen von 0,272 µg/l und 0,260 µg/l gemessen. Die Kastler Gieß wird von Quellwasser genährt, das aus den Hochterrassenschottern austritt.

Im Mittlinger Bach wurden PFOA-Konzentrationen von 0,29 µg/l (2009) und 0,478 µg/l (2011) gemessen. Der Mittlinger Bach wird von Grundwasser aus dem Öttinger Forst gespeist. Die Werte spiegeln Konzentrationen im Grundwasser wider, das östlich der Brunnen Alzgern in Richtung Inntal abströmt.

In der Quelle des Haiminger Bachs nahmen zwischen 2011 und 2018 die PFOA-Konzentrationen von rund 3 µg/l auf unter 1 µg/l ab.

Es ist davon auszugehen, dass in den Trockenmonaten die PFOA-Konzentrationen in den quellgespeisten Bächen den PFOA-Konzentrationen im Grundwasser entsprechen.

PFOA-MASSENVORTEILUNG

Basierend auf Bodenanalysen aus dem Zeitraum 2006 und 2013 wurde über vertikale Extrapolation der PFOA an den Probenahmestellen und über horizontale Interpolation zwischen den extrapolierten Massen in der jeweiligen Bodensäule, sowie einer statistischen Auswertung die Gesamtmasse an PFOA in der ungesättigten Bodenzone mit 3 bis 5 Tonnen (25-75 Perzentil) geschätzt /38/.

Diese Masse entspricht etwa 50 % der Schätzungen für die über die Schornsteine emittierten PFOA-Menge (~10 t) /23/ (siehe auch Kapitel 7). Basierend auf Erkenntnissen aus Bohrungen im Öttinger Forst befinden sich im Untersuchungsgebiet in Bereichen mit einer rund 30 m mächtigen ungesättigten Bodenzone bis zu zwei Drittel der PFOA im C-Horizont, also im Kies unterhalb der oberen Bodenschichten /32/. Es wurde nicht untersucht, ob möglicherweise Vorläufersubstanzen /72/ zu der gegenwärtigen PFOA-Bodenbelastung im Untersuchungsgebiet beigetragen haben.

Basierend auf den Schätzungen mit Hilfe des numerischen Grundwassermodells /38/ wurden von den 3-5 Tonnen PFOA in der ungesättigten Zone bis 2015 etwa 400 kg PFOA mit dem Sickerwasser in das Grundwasser ausgetragen. Davon sind bereits 200 kg mit dem Grundwasser in die Vorfluter abgeströmt.

Von den geschätzten 70 Tonnen PFOA, die aus der Kläranlage des Chemieparks in die Alz eingeleitet wurden, sind etwa 6 bis 7 Tonnen aus der Alz in den Grundwasserleiter infiltriert worden. Laut Berechnungen mit dem Grundwassermodell war bis Ende 2015 der überwiegende Teil bis auf 200 kg mit dem Grundwasser in die Salzach abgeströmt.

Mit dem Modell wurde der PFOA-Eintrag ins Grundwasser aus lokalen Quellen im Bereich des Chemieparks auf etwa 130 kg geschätzt. Die Modellierungen ergeben, dass bis Ende 2015 von den 130 kg bereits 50 kg mit dem Grundwasser in die Vorfluter abgeströmt sind, bzw. noch 80 kg im Grundwasserleiter gelöst sind /38/ (zur Lage der vermuteten lokalen Quellen siehe Annex A-2). Wie sich der PFOA-Eintrag aus lokalen Quellen zukünftig entwickeln wird, kann derzeit nicht vorhergesagt werden. Die lokalen Quellen werden separat begutachtet.

In der Abbildung 9-1 ist die Massenverteilung von PFOA zusammengefasst.

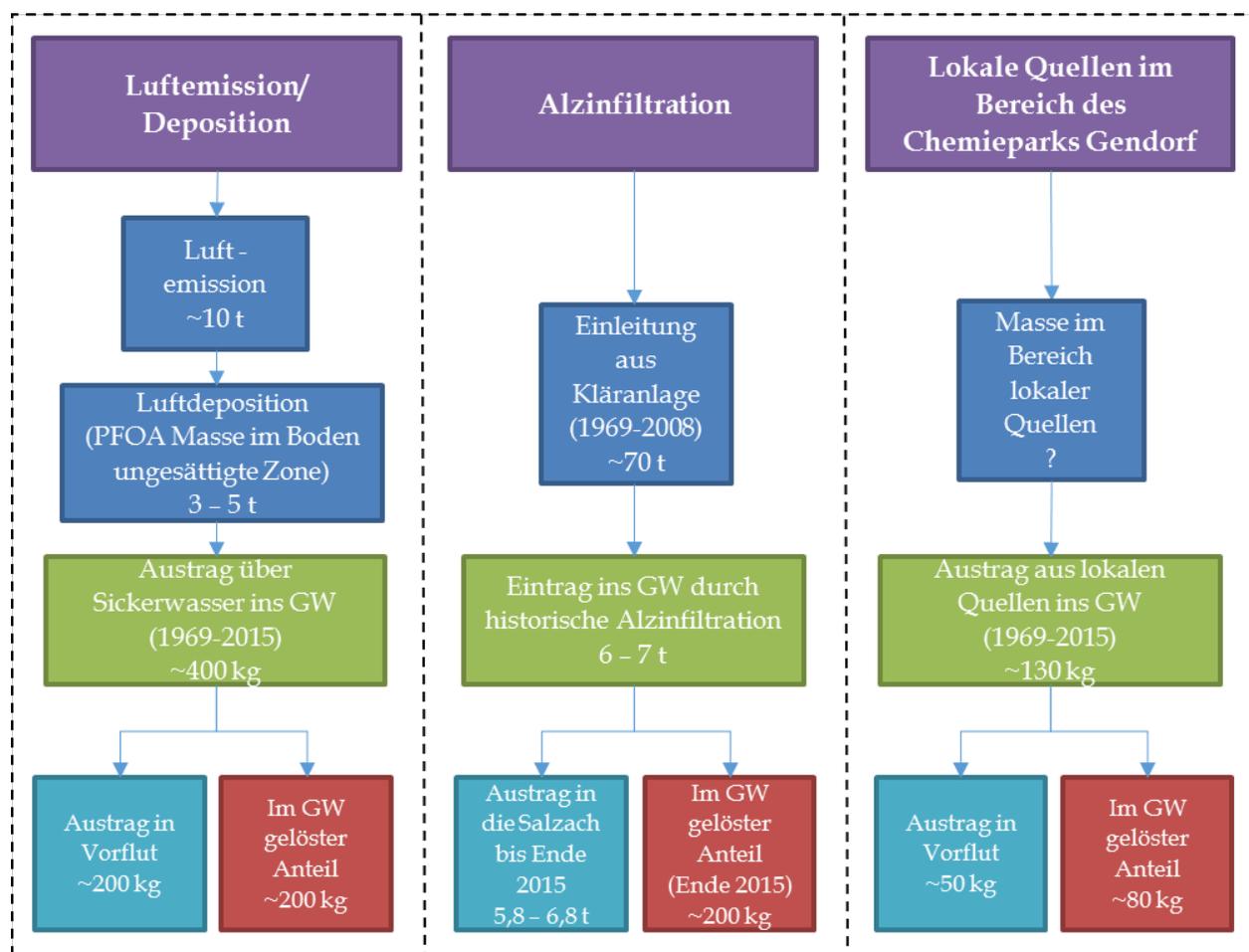


Abbildung 9-1: Massenverteilung PFOA im Untersuchungsgebiet (1969-2015).

Insgesamt ist somit nur ein Teil der über die Abluft emittierten oder in die Alz eingeleiteten PFOA-Masse im Untersuchungsgebiet verblieben.

Der übrige Anteil aus der Abluft ist partikel- oder gasförmig oder gelöst in Wasserdampf (Wolken) weit über das Untersuchungsgebiet hinaus wegtransportiert worden. Physikalisch sind Transportweiten bis mehrere hunderte bis tausende Kilometer möglich. Wie die vorliegenden Messwerte zeigen, nimmt die PFOA-Konzentration im Boden mit der Entfernung immer mehr ab. So werden in den Randbereichen des Untersuchungsgebietes nur noch geringe PFOA-Konzentrationen im Boden gemessen, die gemäss Modellprognosen nicht zu einer Überschreitung des vorläufigen Leitwertes im Grundwasser führen. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass mit zunehmender Entfernung vom Chemiepark, die über das Untersuchungsgebiet hinaus ausgetragene PFOA Masse einen immer kleineren Anteil an den Hintergrundwerten von PFOA einnimmt.

Der überwiegende Anteil der in die Alz eingeleiteten PFOA hat das Untersuchungsgebiet über Inn und Donau verlassen. Wie die vorliegenden Daten zeigten, wurde mit zunehmender Wassermenge im Flusssystem PFOA immer weiter verdünnt und verteilt. Daher ist nicht von einer relevanten Belastung der Sedimente oder Biota im nachgeordneten Flusssystem (Inn, Donau) auszugehen.

10 *PROGNOSEN ZUKÜNFTIGER PFOA-KONZENTRATIONEN IM SICKERWASSER UND GRUNDWASSER*

10.1 *NUMERISCHE MODELLE ALS PROGNOSEINSTRUMENT*

Für die Prognose der Sickerwasserkonzentrationen für PFOA am Ort der Beurteilung und die Vorhersage der zukünftigen Entwicklung der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser wurden im Rahmen der Detailuntersuchung numerische Modelle entwickelt.

Aufgrund der räumlichen Ausdehnung und der zeitlichen Komponente des PFOA-Eintrags und -Austrags ließ sich eine Aussage zur zukünftigen Entwicklung der PFOA-Belastung im Sickerwasser und im Grundwasser allein mit Hilfe von numerischen Stofftransportmodellen treffen. Die Sickerwasserprognose am Ort der Beurteilung erfolgte über ein instationäres zweidimensionales Transportmodell, das von Barr Engineering entwickelt wurde /14/. Die Prognose der zukünftigen Entwicklung der PFOA-Belastung im Grundwasser erfolgte über ein dreidimensionales instationäres Stofftransportmodell von ERM /35//38/.

Auch wenn die beiden Modelle für den Stofftransport in der ungesättigten und in der gesättigten Zone Unschärfen aufweisen, die auf etwa 20 - 30 % Fehlerabweichung geschätzt wurden /14//38/, stellen sie eine geeignete und derzeit die bestmögliche Methodik zur raum-zeitlichen Abbildung des PFOA-Eintrags und -Austrags und zur Prognose dar. Die Prognose sollte jedoch nach Abschluss der Detailuntersuchung über das fortlaufende Monitoring überprüft werden. Darauf wird in Kapitel 13.2 weiter eingegangen.

Das Modell für die Sickerwasserprognose ist im Barr-Bericht vom Mai 2018 erläutert/14/. Die Ergebnisse des „Barr-Modells“ sind Zeitreihen der Sickerwasserkonzentrationen am Ort der Beurteilung für einen Modellierzeitraum von 1968 bis 2068.

Die Zeitreihen der PFOA-Konzentrationen im Sickerwasser wurden für folgende Variablen generiert:

- Mächtigkeit der ungesättigten Zone und
- geschätzte PFOA-Masse in der ungesättigten Zone, die zwischen 1968 und 2008 durch Luftdeposition auf die Bodensäule aufgebracht worden war.

Die Mächtigkeit der ungesättigten Zone liegt je nach Lokalität und basierend auf verfügbaren Daten zwischen 2,5 und 80 m und wurde für die Modellierung in 9 Klassen unterteilt. Die in der Bodensäule geschätzten PFOA-Massen wurden in 15 Klassen mit PFOA-Konzentrationen zwischen 2 mg/m² und 1.800 mg/m² unterteilt. Jeder Klasse wurde als Masse der Mittelwert zwischen Ober- und Untergrenze der jeweiligen Klasse zugeordnet, z.B. 3,5 mg/m² für die unterste Klasse mit den Klassengrenzen 2 bis 5 mg/m². Mit diesen Eingangsparametern wurden von Barr Engineering 135 Simulationen mit unterschiedlichen Kombinationen von der Mächtigkeit der ungesättigten Zone und des Gesamteintrags von PFOA durchgeführt und die resultierenden Sickerwasserkonzentrationen in Tabellen gespeichert (sog. „Lookup-Tabelle“). Die Ergebnisse der Sickerwassermodellierung in der ungesättigten Zone bzw. diese Tabellen gehen in weiterer Folge als Eintragsfunktion (Randbedingung) in das Transportmodell für die gesättigte Zone ein/38/.

Der Modellaufbau und die Kalibrierung des 3-dimensionalen instationären Grundwasserströmungs- und Stofftransportmodells sind in den ERM-Berichten vom März 2016 /35/ und April 2018 /38/Mai 2018 erläutert.

Die Verknüpfung der beiden Modelle erfolgt über eine GIS-Applikation. Aus der Lookup-Tabelle des Modells der ungesättigten Zone werden im numerischen Transportmodell der gesättigten Zone für jeden Punkt mit einer geschätzten PFOA-Gesamtmasse von mehr als 2 mg/m² in der ungesättigten Zone die Sickerwasserkonzentrationen am Übergang der ungesättigten zur gesättigten Zone (Ort der Beurteilung) wie folgt bestimmt:

1. Abgreifen der geschätzten PFOA Masse in der ungesättigten Zone aus der PFOA-Massenverteilungskarte,
2. Bestimmung der Mächtigkeit der ungesättigten Zone am jeweiligen Punkt anhand von Karten und
3. Zuweisung eines Simulationsergebnisses des Barr-Modells, welches auf diese beiden Parameter zutrifft (Lookup-Tabelle mit Sickerwasserkonzentrationen).

Es sei darauf hingewiesen, dass für Flächen mit geschätzten PFOA-Massen unterhalb von 2 mg/m² (außerhalb der untersten Massenklasse) keine Sickerwasserprognosen erstellt wurden. Dies betrifft Flächen die weit vom Chemiepark entfernt sind und nur wenig von der historischen Luftdeposition betroffen waren, z.B. nördlich vom Öttinger Forst oder nordöstliche und südöstliche Randbereiche des Daxenthaler Forstes, oder das westliche Alztal.

10.2 *PROGNOSTIZIERTE SICKERWASSERKONZENTRATIONEN*

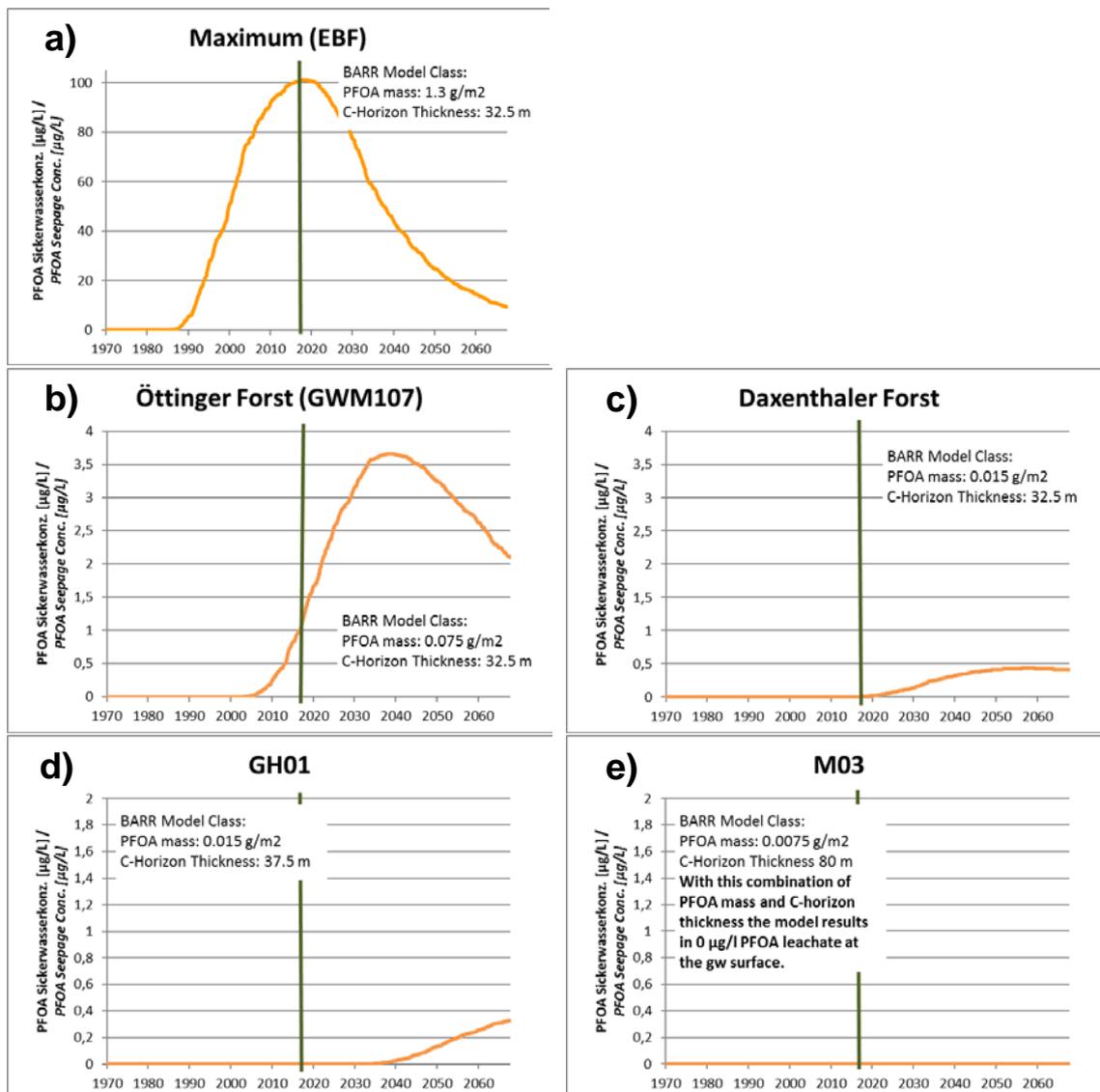
In der Abbildung 10-1 sind beispielhaft Ganglinien von punktuell prognostizierten Sickerwasserkonzentrationen gezeigt und zwar für den Bereich des Luftdepositionsmaximums, für den Öttinger Forst, den Daxenthaler Forst, für den Bereich von Kastl und für den Bereich von Burghausen.

Für Bereiche mit einer Mächtigkeit der ungesättigten Zone von 30 m zeigt die Modellierung, dass PFOA mehrere Jahrzehnte benötigt, um mit dem Sickerwasser das Grundwasser zu erreichen.

Im Bereich des Luftdepositionsmaximums unmittelbar nördlich des Chemieparks werden für den Übergang der ungesättigten zur gesättigten Zone die höchsten Sickerwasserkonzentrationen von rund 100 µg/l PFOA prognostiziert (Abbildung 10-1 a). Laut Prognose haben die Sickerwasserkonzentrationen in diesem Bereich ihr Maximum erreicht und sollten in wenigen Jahren rückläufig sein.

Im Öttinger Forst und im Daxenthaler Forst werden weiter ansteigende PFOA-Konzentrationen im Sickerwasser prognostiziert. Im Öttinger Forst werden im Sickerwasser am Übergang zur gesättigten Zone PFOA-Konzentrationen bis zu ca. 3,5 µg/l in den Jahren 2030 bis 2040 vorhergesagt (Abbildung 10-1 b). Da im Daxenthaler Forst die Luftdeposition deutlich geringer war als im Öttinger Forst, werden dort auch niedrigere Sickerwasserkonzentrationen bis maximal 0,4 µg/l prognostiziert. Das Konzentrationsmaximum im Daxenthaler Forst ist laut Prognose zwischen 2050 und 2060 zu erwarten (Abbildung 10-1 c).

In den Bereichen westlich von Kastl wurden am Übergang von der ungesättigten in die gesättigte Zone Sickerwasserkonzentrationen von 0,3 µg/l PFOA und mehr prognostiziert (Abbildung 10-1 d). Die maximalen Konzentrationen sind laut Modell erst nach 2068 (Ende des Simulationszeitraums) zu erwarten. Im Bereich südwestlich von Burgkirchen, und mit Flurabständen von 80 m und mehr, hat PFOA im Sickerwasser noch nicht das Grundwasser erreicht (Abbildung 10-1 e).



Die grüne Linie markiert das Jahr 2018.

- Bereich der Grundwassermessstelle EBF unmittelbar nördlich des Chemieparks GENDORF, Bereich des Luftdepositionsmaximums,
- Bereich der Grundwassermessstelle GWM107 im zentralen Bereich des Öttinger Forstes,
- Bereich der GwMessstelle GWM16 im Daxenthaler Forst,
- Bereich der Bodenbeprobungslokalität GH01, ca. 1 km südwestlich von Kastl,
- Bereich der Bodenbeprobungslokalität M03, ca. 1km südöstlich von Burgkirchen.

Abbildung 10-1: Prognose der Sickerwasserkonzentration am Ort der Beurteilung

Aus den punktuellen Prognosen wurden für das Untersuchungsgebiet Flächenkarten der Sickerwasserkonzentrationen am Übergang der ungesättigten zur gesättigten Zone (Ort der Beurteilung) erstellt. In Annex C-1 bis C-3 sind die Flächenkarten für die Jahre 2016, 2030 und 2060 illustriert. Auf

den Karten sind die prognostizierten PFOA-Konzentrationen mit folgender Abstufung visualisiert: $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$ bis $< 0,4 \mu\text{g/l}$, $\geq 0,4 \mu\text{g/l}$ bis $< 1 \mu\text{g/l}$, $\geq 1 \mu\text{g/l}$ bis $10 \mu\text{g/l}$, $10 \mu\text{g/l}$ bis $< 50 \mu\text{g/l}$, $\geq 50 \mu\text{g/l}$ bis $< 100 \mu\text{g/l}$, $\geq 100 \mu\text{g/l}$ bis $< 500 \mu\text{g/l}$ und $\geq 500 \mu\text{g/l}$.

Anhand der Karten in Annex C-1 bis C-3 ist deutlich zu erkennen, dass die Sickerwasserkonzentrationen in Abhängigkeit von Lokalität und Zeit variieren. Die Bereiche mit prognostizierten Sickerwasserkonzentrationen über dem vorläufigen Stufe-1- und Stufe-2-Wert dehnen sich im Westen bis 2030 lokal, bis 2060 noch weiter über den westlichen Modellrand hin aus. Für die randlichen Bereiche der Wasserversorgung Unterneukirchen, die weiter westlich und außerhalb des Modellgebietes liegt, werden innerhalb des Prognosezeitraums (2065) Sickerwasserkonzentrationen von $0,1 \mu\text{g/l}$ oder mehr vorhergesagt. Die Prognosen zeigen einen Durchbruch der PFOA-Sickerwasserkonzentrationen $> 0,1 \mu\text{g/l}$ jedoch nicht vor 2040 an. Allerdings ist im Westen die Sickerwasserprognose mit großen Unsicherheiten behaftet und basiert auch nur auf wenigen Messpunkten mit Bodenkonzentrationen. Für das Grundwasser sind hier insgesamt niedrige PFOA-Konzentrationen zu erwarten, da der Grundwasserzustrom von Westen mit unbelastetem Grundwasser erfolgt.

Auch für den Daxenthaler Forst ist die Zunahme der Sickerwasserkonzentrationen bis 2060 ersichtlich. Die räumliche Anreicherung der PFOA-Konzentrationen und Massen in der ungesättigten Bodenzone im nördlichen Nahbereich des Werksgeländes (siehe Kapitel 8.1), spiegelt sich in den hohen prognostizierten Sickerwasserkonzentrationen am Ort der Beurteilung wieder.

10.3

PROGNOSTIZIERTE GRUNDWASSERKONZENTRATIONEN

Für die Prognose der Entwicklung der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser wurden drei verschiedene Entnahmeszenarien an Trinkwasserbrunnen im Öttinger Forst berücksichtigt.

Die drei Szenarien waren mit dem Wasserwirtschaftsamt Traunstein (WWA Traunstein) abgestimmt worden und sehen einen Anstieg des Trinkwasserbedarfs bzw. der Entnahmemenge an den Brunnen um 15 % von 2016 bis 2065 vor (0,3 % pro Jahr). Die Wasserförderung an den Brauchwasserbrunnen des Chemieparks GENDORF und der Raffinerie der OMV AG in Burghausen bleiben unverändert. Für die Wacker Chemie AG in Burghausen wurde eine zusätzliche Wasserförderung von $800,000 \text{ m}^3/\text{a}$ ab 2015 berücksichtigt.

Die Simulationen berücksichtigen auch zwei Szenarien mit Ersatzbrunnen für die bestehenden Trinkwasserbrunnen: (i) Brunnen „Auffang“ als Ersatz für die

Brunnen in Neuötting, Kastl und Burgkirchen und (ii) „Ersatzbrunnen Kastl und Burgkirchen“.

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Simulationen für den Daxenthaler Forst und den Öttinger Forst zusammengefasst. Die prognostizierten PFOA-Konzentrationen im Grundwasser in Trinkwasserbrunnen und Grundwassermessstellen finden sich in Annex E-2 bis E-4. Kartendarstellungen der simulierten Grundwasserkonzentrationen für 2016, 2030 und 2060 finden sich in Annex E-5 bis E-7.

10.3.1 *Daxenthaler Forst*

Gemäß den Simulationen nehmen im Daxenthaler Forst die PFOA-Konzentration bis etwa 2020 auf Werte unter 1 µg/l ab. Die auf die historische Alzinfiltration zurückzuführende PFOA-Fahne wird bis 2025 vollständig in die Salzach abgeströmt sein. Da auch im Daxenthaler Forst aufgrund von Luftdeposition PFOA in die ungesättigte Zone eingetragen wurde, bleiben bis zum Ende des Simulationszeitraums (2065) die PFOA-Konzentrationen im Grundwasser im Daxenthaler Forst noch in Teilflächen über 0,4 µg/l. Im Bereich Haiming und östlich davon bis zur Salzach werden mit dem Modell PFOA-Konzentrationen um 0,1 µg/l bis zum Ende des Simulationszeitraums vorhergesagt.

10.3.2 *Öttinger Forst*

Die Simulationen prognostizieren für den Öttinger Forst einen weiteren Anstieg der Grundwasserkonzentrationen. Gemäß den Simulationen sollen sich die PFOA-Konzentrationen bis 2030 gegenüber den Werten von 2015 etwa verdoppeln. Erst ab 2050 sollen die Konzentrationen langsam wieder abfallen.

Im Rohwasser aller Trinkwasserbrunnen im Öttinger Forst (Kastl, Burgkirchen, Neuötting und Alzgern) wird der empfohlene Leitwert von 0,1 µg/l überschritten. Auch für das Einzugsgebiet der Trinkwasserbrunnen werden steigende PFOA-Konzentrationen prognostiziert, die laut Prognose zum Ende des Simulationszeitraums noch mehr als 0,1 µg/l betragen sollen.

- Die Trinkwasserbrunnen von Kastl liegen in einem Bereich, in dem PFOA über Luftdeposition in den Boden eingetragen wurde. Für die Brunnen von Kastl werden PFOA-Konzentrationen zwischen 0,2 und 0,4 µg/l vorhergesagt, mit einem Maximum zwischen etwa 2020 und 2030.

- Der Brunnen Burgkirchen (Öttinger Forst Br.3) liegt näher am Chemiepark und somit in einem Bereich mit höheren Luftdepositionen, jedoch noch im Seitenstrom des Depositionsmaximums. Für diesen Brunnen werden PFOA-Konzentrationen bis etwa 0,5 µg/l vorhergesagt, ebenfalls mit einem Maximum zwischen 2020 und 2030.
- Die Brunnen Neuötting liegen in größerer Entfernung vom Chemiepark und dem Depositionsmaximum. Sie befinden sich aber schon randlich einer Fahne, die aus den Bereichen im Öttinger Forst mit höherer Luftdeposition resultiert. Für die Brunnen Neuötting wird ein Anstieg der PFOA-Konzentrationen auf 0,4 bis 0,6 µg/l vorhergesagt, mit maximalen Konzentrationen zwischen 2030 und 2050.
- Für die Brunnen Alzgern, die am weitesten im Abstrom des Öttinger Forstes liegen, werden PFOA-Konzentrationen bis 1 µg/l vorhergesagt. Gemäß der Modellierung werden die höchsten Konzentrationen im Zeitraum von 2030 bis 2060 erwartet.

Gemäß den Simulationen wird die Trinkwassersituation durch die Ersatzbrunnen „Auffang“ und den „Ersatzbrunnen Kastl und Burgkirchen“ zwischen den bestehenden Brunnen Kastl und Neuötting gegenüber der aktuellen Situation nicht verbessert. Die Prognosen ergeben auch für den Bereich „Auffang“ PFOA-Konzentrationen um 0,1 µg/l. Für das Rohwasser des „Ersatzbrunnens Kastl und Burgkirchen“ werden PFOA-Konzentrationen bis 0,5 µg/l prognostiziert.

10.3.3

Westlicher Modellrand

Auch wenn für den westlichen Modellrand und weiter westlich ansteigende Sickerwasserkonzentrationen prognostiziert werden (siehe Kapitel 10.2), werden im Grundwasser hier bis zum Ende des Simulationszeitraums keine PFOA-Konzentrationen über 0,1 µg/l prognostiziert. Lediglich im Alztal reicht der Bereich mit Überschreitungen des Stufe-1-Wertes fast bis an den westlichen Modellrand heran. Dies liegt an den geringeren Flurabständen im Alztal.

Auf den Hochflächen zeigen die Prognosen einen Durchbruch der PFOA-Sickerwasserkonzentrationen >0,1 µg/l nicht vor 2040 an und der Grundwasserzstrom erfolgt von Westen mit unbelastetem Grundwasser.

11 GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG

11.1 METHODIK

Den allgemeinen Rahmen für die Untersuchung der Stoffkonzentrationen in Boden und Grundwasser bilden:

- Das BBodSchG und die dazugehörige BBodSchV sowie das WHG;
- Das Merkblatt Nr. 3.8/1 des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft (jetzt LfU) zur Bewertung von Gewässerverunreinigungen und Bodenbelastungen für den Wirkungspfad „Boden-Wasser“ vom 31. Oktober 2001;
- Die „Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden. Stand April 2017“ des LfU.

Auf die Zusammenfassung der relevanten Gesetze und behördlichen Leitfäden in Kapitel 6 wird verwiesen.

Das BBodSchG führt in § 2, Abs. 2 Bodenfunktionen auf, die auf eventuelle Beeinträchtigungen geprüft werden.

Die BBodSchV enthält insbesondere in § 3 Hinweise zur Untersuchung und Bewertung von Bodenbelastungen und Anforderungen an die Gefahrenabwehr. Grundsätzlich werden die folgenden drei Wirkungspfade betrachtet:

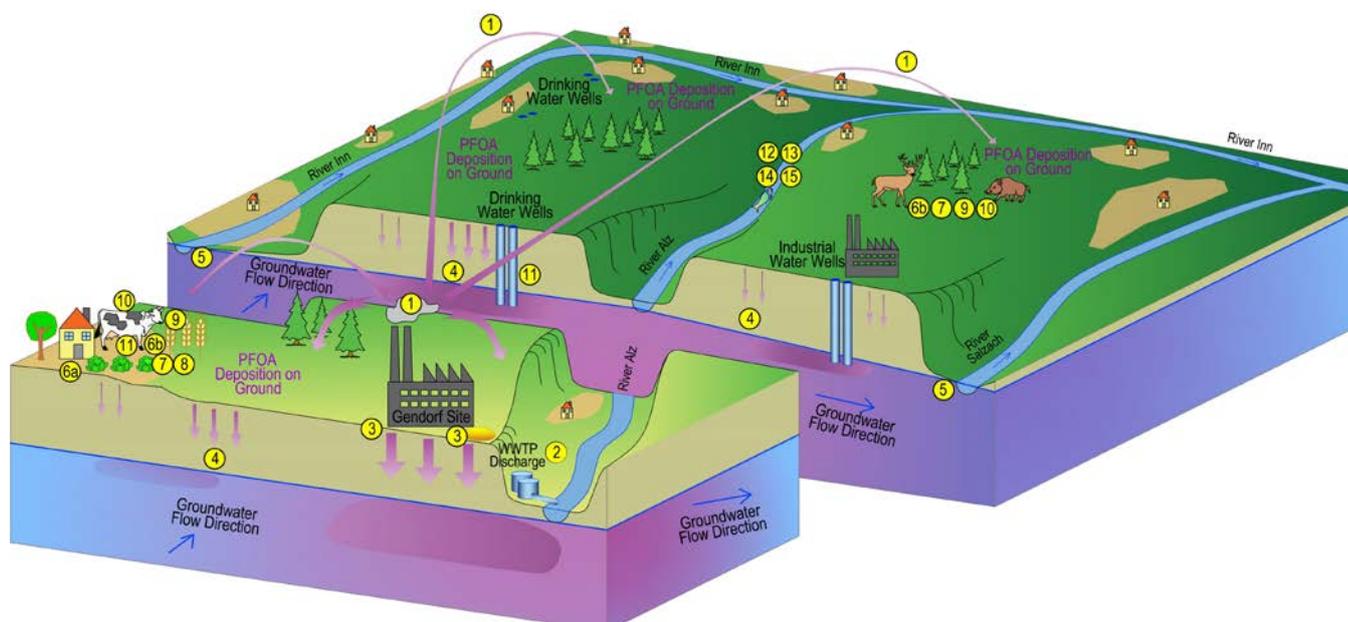
- Wirkungspfad Boden-Mensch,
- Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze und
- Wirkungspfad Boden-Grundwasser.

Die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze waren nicht Gegenstand der hier vorgestellten Detailuntersuchungen. Die vorliegende Detailuntersuchung beschränkt sich in Absprache mit den Behörden auf den Wirkungspfad Boden-Grundwasser und damit verbundene sekundäre Wirkungspfade/42/. Der Wirkungspfad Boden-Mensch war bereits früher behördlicherseits bewertet worden. Auch für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze lag bereits eine behördliche Bewertung vor. Die abschließende Bewertung des Wirkungspfads Boden-Nutzpflanze durch das LGL erfolgte nach der Erhebung von zusätzlichen Proben von Futtermitteln und Boden der zugehörigen Flächen. Die Ergebnisse der behördlicherseits bewerteten

Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze werden in diesem Bericht der Vollständigkeit halber kurz zusammengefasst.

11.2 WIRKUNGSPFADE UND SCHUTZGÜTER

Wie in Kapitel 12 gezeigt, liegt ausgehend vom Chemiapark GENDORF eine großflächige Boden- und Grundwasserbelastung vor. Im Rahmen der Gefährdungsabschätzung wurden die möglichen Wirkungspfade und Schutzgüter für eine PFOA Exposition ermittelt. Die möglichen Wirkungspfade sind in der Abbildung 11-1 skizziert und in der Tabelle 11-1 mit den zugehörigen Schutzgütern aufgelistet. Die Auswirkungen der PFOA-Belastung auf die Bodenfunktionen werden in Abschnitt 11.9 diskutiert.



Erklärung: Nr.1= Historische Luftemission und Deposition, Nr. 2 = historische Einleitung von PFOA haltigem Abwasser aus der betriebseigenen zentralen Abwasserreinigungsanlage in die Alz, Nr. 3 = Austrag von PFOA aus lokalen Quellen auf dem Werksgelände ins Grundwasser ; Erklärung für Nr. 4-15 siehe Tabelle 11-1.

Abbildung 11-1: Skizzierung möglicher Wirkungspfade.

Tabelle 11-1: Potentielle Wirkungspfade und Schutzgüter für das Untersuchungsgebiet.

Nr. in Abb. 12-1	Primärer Wirkungspfad	Nachgeordnete Wirkungspfade
6a	Boden-Mensch	
6b	Boden-Wildtier/ Nutztier	Wildtier/ Nutztier-Mensch
7	Boden-(Nutz-)Pflanze	
8		Nutzpflanze-Mensch
9		Nutzpflanze-Nutztier (Pflanze-Wildtier)
10		Nutztier/Wildtier- Mensch
4	Boden-Grundwasser	
11		Grundwasser-Mensch (Grund)wasser-Nutztier/ Wildtier
9		Nutztier/Wildtier- Mensch
5		Grundwasser- Oberflächengewässer
12		Oberflächengewässer- Mensch Oberflächengewässer- Wildtier
13		Oberflächengewässer- Aquatische Organismen
14		Fisch-Mensch
15		Fisch-Vögel/ Säugetiere

Wirkungspfade mit Mensch als finales Schutzgut sind farbig hervorgehoben.

11.3 *WIRKUNGSPFAD BODEN-MENSCH*

Das LfU und das LGL haben 2009 die PFOA-Belastung im Raum Gendorf für den Wirkungspfad Boden-Mensch, basierend auf dem ursprünglich vom Niedersächsischen Landesgesundheitsamt abgeleiteten Prüfwert für Kinderspielflächen von 30 mg/kg TS als nicht relevant eingestuft (/53/). Laut LGL ist eine Überprüfung dieses Wertes zu erwarten (/58/). Das LGL geht davon aus, dass der TDI-Wert für PFOA, dem der Prüfwert zugrunde liegt, durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) herabgesetzt werden könnte (/57/).

11.4 *WIRKUNGSPFAD BODEN-WILDTIERE/ NUTZTIER-MENSCH*

Die Aufnahme von Boden durch Tiere erfolgt meist während des Grasens, entweder unbeabsichtigt durch Bodenanhafungen an Pflanzenteilen oder beabsichtigt, um lebenswichtige Spurenelemente und Mineralstoffe zuzuführen /15/. Gras oder Blätter haben in der Regel kaum Bodenanhafungen. Eine Aufnahme erfolgt eher über Anhafungen an Wurzelteilen, die beim Grasens auf niedrigem Bewuchs mit ausgerissen werden können.

Einige Vogelarten und Geflügel fressen bewusst Steinchen/Boden, um das Zermahlen von Futter im Muskelmagen zu unterstützen.

Einen speziellen Fall stellen Wildschweine dar. Für sie sind Maden und Larven im Boden eine wichtige Proteinquelle /80/. Sie nehmen beim Wühlen nach Nahrung Boden mit auf.

Im Raum Gendorf wurde PFOA bisweilen in Lebensmitteln tierischen Ursprungs (Fleisch, Innereien, Eier, Fisch), nicht jedoch in Milch nachgewiesen (siehe Annex F). Die in den Tierprodukten ermittelten PFOA-Konzentrationen sind grundsätzlich niedrig, geben aber dennoch einen Hinweis auf den Transfer von PFOA über die Aufnahme von Pflanzen oder Wasser. Ausnahme stellen Proben von Wildschweinen dar (Leber, Niere, Fleisch), die z.T. auch erhöhte Konzentrationen aufwiesen.

Von den im Zeitraum zwischen 2007 und 2017 vom LGL auf PFOA analysierten Lebensmitteln tierischen Ursprungs (Annex F) wurden lediglich einige Wildschweinproben als nicht sicher eingestuft /47/.

Es lässt sich zusammenfassen, dass es im Raum Gendorf Hinweise für die Aufnahme von PFOA über den Wirkungspfad Boden-Wildtier/Nutztier gibt. Dieser Wirkungspfad ist jedoch nur für tierische Erzeugnisse von Wildschweinen relevant. Aus diesem Grund hat der Landkreis bereits eine Empfehlung an Jäger erteilt, Innereien von Wildschweinen nicht zu verzehren, nicht zu veräußern und unschädlich zu beseitigen.

11.5

WIRKUNGSPFAD BODEN-NUTZPFLANZE-(NUTZTIER)-MENSCH

Der Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze war in 2009 (zitiert in/51/) und 2010 /50/ von der LfL bewertet worden, die damit verbundenen Wirkungspfade Nutzpflanze-Mensch, Nutzpflanze-Nutztier und Nutztier-Mensch in 2012 vom LGL/56/. Nachfolgend wird eine kurze Übersicht zu den bisherigen Untersuchungen und Bewertungen gegeben, obwohl dieser Wirkungspfad nicht Thema der vorliegenden Detailuntersuchung ist.

Insgesamt wurden im Zeitraum 2007 bis 2017 vom LGL 106 Proben von Gemüse und Nutzpflanzen aus dem Raum Gendorf bzw. Landkreis Altötting auf PFOA analysiert.

Die Ergebnisse der 52 Gemüseproben sind in Annex F einzeln aufgelistet und in der nachfolgenden Tabelle 11-2 zusammengefasst. Generell zeigt sich in den Gemüseproben auch eine abnehmende Tendenz der PFOA-Konzentrationen. In den Proben von 2017 waren meist keine PFOA nachweisbar.

Daher wurden alle bisher untersuchten Gemüsepflanzen im Raum Gendorf und Altötting vom LGL als sicher eingestuft (Annex F/47/) ⁵. Da in den Gemüseproben die bisher ermittelten PFOA-Gehalte selten über der Bestimmungsgrenze waren, geht das LGL davon aus, dass die gemessenen Gehalte auch zukünftig, etwa falls die EFSA ihre Beurteilungswerte absenken sollte, keine Relevanz erlangen (/58/). Das Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten schließt sich der Beurteilung an, dass von keiner gesundheitlichen Gefährdung über angebaute gärtnerische Kulturen bzgl. des Wirkungspfades Boden-Nutzpflanze für gärtnerische Kulturen und Haus-/Nutzgärten auszugehen ist /82/.

⁵Siehe auch Webseite LGL (Stand Juni 2018)
https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/warengruppen/wc_25_frischgemuese/ue_2008_gemuese_pft.htm

Tabelle 11-2: Gemessene PFOA-Konzentrationen in Gemüse im Zeitraum 2007-2017.

Gemüsesorte	PFOA-Konzentration [µg/kg]	Probenanzahl gesamt	Beprobungsjahr (Anzahl Proben)
Kartoffeln	< nn	11	2007 (7)
	< 0,4		2008 (4)
Salat	1 x 0,5	13	2007 (1)
	4 x 0,12		2009 (3)
	8 x < nn		2012 (2)
			2013 (2)
			2017 (5)
Zucchini	<0,01	6	2007 (1) 2017 (5)
Karotten	1 x 0,5	6	2007 (2)
	5 x < nn		2008 (2)
			2011 (2)
Beerenobst (Heidelbeeren)	< nn	1	2010
Waldheidelbeeren	0,11	Jeweils 1 Probe	2012
Erdbeeren	< nn		2013
Gurken	< nn	Jeweils 1 Probe	2011
Tomaten			2013
Zwiebeln			2013
Pilze	1 x 1,74	10	2010 (2)
	9 x < nn		2011 (3)
			2012 (4)
			2013 (1)

<nn kleiner Bestimmungsgrenze

An Nutzpflanzen wurden zwischen 2007 und 2011 insgesamt 57 Proben von Gras, Mais, Mais-Silage und Getreide analysiert:

- In 26 von 35 Grasproben war PFOA nicht nachweisbar (<0,7 µg/kg TS). In den übrigen 9 Proben lagen die PFOA-Konzentrationen zwischen 0,8 µg/kg TS (Trockensubstanz) und 7,5 µg/kg TS.
- In den 5 Getreideproben war PFOA nicht nachweisbar.
- In 2 von 7 Mais-Silage-Proben waren PFOA nicht nachweisbar. In den 5 positiven Proben lagen die PFOA-Konzentrationen zwischen 0,7 bis 7,7 µg PFOA/kg OS (Originalsubstanz).
- In den 10 Maisproben war PFOA nicht nachweisbar.

Basierend auf den Gras- und Maisproben aus 2011 beurteilte das LGL /56/, dass die im Raum Gendorf in den Futtermitteln nachgewiesenen PFOA-Konzentrationen keine Gesundheitsgefährdung für die betrachteten Nutztierarten darstellen⁶.

Auch der nachgeordnete Wirkungspfad Nutztier-Mensch wurde als geringfügig eingestuft und es besteht hieraus keine Gesundheitsgefährdung für den Menschen.

In den Schreiben vom 8. Dezember 2017/57/ und vom 12. Juni 2018 /58/ an das Landratsamt kündigte das LGL eine Überarbeitung der Gefährdungsabschätzung für tierische und pflanzliche Lebensmittel an, falls EFSA die akzeptable tägliche Aufnahmemenge von PFOA neu bewerten sollte.

Es lässt sich zusammenfassen, dass die PFOA-Konzentrationen im Boden keine Gefährdung für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze-Mensch oder Boden-Nutzpflanze-Nutztier-Mensch darstellen.

11.6

WIRKUNGSPFAD BODEN-GRUNDWASSER

Wie zuvor beschrieben, hat die historische Luftemission und -deposition zu einer flächigen Bodenbelastung mit PFOA geführt, die langfristig über das Sickerwasser ins Grundwasser eingetragen wird. Zusätzlich tragen lokale Quellen im Bereich des Chemieparcs zu der Grundwasserbelastung bei, die sich nordöstlich des Chemieparcs in Richtung Emmerting erstreckt.

Wie bereits in den Kapiteln 8.2 und 12 erläutert, erstrecken sich im Öttinger Forst und auch noch im Daxenthaler Forst weite Bereiche über dem Stufe-2-Wert von 0,4 µg/l. Bereiche mit PFOA-Konzentrationen im Grundwasser von mehr als 0,1 µg/l, also über dem Leitwert bzw. Stufe-1-Wert, dehnen sich noch weiter aus, etwa über folgende Bereiche (siehe auch Annex D-1):

- Westlich des Chemieparcs bis etwa zu einer Linie von Gendorf nach Kastl und weiter Richtung Unterschlottham.
- Nordwestlich des Chemieparcs in den Öttinger Forst bis etwa zu einer Linie zwischen dem Werksgelände und dem Trinkwasserbrunnen Neuötting I.

⁶ Siehe auch Web Seite LGL (Stand April 2018)

https://www.lgl.bayern.de/tiergesundheit/futtermittel/futtermittelsicherheit/perfluorierte_tenside/index.htm

- Nach Norden etwa bis zur Autobahn A94.
- Im Daxenthaler Forst im Norden etwa bis zu einer Linie südlich von Daxenthal nach Ober-/Unterviehhausen, und im Süden etwa bis zu einer Linie zwischen Mehring-Öd und dem Industriegebiet Burghausen.

Basierend auf den Modellierungen (siehe Kapitel 10 und Annex E) werden im Öttinger Forst, in dem Grundwasser für die Trinkwasserversorgung gefördert wird, die PFOA-Konzentrationen im Sickerwasser und somit auch Grundwasser weiter ansteigen. Gemäß den Modellierungen werden sich die Grundwasserkonzentrationen gegenüber den aktuellen Konzentrationen etwa verdoppeln. Die maximalen Konzentrationen im Grundwasser hängen davon ab, wann im Sickerwasser die maximalen Konzentrationen am Ort der Beurteilung erreicht werden. Dies ist wiederum abhängig davon, wieviel PFOA-Masse über die Luftdeposition in den Boden eingebracht worden war, und von der Mächtigkeit der ungesättigten Zone.

Wie die Modellierung zeigt, nehmen die PFOA-Konzentrationen im Grundwasser nach dem Durchgang des Konzentrationsmaximums langsam wieder ab. Bis zum Ende des Modellierzeitraums werden aber gemäß Modell die Grundwasserkonzentrationen im Öttinger Forst noch oberhalb von 0,1 µg/l liegen.

Für den Daxenthaler Forst zeigen die Modellierungen, dass die auf die Alzinfiltration zurückgehende PFOA-Fahne etwa im Zeitraum 2020 bis 2025 in die Salzach abgeströmt ist. Gleichzeitig wird aber der Sickerwassereintrag von luftdepositionsbürtigem PFOA aus dem Boden in das Grundwasser ansteigen. Gemäß den Modellergebnissen werden auch im Daxenthaler Forst die Grundwasserkonzentrationen bis zum Ende des Modellierzeitraums noch über 0,1 µg/l liegen.

Neben dem Sickerwasseraustrag von PFOA in das Grundwasser aus autochthonem Boden oder lokalen Quellen birgt auch die Umlagerung von PFOA-haltigem Boden in Bereiche mit weniger oder ohne PFOA-Belastung das Risiko einer Querkontamination von Boden und Grundwasser unterhalb der Umlagerungsfläche.

Es kann zusammengefasst werden, dass die PFOA-Konzentration und Masse im Boden, die auf die historische Luftemission und -deposition zurückgeht, eine flächenhafte Quelle für PFOA-Konzentrationen über dem Stufe-1- und Stufe-2-Wert darstellt. Darüber hinaus erstrecken sich PFOA Fahnen aus dem Bereich von lokalen Quellen auf dem Chemiepark GENDORF mit Konzentrationen über dem Stufe-2-Wert in Richtung Emmerting.

11.7 WIRKUNGSPFAD GRUNDWASSER-MENSCH

Im Untersuchungsgebiet wird Grundwasser an öffentlichen Trinkwasserbrunnen, an Brauchwasserbrunnen im Bereich des Chemieparks und des Industriegebiets Burghausen sowie an Privatbrunnen gefördert.

Das aus den Industriebrunnen geförderte Wasser wird nach Gebrauch in die Alz oder den Alzkanal eingeleitet. Daraus ergibt sich kein Wirkungspfad Grundwasser-Mensch.

Das aus Privatbrunnen geförderte Grundwasser wird als Trinkwasser, für die Bewässerung von Gärten, Sport- und Golfplätzen, für die Speisung von Fischteichen sowie gewerblich (z.B. Kieswäsche oder Betrieb einer Kugelmühle) genutzt. Private Brunnen werden ggfs. auch für Grundwasserwärmepumpen genutzt. In Annex G-1 findet sich eine vom Landratsamt (Sachgebiet 21 - Wasserrecht) zur Verfügung gestellte Liste der wasserrechtlich gestatteten Benutzungen (nicht Trinkwasser) von Grund- und Oberflächenwasser im Untersuchungsgebiet. In Annex G-2 sind die für Trinkwasser genutzten Privatbrunnen nach Information des Landratsamtes (Sachgebiet 64 - Gesundheits- und Veterinärwesen) aufgelistet.

Einer Nutzung des Grundwassers, z.B. zur Kieswäsche, als Brauchwasser, oder für Grundwasserwärmepumpen wird durch die PFOA-Konzentrationen im Grundwasser nicht beeinträchtigt.

Das Grundwasser kann grundsätzlich für die Bewässerung von Gärten, Grün- und Sportanlagen genutzt werden. Nach vorliegenden Kenntnissen stellt die Bewässerung keine Gefährdung für den Verzehr von Gemüsepflanzen dar. In 2017 wurden vom Gesundheitsamt Altötting Zucchini und Salat bewusst aus Kleingärten in Emmerting, Schützing, Haiming und Altötting beprobt, die mit Grundwasser aus privaten Gartenbrunnen bewässert wurden. In keiner Probe war PFOA nachzuweisen (siehe auch Annex F-1 und F-2).

Wie die vom Gesundheitsamt in 2017 entnommene Proben aus Fischteichen in Gendorf, Burgkirchen und Haiming zeigten, stellt die Speisung der Fischteiche mit Grundwasser keine Gefährdung dar. Von den fünf Fischproben aus 2017 war lediglich in einer Probe PFOA mit 1,3 µg/kg nachzuweisen (siehe auch Annex F-1 und F-2).

Die für den Wirkungspfad Grundwasser-Mensch wesentliche Aufnahme (Ingestion) von PFOA erfolgt über das Trinkwasser. Alle anderen Grundwassernutzungen werden für diesen Wirkungspfad als allenfalls wenig relevant bewertet.

Im Untersuchungsgebiet wird Grundwasser für die Trinkwasserversorgung an insgesamt 7 öffentlichen und an 10 Privatbrunnen gefördert. Zwei weitere Privatbrunnen sind zwischenzeitlich außer Betrieb genommen worden. Die Lage der privaten Trinkwasserbrunnen geht aus Annex G-3 hervor.

Die PFOA-Konzentrationen im Wasser der öffentlichen Trinkwasserbrunnen werden in Kapitel 8.2 erläutert. An allen öffentlichen Trinkwasserbrunnen im Öttinger Forst wird im Rohwasser der Leitwert von 0,1 µg/l überschritten. Die höchsten Konzentrationen von 0,5-0,6 µg/l werden in den Brunnen von Alzern gemessen. Das Wasser aus diesen Brunnen wird mittels Aktivkohle gereinigt. Die Reinigungsanlage wurde bereits 2009 installiert, da in diesen Brunnen bereits der ursprüngliche Leitwert von 0,3 µg/l überschritten war. Durch die Aktivkohlebehandlung werden die PFOA-Konzentrationen deutlich unter den Leitwert reduziert.

Aufgrund der ansteigenden Grundwasserkonzentrationen und der Herabsetzung des Leitwertes von 0,3 µg/l auf 0,1 µg/l in 2017 werden auch an den anderen Trinkwasserbrunnen Wasseraufbereitungsanlagen installiert. Bis auf den Brunnen Kastl 2 wurden zunächst alle Brunnen in 2017 vom Netz genommen, bis sie mit Wasseraufbereitungsanlagen ausgerüstet sind. Der Brunnen Kastl 2 wird weiterbetrieben, da keine Alternative für die Trinkwasserversorgung verfügbar ist. Für den Brunnen Kastl 2 ist eine Aktivkohle-Filteranlage für den vorübergehenden Betrieb eingerichtet (/81/). Die Planungen für die Installation einer dauerhaften Wasseraufbereitungsanlage für die Brunnen Kastl und Burgkirchen sind mittlerweile weitgehend abgeschlossen.

Den Einwohnern in den betroffenen Wasserversorgungsbereichen wurden vom Gesundheitsamt Altötting in Zusammenarbeit mit dem LGL Blutuntersuchungen auf PFOA und weitere PFCs im Rahmen eines Human-Biomonitorings angeboten /48/. In seinem Abschlussbericht zu diesem Human-Biomonitoring vom Juli 2018 /59/ geht das LGL zusammenfassend davon aus, dass, obwohl im Untersuchungsgebiet des Landkreises Altötting eine zum Teil deutliche Überschreitung des Vorsorgewertes (HBM-I-Wert) für PFOA im Blut gemessen werden konnte, auf Grund der derzeitigen Belastung keine konkrete gesundheitliche Gefährdung besteht. Das Ergebnis der HBM-Untersuchung zeigt aus der Sicht der Behörde ferner, dass die bereits ergriffenen Maßnahmen wirksam sind und zu einer Absenkung des PFOA-Wertes im Blut geführt haben.

Tabelle 11-3: Vorliegende Messwerte zu PFOA-Konzentrationen in privaten Trinkwasserbrunnen.

Nr	Gemeinde	PFOA-Konzentration [$\mu\text{g/l}$]			
		28.9.2016	28./29.11.2016	03.07.2017	2018
TW 84	Altötting				
TW 86	Burghausen				
TW 88	Burghausen				
TW 93*	Burgkirchen		0,005		
TW 98*	Burgkirchen				
TW 94	Burgkirchen				
TW 96	Burgkirchen	0,202	0,182	0,23	
TW 334	Mehring				0,13
TW 342	Mehring		0,082	< 0,1	
TW 343	Neuötting				
TW 346	Neuötting	< 0,1	< 0,1		
TW 349	Neuötting				

Laut nachrichtlicher Mitteilung des Landratsamtes vom 23. Oktober 2018 werden die privaten Brunnen TW93 und TW98 nicht mehr genutzt.

In der Tabelle 11-3 sind die privaten Trinkwasserbrunnen und vorliegende Ergebnisse von PFOA-Analysen aufgelistet. Mit Ausnahme der Brunnen TW 96 und TW 334 liegen die PFOA-Konzentrationen in den bisher beprobten Brunnen unterhalb des Leitwertes von $0,1 \mu\text{g/l}$. Am Brunnen TW 96 wurden PFOA-Konzentrationen um $0,2 \mu\text{g/l}$ gemessen, am Brunnen TW 334 lag die Konzentration bei $0,13 \mu\text{g/l}$.

Es kann zusammengefasst werden, dass aus Vorsorgegründen und aufgrund der Überschreitung des Leitwertes im Rohwasser von Trinkwasserbrunnen auf die Exposition der Bevölkerung mit PFOA infolge der Ingestion von Trinkwasser mit geeigneten Maßnahmen zu reagieren ist. Die bereits eingerichtete oder in der Umsetzung befindliche Trinkwasseraufbereitung mittels Aktivkohle ist geeignet, die PFOA-Konzentrationen im Trinkwasser dauerhaft weit unter den Leitwert zu senken (näher Kapitel 13.2).

11.8

WIRKUNGSPFAD GRUNDWASSER-OBERFLÄCHENGEWÄSSER

Die Vorflut für das Grundwasser im Untersuchungsgebiet bilden Flüsse und Bäche, wie die Alz, der Inn und die Salzach mit ihren Nebenbächen.

Die PFOA-Konzentrationen im Oberflächenwasser der Alz sind mittlerweile gering. Als PFOA noch im Chemiepark GENDORF eingesetzt wurde, waren die PFOA-Konzentrationen in der Alz höher. Abschätzungen mit dem numerischen Modell ergaben/38/, dass die PFOA-Konzentrationen bis 30 µg/l betragen haben mussten. Nach der Einstellung der PFOA-Nutzung im Chemiepark sind die PFOA-Konzentrationen in der Alz zurückgegangen. In 2017 waren am Pegel Burgkirchen PFOA-Konzentrationen unter der Bestimmungsgrenze von 0,005 µg/l und am Pegel Oberpiesing von 0,195 µg/l gemessen worden.

Im Daxenthaler Forst wurde in der Quelle des Haiminger Mühlbachs in 2018 eine PFOA-Konzentration von 0,66 µg/l gemessen. In 2011 waren es noch 3,06 µg/l. Diese Konzentrationen stehen im Zusammenhang mit der PFOA-Fahne, die auf die historische Alzinfiltration zurückzuführen ist. Mit dem Abstrom der PFOA-Fahne in Richtung Salzach werden die PFOA-Konzentrationen in den Quellen im Daxenthaler Forst mit der Zeit weiter abnehmen.

Im Nordosten des Öttinger Forstes am Abfall zum Alztal wird der Brunnbach von belastetem Grundwasser gespeist und weist PFOA-Konzentrationen um 1 µg/l auf. Am Nordrand des Öttinger Forstes wurden im Mittlinger Bach PFOA-Konzentrationen von 0,29 µg/l (2009) und 0,478 µg/l (2011) gemessen. Der Mittlinger Bach wird von Grundwasser aus dem Öttinger Forst gespeist, das östlich der Brunnen Alzgern in Richtung Inntal abströmt.

An der Kastler Gieß wurden in 2011 PFOA-Konzentrationen von 0,272 µg/l und 0,260 µg/l gemessen. Die Kastler Gieß wird von Quellwasser genährt, das aus den Hochterrassenschottern austritt.

Wie in Kapitel 6 erläutert wird für die Bewertung der Oberflächengewässer ein Wert von 30 µg/l PFOA herangezogen. Bis zu dieser Konzentration im Oberflächengewässer sind nach derzeitigem Kenntnisstand keine nachteiligen Effekte auf den Menschen als empfindlichstes Schutzgut durch Verzehr von Fischen aus PFOA-belasteten Gewässern zu erwarten.

Laut Modellierung waren in der Alz in der Vergangenheit aufgrund der Abwassereinleitung aus der ZARA Werte von 30 µg/l für PFOA erreicht worden. Die aktuellen Messwerte und die Modellprognosen der zukünftigen Entwicklung zeigen aber, dass diese Konzentration weder in der Alz noch in

anderen vom Grundwasser gespeisten Oberflächengewässern auch nur annähernd erreicht werden.

Als nachgeordnet ist der Wirkungspfad Fisch-Mensch zu sehen, der vom LGL bewertet wurde. Zwischen 2006 und 2017 wurden mehr als 70 Proben unterschiedlicher Fischarten analysiert. Die Ergebnisse der Fischanalysen sind in Annex F-1 und F-2 aufgelistet.

Basierend auf den Analysen von Fischen aus der Alz bewertete das LGL in 2008, dass aus der Alz gefangene Fische aufgrund ihrer Gehalte an PFOA beim Verzehr nicht gesundheitsschädlich sind⁷. Auch die danach durch das LGL untersuchten Stichproben ergaben keinen Grund für eine gesundheitliche Besorgnis durch Fischverzehr. Wie bereits im vorangegangenen Kapitel 11.7 erwähnt, erfolgten die letzten Untersuchungen in 2017. Es wurden dabei gezielt Proben aus Fischteichen in Gendorf, Burgkirchen und Haiming untersucht, die auch von Grundwasser gespeist werden. Von den fünf Fischproben aus 2017 war lediglich in einer Probe PFOA mit 1,3 µg/kg nachzuweisen. Für den Fischverzehr kommt laut LGL /58/ gegebenenfalls eine Neubewertung in Betracht, sollte die EFSA den TDI-Wert herabsetzen.

Da der Verzehr von Fisch durch den Menschen als nicht gesundheitsschädlich bewertet wurde, kann davon ausgegangen werden, dass der Verzehr von Fischen auch keine Gefährdung für fischfressende Vögel oder Säugetiere darstellt.

Die Nutzung von Oberflächenwasser als Brauchwasser (Betrieb Kugelmühle) oder für die Fischzucht stellt keine Gefährdung dar. Wie in Abschnitt 12.5 diskutiert, ist der Transfer von PFOA aus dem Boden in die Pflanze aufgrund seiner Kettenlänge gering. Daher kann Oberflächengewässer hinsichtlich dieses Wirkungspfades auch für die Bewässerung von Gärten oder Sportanlagen genutzt werden.

⁷ Siehe auch Internetseite LGL (Stand März 2018)

https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/chemie/kontaminanten/pfas/pft_fische_toxikologische_bewertung.htm

Es kann zusammengefasst werden, dass der Wirkungspfad Grundwasser-Oberflächengewässer keine Gefährdung für das aquatische Ökosystem, oder für die menschliche Gesundheit durch Konsum von Fischen aus dem Untersuchungsgebiet darstellt.

Oberflächenwasser kann als Brauchwasser, für die Fischzucht und für die Bewässerung genutzt werden.

11.9

AUSWIRKUNGEN AUF DIE BODENFUNKTIONEN

Das BBodSchG definiert drei Grundfunktionen des Bodens: die natürlichen Funktionen, die Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte und die Nutzungsfunktionen. Das Ziel des BBodSchG ist es, diese Funktionen nachhaltig zu sichern. Bei Einwirkungen auf den Boden sollen Beeinträchtigungen insbesondere seiner natürlichen Funktionen sowie seiner Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte so weit wie möglich vermieden werden.

Die Bodenfunktionen werden im BBodSchG weiter differenziert:

1. Natürliche Funktionen als

- Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen, Bodenorganismen,
- Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen und
- Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers,

2. Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte, sowie

3. Nutzungsfunktionen als

- Rohstofflagerstätte,
- Fläche für Siedlung und Erholung,
- Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung und
- Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung.

Die Auswirkungen der Bodenbelastung mit PFOA auf die Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 BBodSchG sind in der Tabelle 11-4 aufgeführt. In der Tabelle

werden auch Auswirkungen mit abgehandelt, die nur indirekt mit den Bodenfunktionen im Sinne des BBodSchG verbunden sind.

Tabelle 11-4: Auswirkung der PFOA-Bodenbelastung auf die Bodenfunktionen /71//55/.

Bodenfunktion	Beschreibung	Bewertung
1. Natürliche Funktionen		
Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen	Zusammen mit Wasser, Luft, Nährstoffen und Sonnenlicht bildet der Boden in allen terrestrischen Ökosystemen die Lebensgrundlage für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen. Als Lebensraum bzw. Standort von Pflanzen ist der Boden ein wichtiger Bestandteil aller Biozöosen. Die Bodenorganismen sind primär auf den Boden als Lebensraum angewiesen und stellen an ihn bestimmte Anforderungen (Porensystem, Wassergehalt).	Im Allgemeinen keine Beeinträchtigung. Der Lebensraum ist nicht beeinträchtigt. Der Transfer aus dem Boden in die Pflanze ist gering. Keine Auswirkungen auf Bodenflora oder -fauna bekannt.
Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen	Als Speichermedium übernimmt der Boden im Wasserkreislauf eine äußerst wichtige Funktion. Aber auch bei der Bereitstellung von Nährstoffen für das Pflanzenwachstum ist der Boden unverzichtbar. Schutzziel ist es daher, <ul style="list-style-type: none"> • das Retentionsvermögen des Bodens bei Niederschlagsereignissen, • seine Funktion im Kohlenstoff- oder Stickstoffkreislauf und • seine Funktion als Medium für die Bereitstellung von Nährstoffen für das Pflanzenwachstum zu erhalten. 	Keine Beeinträchtigung. Die Schutzziele des Bodens in seiner Funktion für den Wasser- und Nährstoffkreislauf sind durch die PFOA-Belastung nicht beeinträchtigt.
Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers	Böden können aufgrund ihrer Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften bestimmte Schadstoffe unschädlich machen oder aus dem Stoffkreislauf entfernen. Beispielhaft sei das Filter- und Puffervermögen des Bodens für Düngemittel, Schwermetalle und organische Stoffe oder die Pufferung von saurem Regen genannt. Der Boden übernimmt dabei eine Senken- oder eine Transformatorfunktion im Ökosystem. Laut LfU /55/ gibt es allerdings derzeit noch keine geeignete Methode, um die Filter-, Puffer- und Transformatorfunktion des Bodens für wichtige organischen Schadstoffe abschätzen zu können.	Bezüglich PFOA sind die Filter-, Puffer- oder Stoffumwandlungseigenschaften des Bodens nicht (mehr) gegeben. Dies zeigt sich in der großflächigen Grundwasserbelastung mit PFOA. Es sind keine wissenschaftlichen Untersuchungen bekannt, nach denen eine Bodenbelastung mit PFOA die Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften des Bodens für andere Schadstoffe oder stoffliche Einwirkungen beeinträchtigt werden.

Bodenfunktion	Beschreibung	Bewertung
	Hinsichtlich PFOA zeigt sich in der großflächigen Grundwasserbelastung, dass die Filter- und Puffereigenschaft des Bodens nicht ausreicht, um einen Eintrag zu verhindern. Eine spezielle Stoffumwandlungsfunktion der Böden für PFOA ist nicht gegeben. Es sind keine Prozesse des biotischen oder abiotischen Abbaus von PFOA unter natürlichen Umweltbedingungen bekannt.	Die Auswirkungen der Grundwasserbelastung mit PFOA auf andere Umweltkompartimente oder Nutzungen werden nachfolgend behandelt.
	Auswirkungen der Grundwasserbelastung auf grundwassergespeiste Quellen und Bäche: Über den Wirkungspfad Boden-Grundwasser-Oberflächengewässer (siehe Abschnitt 11.8) wird PFOA-haltiges Grundwasser Quellen und Bächen zugeführt, z.B. Quelle Haiminger Bach, Brunnbach, Mittlinger Bach. Die resultierende PFOA-Konzentration in den Quellen und Bächen ist abhängig von der PFOA-Konzentration des Grundwassers und dem grundwasserbürtigen Anteil an der Gesamtschüttung.	Vorliegende Messwerte und die Modellprognose zeigen, dass der verwendete Schwellenwert für PFOA von 30 µg/l in den Quellen und Bächen bei weitem nicht erreicht wird. Nachteilige Effekte auf Gewässerorganismen oder den Menschen aufgrund von Fischverzehr aus der Region werden nicht erwartet.
	Auswirkungen auf die größeren Flüsse Alz, Inn, Salzach: Über den Wirkungspfad Boden-Grundwasser-Oberflächengewässer (siehe Zeile zuvor) gelangt PFOA in Oberflächengewässer. Bezogen auf die Gesamtschüttung ist in den größeren Flüssen der Anteil an PFOA-belastetem Grundwasser und PFOA-haltigem Oberflächenwasser aus den Zuflüssen sehr klein. Die resultierenden PFOA-Konzentrationen in den größeren Flüssen liegt somit höchstens im Spurenbereich.	Keine Beeinträchtigung. Der verwendete Schwellenwert für PFOA von 30 µg/l wird nicht erreicht. Nachteilige Effekte auf Gewässerorganismen oder den Menschen aufgrund von Fischverzehr aus der Region werden nicht erwartet.
	Auswirkungen der Grundwasserbelastung auf private und öffentliche Trinkwasserversorgungen: An allen öffentlichen Trinkwasserbrunnen im Öttinger Forst und an zwei von 12 Privatbrunnen wird im Rohwasser der Leitwert von 0,1 µg/l überschritten.	Soweit nicht bereits erfolgt, muss die Exposition der Bevölkerung mit PFOA durch die Ingestion von Trinkwasser adressiert werden.
	Auswirkungen der Grundwasserbelastung auf wasserrechtlich genehmigte Grundwassernutzungen, z. B. Bewässerung, Speisung von Fischteichen, Kieswäsche und Brauchwassernutzungen der Industrie, Grundwasserwärmepumpen, und genehmigungsfreie Nutzungen von Grund- und Oberflächengewässern, z. B. zum Gartengießen.	Keine Einschränkung hinsichtlich Nutzung des Grundwassers zur Kieswäsche, Speisung von Fischteichen, als Brauchwasser oder für Wärmepumpen.

Bodenfunktion	Beschreibung	Bewertung
	<p>Eine Nutzung des Grundwassers zur Kieswäsche, als Brauchwasser, oder für Grundwasserwärmepumpen wird durch die PFOA-Konzentrationen im Grundwasser nicht beeinträchtigt.</p> <p>Das Grundwasser kann für die Speisung von Fischteichen genutzt werden. Lediglich in 1 von 5 Fischproben aus grundwassergespeisten Teichen waren Spuren von PFOA nachgewiesen worden. Die Konzentration war unbedenklich.</p> <p>Basierend auf den vorliegenden Messwerten kann das Grund- und Oberflächenwasser auch für die Bewässerung genutzt werden. In Zucchini und Salat aus Kleingärten, die mit Grundwasser bewässert wurden, waren PFOA nicht nachweisbar.</p> <p>Obwohl sich die Bewässerung nicht auf den Wirkungspfad Boden-Pflanze auswirkt, kann es aber bei der Bewässerung mit PFOA-haltigem Grundwasser je nach Lage und Zeit zu einer Zu- oder Abnahme der Bodenkonzentration kommen.</p>	<p>Hinsichtlich des Wirkungspfades Boden-Pflanze ist nicht von einer Einschränkung aufgrund der Nutzung von Grundwasser oder Oberflächenwasser für die Bewässerung auszugehen.</p> <p>Da die Bewässerungsflächen in ihrer Erstreckung beschränkt sind, tragen sie nicht in relevantem Maße zu der großflächigen und auf die Luftemission zurückzuführenden Grundwasserbelastung bei.</p> <p>Für das Bodenmanagement sind großflächige Bewässerungsflächen (z.B. Golfplätze) individuell zu beurteilen.</p>
<p>2. Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte</p>	<p>Böden enthalten Informationen über aktuelle und historische Prozesse, z.B. der Vegetations- und Klimageschichte, der Landschaftsgeschichte, Reliefbildung und Einfluss von Naturkatastrophen, aber auch der Entwicklung der ackerbaulichen Wirtschaftsweisen und ökonomischen Nutzungen, der Siedlungsentwicklung sowie der kulturellen Entwicklung der Menschheit.</p> <p>In diesem Sinne stellt der Boden ein Archiv der Natur- und Kulturgeschichte dar und wird durch die PFOA-Belastung nicht beeinträchtigt.</p>	<p>Keine Beeinträchtigung.</p>
<p>3. Nutzungsfunktionen</p>	<p>Als Rohstofflagerstätte</p> <p>Böden enthalten wichtige Rohstoffe, insbesondere für den Bergbau und die Bauindustrie.</p> <p>Im Landkreis Altötting finden sich zahlreiche Kiesgruben, in denen Kies als Baumaterial abgebaut wird.</p> <p>Die vorliegenden Bodenanalysen zeigen, dass der Kies (C-Horizont) kaum mit PFOA belastet ist.</p> <p>Je nach Kieslagerstätte kann jedoch der Oberboden (O-, A-, B-Horizont) z.T. erheblich belastet sein.</p>	<p>Kiesentnahme und Nutzung des Kiesel durch PFOA nicht beeinträchtigt.</p> <p>Gegebenenfalls besonderer Umgang mit belastetem Oberboden erforderlich. Erste Hinweise zum Umgang mit Bodenaushub werden in Kapitel 13.2.2 erläutert.</p>

Bodenfunktion	Beschreibung	Bewertung
Als Fläche für Siedlung und Erholung	<p>Böden sollen Baugrund für Ansiedlungen (Wohnungsbau sowie industrielle und sonstige gewerbliche Nutzung) zur Verfügung stellen. Böden dienen ferner der Erholung in freier Natur sowie in dafür errichteten baulichen Anlagen.</p> <p>PFOA belastete Böden können grundsätzlich als Siedlungsfläche und Erholungsfläche genutzt werden, denn</p> <ul style="list-style-type: none"> • PFOA ist nicht flüchtig. • Der direkte Wirkungspfad Boden-Mensch ist vernachlässigbar. • Der Transfer aus dem Boden in die Pflanze ist gering, so dass der Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze-Mensch oder Boden-Futtermittel-Tier-Mensch keine Gefährdung darstellen. <p>Jedoch kann bei Baumaßnahmen belasteter Boden anfallen, der einen besonderen Umgang erfordert.</p> <p>Vorbehaltlich einer wasserrechtlichen Prüfung stellt aus fachlicher Sicht die PFOA-Belastung des Bodens kein Hindernis für die Versickerung von Niederschlagswasser dar. Da an der Versickerungsstelle mehr Wasser versickert wird, als natürlicherweise versickern würde, sind eher niedrigere Sickerwasserkonzentrationen zu erwarten. Erfolgt die Versickerung in die Kiese (C-Horizont) wird die Sickerwasserkonzentration noch niedriger sein. Insgesamt kann an der Versickerungsstelle nur die in der ungesättigten Bodenzone vorliegende PFOA-Masse ins Grundwasser ausgewaschen werden. In der Nettobilanz bleibt also die Gesamtfracht gleich.</p>	<p>Grundsätzlich hindert die PFOA-Belastung des Bodens nicht die Nutzung als Siedlungs- oder Erholungsfläche.</p> <p>Vorbehaltlich einer wasserrechtlichen Einzelfallprüfung ist die Versickerung von Niederschlagswasser in PFOA belastetem Boden aus umweltfachlicher Sicht uneingeschränkt möglich.</p> <p>Gegebenenfalls besonderer Umgang mit belastetem Oberboden erforderlich. Erste Hinweise zum Umgang mit Bodenaushub werden in Kapitel 13.2.2 erläutert.</p>
Für land- und forstwirtschaftliche Nutzung	<p>Die Eignung eines Bodens für land- und forstwirtschaftliche Nutzung hängt vor allem von der natürlichen Ertragsfähigkeit ab. Neben den klimatischen Gegebenheiten wird diese Eigenschaft von verschiedenen Bodenparametern (Bodenart, Gefüge, Durchwurzelbarkeit, Wasserhaushalt, usw.) und der Bewirtschaftung beeinflusst.</p> <p>Basierend auf den vorliegenden Kenntnissen hat die PFOA-Belastung des Bodens keinen Einfluss auf die natürliche Ertragsfähigkeit landwirtschaftlich oder forstwirtschaftlich genutzter Böden.</p> <p>Der Transfer von PFOA in die Nutzpflanze oder Futtermittel stellt aus gegenwärtiger Sicht des LGL keine Gefährdung für Nutztier oder Mensch dar.</p>	<p>Keine Beeinträchtigung der natürlichen Ertragsfähigkeit.</p> <p>Keine Gefährdung von Nutztier oder Mensch über den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze/Futtermittel-Tier/Mensch.</p>

Bodenfunktion	Beschreibung	Bewertung
Als Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung	Aus Sicht des Bodenschutzes war bei der Definition dieser Nutzungsfunktion noch stärker an die Erhaltung der natürlichen Bodenfunktionen gedacht als bei der Nutzung als Siedlungsfläche. Dies betrifft die Störung des Wasserhaushalts durch Versiegelung und zusätzlich den Stoffeintrag durch nutzungsbedingte Emissionen.	Grundsätzlich behindert die PFOA-Belastung des Bodens nicht die Nutzung als Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung. Gegebenenfalls besonderer Umgang mit belastetem Oberboden erforderlich. Erste Hinweise zum Umgang mit Bodenaushub werden in Kapitel 13.2.2 erläutert.

11.10 ZUSAMMENFASSUNG DER GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG

Tabelle 11-5 fasst die Ergebnisse der Gefährdungsabschätzung für die verschiedenen möglichen Wirkungspfade und Schutzgüter im Raum Gendorf zusammen, sowie sich ggfs. daraus ergebende Nutzungseinschränkungen.

Tabelle 11-5: Zusammenfassung der Gefährdungsabschätzung für die potenziellen Wirkungspfade und Schutzgüter im Raum Gendorf.

Schutzgut	Wirkungspfad	Schlussfolgerung
Boden		<p>Von den Bodenfunktionen gemäß § 2 Abs. 2 BBodSchG ist bezüglich PFOA die natürliche Funktion als Filter- und Puffermedium beeinträchtigt. Dies zeigt sich in der großflächigen Grundwasserbelastung mit PFOA.</p> <p>Es sind keine wissenschaftlichen Untersuchungen bekannt, dass durch eine Bodenbelastung mit PFOA die Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften des Bodens für andere Schadstoffe oder stoffliche Einwirkungen beeinträchtigt wird.</p> <p>Trotz der PFOA-Belastung bleibt die Bodenfunktion als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen sowie als Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen, erhalten.</p> <p>Die Funktion des Bodens als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte wird durch die PFOA-Belastung nicht eingeschränkt.</p> <p>Die belasteten Bereiche können weiterhin für Siedlung und Erholung, für die Land- und Forstwirtschaft und für die Einrichtung von Infrastruktur genutzt werden. Gegebenenfalls fällt bei Bauarbeiten belasteter Boden an, der einen besonderen Umgang erfordert.</p>

Schutzgut	Wirkungspfad	Schlussfolgerung
Mensch	Grundwasser- Mensch	<p>Grundwasser wird für die Trinkwasserversorgung gefördert. Im Öttinger Forst, in dem die öffentlichen Trinkwasserbrunnen liegen, überschreiten die Grundwasserkonzentrationen den Leitwert von 0,1 µg/l.</p> <p>Basierend auf den Daten, die für private Trinkwasserbrunnen vorliegen, wird in zwei von zehn noch genutzten Brunnen der Leitwert überschritten.</p> <p>Dies erfordert Maßnahmen (siehe Kapitel 13).</p>
	Boden-Mensch	<p>Der Wirkungspfad Boden-Mensch wurde durch das LfU und das LGL bewertet. Sie bewerteten 2009 diesen Wirkungspfad basierend auf dem ursprünglich vom Niedersächsischen Landesgesundheitsamt abgeleiteten Prüfwert für Kinderspielflächen von 30 mg/kg TS als vernachlässigbar und nicht relevant /51/. Laut LGL ist eine Überprüfung dieses Wertes zu erwarten (/56/).</p>
	Boden- Nutzpflanze- Mensch, Boden- Nutzpflanze- Nutztier- Mensch	<p>Basierend auf den vorliegenden Daten stellen die PFOA-Konzentrationen im Boden keine Gefährdung über den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze-Mensch oder Boden-Nutzpflanze-Nutztier-Mensch dar.</p>
Grundwasser	Boden- Grundwasser	<p>Der Austrag von flächenhaft verbreitetem, depositionsbürtigem PFOA und von PFOA aus lokalen Quellen über den Sickerwasserpfad hat zu einer flächenhaften Beeinträchtigung des Grundwassers geführt. Gemäß den Modellierungen werden die Grundwasserkonzentrationen aufgrund des anhaltenden Sickerwassereintrags weiter ansteigen. Als Folge werden für den Öttinger Forst und den Daxenthaler Forst PFOA-Konzentrationen von mehr als 0,1 µg/l bis über das Ende des Modellierzeitraums hinaus prognostiziert. Darüber hinaus wird sich der Bereich mit PFOA-Konzentrationen > 0,1 µg/l über den bisher beeinträchtigten Bereich hinaus ausdehnen.</p> <p>Die PFOA-Konzentrationen im Grundwasser schränken die Nutzung des Grundwassers als Brauchwasser durch die Industrie (Chemiepark GENDORF, Industriegebiet Burghausen), durch Gewerbe (z.B. Kieswäsche, Betrieb Kugelmühle), für Grundwasserwärmepumpen nicht ein. Das Grundwasser kann auch für die Bewässerung genutzt werden, da PFOA kaum von der Pflanze aufgenommen wird. Allerdings kann es durch Bewässerung zu einer Zu- oder Abnahme der PFOA-Konzentrationen im Boden kommen.</p> <p>Da die Bewässerungsflächen in ihrer Erstreckung beschränkt sind, tragen sie nicht in relevantem Maße zu der großflächigen und auf die Luftemission zurückzuführenden Grundwasserbelastung bei.</p>

Schutzgut	Wirkungspfad	Schlussfolgerung
Oberflächen- gewässer/ Aquatisches Ökosystem	Grundwasser – Oberflächen- gewässer	Die Restkonzentrationen an PFOA in den Oberflächengewässern stellen keine Gefährdung für das aquatische Ökosystem dar und auch keine relevante Exposition durch Fischverzehr, weder für Menschen, noch für fischfressende Vögel oder Säugetiere. Die PFOA-Konzentrationen in den Oberflächengewässern schränken die Nutzung für die Fischzucht oder Bewässerung nicht ein.

Basierend auf den vorliegenden Daten kann geschlussfolgert werden, dass PFOA im Boden und Grundwasser im Untersuchungsgebiet für die folgenden Schutzgüter keine Gefahr darstellt:

- Oberflächengewässer und das damit verbundene aquatische Ökosystem,
- Pflanzen,
- Nutztiere und Wildtiere.

Die Exposition der Bevölkerung durch die Aufnahme über das Trinkwasser wird als der maßgebliche Wirkungspfad im Untersuchungsgebiet bewertet. In den Fassungsbereichen aller Trinkwasserbrunnen im Öttinger Forst wird der Leitwert überschritten. Von den 10 für die Trinkwasserversorgung genutzten Privatbrunnen im Untersuchungsgebiet zeigen die verfügbaren Daten für zwei Brunnen eine Überschreitung des Leitwertes an.

Es ist nicht zu erwarten, dass sich diese Situation in naher Zukunft ändern wird. PFOA in der ungesättigten Bodenzone stellt eine anhaltende Quelle für den Sickerwasseraustrag dar. Der vorläufige bayerische Stufe-1-Wert von 0,1 µg/l und auch der Stufe-2-Wert werden flächenhaft im Grundwasser überschritten. Basierend auf der numerischen Modellierung werden die PFOA-Konzentrationen im Grundwasser im Öttinger Forst in den nächsten 10 bis 20 Jahren noch weiter ansteigen, bevor sie dann langsam wieder abfallen.

12 *ABGRENZUNG DES PFOA-BELASTUNGSBEREICHES*

12.1 *ABGRENZUNG BASIEREND AUF SCHWELLENWERTEN UND NUMERISCHEN PROGNOSEN*

In Anlehnung an die vom LfU im April 2017 veröffentlichten Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden 54/ wurden die PFOA-Belastungsbereiche anhand der dort genannten Stufe-1- und Stufe-2-Werte von 0,1 µg/l bzw. 0,4 µg/l im Sickerwasser am Ort der Beurteilung und im Grundwasser abgegrenzt. Die Ergebnisse sind in den Kapiteln 10.2 und 10.3 beschrieben. Kartendarstellungen zu den prognostizierten Sickerwasserkonzentrationen finden sich in Annex C-1 bis C-3. Gemessene Grundwasserkonzentrationen sind in Annex D-1 und prognostizierte Grundwasserkonzentrationen in den Karten Annex E-5 bis E-7 dargestellt.

Wie aus den Kartendarstellungen in Annex C-1 bis C-3 ersichtlich, wird im Sickerwasser am Ort der Beurteilung der Stufe-2-Wert flächenhaft überschritten. Die größte Flächenausdehnung ergibt sich für das Prognosejahr 2065. Nach der Konzeption des LfU-Merkblattes 3.8/1 ist bei Überschreitung des Stufe-2-Wertes im Sickerwasser am Ort der Beurteilung das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung indiziert. Hinsichtlich des Grundwassers wird aus der Kartendarstellung in Annex D-1 (Abgrenzung basierend auf Messwerten) und Annex E-5 bis E-7 (Grundwassersimulationen) deutlich, dass im Grundwasser großflächig der Stufe-1-Wert zwischen Inn und Salzach überschritten wird. Der Bereich erstreckt sich etwa zwischen den Gemeinden Altötting, Burghausen und Burgkirchen. Nach der Konzeption des LfU-Merkblattes 3.8/1 liegt bei der Überschreitung des Stufe-1-Wertes eine erhebliche Grundwasserverunreinigung vor.

Im Öttinger Forst und Daxenthaler Forst deckt sich der Bereich mit Grundwasserkonzentrationen über dem Stufe-2-Wert größtenteils mit der Fläche über dem Stufe-1-Wert. Nach Westen erstreckt sich der Bereich mit den Überschreitungen des Stufe-2-Wertes nicht ganz so weit, wie der Bereich mit Überschreitungen des Stufe-1-Wertes. Nach der Konzeption des LfU-Merkblattes 3.8/1 sind bei Überschreitung des Stufe-2-Wertes Sanierungsmaßnahmen indiziert. Eine Diskussion hierzu findet sich in Kapitel 13.1.

Die aus den Kartendarstellungen ersichtliche numerische Betrachtungsweise anhand der Stufenwerte des LfU-Merkblattes 3.8/1 wird für die Zwecke der Ausweisung einer schädlichen Bodenveränderung der speziellen Situation im Raum Gendorf aus umweltfachlicher Sicht nicht gerecht. Eine scharfe

Abgrenzung der PFOA-Belastungsbereiche anhand von Schwellenwerten ist vornherein nicht möglich. Entsprechende Kartendarstellungen suggerieren eine Genauigkeit, die die angewendeten Modelle nach dem Stand der Technik nicht leisten können. Dies liegt daran, dass

- die durch die Luft eingetragene flächige Belastung keine scharfen Ränder hat. Die erzielbare Genauigkeit der Abgrenzung ist aufgrund der mit der Probenahme und Analytik verbundenen Unsicherheit der Messwerte - insbesondere in den Randbereichen mit niedrigen Konzentrationen - beschränkt. Im Westen basiert die Abgrenzung auch nur auf wenigen Messpunkten.
- die Sickerwasserkonzentration am Ort der Beurteilung nicht gemessen, sondern nur prognostiziert werden kann. Methodisch bedingt ist die Sickerwasserprognose mit großer Unsicherheit behaftet, insbesondere in Bereichen mit Flurabständen von mehr als 30 m, wie sie im Westen und Süden des Untersuchungsgebietes/ Modelliergebietes vorkommen, oder in Bereichen mit sehr geringen Flurabständen, wie z.B. in den Flusstälern.
- die Sickerwasserkonzentrationen einer zeitlichen Veränderung unterliegen. Vielerorts nehmen die Sickerwasserkonzentrationen erst noch zu bevor sie dann wieder abnehmen. Die größte Flächenausdehnung ergibt sich für das Prognosejahr 2065.

Innerhalb des Chemieparkgeländes steht eine Abgrenzung und Bewertung der Boden- und Grundwasserbelastung noch aus. Basierend auf Grundwasseranalysen und der Modellierung lassen sich Rückschlüsse auf dortige lokale Schadensherdbereiche ziehen. Die vorliegenden Bodenmesswerte reichen aber nicht aus, um „hot spots“ lokaler Eintragsherde abzugrenzen. In Abstimmung mit dem Landratsamt werden die lokalen Schadensherdbereiche separat begutachtet /43//46/.

12.2

ABGRENZUNG ANHAND DER BEEINTRÄCHTIGUNG VON BODENFUNKTIONEN UND WIRKUNGSPFAD

Aufgrund der in Kap. 12.1 näher beschriebenen inhärenten Unzulänglichkeiten einer allein auf Mess- und Prognosewerten beruhenden Ausweisung einer schädlichen Bodenveränderung ist aus umweltfachlicher Sicht eine qualitativ wertende Betrachtungsweise geboten. Nach § 2 Abs. 3 BBodSchG sind schädliche Bodenveränderungen Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen. In Gebieten, in denen Bodenfunktionen trotz Überschreitung der in Kapitel 6 dargelegten unverbindlichen Schwellenwerte nicht in dem

von § 2 Abs. 3 BBodSchG vorausgesetzten Maß beeinträchtigt sind, liegt keine schädliche Bodenveränderung vor.

Von den Bodenfunktionen gemäß § 2 Abs. 2 BBodSchG ist – wie in Kapitel 11.9 ausgeführt – die natürliche Filter- und Pufferfunktion des Bodens nicht ausreichend, um einen Eintrag von PFOA ins Grundwasser zu verhindern. Dies zeigt sich in der flächenhaften Grundwasserbelastung. Die Bodenfunktion als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen sowie als Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen, bleibt hingegen erhalten. Die belasteten Bereiche können weiterhin für Siedlung und Erholung, für die Land- und Forstwirtschaft und für die Einrichtung von Infrastruktur genutzt werden. Etwaige rechtliche Anforderungen an den Umgang mit Erdaushub schränken die Siedlungs- und sonstige Nutzungsfunktion selbst nicht ein. Die Funktion des Bodens als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte wird durch die PFOA-Belastung nicht eingeschränkt.

Die resultierenden Gefahren oder erhebliche Nachteile ergeben sich aus der Wirkungspfadanalyse und darauf beruhenden Gefährdungsabschätzung (Kapitel 11). Bei der beeinträchtigten Filter- und Pufferfunktion des Bodens im Untersuchungsgebiet ist dies die Belastung des Grundwassers in den Einzugsgebieten der Trinkwasserbrunnen und die damit einhergehende Exposition der Bevölkerung durch die Aufnahme von PFOA über das Trinkwasser. Hingegen stellt PFOA im Boden und Grundwasser keine Gefahr für Pflanzen, Tiere und Oberflächengewässer dar.

Somit liegt aus umweltfachlicher Sicht mit Blick auf die Beeinträchtigung von Bodenfunktionen und daraus folgenden Gefahren und erhebliche Nachteile im Sinne des BBodSchG die Ausweisung einer schädlichen Bodenveränderung im Einzugsgebiet der Trinkwasserbrunnen im Öttinger Forst nahe, unabhängig von bereits bestehender Ausstattung der Trinkwasserbrunnen mit Aktivkohlefiltern. Die Abgrenzung sollte die Wasserschutzgebiete der bestehenden und konkret geplanten Brunnen und ihre Anstrombereiche aus Westen und Südwesten umfassen, in denen Grundwasserkonzentrationen über dem vorläufigen Leitwert auftreten. Aus Vorsorgegründen sollte die Fläche nach Westen um den Anstrombereich erweitert werden, in dem im Eluat des B-Horizontes der Stufe-2-Wert überschritten ist. Annex B-5 zeigt die entsprechende Abgrenzung basierend auf dem Grundwassergleichenplan für das Modellgebiet (siehe Abbildung 4-1) und der PFOA-Konzentration im Eluat des B-Horizontes über dem Stufe-2-Wert (siehe Annex B-4). Sie schließt im Anstrombereich der Trinkwasserbrunnen die Flächen mit Grundwasserkonzentrationen über dem vorläufigen Leitwert mit ein.

13 *MAßNAHMEN*

Basierend auf den im vorangegangenen Kapitel 11 aufgezeigten Gefährdungen wird aus fachlicher Sicht zum Erfordernis von Maßnahmen nach § 2 Abs. 7 BBodSchG (Sanierung) oder Abs. 8 BBodSchG (Schutz oder Beschränkungsmaßnahmen) Stellung bezogen.

Sanierung im Sinne § 2 Abs. 7 BBodSchG sind Maßnahmen

1. zur Beseitigung oder Verminderung der Schadstoffe (Dekontaminationsmaßnahmen),
2. die eine Ausbreitung der Schadstoffe langfristig verhindern oder vermindern, ohne die Schadstoffe zu beseitigen (Sicherungsmaßnahmen),
3. zur Beseitigung oder Verminderung schädlicher Veränderungen der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit des Bodens.

Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen im Sinne §2 Abs. 8 BBodSchG sind sonstige Maßnahmen, die Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit verhindern oder vermindern, insbesondere Nutzungsbeschränkungen.

13.1 *ABWÄGUNG VON SANIERUNGSMAßNAHMEN IM SINNE VON § 2 ABS. 7 BBODSCHG*

Die großflächige und tiefgründige Belastung des Bodens macht eine großräumige Sanierung der Verunreinigung unmöglich. Es gibt technisch keine erprobte oder effiziente Sanierungstechnologie, um flächenhaft die Auswaschung von PFOA aus dem Boden in das Grundwasser zu unterbinden:

- Ein flächenhafter Austausch der oberen Bodenschichten wäre nicht zielführend und unverhältnismäßig. Dies würde zunächst einen bedeutenden Eingriff in die Landschaft und Natur bedeuten. Dabei würden große Mengen an Bodenaushub anfallen, deren Entsorgung nicht realisierbar wäre. Zum anderen würde der Anteil von PFOA, der bereits in den tiefen Bodenhorizont (C-Horizont) und ins Grundwasser gelangt ist, mit dieser Maßnahme nicht erreicht werden. Da es sich hierbei um den überwiegenden Anteil an PFOA handelt, würde dieser weiter über lange Zeiträume ausgetragen.

- Die lokale Entfernung oder Sicherung der oberen Bodenschichten, z.B. im Rahmen von Baumaßnahmen, haben als Sanierungsmaßnahmen keine oder nur marginale lokale Auswirkungen auf die flächenhafte Grundwasserbelastung. Auf diese Weise können nur punktuelle Verbesserungen erzielt werden.
- Eine großflächige Grundwassersanierung ist ebenfalls nicht möglich. Zum einen fehlt es an technisch geeigneten in situ-Maßnahmen für PFOA im Grundwasser. Zum anderen müssten bei ex situ-Maßnahmen (Pump & Treat) aufgrund des hohen Leit- und Speichervermögens des Grundwasserleiters selbst für einen marginalen Sanierungserfolg enorme Wassermengen behandelt werden. Desweiteren wird durch eine hydraulische Sanierung der Quellterm, d.h. die flächige Bodenbelastung nicht reduziert.
- Kleinerräumige hydraulische Sanierungsmaßnahmen, z.B. zur Sicherung der Trinkwasserversorgung sind aus dem gleichen Grund im Vergleich zur Reinigung des geförderten Rohwassers nicht verhältnismäßig. Darunter fallen auch gestaffelte hydraulische Barrieren („Sperrgalerien“), die in den Diskussionen immer wieder angeführt werden.
- Die einzig sinnvolle Maßnahme zum Schutz vor signifikanter PFOA-Aufnahme und zur Sicherstellung der Versorgung mit sauberem Trinkwasser ist die Reinigung des geförderten Rohwassers durch Aktivkohlefilter (siehe Abschnitt 13.2.1).

Nach derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnissen kann PFOA unter Umweltbedingungen weder über Hydrolyse, Photolyse, biotisch oder abiotisch abgebaut werden. Der einzige Prozess, der langfristig zu einer Abnahme der Boden- und Grundwasserkonzentrationen führen wird, ist die Auswaschung über den Sickerwasserpfad.

Aus den genannten Gründen sind aus Sicht von ERM für die flächige Boden- und Grundwasserbelastung Sanierungsmaßnahmen im Sinne § 2 Abs. 7 BBodSchG nicht zielführend.

Bei der flächenhaften Boden- und Grundwasserbelastung kommen aktuell nur Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen im Sinne § 2 Abs. 8 BBodSchG in Betracht, die aber nicht zur Reduzierung der Belastungssituation beitragen. Die derzeit für erforderlich gehaltenen Maßnahmen werden im nächsten Abschnitt 13.2 erläutert.

13.2 *MAßNAHMEN IM SINNE VON § 2 ABS. 8 BBODSCHG UND SONSTIGE EMPFEHLUNGEN*

13.2.1 *Sichere Trinkwasserversorgung*

13.2.1.1 *Öffentliche Trinkwasserversorgung*

Im Rohwasser der Trinkwasserbrunnen im Öttinger Forst wird der Leitwert von 0,1 µg/l überschritten. Eine Trinkwasseraufbereitung mit Aktivkohle war für die Brunnen Alzgern bereits 2009 installiert worden. In 2017 wurden die anderen Trinkwasserbrunnen im Öttinger Forst mit Ausnahme von Brunnen Kastl 2 abgeschaltet. Der Brunnen Kastl 2 wird weiterbetrieben, da keine Alternative für die Trinkwasserversorgung verfügbar ist. Für den Brunnen Kastl 2 ist eine Aktivkohle-Filteranlage für den vorübergehenden Betrieb eingerichtet /81/. Die Planungen für die Installation einer dauerhaften Wasseraufbereitungsanlage für die Brunnen Kastl und Burgkirchen sind mittlerweile weitgehend abgeschlossen.

Für den Öttinger Forst wird prognostiziert, dass die PFOA-Konzentrationen im Grundwasser bis mindestens 2065 (Ende des Modellierzeitraumes) den Leitwert von 0,1 µg/l überschreiten. Da es nach jetzigem Verständnis keine technisch möglichen und verhältnismäßigen Maßnahmen gibt, die PFOA-Konzentrationen im Boden zu reduzieren, scheinen die Verlagerung der Trinkwassergewinnung in unbelastete Grundwasserleiter oder die Trinkwasseraufbereitung die einzigen vernünftigen Maßnahmen. Wie die Trinkwasseraufbereitung in Alzgern zeigt, hat sich die Abreinigung mit Aktivkohle bewährt, um die PFOA-Konzentrationen deutlich unter den Leitwert zu reduzieren. Wie zuvor erwähnt, haben die Baumaßnahmen für die Aufbereitungsanlage für die Brunnen Kastl und Burgkirchen bereits begonnen. Die Anlagen für die Trinkwasseraufbereitung für Altötting und Neuötting sind momentan in Planung.

Zudem soll das Rohwasser der öffentlichen Wasserversorgungsanlagen regelmäßig überwacht werden. ERM schlägt vor, die jeweiligen öffentlichen Trinkwasserbrunnen in den ersten 5 Jahren jährlich zu beproben. Danach sollen die Analysenresultate evaluiert und das Überwachungsprogramm gegebenenfalls angepasst werden.

13.2.1.2 *Private Trinkwasserversorgung*

Für private Anwesen, die nicht an das öffentliche Netz der Trinkwasserversorgung angeschlossen sind, werden folgende Maßnahmen empfohlen:

- Ermittlung des PFOA-Gehaltes und daraufhin je nach Befund
 - Trinkwasserversorgung und Zubereitung von Nahrung durch in Flaschen abgefülltes Wasser, oder
 - Kleinstwasseraufbereitung, oder
 - Anschluss ans öffentliche Netz.
- Regelmäßige Überwachung des Rohwassers der privaten Trinkwasserbrunnen.

ERM schlägt vor, die jeweiligen Trinkwasserbrunnen in den ersten 5 Jahren jährlich zu beproben. Danach sollen die Analysenresultate evaluiert und das Überwachungsprogramm gegebenenfalls angepasst werden.

13.2.2 *Bodenmanagement*

13.2.2.1 *Hintergrund*

Ein vorläufiges Handlungskonzept zum Umgang mit PFOA belastetem Bodenaushub wurde vom LfU in 2009 erstellt/53/. Die Ergebnisse der Detailuntersuchung bestätigen die dortigen Ansätze und bieten die Grundlage, um dieses Konzept fortzuschreiben und zu einem allgemeinen Rahmen für den Umgang mit Bodenaushub zu entwickeln.

Das Konzept von 2009 sieht für kleinere Baumaßnahmen eine Bagatellgrenze von 500 m³ vor. Bis zu diesem Volumen kann Bodenaushub ohne Überprüfung ausgehoben und innerhalb des von der PFOA-Belastung betroffenen Gebiets durch Einbau verwertet oder zwischengelagert werden.

Für größere Baumaßnahmen sehen die Leitlinien des LfU zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden /54/ Zuordnungswerte für die Verwertung von Bodenmaterial in Anlehnung an die technische Regel LAGA M 20 (Stand 06. November 1997) /45/ für die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen sowie Werte für die Entsorgung auf Deponien analog Deponieverordnung (DepV)/8/vor (siehe auch Kapitel 6).

Die LAGA-Zuordnungswerte sind Orientierungswerte, von denen abgewichen werden kann, sofern das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird /45/. Überdies sind die Zuordnungswerte für den Einbau von Erdaushub in unbelasteten Boden konzipiert. Umlagerungen innerhalb vorbelasteter Gebiete können auch bei Überschreitung dieser Werte zulässig sein (siehe z.B. § 12 Abs. 10 BBodSchV). Auch die LfU Leitlinien /54/ erlauben Abweichungen im Rahmen einer Einzelfallbeurteilung.

Die strikte Anwendung der in den Leitlinien angeführten Zuordnungswerte auf die PFOA-Belastung im Bereich Gendorf ist aus Sicht von ERM weder zweckmäßig noch nachhaltig. Im Untersuchungsgebiet haben die flächigen Bodenbelastungen mit PFOA bereits zu einer weitläufigen Überschreitung der Grundwasserkonzentrationen über dem GFS geführt.

Wie aus den Karten in Annex B-3 und B-4 ersichtlich, könnte aufgrund der niedrigen Zuordnungswerte der mit PFOA belastete Bodenaushub in der Regel nicht wieder eingebaut oder verwertet werden. Da entsprechende Einrichtungen im Landkreis fehlen, müsste der belastete Bodenaushub außerhalb des Landkreises in geeigneten Deponien entsorgt oder einer Verbrennung zugeführt werden. Aufgrund generell mangelnden Deponieraums und des hohen Energieeinsatzes bei der Verbrennung von Boden mit geringem Schadstoffanteil sowie den damit verbundenen Transportwegen wäre dies in einer Gesamtbetrachtung ökologisch nicht sinnvoll.

ERM empfiehlt daher, das Handlungskonzept aus 2009 so fortzuschreiben, dass es Grundlage und Rahmen für Entscheidungen über einen zweckmäßigen Umgang mit Erdaushub bietet, der nachteilige Auswirkungen auf Boden und Grundwasser zuverlässig ausschließt.

Erste Überlegungen werden diesbezüglich im nachfolgenden Abschnitt 13.2.2.2 aufgeführt.

Der rechtliche Rahmen könnte durch die Ausweisung eines Gebietes erhöhter Schadstoffgehalte geschaffen werden /41/.

13.2.2.2 *Überlegungen für die Fortschreibung des Handlungskonzeptes*

Ausgangslage und Erforderlichkeit eines Handlungskonzeptes

- Die PFOA-Belastung ist in der Fläche und Tiefe des Bodens weitläufig und wird über Jahrzehnte andauern. Gemessen daran sind die Auswirkungen einzelner Bauprojekte allenfalls gering. Eine Sanierung des gesamten betroffenen Gebiets ist weder zur Gefahrenabwehr erforderlich noch praktisch umsetzbar (siehe oben 13.1). Ein Rahmen für den zukünftigen Umgang mit bei Bauvorhaben anfallenden Erdaushub ist daher erforderlich, um die Ziele des Bodenschutzes bestmöglich zu verfolgen.
- Die höchsten PFOA-Konzentrationen finden sich in den flachen Bodenhorizonten (A-Horizont, B-Horizont, bzw. auf landwirtschaftlichen Flächen im Ober- und Unterboden), umgangssprachlich im Humus und in der Rotlage. Sie nehmen mit der Tiefe ab. In den darunter folgenden Kiesen und Sanden des C-Horizonts liegt PFOA nur in geringen Konzentrationen vor, so dass eine Verwertung in der Regel ohne weitere Maßnahmen möglich ist. Für die meisten Baumaßnahmen in der Region ist somit für den Umgang mit dem Humus und der Rotlage eine Grundlage zu schaffen.
- Bezogen auf die Gesamtmasse an PFOA im Boden des Untersuchungsgebietes kann sich der Aushub und Wiedereinbau von Boden in dem Bodenbelastungsbereich lokal auf die Boden- und Grundwasserkonzentrationen auswirken und zwar in Abhängigkeit davon, welche PFOA-Konzentrationen im Boden im Bereich des Aushubs und welche im Bereich der Wiederverbringung vorliegen. Die Gesamtmasse PFOA im Boden ändert sich bei Verwertung des Erdaushubs innerhalb des belasteten Gebiets indes nicht.
- Das Handlungskonzept sollte in dem Gebiet greifen, in dem im Oberboden die Eluatkonzentrationen im Boden einen Wert von 0,1 µg/l überschreiten (Siehe Karten in Annex B-3 und B-4). Insoweit kommt die Festlegung eines Gebiets mit erhöhten Schadstoffgehalten im Sinne des § 12 Abs. 10 S. 2 BBodSchV in Betracht. Da die aktuelle Abgrenzung in den Randbereichen nur auf wenigen Messpunkten beruht, sind im Nachgang zu der Detailuntersuchung hier noch weitere Bodenprobenahmen für die Festlegung des Gebietsumgriffes vorgesehen.

Allgemeine Grundsätze zum Umgang mit Erdaushub

- Bei Baumaßnahmen ist Bodenaushub zu minimieren. Soweit möglich, sollten anstelle von flächigem Bodenaushub Streifen- oder Pfahlgründungen bedacht werden.
- Soweit Bodenaushub unvermeidbar ist, sollte der ausgekofferte Boden möglichst im Bereich oder nahe bei der Baumaßnahme verbleiben.
- Belasteter Boden sollte nicht in Bereiche verbracht werden, in denen keine oder nur eine geringere Bodenbelastung vorliegen, sondern nur in Bereiche mit ähnlichen oder höheren PFOA-Konzentrationen und möglichst auch nicht von außerhalb in die Einzugsgebiete der Trinkwasserbrunnen. Auf diese Weise wird vermieden, dass sich am Ort der Verbringung die PFOA-Konzentrationen im Sickerwasser gegenüber dem prognostizierten Peakmaximum erhöhen. Durch die zusätzlich aufgebrauchte PFOA-Masse kann es jedoch länger dauern bis das Peakmaximum wieder abnimmt. Dem steht eine Verkürzung der Dauer des Peakmaximums am Ort der Auskoffierung gegenüber.
- Der Boden sollte horizontweise abgetragen und bei der Wiederverfüllung wieder horizontweise eingebaut werden.

Geringfügige und atypische Bauvorhaben

- Bei linearem Aushub für Leitungsinstallationen oder Straßenbau werden Erdarbeiten an der über lange Zeiträume (Dekaden) ausgetragenen Fracht kaum etwas ändern. Wird der Boden vor Ort wieder eingebaut, wird die Sickerwasserfracht mehr oder weniger der für diese Stelle prognostizierten Fracht entsprechen. Bei solchen Baumaßnahmen ist eine horizontweise Wiedereinbringung daher grundsätzlich ohne weitere Anforderungen möglich.
- Entsprechendes gilt für geringe Bodenvolumina. Die Bagatellgrenze von 500 m³ aus dem Handlungskonzept des LfU von 2009 /53/ sollte daher fortgeschrieben werden. Basierend auf Sickerwasserprognosen könnte geprüft werden, ob eine Verwertung eines Mehrfachen dieses Volumens innerhalb des betroffenen Gebiets ohne Bodenuntersuchung oder zusätzliche Anforderungen möglich ist.

Mögliche Erweiterung der Verwertungsoptionen ohne und mit technischen Sicherungsmaßnahmen

- Sofern stärker oder gleich stark belastete Flächen für einen offenen Wiedereinbau nicht verfügbar sind, sollte der Boden je nach Konzentration in technischen Bauten, z.B. Lärm- oder Sichtschutzwällen, oder unter versiegelten Flächen eingebaut werden. Für die Einstufung der Verwertung (offener oder technisch gesicherter Einbau) können einzelfallbezogenen Zuordnungswerte definiert werden. Dies kann auch allgemein in Abhängigkeit von der jeweiligen Vorbelastung am Ort der Verwertung geschehen.
- Technische Sicherungsmaßnahmen können den Eintrag (Fracht) von PFOA ins Grundwasser durch Versickerung am Ort der Verwertung im Einzelfall zusätzlich minimieren oder ganz verhindern. In Betracht kommen zum Beispiel eine Rekultivierung zur Steuerung des Sickerwasserhaushalts, oder eine Sorptionsschicht an der Basis etc.
- Auch Mutterboden könnte gegebenenfalls in Landschaftsbauwerke eingebaut werden. Durch Form und Bewuchs könnte die Sickerwasserrate gesteuert werden.
- Gleiches gilt für die organische Auflage, die z.B. bei der Bebauung von Waldflächen abgetragen werden muss. Der Humus (A-Horizont), der mit seinem hohen Organikanteil eine hohe Adsorptionskraft besitzt, sollte vor Ort verwertet werden, indem er zur Aufstockung der durchwurzelbaren Bodenschicht bei der Rekultivierung verwendet wird.
- Adsorbermaterialien (z.B. Rembind) können ggfs. bei offenem Einbau zur Anwendung kommen, um den Sickerwasseraustrag zu reduzieren.

13.2.3 Grund- und Oberflächenwasserüberwachung

Wie die Modellprognosen zeigen, wird sich die Bodenbelastung langfristig auf die Grundwasserkonzentrationen auswirken. Allerdings weisen die Modellprognosen gewisse Unschärfen auf, die auf etwa 20 - 30 % Fehlerabweichung geschätzt wurden/38/. Das heißt, dass die zukünftig auftretenden Grundwasserbelastungen höher oder niedriger sein könnten als prognostiziert. Auch der zeitliche Ablauf der Auswaschungs- und Transportprozesse könnte länger oder kürzer dauern als prognostiziert.

Daher wird ein regionales Grundwassermonitoring empfohlen, um lateral eine größere Datendichte und über die Zeit längere Messreihen zu erhalten. Diese können dann der Validierung und ggfs. Neukalibrierung der Prognosemodelle dienen. (vgl. Abschnitt 13.2.5).

In den folgenden Abschnitten wird die zukünftig empfohlene Grund- und Oberflächenwasserüberwachung vorgestellt.

13.2.3.1 *Grundwasserüberwachung*

Für die Grundwasserüberwachung nach Abschluss der Detailuntersuchung werden vier Teilräume unterschieden:

- Der Öttinger Forst nördlich des Chemieparks und in Richtung Emmerting,
- der Bereich des Chemieparks,
- der Bereich westlich und nordwestlich des Chemieparks bis zum westlichen Rand des Untersuchungsgebietes,
- der Daxenthaler Forst und
- der Bereich südwestlich von Burghausen am südwestlichen Rand des Untersuchungsgebietes.

Die vorgeschlagenen Grundwasseraufschlüsse (Messstellen oder Quellen) sind in der Tabelle 13-1 aufgelistet. Dort finden sich auch, soweit verfügbar, Informationen zum Ausbau.

Die Lage der Messstellen geht aus

- G-1 Sonstige Nutzungen (nicht Trinkwasser, nicht Chemiepark GENDORF, nicht Industriegebiet Burghausen) von Grundwasser und Oberflächenwasser) von Grundwasser und Oberflächenwasser [tabellarische Übersicht]
- G-2 Private Brunnen [tabellarische Übersicht]
- G-3 Nutzung von Grund- und Oberflächenwasser: Privatbrunnen, Quellen und Oberflächengewässer [Lageplan]

Annex H-1 hervor.

Tabelle 13-1: Empfohlene Messpunkte für die Grundwasserüberwachung.

Messstelle	Rechts- wert	Hoch- wert	Mess- punkt- höhe [m ü. NN]	Verfilterung [m u. GOK]		Durch- messer [mm]	Bau- jahr
				von	bis		
Öttinger Forst nördlich des Chemieparks und in Richtung Emmerting							
EBB	4554372	5339280	423,33	30	42	150	2007
				39	43	150	1990
GWM107	4554611	5342512	415,25	32	100	125	2008
GWM108	4555120	5341259	417,29	31	44	125	2008
GWM109	4556364	5343343	409,23	29	49	129	2008
GWM25	4553420	5343636	410,09	33	37		
OGWM5 (Mittlinger Bach)	4557900	5345601					
EBG	4555476	5339296	417,91	27,30	44,30	150	2013
TBC	4556705	5339893	388,27		4,60 [gelotete Tiefe]	700 bis 3m darunter Rohr	
TBX/GWM64	4556411	5339287	391,85		11,7 gelotete Tiefe]	150	1998
B11	4557078	5340185			3,45 gelotete Tiefe]	Schacht	
Bereich Chemiepark							
EBC	4554009	5338539	426,13	28,00	41,00	150	2007
				49,00	53,00		
EBF	4554312	5338749	423,51	28,00	41,00	150	2011
BGW2	4554741	5338829	419,10	30,00	33,00	100	1987
TBK	4555229	5338746	410,46	21,00	27,00	125	1995
TBS	4555438	5338717	408,66	16,60	23,60	125	1978
TBT	4555668	5338742	408,04	18,00	22,00	150	1982
TBV	4555654	5338422	408,43	15,20	21,20	125	1995
TBK1	4554966	5338338	414,40	19,00	23,00	125	2006

Messstelle	Rechts- wert	Hoch- wert	Mess- punkt- höhe [m ü. NN]	Verfilterung [m u. GOK]		Durch- messer [mm]	Bau- jahr
				von	bis		
Westlich und nordwestlich Chemiapark bis westlichen Rand Untersuchungsgebiet							
GWM41	4552912	5337981	429,98	Schacht bis 25 m, dann 3 m Rohr			
GWM98	4552368	5339874		Schacht bis 27,66		900	
GWM58	4548712	5341687				Quelle	
GWM46	4549789	5339559					
GWM97	4549812	5338564		Schacht bis 33,19			
GWM47	4550843	5337579		34,70			
Unterneukirchen Br2 (GWM51)	4547091	5335948					
Daxenthaler Forst							
GWM12 (VB1)	4560498	5341160	405,50	30,30	67,30	150	2000
				77,30	101,30		
GWM113 (OMV Br. 4)	4562045	5340340	407,55	50,70	53,00	580	
				57,00	67,00		
				72,00	96,00		
GWM16	4561550	5342650	400,99	Schacht bis 30,42		1000	≤1973
GWM2	4564229	5343941	373,17	5,5	12,5	125	2004
Quelle Haiminger Bach	4563318	5341679	365,86	-	-	Quelle	-
GWM14 (Haiming 380A)	4565890	5341960	363,49	20,00	24,00	100	1982
Bereich südwestlich Burghausen							
Raitenhaslach Br. I	4556540	5332440	374,01	5,3	7,8	800	1967
Raitenhaslach Br. III	4556566	5332459	373,61	3,3	5,8	400	1967

Öttinger Forst nördlich des Chemiaparks und in Richtung Emmerting

Im Öttinger Forst sind die Entnahmebrunnen Kastl 1 und 2, Burgkirchen (Öttinger Forst Brunnen 3), Neuötting Brunnen 1 und Brunnen 2, Alzger Brunnen 1 und 2 gelegen (siehe Karte Anhang A). Diese Brunnen werden

routinemäßig im Rahmen der Eigenüberwachung durch die Wasserversorger überwacht.

Die im Öttinger Forst nördlich des Chemieparks und nach Abschluss der Detailuntersuchung für die Überwachung des Grundwassers empfohlenen Stellen sind die Messstellen EBB, GWM107, GWM108, GWM109, GWM25 sowie der Mittlinger Bach (OGWM5), welcher die Quellaustritte am Nordhang des Öttinger Forst sammelt. In Richtung Emmerting werden die Messstellen EBG, TBX/GWM64, TBC, und B11 empfohlen. Wie

- G-1 Sonstige Nutzungen (nicht Trinkwasser, nicht Chemiapark GENDORF, nicht Industriegebiet Burghausen) von Grundwasser und Oberflächenwasser) von Grundwasser und Oberflächenwasser [tabellarische Übersicht]
- G-2 Private Brunnen [tabellarische Übersicht]
- G-3 Nutzung von Grund- und Oberflächenwasser: Privatbrunnen, Quellen und Oberflächengewässer [Lageplan]

Annex H-1 zeigt, bilden die vorgeschlagenen Messstellen und die Trinkwasserbrunnen ein flächendeckendes Messnetz für den Öttinger Forst. Es erlaubt, die Entwicklung der PFOA-Konzentrationen im Rohwasser der Trinkwasserbrunnen selbst und im Grundwasser des Öttinger Forstes nördlich des Chemieparks sowie im Grundwasserabstrom nordöstlich des Chemieparks zu beobachten.

Bereich Chemiapark

Es wird empfohlen, die Grundwasserüberwachung an den folgenden Grundwassermessstellen auf dem Gelände des Chemieparks fortzusetzen:

EBC, EBF, BGW2, TBK, TBS, TBT, TBV und TBK1.

Westlich und nordwestlich des Chemieparks bis zum westlichen Rand des Untersuchungsgebietes

Zur Überwachung der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser westlich und nordwestlich des Chemieparks werden folgende Aufschlusspunkte vorgeschlagen. Mit diesen Aufschlusspunkten wird der Bereich bis zum westlichen Rand des Untersuchungsgebietes mit abgedeckt, mit dem Brunnen Unterneukirchen Br2 sogar noch westlich davon:

GWM41, GWM98, GWM58, GWM46, GWM97, GWM47, sowie der Brunnen Unterneukirchen Br2 (GWM51).

Daxenthaler Forst

Im Daxenthaler Forst wird die Überwachung an den folgenden Aufschlusspunkten empfohlen:

An den Grundwassermessstellen GWM12 (VB1), GWM113 (Brunnen 4 der Fa. OMV), GWM16 (Pflanzgarten), GWM2, die Quelle des Haiminger Bachs und in Haiming die Grundwassermessstelle GWM14 (Haiming 380A).

Wie aus der Karte in Anhang H-1 hervorgeht, erstrecken sich diese Überwachungspunkte östlich der Alz etwa in Grundwasserfließrichtung, d.h. in west-östlicher Richtung. Durch die Grundwassermessstelle GWM2 wird auch der Grundwasserabstrom in nordöstliche Richtung zum Inn abgedeckt.

Südwestlich Burghausen am südwestlichen Rand des Untersuchungsgebietes

Südwestlich von Burghausen werden die Quellen Raitenhaslach (Brunnen I und Brunnen III) überwacht, die zur Wasserversorgung von Burgkirchen genutzt werden.

13.2.3.2 Oberflächenwasserüberwachung

Für die folgenden Oberflächengewässer wird nach Abschluss der Detailuntersuchung eine Überwachung der PFOA-Konzentrationen empfohlen: für die Alz, für die beiden Alzzuflüsse Brunnbach und Schützingener Bach, für die Quelle des Haiminger Bachs im Daxenthaler Forst und für den Mittlinger Bach, der von Quellen am Nordabfall des Öttinger Forstes gespeist wird. Die vorgeschlagenen Messpunkte der jeweiligen Oberflächengewässer sind in Tabelle 13-2 aufgelistet. Ihre Lage geht aus

- G-1 Sonstige Nutzungen (nicht Trinkwasser, nicht Chemiepark GENDORF, nicht Industriegebiet Burghausen) von Grundwasser und Oberflächenwasser) von Grundwasser und Oberflächenwasser [tabellarische Übersicht]
- G-2 Private Brunnen [tabellarische Übersicht]
- G-3 Nutzung von Grund- und Oberflächenwasser: Privatbrunnen, Quellen und Oberflächengewässer [Lageplan]

Annex H-1 hervor.

Tabelle 13-2: Empfohlene Messpunkte für die Oberflächenwasserüberwachung.

Gewässer	ID	Rechtswert	Hochwert
Alz, Pegel Burgkirchen	Burgkirchen (ALB)	4554328	5337170
Alz, Pegel Hohenwart	Hohenwart (ALH)	4557564	5339774
Alz, Pegel Oberpiesing	Oberpiesing (ALO)	4560178	5347388
Brunnbach 2a	OGWM19	4559531	5343456
Brunnbach 1	OGWM17	4559269	5344118
Schützingen Bach	OGWM4	4560567	5344383
Quelle Haiminger Bach	Quelle Haiminger Bach	4563318	5341679
Mittlinger Bach 2	OGWM5	4557900	5345601

13.2.3.3 Probenahmehäufigkeit

Für die Trinkwasserbrunnen wird aus Vorsorgegründen eine jährliche Überwachung empfohlen.

Für die regionale Überwachung des Grund- und Oberflächenwassers reicht basierend auf den vorliegenden Ergebnissen eine Überwachung alle 3 bis 5 Jahre aus, um die langsame Entwicklung der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser zu verfolgen. Allerdings zeigen die bisherigen Untersuchungsergebnisse an einzelnen Beobachtungspunkten teils auch erhebliche Schwankungsbreiten. Diese sind möglicherweise von den jährlich schwankenden Niederschlagsmengen abhängig, die sich auf die Sickerwasserfrachten auswirken können. ERM schlägt daher vor, eine jährliche Überwachung der vorgeschlagenen Grundwassermessstellen, Quellen und Oberflächengewässer zunächst für 5 Jahre durchzuführen. Danach sollen die Analysenergebnisse evaluiert und das Überwachungsprogramm gegebenenfalls angepasst werden.

Bis zum Abschluss der Detailuntersuchung wird in 2018 noch das Überwachungsprogramm gemäß dem Konzept vom 30. Januar 2017 fortgesetzt.

Mit Zustimmung des Wasserwirtschaftsamtes könnte nach Abschluss der Detailuntersuchung in 2019 mit dem hier vorgeschlagenen Programm begonnen werden.

Die Probenahme soll gemäß DIN 30402 durchgeführt werden unter Beachtung der Empfehlungen in der im Rahmen dieses Projektes erstellten

Handlungsanweisung für die Grundwasserprobenahme. Die Wasserproben werden im Labor auf PFOA analysiert.

13.2.4 *Bodenmonitoring*

Es wird empfohlen die PFOA-Konzentrationen im Boden (O- bis B-Horizont) im Einzugsgebiet der Trinkwasserbrunnen im Öttinger Forst zu überwachen. Dazu bietet sich die Bodendauerbeobachtungsfläche (BdF) 7842DB001 des LfU an. Sie ist im Öttinger Forst, nördlich des Chemieparks GENDORF gelegen.

Ihre Lage geht aus

- G-1 Sonstige Nutzungen (nicht Trinkwasser, nicht Chemiepark GENDORF, nicht Industriegebiet Burghausen) von Grundwasser und Oberflächenwasser) von Grundwasser und Oberflächenwasser [tabellarische Übersicht]
- G-2 Private Brunnen [tabellarische Übersicht]
- G-3 Nutzung von Grund- und Oberflächenwasser: Privatbrunnen, Quellen und Oberflächengewässer [Lageplan]

Annex H-2 hervor.

Für diese BdF liegen Messwerte seit Anfang der 1990er Jahre bis 2016 vor. Sie wird momentan alle 3 Jahre beprobt. Die nächste Probenahme erfolgt in 2019.

Zum Vergleich wird die Überwachung der BdF 7742DB003 der Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) im Daxenthaler Forst bei Schützing empfohlen (Lage siehe

- G-1 Sonstige Nutzungen (nicht Trinkwasser, nicht Chemiepark GENDORF, nicht Industriegebiet Burghausen) von Grundwasser und Oberflächenwasser) von Grundwasser und Oberflächenwasser [tabellarische Übersicht]
- G-2 Private Brunnen [tabellarische Übersicht]
- G-3 Nutzung von Grund- und Oberflächenwasser: Privatbrunnen, Quellen und Oberflächengewässer [Lageplan]

Annex H-2).

Im Daxenthaler Forst war die historische Luftdeposition niedriger als im Öttinger Forst. Für diese Fläche liegen Messwerte aus 1986, 1999 und 2007 vor. Seitens der LWF gibt es derzeit noch keine Planung für die nächste Beprobung. ERM schlägt vor, die BdF in 2019 gemeinsam mit der Bodendauerbeobachtungsfläche des LfU zu beproben. In Abhängigkeit von

den Ergebnissen sollten dann mit den Bodenkundlern des LfU und LWF die Zeitabstände der darauffolgenden Probenahme festgelegt werden. Durch die angewendete radiale Probenahmetechnik kann laut LfU (freundl. mündliche Mitteilung Dr. Hangen), die BdF im Öttinger Forst noch etwa weitere 40 Jahre beprobt werden. Wenn die Zeitabstände zwischen den Probenahmen ausgedehnt werden, ist eine noch längere Nutzung als BdF möglich.

13.2.5 *Aktualisierung und Validierung der Prognosemodelle*

Die Unsicherheit der Stofftransportmodelle für die ungesättigten und die gesättigten Zone wird je auf etwa $\pm 30\%$ geschätzt /38/. Basierend auf den zusätzlichen Überwachungsdaten sollen die beiden Modelle nach 5 Jahren validiert werden. Gegebenenfalls muss eine Neukalibrierung vorgenommen werden. Dies wäre der Fall, wenn die zukünftigen Messwerte der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser mehr als 30 % von den prognostizierten Werten abweichen.

Zusätzlich zur Validierung sollen die Modelle alle 10 Jahre bezüglich der instationären Randbedingungen aktualisiert werden, d.h. in beiden Modellen hinsichtlich Grundwasserneubildung und im Modell für die gesättigte Zone zusätzlich hinsichtlich Entnahmeraten und Wasserstände. Nach einer Anpassung der Modelle erfolgt eine Aktualisierung der Prognosen.

ERM schlägt vor, den Zeitraum für die erforderlichen Anpassungen der Modelle und Prognosen von der jeweiligen Entwicklung der Ergebnisse der Grundwasserüberwachung und der Validierung der Modelle abhängig zu machen.

INHALT

ANHANGSVERZEICHNIS

- Annex A:** *Topografische Übersichtskarte*
- A-1 Untersuchungsgebiet
 - A-2 Chemiapark GENDORF
- Annex B:** *Überblick PFOA-Konzentrationen Boden und PFOA Massen in der ungesättigten Zone und Abgrenzung einer schädlichen Bodenveränderung anhand Bodenfunktionen und Wirkungspfad*
- B-1 Übersichtskarte
 - B-2 Bereich des Chemiaparks GENDORF
 - B-3 PFOA- Konzentrationen im Eluat von Bodenproben A-Horizont
 - B-4 PFOA- Konzentrationen im Eluat von Bodenproben B-Horizont
 - B-5 Abgrenzung einer schädlichen Bodenveränderung anhand Bodenfunktionen und Wirkungspfad
- Annex C:** *Verteilung der modellierten Sickerwasserkonzentrationen am Ort der Beurteilung*
- C-1 Jahr 2016
 - C-2 Jahr 2030
 - C-3 Jahr 2060
- Annex D:** *PFOA-Konzentrationen im Grundwasser*
- D-1 Verteilung der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser (2015; 0 bis 10 m unter GW-Oberfläche)
 - D-2 Verteilung der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser (2015; 10 bis 20 m unter GW-Oberfläche⁹)
 - D-3 PFOA-Konzentrationen in Grundwasser am Westrand vom Untersuchungsgebiet

Annex E: *Modellprognose zur zukünftigen Entwicklung der PFOA-Konzentrationen im Grundwasser*

Text mit folgenden Anhängen

- E-1: Grundwasserentnahmen der Trinkwasserbrunnen
- E-2: Ergebnisse Simulation 1
- E-2: Ergebnisse Simulation 2
- E-2: Ergebnisse Simulation 3
- E-5: Berechnete PFOA-Verteilung im Grundwasser für das Jahr 2016
- E-6: Berechnete PFOA-Verteilung im Grundwasser für das Jahr 2030
- E-7: Berechnete PFOA-Verteilung im Grundwasser für das Jahr 2060

Annex F: *Ergebnisse Lebensmittel- und Futtermittelüberwachung im Raum Gendorf zwischen 2006 und 2017*

- F-1 Tabellen Analyseergebnisse Lebensmittel, nach Lebensmittel sortiert
- F-2 Tabellen Analyseergebnisse Lebensmittel, chronologisch sortiert
- F-3 Tabellen Analyseergebnisse Futtermittel, chronologisch sortiert

Annex G: *Genehmigte Wassernutzungen*

- G-1 Sonstige Nutzungen (nicht Trinkwasser, nicht Chemiapark GENDORF, nicht Industriegebiet Burghausen) von Grundwasser und Oberflächenwasser von Grundwasser und Oberflächenwasser [Tabelle aus Datenschutzgründen nicht veröffentlicht.]
- G-2 Private Brunnen [tabellarische Übersicht]
- G-3 Nutzung von Grund- und Oberflächenwasser: Privatbrunnen, Quellen und Oberflächengewässer [Lageplan aus Datenschutzgründen nicht veröffentlicht.]

Annex H: *Empfehlung für zukünftige Überwachung*

- H-1 Empfehlung für die zukünftige Grundwasserüberwachung
- H-2 Empfehlung für zukünftiges Bodenmonitoring

Annex I: Messwerte PFOA-Konzentrationen

- I-1 PFOA-Konzentrationen im Grundwasser
- I-2 PFOA-Konzentrationen im Rohwasser der öffentlichen Trinkwasserbrunnen
- I-3 PFOA-Konzentrationen im Wasser von Privatbrunnen
- I-4 PFOA-Konzentrationen im Oberflächengewässer
- I-5 PFOA-Konzentrationen im Boden

ERM has offices across the following countries worldwide

Argentina	New Zealand
Australia	Norway
Belgium	Panama
Brazil	Peru
Canada	Poland
Chile	Portugal
China	Puerto Rico
Colombia	Romania
France	Russia
Germany	Singapore
Hong Kong	South Africa
India	South Korea
Indonesia	Spain
Ireland	Sweden
Italy	Switzerland
Japan	Taiwan
Kazakhstan	Thailand
Kenya	The Netherlands
Malaysia	United Arab Emirates
Mexico	United Kingdom
Mozambique	United States
Myanmar	Vietnam

ERM's Frankfurt Office

Siemensstrasse 9
63263 Neu-Isenburg
Germany

T: +49 6102 206 0
F: +49 6102 206 202

www.erm.com/en/locations/germany