



SPURENSTOFFE IM GRUNDWASSER
UNTERSUCHUNGEN ZUM VORKOMMEN
VON QUECKSILBER UND 30
AUSGEWÄHLTEN ORGANISCHEN
SUBSTANZEN ANTHROPOGENER
HERKUNFT

IMPRESSUM

Medieninhaber und Herausgeber:
BUNDESMINISTERIUM
FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS
Stubenring 1, 1010 Wien
www.bmnt.gv.at

Projektkoordination: Rudolf Philippitsch (BMNT), Johannes Grath (UBA)
Text und Redaktion: Heike Brielmann, Manfred Clara, Sigrid Scharf, Uta Wemhöner, Irene Zieritz (Umweltbundesamt)
Projektmitarbeit: Astrid Draxler (Projektkoordination), Werner Hartl, Sebastian Köppel, Sandra Kulcsar, Wolfgang Moche, Andrea Schuhmann
(Umweltbundesamt)

Lektorat: Maria Deweis (Umweltbundesamt)
Gestaltung: Elisabeth Stadler (Umweltbundesamt)

Bildnachweis/Copyright: Rudolf Philippitsch, BMNT:Titelbild; Umweltbundesamt: S.6; Bernhard Gröger, Umweltbundesamt: S. 10; iStockphoto.com/Olaf
Herschbach: S. 13, Manuela Kaitna, Umweltbundesamt: S. 16; Sarikhani - Fotolia.com: S. 18; Maria Deweis, Umweltbundesamt: S. 21, S.25, S.26, S.27;
Rudolf, Philippitsch, BMNT: S. 31
Gestaltungskonzept: WIEN NORD Werbeagentur

Zitiervorschlag: Brielmann, H., Wemhöner, U., Clara, M., Scharf, S., Grath, J., Zieritz, I., Kulcsar, S., Schuhmann, A., Philippitsch, R. (2018): Spurenstoffe im
Grundwasser – Untersuchungen zum Vorkommen von Quecksilber und 30 ausgewählten organischen Substanzen anthropogener Herkunft. Bundesministerium
für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien.

ZUSAMMENFASSUNG

IM ZUGE DES GZÜV-SONDERMESSPROGRAMMS „Spurenstoffe im Grundwasser“ wurden österreichweit 65 Grundwassermessstellen zweimalig auf ausgewählte prioritäre Stoffe bzw. Stoffgruppen gemäß Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) untersucht.

Ziel des Projektes war es, repräsentative Konzentrationen ausgewählter Spurenstoffe – unter Berücksichtigung der entsprechend notwendigen niedrigen Nachweis- und Bestimmungsgrenzen – in Österreichs Grundwasser zu bestimmen. Die generierten Daten dienen als Eingangsdaten für das Projekt „STOBIMO Spurenstoffe“. Dieses beinhaltet die Stoffbilanzmodellierung für Spurenstoffe auf Einzugsgebietsebenen und zielt darauf ab, die Bedeutung unterschiedlicher Eintragspfade von Spurenstoffen in die Oberflächengewässer herauszuarbeiten.

Überdies sollte im gegenständlichen Projekt festgestellt werden, ob die Ergebnisse Anlass zu weitergehenden Untersuchungen im Grundwasser geben, welche Faktoren Einfluss auf das Auftreten von Spurenstoffen im Grundwasser haben und ob Handlungsbedarf bezüglich der untersuchten Spurenstoffe im Grundwasser besteht.

Aus der Gruppe der anorganischen Spurenstoffe wurde Quecksilber untersucht. An organischen Spurenstoffen wurden per- und polyfluorierte Substanzen (PFAS), Organozinnverbindungen, polybromierte Diphenylether (PBDE) sowie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) analysiert. Etliche dieser Stoffe bzw. Stoffgruppen gelten als langlebig, giftig und können sich in Lebewesen anreichern.

Bei der Messstellenauswahl wurde hinsichtlich des Klimas, der Geologie, der Landnutzung sowie des Grundwasserleitertyps und der Art und Nutzung der Messstelle eine möglichst breite Abdeckung aller Ausprägungen in Österreich angestrebt.

Bei den **polybromierten Diphenylethern (PBDE)** lagen alle Messwerte unter der analytischen Bestimmungsgrenze von 0,00010 µg/l. Mit einem weit verbreiteten, flächendeckenden Auftreten von PBDE-Konzentrationen über dieser Bestimmungsgrenze im Grundwasser ist aufgrund der eingeschränkten Mobilität dieser Stoffgruppe im Untergrund nicht zu rechnen. Weitergehende Untersuchungen erscheinen auf Basis der erhobenen Daten nicht prioritär bzw. sollten auf potenzielle Hotspots wie beispielsweise Grundwassermessstellen im Umfeld von Deponien und Altstandorten konzentriert werden.

Bei den **polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK)** wurden vor allem die im Untergrund relativ mobilen PAK-Verbindungen Naphthalin und Phenanthren auf einem niedrigen Konzentrationsniveau verhältnismäßig häufig nachgewiesen. Die Ursachen dafür konnten nicht eindeutig identifiziert werden. Einfluss von Abwässern bzw. Straßenabwässern sowie eine Grundbelastung aus der atmosphärischen Deposition müssen jedoch zumindest lokal als wahrscheinlich gelten.

Die im Summenparameter der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser „Summe PAK“ zusammengefassten PAK-Verbindungen Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen, Benzo[ghi]perylen, Fluoranthen und Indeno[1,2,3-cd]pyren wurden im Grundwasser nur lokal und vereinzelt und überwiegend mit Konzentrationen < 0,0065 µg/l Summe PAK nachgewiesen. Der Schwellenwert der Qualitätszielverordnung Grundwasser von 0,090 µg/l Summe PAK wurde an allen untersuchten Grundwassermessstellen deutlich unterschritten. Weitergehende Untersuchungen erscheinen auf Basis der erhobenen Daten nicht vordringlich, die periodische Beobachtung von potenziellen Hotspots, wie beispielsweise Grundwassermessstellen mit Beeinflussung durch Abwässer und Straßenabwässer, wird empfohlen.

In Bezug auf die **Organozinnverbindungen** wird festgestellt, dass das Dibutylzinn (DBT)- Kation auf Grundlage der niedrigen Bestimmungsgrenze in etwa zwei Drittel der untersuchten Grundwasserproben nachgewiesen werden konnte. Das Tributylzinn (TBT)-Kation wurde im ersten Probenahmedurchgang in 17% aller Proben, im zweiten Probenahmequartal in 80% der untersuchten Grundwasserproben nachgewiesen, das Monobutylzinn (MBT)-Kation in beiden Durchgängen nur vereinzelt. Diese Stoffe treten damit auf niedrigem Konzentrationsniveau durchaus verbreitet auf.

Die Konzentrationen unterschreiten in 95 % der Fälle 0,0031 µg/l für DBT und 0,00065 µg/l für TBT. Tetrabutylzinn (TeBT)-, Diphenylzinn (DPT)- und Triphenylzinn (TPT)-Verbindungen wurden in keiner der untersuchten Grundwasserproben in Österreich nachgewiesen. Eine Wiederholungsbeobachtung nach einigen Jahren mit Ausrichtung auf potentielle Hotspots wird empfohlen.

Bezüglich der **per- und polyfluorierten Substanzen (PFAS)** liegt auf Basis der erhobenen Daten keine flächendeckende Grundbelastung des Grundwassers vor. Allerdings werden PFAS-Verbindungen in etwas mehr als einem Viertel aller untersuchten Grundwassermessstellen nachgewiesen.

Die häufigsten Positivbefunde von **Perfluorooctansäure (PFOA)** bzw. **Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)** liegen im Konzentrationsbereich unterhalb von 0,0050 µg/l und damit etwa 20-fach niedriger als die für die derzeit überarbeitete Trinkwasserrichtlinie (TWRL) vorgeschlagenen Trinkwasserleitwerte von 0,10 µg/l für PFAS-Einzelverbindungen. Weiterführende Untersuchungen sollten vor allem kurzkettige PFAS-Verbindungen einschließen, da diese zunehmend langkettige PFAS-Verbindungen in industriellen oder gewerblichen Anwendungen ersetzen, potenziell mobiler im Untergrund sind und in vergleichbaren Studien in Gewässern bereits nachgewiesen wurden.

Quecksilber ist in sehr niedrigen Konzentrationen nahezu überall im Grundwasser nachweisbar. 95 % aller Messwerte unterschreiten eine Konzentration von 0,061 µg/l. In Bezug auf die höchsten gemessenen Konzentrationen spielen vor allem geogene Bedingungen und atmosphärische Deposition eine Rolle. Der Grundwasserschwellenwert der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser wurde an allen Messstellen unterschritten. Angesichts des beobachteten Konzentrationsniveaus im Grundwasser wird vorgeschlagen, eine Anpassung der Mindestbestimmungsgrenze der Gewässerzustandsüberwachung auf 0,0010 µg/l in Erwägung zu ziehen, womit sich eine bessere Vergleichbarkeit mit den Analysenwerten der Oberflächengewässer auch auf sehr niedrigem Konzentrationsniveau ergeben würde.

Aufgrund der Messstellenauswahl für die durchgeführten Untersuchungen liegen mit diesem Bericht (z.T. erstmalig) Daten zu den Konzentrationsverteilungen der ausgewählten Spurenstoffe und –stoffgruppen im Grundwasser für Österreich vor. Die Untersuchungen zeigen, dass anorganische und synthetische organische Spurenstoffe oder deren Abbauprodukte, auch wenn deren Verwendung bereits eingeschränkt oder eingestellt wurde, im Grundwasser zum Teil relativ häufig nachweisbar sind. Allerdings zeigen die Untersuchungen auch, dass sich die Nachweise auf einem sehr niedrigen Konzentrationsniveau bewegen. Gesetzliche Anforderungen an die Qualität von Grund- und Trinkwasser werden dabei aber nicht überschritten.

INHALTSVERZEICHNIS

IMPRESSUM.....	2
ZUSAMMENFASSUNG.....	3
1 EINLEITUNG.....	6
2 ZIEL DES VORHABENS.....	9
3 AUSWAHL DER UNTERSUCHTEN SPURENSTOFFE.....	10
3.1 POLYBROMIERTE DIPHENYLETHER (PBDE).....	12
3.2 POLYZYKLISCHE AROMATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE (PAK).....	13
3.3 ORGANOZINNVERBINDUNGEN.....	16
3.4 PER- UND POLYFLUORIERTE SUBSTANZEN (PFAS).....	19
3.5 QUECKSILBER.....	21
4 AUSWAHL DER GRUNDWASSERMESSSTELLEN.....	24
5 PROBENAHE UND ANALYTIK.....	31
5.1 PROBENAHE.....	31
5.1 ANALYTIK.....	33
5.1.1 METHODEN.....	33
5.1.2 QUALITÄTSSICHERNDE MAßNAHMEN.....	33
5.2 DARSTELLUNG DER DATEN.....	34
6 ERGEBNISSE.....	35
6.1 POLYBROMIERTE DIPHENYLETHER (PBDE).....	35
6.2 POLYZYKLISCHE AROMATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE (PAK).....	38
6.3 ORGANOZINNVERBINDUNGEN.....	40
6.4 PER- UND POLYFLUORIERTE SUBSTANZEN (PFAS).....	41
6.5 QUECKSILBER.....	42
6.6 AUFTRETEN VON SPURENSTOFFEN IM GRUNDWASSER – EINFLUSSFAKTOREN.....	43
7 SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	45
8 LITERATUR.....	46
8.1 ALLGEMEIN.....	46
8.2 RECHTLICHE GRUNDLAGEN.....	49
8.2.1 EU-GEMEINSCHAFTSRECHT.....	49
8.2.2 NATIONALES RECHT.....	50
9 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	51
10 GRÖSSENVERGLEICH SPURENSTOFFE.....	52
11 ANHANGSTABELLEN.....	53
12 TABELLENVERZEICHNIS.....	71
13 ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	72

1 EINLEITUNG

ANTHROPOGENE SPURENSTOFFE werden durch menschliche Aktivitäten in die aquatische Umwelt eingetragen. Spurenstoffe werden auch als Mikroschadstoffe oder Mikroverunreinigungen bezeichnet. Sie treten in niedrigen bzw. sehr niedrigen Konzentrationen von Nanogramm (= 1/1.000 µg/l) bis Pikogramm (= 1/1.000.000 µg/l) je Liter auf (siehe auch Anhang 10).

Industrielle Prozesse, landwirtschaftliche Tätigkeiten, aber auch die Erzeugung und Verwendung von Konsumgütern wie beispielsweise von Kosmetika, Wasch-, Pflege- oder Arzneimitteln können zum Eintrag von Stoffen führen, die in der aquatischen Umwelt und im Grundwasser grundsätzlich unerwünscht sind. Grundwasser ist in Österreich die wichtigste Trinkwasserressource. Zudem können derartige Stoffe direkt oder indirekt über das Grundwasser in aquatische Ökosysteme wie Flüsse und Seen gelangen und dort Schäden verursachen. Das bereits weit verbreitete Auftreten vieler Spurenstoffe in der aquatischen Umwelt zeigen europaweite Studien (LOOS et al. 2009, 2010).



Abbildung 1: Landnutzung beeinflusst die Grundwasserqualität

Vom Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT, ehemals BMLFUW) wurde in den letzten Jahren eine Reihe von Untersuchungen beauftragt. Diese zielten vor allem auf die Erhebung von Einleitungen von Spurenschadstoffen in Oberflächengewässer ab, bei denen der Zielzustand nicht erreicht wurde. Gleichzeitig sollten mögliche Maßnahmen zur Verminderung derartiger Einträge abgeleitet werden. Dies umfasste beispielsweise die abgeschlossenen Untersuchungen zum Auftreten von Spurenstoffen in Abläufen von Kläranlagen, in Niederschlagswassereinleitungen aus Trennkanalisationen und in Mischwasserentlastungen sowie in Abflüssen von Verkehrsanlagen (CLARA et al. 2016).

Stoffspezifisch sind neben punktuellen Einleitungen auch andere, diffuse Eintragspfade von großer Relevanz, wie das Projekt „Emissionsabschätzung für prioritäre Stoffe“ gezeigt hat. In diesem Projekt wurde die Bedeutung verschiedener Eintragspfade von prioritären Stoffen für Oberflächengewässer untersucht (TRAUTVETTER et al. 2015). Die Berechnungen verwiesen auf eine möglicherweise erhebliche Bedeutung des Eintragspfades Grundwasser für das Vorkommen von Spurenstoffen in Oberflächengewässern, beruhten jedoch auf einer sehr eingeschränkten Datenbasis. Insbesondere die organischen Spurenstoffe betreffend

liegen bisher nur sehr vereinzelte Untersuchungsergebnisse mit den erforderlichen niedrigen Bestimmungsgrenzen im Grundwasser vor. Diese Wissenslücke soll mit dem gegenständlichen Projekt hinsichtlich ausgewählter prioritärer und prioritär gefährlicher Spurenstoffe geschlossen werden.

WASSERRECHTLICHER RAHMEN

Den wasserrechtlichen Rahmen zum Schutz vor (Spuren-)Schadstoffen in Oberflächengewässern und im Grund- und Trinkwasser bieten die

- Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000/60/EG i.d.g.F.),
- europäische Richtlinie über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik (RL 2008/105/EG i.d.g.F.),
- europäische Richtlinie mit Umweltqualitätsnormen für prioritäre Stoffe (RL 2013/39/EU i.d.g.F.),
- europäische Grundwasserrichtlinie (RL 2006/118/EG i.d.g.F.),
- europäische Trinkwasserrichtlinie (RL 98/83/EG i.d.g.F.) sowie
- entsprechenden nationalen Umsetzungen in Österreich wie
 - die Trinkwasserverordnung (BGBl. II Nr. 304/2001 i.d.g.F.),
 - die Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (BGBl. II Nr. 96/2006 i.d.g.F.) und
 - die Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (BGBl. II Nr. 98/2010 i.d.g.F.)

Von besonderer Bedeutung in den gesetzlichen Regelungen sind dabei die Stoffe, von denen ein besonders hohes Risiko für die Umwelt und den Menschen ausgeht. Der Eintrag dieser sogenannten **prioritären** und **prioritär gefährlichen** Stoffe in die aquatische Umwelt ist zu verringern oder zu beseitigen (WRRL 2000/60/EG i.d.g.F, Art. 16). Die Liste der prioritären Stoffe für Oberflächengewässer, welche in regelmäßigen Abständen überarbeitet wird, enthält derzeit insgesamt 45 Stoffe bzw. Stoffgruppen, für die Immissionsgrenzwerte – also Umweltqualitätsnormen – festgelegt sind (RL 2013/39/EU i.d.g.F). In der Liste der prioritären Stoffe sind die **prioritär gefährlichen Stoffe** noch einmal besonders hervorgehoben. Hierunter fallen sogenannte **PBT-Stoffe**, die

- persistent (= schwer abbaubar und langandauernd in der Umwelt verbleibend) (P),
- bioakkumulierend (= sich in Mensch, Tier oder Pflanzen anreichernd) (B) und
- toxisch (für Mensch, Tier oder Pflanzen gesundheitsschädlich oder giftig) (T)

sind oder vergleichbaren Anlass zur Besorgnis geben. Die Einleitungen und Emissionen dieser PBT-Stoffe sollen innerhalb eines bestimmten Zeitraums ganz eingestellt werden, sodass sie langfristig nicht mehr in Gewässern auftreten.

Für die Priorisierung von neu aufkommenden, möglicherweise prioritären, Schadstoffen ist mit der **Schadstoffüberwachungsliste** („watch list“, RL 2013/39/EU i.d.g.F. (16, 27)) ein Mechanismus zur Erhebung von Monitoringdaten in Oberflächengewässern geschaffen worden.

Für das Grundwasser existiert eine derartige Vorgangsweise derzeit nicht. Daher soll im Rahmen der gemeinsamen Umsetzungsstrategie zur EU-WRRL eine **freiwillige Schadstoffüberwachungsliste** („watch list“) für Grundwasser erstellt werden (siehe auch BMNT 2018).

Mit der **Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer** sind für prioritäre und prioritär gefährliche Substanzen sowie andere national relevante Stoffe Grenz- bzw. Richtwerte für einen guten Gewässerzustand vorgegeben. Zum Teil existieren für diese Stoffe auch Schwellenwerte für das Grundwasser entsprechend **Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser**. Diese Stoffe werden im Rahmen der Messprogramme der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV, BGBl II 479/2006 i.d.g.F.) laufend beobachtet. Neu auftretende Schadstoffe werden im Zuge von Sondermessprogrammen schwerpunktmäßig untersucht und in Bezug auf das Grundwasser bei Notwendigkeit in weiterer Folge in das reguläre Monitoring integriert.

2 ZIEL DES VORHABENS

AUF BASIS DES GEGENSTÄNDLICHEN SONDERMESSPROGRAMMS der Gewässerzustandsüberwachung zur Erhebung von Spurenstoffen im Grundwasser sollte geprüft werden, ob die ausgewählten prioritären bzw. prioritär gefährlichen Stoffe (entsprechend WRRL) im Grundwasser in Österreich auf Grundlage der gewählten niedrigen Bestimmungsgrenzen nachweisbar sind, wie weit verbreitet sie sind und in welchen Konzentrationsbereichen sie vorliegen.

Ein weiteres Ziel war die Ermittlung repräsentativer Konzentrationen der ausgewählten Spurenstoffe im Grundwasser in Österreich, um eine präzisere Emissionsmodellierung von Spurenstoffen in Oberflächengewässern zu ermöglichen.

Überdies sollten auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Sind im Grundwasser in Österreich Spurenstoffe über den gewählten Bestimmungs- und Nachweisgrenzen nachweisbar und wenn ja – wie weit verbreitet sind die einzelnen Spurenstoffe und in welchen Konzentrationsbereichen liegen sie vor?
- Haben bestimmte Faktoren, wie die geologische Situation, der Grundwasserleitertyp, die Landnutzung oder die Messstellenart, Einfluss auf das Auftreten von Spurenstoffen?
- Geben die Ergebnisse Anlass zu weitergehenden Untersuchungen bzw. Monitoring-Aktivitäten?
- Besteht Handlungsbedarf in Bezug auf die untersuchten Spurenstoffe im Grundwasser?

3 AUSWAHL DER UNTERSUCHTEN SPURENSTOFFE

DIE AUSWAHL DER UNTERSUCHTEN SPURENSTOFFE erfolgte in Anlehnung an das Projekt „STOBIMO Spurenstoffe“ (Modellierung von Emissionsfrachten, Immissionsfrachten und -konzentrationen für ausgewählte Spurenstoffe auf Basis von Teileinzugsgebieten von Oberflächengewässern) und berücksichtigte insbesondere ubiquitäre (= verbreitet auftretende), persistente (= langlebige), bioakkumulierende (= in Organismen anreichernde) und toxische (= giftige) Stoffe, die sogenannten uPBT-Stoffe.

Untersucht wurden ausgewählte anorganische und organische Stoffe bzw. Stoffgruppen mit unterschiedlichem Umweltverhalten und unterschiedlichen Eintragspfaden. Als anorganischer Spurenstoff wurde Quecksilber analysiert, unter den organischen Spurenstoffen per- und polyfluorierte Substanzen (PFAS), Organozinnverbindungen, polybromierte Diphenylether (PBDE) sowie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK).

Die detaillierte Stoffliste mit den für die Erhebungen erforderlichen niedrigen Bestimmungsgrenzen ist in Tabelle 1 dargestellt.



Abbildung 2: Spurenstoffanalytik im Labor

TABELLE 1: LISTE DER UNTERSUCHTEN STOFFE UND IHRE ERFORDERLICHEN BESTIMMUNGSGRENZEN

Parametergruppe und -name	Kürzel	Formel	CAS-Nr. ¹	BG ² in µg/l
POLYBROMIERTE DIPHENYLETHER (PBDE)				
2,4,4'-Tribromdiphenylether	PBDE-28	C ₁₂ H ₇ Br ₃ O	41318-75-6	0,00010
2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether	PBDE-47	C ₁₂ H ₆ Br ₄ O	5436-43-1	0,00010
2,2',4,4',5-Pentabromdiphenyl ether	PBDE-99	C ₁₂ H ₅ Br ₅ O	60348-60-9	0,00010
2,2',4,4',6-Pentabromdiphenylether	PBDE-100	C ₁₂ H ₅ Br ₅ O	189084-64-8	0,00010
2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylether	PBDE-153	C ₁₂ H ₄ Br ₆ O	68631-49-2	0,00010
2,2',4,4',5,6'-Hexabromdiphenylether	PBDE-154	C ₁₂ H ₄ Br ₆ O	207122-15-4	0,00010
POLYZYKLISCHE AROMATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE (PAK)				
Acenaphthen		C ₁₂ H ₁₀	83-32-9	0,00050
Acenaphthylen		C ₁₂ H ₈	208-96-8	0,0015
Anthracen		C ₁₄ H ₁₀	120-12-7	0,0010
Benzo[a]anthracen		C ₁₈ H ₁₂	56-55-3	0,0012
Benzo[a]pyren		C ₂₀ H ₁₂	50-32-8	0,0010
Benzo[b]fluoranthen		C ₂₀ H ₁₂	205-99-2	0,0011
Benzo[g,h,i]perylene		C ₂₂ H ₁₂	191-24-2	0,0015
Benzo[k]fluoranthen		C ₂₀ H ₁₂	207-08-9	0,0011
Chrysen		C ₁₈ H ₁₂	218-01-9	0,0010
Dibenzo[a,h]anthracen		C ₂₂ H ₁₄	53-70-3	0,0012
Fluoranthen		C ₁₆ H ₁₀	206-44-0	0,0010
Fluoren		C ₁₃ H ₁₀	86-73-7	0,00050
Indeno[1,2,3-cd]pyren		C ₂₂ H ₁₂	193-39-5	0,0015
Naphthalin		C ₁₀ H ₈	91-20-3	0,0020
Phenanthren		C ₁₄ H ₁₀	85-01-8	0,00050
Pyren		C ₁₆ H ₁₀	129-00-0	0,00050
ORGANOZINNVERBINDUNGEN				
Monobutylzinn-Kation	MBT	C ₄ H ₉ Sn	78763-54-9	0,0080
Dibutylzinn-Kation	DBT	C ₈ H ₂₀ Sn	1002-53-5	0,00020
Tributylzinn-Kation	TBT	C ₁₂ H ₂₈ Sn	56573-85-4	0,00020
Tetrabutylzinn-Kation	TeBT	C ₁₆ H ₃₆ Sn	1461-25-2	0,00020
Diphenylzinn-Kation	DPT	C ₁₂ H ₁₀ C ₁₂ Sn	1135-99-5	0,00020
Triphenylzinn-Kation	TPT	C ₁₈ H ₁₅ Sn	668-34-8	0,00020
PER- UND POLYFLUORIERTE SUBSTANZEN (PFAS)				
Perfluorooctansulfonsäure	PFOS	C ₈ HF ₁₇ O ₃ S	1763-23-1	0,0010
Perfluorooctansäure	PFOA	C ₈ HF ₁₅ O ₂	335-67-1	0,0010
METALLE, GELÖST				
Quecksilber		Hg	7439-97-6	0,0010

1 CAS-Registrierungsnummer, internationaler Bezeichnungsstandard für chemische Stoffe

2 Bestimmungsgrenze = Quantifizierungsgrenze

3.1 POLYBROMIERTE DIPHENYLETHER (PBDE)

Polybromierte Diphenylether (PBDE) sind bromhaltige organische Chemikalien, die in großem Ausmaß als Flammschutzmittel in Kunststoffen und Textilien eingesetzt wurden, um eine mögliche Brandentwicklung zu verlangsamen. Sie werden unter anderem mit Luftströmungen verlagert und lassen sich mittlerweile weltweit in verschiedensten Umweltkompartimenten (Luft, Boden, Sedimente, Tiere, Menschen, Pflanzen, Gewässer) nachweisen. PBDEs zählen zu den persistenten organischen Schadstoffen (POPs, persistent organic pollutants).

In die Umwelt gelangen sie vor allem durch Verflüchtigung oder Abrieb aus entsprechenden Kunststoffprodukten wie beispielsweise Computern, Fernsehern, Autobestandteilen, Möbeln, Matratzen, Dämmstoffen, Farben, Tapeten oder Bodenbelägen. Auch die Herstellung, Ablagerung oder das Recycling entsprechender Produkte kann zu PBDE-Positivbefunden in der Umwelt führen. Dies ist vor allem ein Problem in vielen asiatischen Ländern (BESIS & SAMARA 2012). Potenzielle Eintragsquellen in das Grundwasser sind hauptsächlich atmosphärische Deposition, Abwässer, Gülle und Klärschlamm (LEVISON et al. 2012). In Deponiesickerwässern, Flusssedimenten und Klärschlämmen sind PBDEs bereits nachgewiesen worden (ODUSANYA et al. 2009). Die Möglichkeit, dass diese Substanzen auch ins Grundwasser infiltrieren ist damit gegeben, auch wenn die Datenlage dazu derzeit noch begrenzt ist.

Insgesamt umfasst die Stoffgruppe der polybromierten Diphenylether über 200 verschiedene Einzelverbindungen, die auch als Kongenere bezeichnet werden. Weite Verbreitung als Flammschutzmittel erreichte beispielsweise das Stoffgemisch PentaBDE, das aus 6 verschiedenen Kongeneren (PBDE-28, -47, -99, -100, -153, -154) besteht, von denen PBDE-47 und PBDE-99 den größten Mengenanteil ausmachen.

Kommerzielle PBDE-Gemische reichern sich in der Umwelt an, sind persistent und toxisch und wurden mit der europäischen Richtlinie 2003/11/EG wegen der Gefährdung der Umwelt und zum vorbeugenden Schutz gestillter Säuglinge verboten. DecaBDE-Anwendungen werden im Rahmen der REACH-Verordnung (1907/2006/EG, Annex XVII) ab dem 2. März 2019 stark eingeschränkt. Vier PBDE-Produkte sind Bestandteil der POP-Verordnung über persistente organische Schadstoffe (850/2004/EG). Damit müssen Maßnahmen zur Einstellung der Produktion und Verwendung dieser Stoffe getroffen werden. Laut Chemikalienverbots-Verordnung (Chem-VerbotsV 2003, BGBl. II Nr. 477/2003 idgF) sind das Inverkehrsetzen und die Verwendung von Diphenylether-Pentabromderivat (CAS 32534-81-9) und Diphenylether-Oktabromderivat (CAS 32536-52-0) als Stoffe oder Bestandteile von Stoffen und Zubereitungen in einer Konzentration von $\geq 0,1$ Masseprozent verboten.

Im Bereich des Wasserrechts sind bromierte Diphenylether als **prioritäre** Stoffe eingestuft, Tetra-, Penta-, Hexa- und Heptabromdiphenylether darüber hinaus als **prioritär gefährliche** Stoffe (RL 2013/39/EU i.d.g.F), entsprechende Umweltqualitätsziele für Oberflächengewässer sind definiert. In Österreich beträgt die zulässige Höchstkonzentration für bromierte Diphenylether (Summe der Kongenere PBDE-28, -47, -99, -100, -153, -154) in Oberflächengewässern $0,14 \mu\text{g/l}$. Die Umweltqualitätsnorm für Biota (Fische) in Oberflächengewässern beträgt $0,0085 \mu\text{g/kg}$ Nassgewicht.

Im Gegensatz zu den Oberflächengewässern sind Richtwerte bzw. Grenzwerte für das Grund- und Trinkwasser derzeit rechtlich noch nicht festgelegt worden.

TABELLE 2: UMWELTQUALITÄTSNORMEN, RICHT- UND GRENZWERTE FÜR POLYBROMIERTE DIPHENYLETHER

Parameter	Oberflächengewässer			Grundwasser	Trinkwasser
	JD-UQN ¹ [µg/l]	ZHK-UQN ² [µg/l]	UQN Biota ³ [µg/kg Nassgewicht]	SW ⁴ [µg/l]	PW ⁵ [µg/l]
Summe PBDE ⁶	-	0,14	0,0085	-	-

- 1 Jahresdurchschnitt-Umweltqualitätsnorm entsprechend QZV Chemie Oberflächengewässer
- 2 Zulässige Höchstkonzentration-Umweltqualitätsnorm für Binnenoberflächengewässer entsprechend QZV Chemie Oberflächengewässer
- 3 Umweltqualitätsnorm Biota entsprechend QZV Chemie Oberflächengewässer
- 4 Schwellenwert entsprechend QZV Chemie Grundwasser
- 5 Parameterwert entsprechend Trinkwasserverordnung
- 6 Die Umweltqualitätsnorm bezieht sich auf die technische Mischung des Pentabromdiphenylethers und damit auf die Summe der sechs Kongenere: PBDE-28, PBDE-47, PBDE-99, PBDE-100, PBDE-153, PBDE-154.



Abbildung 3: Computerabfälle sind eine mögliche Quelle von polybromierten Diphenylethern in der Umwelt

3.2 POLYZYKLISCHE AROMATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE (PAK)

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sind Verbindungen, die aus zwei bis sieben miteinander verbundenen Ringen von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen (Benzolringen) aufgebaut sind (SROGI 2007). PAK sind in Wasser gering, in Fetten und Ölen aber gut löslich. Sie entstehen durch unvollständige Verbrennung organischen Materials, wie beispielsweise von Holz, Kohle oder Öl. In die Umwelt gelangen sie durch Verkehr, Tabakrauch, Hausbrand, Industrieprozesse oder Müllverbrennung, aber auch durch natürliche Prozesse wie Waldbrände oder Vulkanausbrüche. Auch viele Konsumgüter, wie beispielsweise Fahrradgriffe, Sportartikel, Badeschuhe oder Autoreifen, können diese Verbindungen wegen des Zusatzes PAK-haltiger Weichmacheröle zu Gummis und Kunststoffen enthalten.

Etliche PAK haben krebserregende, erbgutverändernde und/oder fortpflanzungsgefährdende Eigenschaften. Einige PAK-Verbindungen sind persistent, bioakkumulierend und giftig für Menschen und andere Organismen. Da PAK-Verbindungen in der Regel als veränderliche Stoffgemische auftreten, werden häufig bestimmte Leitsubstanzen analysiert, um Belastungen zu überprüfen. Üblicherweise sind das die von der Amerikanischen Bundesumweltbehörde US-EPA (US Environmental Protection Agency) 1977 in einer Liste zusammengefassten 16 sogenannten EPA-PAK.

Die Liste der 16 EPA-PAK umfasst folgende Verbindungen: Acenaphthen, Acenaphthylen, Anthracen, Benzo[a]anthracen, Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[g,h,i]perylen, Benzo[k]fluoranthren, Chrysen, Dibenz[a,h]anthracen, Fluoranthren, Fluoren, Indeno[1,2,3-cd]pyren, Naphthalin, Phenanthren und Pyren.

In den Wasserkreislauf gelangen PAK aufgrund der aus Verbrennungsprozessen resultierenden atmosphärischen Belastung überwiegend mittels Deposition, aber auch durch Siedlungs- und Industrieabwässer sowie durch Öl- und Gasschadensfälle (SROGI 2007). Ebenso können Reifenabrieb und PAK-haltige Asphalte Eintragsquellen in den Wasserkreislauf darstellen.

Nach der Chemikalienverbots-Verordnung 2003 ist das Inverkehrsetzen und die Verwendung von Weichmacherölen für die Herstellung von Reifen oder Reifenbestandteilen verboten, wenn der PAK Benzo[a]pyren in Konzentrationen von mehr als 1 mg/kg enthalten ist oder der Gehalt an der Summe der PAK-Verbindungen Benzo[a]pyren, Benzo[e]pyren, Benzo[a]anthracen, Chrysen, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[j]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren und Dibenz[a,h]anthracen mehr als 10 mg/kg beträgt. Zudem sind Wurfscheiben (Tontauben, Wurftauben), die einen Anteil an PAK über 10 mg/kg Trockensubstanz enthalten, verboten.

Bestimmte PAK sind nach der REACH-Verordnung (Verordnung 1907/2006/EG) beschränkt. Weichmacheröle dürfen nicht für die Reifen- oder Reifenteileherstellung in Verkehr gebracht werden, wenn sie mehr als 1 mg/kg Benzo[a]pyren oder zusammengenommen mehr als 10 mg/kg bestimmter definierter PAK enthalten. Diese Grenzwerte gelten als eingehalten, wenn der PAK-Extrakt weniger als drei Massenprozent beträgt. Zudem dürfen nach der Änderung der REACH-Verordnung (Verordnung 1272/2013/EU) keine Erzeugnisse für die allgemeine Öffentlichkeit in Verkehr gebracht werden, wenn einer ihrer Gummi- oder Kunststoffbestandteile in Kontakt mit der Haut oder der Mundhöhle kommt und mehr als 0,0001 Massenprozent eines der definierten PAK enthält. Zu diesen Erzeugnissen zählen u.a. Sportgeräte, Haushaltsgeräte, Werkzeuge für den Privatgebrauch, Bekleidung, Schuhe, Handschuhe, Armbänder und Masken. Für Spielzeug und Artikel für Säuglinge und Kleinkinder gilt außerdem ein Grenzwert von 0,00005 Massenprozent. Benzo[a]pyren ist außerdem unter der REACH-Verordnung (Artikel 59, Anhang 10) als besonders besorgniserregender Stoff (SVHC-Stoff) identifiziert und gelistet. Es gilt die Informationspflicht.

Im Grundwasser werden vor allem niedermolekulare PAK-Verbindungen mit vier oder weniger Ringen gefunden. Eine besonders hohe Mobilität im Boden und im Grundwasser weist Naphthalin auf. PAK-Verbindungen werden überwiegend im Zusammenhang mit Schadensfällen oder Altlasten im Grundwasser analysiert.

Acht PAK – darunter das besonders giftige Benzo[a]pyren – sind im Rahmen der REACH-Verordnung (1272/2013/EU) wie oben beschrieben gesetzlich geregelt. Ihre Verwendung ist stark eingeschränkt, da es sich um krebserregende, erbgutverändernde und/oder fortpflanzungsgefährdende Stoffe handelt. Diese acht PAK (Anthracen, Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[g,h,i]perylen, Benzo[k]fluoranthren, Fluoranthren, Indeno[1,2,3-cd]pyren und Naphthalin) sind in der EG-Wasserrahmenrichtlinie als **prioritäre Stoffe** eingestuft. Fünf der PAK-Verbindungen gelten als **prioritär gefährlich**: Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[g,h,i]perylen, Benzo[k]fluoranthren, Indeno[1,2,3-

cd]pyren, Phenanthren und Pyren (RL 2000/60/EG, RL 2013/39/EU i.d.g.F). Entsprechende Umweltqualitätsziele für Oberflächengewässer sind definiert. Die Umweltqualitätsnorm für das besonders giftige und als Marker heranzuziehende Benzo[a]pyren beträgt 0,00017 µg/l als Jahresdurchschnittswert und 0,27 µg/l als zulässige Höchstkonzentration sowie 5,0 µg/kg Nassgewicht für Biota (QZV Chemie Oberflächengewässer).

Im Grundwasser darf die Summe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe mit den Referenzstoffen Benzo[a]pyren, Fluoranthen, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen, Benzo[g,h,i]perylen und Indeno[1,2,3-cd]pyren den Schwellenwert von 0,09 µg/l nicht überschreiten (QZV Chemie Grundwasser).

Im Trinkwasser darf die Summe der Konzentrationen von Benzo[b]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen, Benzo[g,h,i]perylen und Indeno[1,2,3-cd]pyren den Parameterwert von 0,10 µg/l nicht überschreiten.

TABELLE 3: UMWELTQUALITÄTSNORMEN, RICHT- UND GRENZWERTE FÜR DIE GESETZLICH GEREGLTEN POLYZYKLISCHEN AROMATISCHEN KOHLENWASSERSTOFFE

Parameter	Oberflächengewässer			Grundwasser	Trinkwasser
	JD-UQN ¹ [µg/l]	ZHK-UQN ² [µg/l]	UQN Biota ³ [µg/kg Nassgewicht]	SW ⁴ [µg/l]	PW ⁵ [µg/l]
Anthracen	0,1	0,1	-	-	-
Fluoranthen	0,0063	0,12	30	-	-
Naphthalin	2	130	-	-	-
Benzo[a]pyren	0,00017	0,27	5	-	-
Benzo[b]fluoranthen	⁸⁾	0,017	⁸⁾	-	-
Benzo[k]fluoranthen	⁸⁾	0,017	⁸⁾	-	-
Benzo[g,h,i]-perylen	⁸⁾	0,0082	⁸⁾	-	-
Indeno[1,2,3-c,d]pyren	⁸⁾	n. a.	⁸⁾	-	-
Summe 6 PAK⁶	-	-	-	0,09	
Summe 4 PAK⁷	-	-	-		0,10

- 1 Jahresdurchschnitt-Umweltqualitätsnorm entsprechend QZV Chemie Oberflächengewässer
- 2 Zulässige Höchstkonzentration-Umweltqualitätsnorm QZV Chemie Oberflächengewässer
- 3 Umweltqualitätsnorm Biota entsprechend QZV Chemie Oberflächengewässer
- 4 Schwellenwert entsprechend QZV Chemie Grundwasser
- 5 Parameterwert entsprechend Trinkwasserverordnung
- 6 Der Schwellenwert bezieht sich auf die Summe der sechs Referenzstoffe: Benzo[a]pyren, Fluoranthen, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen, Benzo[g,h,i]perylen, Indeno[1,2,3-cd]pyren.
- 7 Der Parameterwert bezieht sich auf die Summe der vier Referenzstoffe: Benzo[b]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen, Benzo[g,h,i]perylen, Indeno[1,2,3-cd]pyren.
- 8 Biota-UQN und JD-UQN beziehen sich für diese PAK auf Benzo[a]pyren, auf dessen Toxizität diese beruhen. Daher ist zum Vergleich mit der Biota-UQN und der entsprechenden JD-UQN in Wasser nur Benzo[a]pyren zu überwachen.



Abbildung 4: Autoabgase sind eine mögliche Quelle von PAK in der Umwelt

3.3 ORGANOZINNVERBINDUNGEN

Der Begriff ist eine Sammelbezeichnung für metallorganische Verbindungen mit einer oder mehreren Zinn-Kohlenstoff-Bindungen. Mehr als 800 Organozinnverbindungen sind bekannt (HOCH 2001).

Organozinnverbindungen finden weit verbreitete Anwendung als Kunststoffstabilisatoren in der PVC-Herstellung (Anteil von etwa 76 %, vor allem Dibutylzinn – DBT). Ferner wurden oder werden sie als Biozide (~10 %) in Holzschutzmitteln und Schiffsanstrichen (vor allem Tributylzinn – TBT) sowie in Schädlingbekämpfungsmitteln und zur Bekämpfung von Pilzen und Insekten, beispielsweise in Textilien und anderen Bedarfsgegenständen, eingesetzt. Weitere Anwendung finden sie als chemische Katalysatoren bei der Herstellung von Polyurethanen und Silikonen (~5 %) und als Vorläufersubstanz in der Glasbeschichtung (hauptsächlich Monobutylzinn – MBT). Phenylzinnverbindungen, wie beispielsweise Triphenylzinn (TPT), wurden vorwiegend in Pflanzenschutzmitteln (~8 %) eingesetzt (EVISA 2009).

Im gegenständlichen Projekt wurden die folgenden sechs Organozinnverbindungen untersucht:

- **Tributylzinn (TBT):** wurde früher als Biozid in Schiffsanstrichen (Antifouling-Anstrich) und Holzschutzmitteln eingesetzt sowie zur bioziden Ausrüstung von Schwergeweben (Lkw-Planen, Zelte, Markisen). In Österreich ist es seit dem Jahr 1990 verboten, Anstriche, die zinnorganische Verbindungen enthalten, herzustellen, in Verkehr zu setzen oder zu verwenden (Verordnung über das Verbot bestimmter gefährlicher Stoffe in Unterwasser-Anstrichmitteln (Antifouling); BGBl.Nr. 577/1990).
- **Dibutylzinn (DBT):** ist unter anderem ein Abbau- und Nebenprodukt von TBT, tritt aber hauptsächlich im Zusammenhang mit der Produktion, Verarbeitung und Anwendung von Kunststoffen auf.

- **Monobutylzinn (MBT):** ist auch ein Abbauprodukt von TBT sowie dient als chemischer Katalysator und Vorläufersubstanz in der Glasbeschichtung.
- **Tetrabutylzinn (TeBT):** ist ein Vorprodukt bei der Herstellung von Mono- und Dibutylzinnverbindungen.
- **Diphenylzinn (DPT)**
- **Triphenylzinn (TPT):** ist ein Fungizid in Pflanzenschutzmitteln.

Organozinnverbindungen sind unter Umweltbedingungen thermisch stabil und verzeichnen nur geringes Abbaupotenzial. Sie akkumulieren im Fettgewebe und sind zum Teil hormonaktiv (= endokrine Disruptoren). Sie wirken im Menschen außerdem giftig auf Nieren, Leber und das zentrale Nervensystem, beeinflussen die Schilddrüsenaktivität und können Übergewicht verursachen. In aquatischen Ökosystemen wirkt vor allem TBT hoch giftig auf Algen, Zooplankton, Mollusken und Fischlarven. Auch DBT und MBT gelten als Umweltschadstoffe, ebenso wie TPT, welches hormonaktiv (androgen) auf Schnecken wirkt (HOCH 2001).

In Österreich liegen die Konzentrationen von Tributyl- und Triphenylverbindungen in Fließgewässern überwiegend im Bereich $< 0,010 \mu\text{g/l}$ (UMWELTBUNDESAMT 2002). In geringen Konzentrationen wurden Tributylzinn und Dibutylzinn auch in zwei Stichproben im Grundwasser nachgewiesen (CLARA et al. 2014). In Frankreich wiesen LOPEZ et al. (2015) in weniger als 3 % von 954 untersuchten Grundwasserproben DBT nach und in weniger als 2 % MBT. TBT wurde ebenfalls untersucht, aber im Grundwasser nicht nachgewiesen.

Potenzielle Ursachen für den Eintrag von Organozinnverbindungen in das Grundwasser sind der

- Messstellenausbau mit PVC-Materialien,
- die Beeinflussung der Grundwassermessstellen durch Uferfiltrat,
- Deponien und Altablagerungen,
- Flughäfen und Feuerwehrstandorte,
- Industriestandorte oder
- urbane Abwässer.

In der EU ist der Einsatz von zinnorganischen Verbindungen in der Landwirtschaft als Fungizide seit 1998 (Biozid-Richtlinie 98/8/EG) und als Algizide und Molluskizide in Schiffsanstrichen seit 2003 (Verordnung 782/2003/EG) verboten. DBT- and TBT-Anwendungen sind im Rahmen der REACH-VO (Verordnung 1907/2006/EG, Annex XVII) stark eingeschränkt worden. Nach Artikel 59 Anhang 10 der REACH-Verordnung sind die zinnorganischen Verbindungen Dibutylzindichlorid und Bis(tributylzinn)oxid als besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC) auf der Kandidatenliste angeführt und unterliegen der Informationspflicht. Mit der Entscheidung der europäischen Kommission von 2009 ist zudem das Inverkehrbringen von zinnorganischen Verbindungen schrittweise stark zurückgenommen worden (Entscheidung 2009/425/EG).

Im Bereich des Wasserrechts sind Tributylzinnverbindungen als prioritär gefährliche Stoffe eingestuft (RL 2013/39/EU i.d.g.F), entsprechende Umweltqualitätsziele sind in der Qualitätszielverordnung für Oberflächengewässer definiert. Die zulässige Höchstkonzentration für Tributylzinnverbindungen in

Oberflächengewässern beträgt 0,0015 µg/l, die Jahresdurchschnitt-UQN beträgt 0,00020 µg/l. Richtwerte bzw. Grenzwerte für das Grund- und Trinkwasser existieren auch für diese Substanzen derzeit nicht.

TABELLE 4: UMWELTQUALITÄTSNORMEN, RICHT- UND GRENZWERTE FÜR ORGANOZINNVERBINDUNGEN

Parameter	Oberflächengewässer			Grundwasser	Trinkwasser
	JD-UQN ¹ [µg/l]	ZHK-UQN ² [µg/l]	UQN Biota ³ [µg/kg Nassgewicht]	SW ⁴ [µg/l]	PW ⁵ [µg/l]
Tributylzinn-Kation	0,0002	0,0015	-	-	-
Dibutylzinn-Kation	0,01	-	-	-	-

- 1 Jahresdurchschnitt-Umweltqualitätsnorm entsprechend QZV Chemie Oberflächengewässer
- 2 Zulässige Höchstkonzentration-Umweltqualitätsnorm QZV Chemie Oberflächengewässer
- 3 Umweltqualitätsnorm Biota entsprechend QZV Chemie Oberflächengewässer
- 4 Schwellenwert entsprechend QZV Chemie Grundwasser
- 5 Parameterwert entsprechend Trinkwasserverordnung



Abbildung 5: Ältere Kunststoffe sind eine mögliche Quelle von Organozinnverbindungen in der Umwelt

3.4 PER- UND POLYFLUORIERTE SUBSTANZEN (PFAS)

Per- und polyfluorierte Substanzen (PFAS) sind organische Fluorverbindungen, bei denen die Wasserstoffatome vollständig (perfluoriert) oder teilweise (polyfluoriert) durch Fluoratome ersetzt sind (OECD 2013, BUCK et al. 2011). Die per- und polyfluorierten Verbindungen werden in **polymere** und **nichtpolymere PFAS** unterschieden, die wiederum gemäß ihrer funktionalen Gruppen weiter unterteilt werden.

Die im gegenständlichen Projekt als Leitsubstanzen untersuchten Stoffe **Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)** und **Perfluorooctansäure (PFOA)** gehören dabei zu den nichtpolymeren **perfluorierten Alkylcarbonsäuren** (zum Beispiel PFOA) und nichtpolymeren **perfluorierten Alkylsulfonsäuren** (zum Beispiel PFOS). Eine detaillierte Systematik findet sich in OECD (2013).

PFAS weisen einzigartige Eigenschaften auf. Sie sind oberflächenaktiv und kommen deshalb in einer Vielzahl von industriellen Produkten und Konsumgütern zur Anwendung, wie beispielsweise in Farben, Leder- und Textilbeschichtungen, (Outdoor-)Kleidung, Schuhen, Teppichen, Verpackungen, Skiwachs, Boden- und Autopflegemitteln, Hydraulikflüssigkeiten oder als Antischleiermitteln bei der Hartverchromung, in Korrosionsschutzmitteln und in Feuerlöschschäumen. Eine detaillierte Aufstellung von Anwendungsbereichen findet sich im Bericht der schwedischen Chemikalienbehörde (SWEDISH CHEMICALS AGENCY 2015).

Per- und polyfluorierte Stoffe sind außerordentlich stabil und langlebig (= persistent) und in der Umwelt weit verbreitet nachweisbar. Im europäischen Grundwasser konnten PFOA in 66 % aller Proben und PFOS in 48 % aller Proben nachgewiesen werden (LOOS et al. 2010). Eine schwedische Studie, in der insgesamt 26 verschiedene PFAS untersucht wurden, fand in 79 % aller untersuchten Trinkwasserproben mindestens eine dieser Substanzen über der Bestimmungsgrenze (SLU 2016). Die insgesamt höchsten PFAS-Konzentrationen wurden in der gleichen Studie allerdings in Deponiesickerwässern nachgewiesen. In Frankreich fanden LOPEZ et al. (2015) PFOS und PFOA vor allem in von Siedlungs-, Gewerbe- und Industriegebieten geprägten Grundwässern (in 46 % bzw. 26 % aller urban geprägten Proben). In der Schweiz wurden in 21 von 49 beprobten Messstellen des nationalen Grundwassermonitorings PFAS-Substanzen nachgewiesen, in den meisten Fällen mit Konzentrationen unterhalb 0,01 µg/l. Eine Hauptursache für das Auffinden von PFAS-Verbindungen im Grundwasser schien dabei die Beeinflussung der Grundwässer durch Uferfiltrat zu sein (REINHARDT et al. 2010).

Zwar bedeutet das Auffinden derartiger Spurenstoffe per se noch keine Gesundheitsgefährdung oder Gefährdung von Ökosystemen, es zeigt jedoch deren weitreichende Verbreitung. Mit dem Eintrag von PFAS ins Grundwasser ist vor allem durch punktuelle Verunreinigungen (Abwasser, Deponiesickerwässer, Einsatz von Feuerlöschschäumen) oder im Zusammenhang mit Uferfiltration zu rechnen.

PFOS kann sich in der Nahrungskette anreichern. PFOS und PFOA verbleiben nach der Aufnahme lange im menschlichen Organismus. Beide Stoffe besitzen im Tierversuch lebertoxische, krebserregende und reproduktionstoxische Eigenschaften (VIERKE et al. 2012). PFOS und PFOA sind sehr langlebig, unter Umweltbedingungen findet kein oder nur ein sehr geringer abiotischer oder biotischer Abbau dieser Substanzen statt (VIERKE et al. 2012).

Perfluorooctansulfonsäure sowie deren Salze und Vorläuferverbindungen sind unter der europäischen Chemikalienverordnung REACH als „besonders besorgniserregende Stoffe“ (SVHC, **substances of very high concern**) klassifiziert. Ihre Anwendung wurde 2008 EU-weit untersagt und im Jahr 2009 wurde PFOS der Substanzliste des Stockholm-Übereinkommens zu persistenten organischen Schadstoffen (**persistent**

organic pollutant, POP-Konvention, Annex B, UNEP 2004) hinzugefügt. Damit müssen Maßnahmen zur Einschränkung der Produktion und Verwendung dieses Stoffes getroffen werden.

Die Herstellung, Verwendung und das Inverkehrbringen von Perfluorooctansäure sowie deren Salzen und Vorläuferverbindungen sind seit 2017 ebenfalls unter REACH geregelt, die Beschränkungen zur Verwendung in Imprägniersprays, Textilien und Lebensmittelverpackungen treten voraussichtlich in drei Jahren in Kraft. PFOA ist zudem derzeit ein Kandidat für die Liste der POP-Substanzen. Weitere PFAS-Verbindungen sind derzeit im Risikomanagement unter REACH in Bearbeitung.

Laut Chemikalienverbotsverordnung (Chem-VerbotsV 2003, BGBl. II Nr. 477/2003 idgF) sind das Inverkehrsetzen und die Verwendung von Perfluorooctansulfonaten (PFOS) als Stoffe oder Bestandteile von Zubereitungen in einer Konzentration von 0,005 Masseprozent oder mehr verboten. Das Inverkehrsetzen von Halbfertigerzeugnissen oder Erzeugnissen sowie deren Bestandteilen ist dann verboten, wenn ihre PFOS-Massenkonzentration 0,1 % oder mehr beträgt. Im Falle von Textilien oder bei anderen beschichteten Werkstoffen gilt dieses Verbot dann, wenn der jeweilige PFOS-Anteil 1 µg/m² oder mehr des beschichteten Materials beträgt. Ausgenommen von diesen Verboten sind i) Fotoresistlacke und Antireflexbeschichtungen für fotolithografische Prozesse, ii) fotografische Beschichtungen von Filmen, Papieren und Druckplatten, iii) Antischleiermittel (Mittel zur Sprühnebelunterdrückung) für nicht-dekoratives Hartverchromen (Chrom VI) und Netzmittel für überwachte Galvanotechniksysteme und iv) Hydraulikflüssigkeiten für die Luft- und Raumfahrt.

Im Bereich der Wasserpolitik ist PFOS als prioritär gefährlicher Stoff gelistet (RL 2013/39/EU i.d.g.F), Umweltqualitätsziele für Oberflächengewässer sind definiert. In Österreich beträgt die zulässige Höchstkonzentration für PFOS in Oberflächengewässern 36 µg/l, die Jahresdurchschnitt-UQN 0,00065 µg/l. In der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser sowie der aktuellen Trinkwasserverordnung sind derzeit keine Grenzwerte für per- und polyfluorierte Substanzen (PFAS) enthalten. Allerdings wird aktuell die EU-Trinkwasserrichtlinie überarbeitet und dabei wird auch diskutiert, ob PFOA und PFOS künftig als Untersuchungsparameter aufgenommen und mit einem Parameterwert hinterlegt werden sollen. Vorgeschlagen wird ein Wert von 0,1 µg/l für einzelne PFAS und von 0,5 µg/l für Gesamt-PFAS, wie dies bereits bei Pestiziden der Fall ist. Bei einer Aufnahme dieses Vorschlags in die europäische Trinkwasserrichtlinie wäre in weiterer Folge auch die österreichische Trinkwasserverordnung entsprechend anzupassen.

Die Trinkwasserkommission des deutschen Umweltbundesamtes empfiehlt für PFOA und PFOS jeweils einen Trinkwasser-Leitwert von 0,10 µg/l. Für weitere PFAS wurden ebenfalls Trinkwasser-Leitwerte oder gesundheitliche Orientierungswerte abgeleitet (Bundesgesundheitsblatt 2017).

TABELLE 5: UMWELTQUALITÄTSNORMEN, RICHT- UND GRENZWERTE FÜR PER- UND POLYFLUORIERTER SUBSTANZEN

Parameter	Oberflächengewässer			Grundwasser	Trinkwasser
	JD-UQN ¹ [µg/l]	ZHK-UQN ² [µg/l]	UQN Biota ³	SW ⁴ [µg/l]	PW ⁵ [µg/l]
Perfluoroktansulfonsäure und ihre Derivate	0,00065	36	9,1		

1 Jahresdurchschnitt-Umweltqualitätsnorm entsprechend QZV Chemie Oberflächengewässer
 2 Zulässige Höchstkonzentration-Umweltqualitätsnorm QZV Chemie Oberflächengewässer
 3 Schwellenwert entsprechend QZV Chemie Grundwasser
 4 Umweltqualitätsnorm Biota entsprechend QZV Chemie Oberflächengewässer
 5 Parameterwert entsprechend Trinkwasserverordnung



Abbildung 6: PFOS-haltige Feuerlöschschäume dürfen seit 2011 nicht mehr verwendet werden

3.5 QUECKSILBER

Quecksilber ist ein stark toxisch wirkendes Schwermetall und ein gefährlicher Umweltschadstoff. Seine humantoxischen Wirkungen sind unter anderem in SYVERSEN & KAUR (2014) zusammengefasst. Demnach schädigt Quecksilber das Nervensystem, das Erbgut, das Verdauungs- und Immunsystem sowie Lunge und Nieren von Säugetieren. Verminderte Fortpflanzungsraten durch Quecksilberbelastung sind ebenfalls bekannt (SCHEUHAMMER et al. 2007).

Quecksilber gelangt aus natürlichen und anthropogenen Quellen sowie durch Remobilisierung aus belasteten Sedimenten in die aquatische Umwelt. Dort liegt es entweder in seiner elementaren, anorganischen Form oder als organisch gebundenes Quecksilber in gelöster oder partikulärer Form vor.

Quecksilber ist in der Umwelt sehr persistent, seine Langlebigkeit ist dabei von der chemischen Form der Quecksilberverbindung abhängig. Insbesondere organische Quecksilberverbindungen (Methylquecksilber) reichern sich im Fettgewebe von Organismen und somit in der Nahrungskette an (KÖLLE 2017). Großen Einfluss auf die Verfügbarkeit und Mobilisierung von Quecksilber in Grundwassersystemen haben vor allem Redoxreaktionen (also beispielsweise wechselnde Sauerstoffverhältnisse) sowie das Auftreten von Eisenoxiden und organischer Substanz. So können beispielsweise durch den Eintrag von Abwässern

verursachte reduzierende Verhältnisse in quecksilber- und eisenoxidhaltigen Grundwasserleitern zur Freisetzung von Quecksilber führen (BARRINGER et al. 2013).

Die wichtigsten Eintragspfade von Quecksilber in den Wasserkreislauf werden von WANG et al. (2004) zusammengefasst:

Niederschläge sind ein bedeutender Eintragspfad für Quecksilber in die Gewässer. Erhöhte Quecksilberkonzentrationen in der Atmosphäre können sowohl natürliche als auch anthropogene Ursachen haben. Quecksilber kann beispielsweise aus geologischen Mineralablagerungen ausgasen oder durch Vulkanausbrüche und Waldbrände freigesetzt werden. Große Mengen an Quecksilber werden durch den Menschen vor allem durch Verbrennungsprozesse emittiert und gelangen so früher oder später auch in den Wasserkreislauf. Diesbezüglich sind vor allem die Kohle-, Erdöl- und Müllverbrennung zu nennen. Weitere wesentliche Quellen sind die Zementproduktion, Abfalldeponierung oder Krematorien.

Erosion von quecksilberhaltigen Böden nach Niederschlagsereignissen führt zum Eintrag von Quecksilber hauptsächlich in Oberflächengewässer. **Urbane Abwässer** können zu punktuellen Quecksilberbelastungen führen. Außerdem hat die frühere Verwendung quecksilberhaltiger Pestizide und Fungizide in der Landwirtschaft vor allem in den 1960er-Jahren zum diffusen Eintrag von Quecksilber in Grund- und Oberflächengewässer geführt. Auch das heutige Ausbringen von Klärschlamm und Kompost ist ein möglicher Eintragspfad in die aquatische Umwelt. Bekannt ist auch die Belastung der Umwelt mit Quecksilber im Zusammenhang mit **Bergbauaktivitäten**, insbesondere dem Abbau von Gold, Silber, Blei oder Quecksilber selbst.

Der Einsatz von Quecksilber ist aufgrund des damit verbundenen Gefährdungspotenzials für Umwelt und Mensch in vielen Bereichen stark rückläufig, beispielsweise ist der Einsatz als Pflanzenschutzmittel und Holzschutzmittel mittlerweile verboten. Bedeutendste globale Maßnahme zur Reduktion von Quecksilbereinträgen in die Umwelt ist die internationale **Minamata-Konvention** (UNEP 2013), die 2017 auch durch die Europäische Union ratifiziert wurde. Ziel der Minamata-Konvention ist der Schutz der menschlichen Gesundheit und Umwelt vor nachhaltigen Schädigungen und anthropogenen Freisetzungen von Quecksilber und Quecksilberverbindungen. Das Übereinkommen verpflichtet die Vertragsstaaten beispielsweise zur umweltgerechten Quecksilberlagerung und zum sachgerechten Umgang mit Altlasten und Abfällen, zur Beendigung oder Begrenzung des Einsatzes von Quecksilber bei der kleingewerblichen Goldgewinnung, zum Verbot oder zur Begrenzung des Quecksilbereinsatzes in Produkten und Industrieanlagen sowie zur Regulierung der Produktionsprozesse und Emissionen aus Anlagen, die Quecksilber verwenden oder freisetzen. Zudem verpflichtet das Übereinkommen die Unterzeichnerstaaten zu Monitoringmaßnahmen. Ein entsprechender Bericht des Umweltbundesamtes (UMWELTBUNDESAMT 2016) gibt einen Überblick über österreichische Studien und Aktivitäten im Zusammenhang mit Quecksilber-Monitoring und bündelt Messdaten verschiedenster Umweltmedien.

Für Quecksilberverbindungen besteht in Österreich laut Chemikalienverbotsverordnung (Chem-VerbotsV 2003, BGBl. II Nr. 477/2003 idgF) ein Verbot für das Inverkehrsetzen und die Verwendung als Stoffe oder Bestandteile von Stoffen und Zubereitungen, die zur Aufbereitung von Brauchwasser im industriellen, gewerblichen und kommunalen Bereich, zum Schutz von Holz oder zur Imprägnierung von strapazierfähigen industriellen Textilien und zu deren Herstellung vorgesehenen Garnen. Des Weiteren ist das Inverkehrsetzen von Quecksilber in Fieberthermometern und anderen zum Verkauf an die breite Öffentlichkeit bestimmten Messinstrumenten verboten.

Im Bereich der Wasserpolitik ist Quecksilber als prioritär gefährlicher Stoff gelistet (RL 2013/39/EU i.d.g.F), Umweltqualitätsziele für Oberflächengewässer sind definiert. In Österreich beträgt die zulässige Höchstkonzentration für Quecksilber und Quecksilberverbindungen in Oberflächengewässern 0,07 µg/l. Die Richtwerte für das Grund- und Trinkwasser sind in Tabelle 6 angegeben.

Generell ist mit keiner flächenhaften Beeinträchtigung der österreichischen Grund- und Trinkwässer durch Quecksilber zu rechnen. Der österreichische Trinkwasserbericht (BMGF 2015) fasst die Untersuchungen an 94 großen Wasserversorgungsanlagen in Österreich im Zeitraum 2011–2013 zusammen. Dabei wies **keine** der 387 Einzeluntersuchungen eine Überschreitung des Parameterwertes der Trinkwasserverordnung von 1,0 µg/l Quecksilber auf. Auch für das Grundwasser lagen 100 % der Messstellen-Mediane von 2.507 für den Zeitraum von 1997–2017 betrachteten Grundwassermessstellen **unterhalb der Bestimmungsgrenze** von 0,10 µg/l und damit weit **unter dem Schwellenwert** der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser von 0,9 µg/l (BMNT 2018).

TABELLE 6: UMWELTQUALITÄTSNORMEN, RICHT- UND GRENZWERTE FÜR QUECKSILBER

Parameter	Oberflächengewässer			Grundwasser	Trinkwasser
	JD-UQN ¹ [µg/l]	ZHK-UQN ² [µg/l]	UQN Biota ³	SW ⁴ [µg/l]	PW ⁵ [µg/l]
Quecksilber		0,07	20	0,9	1,0

- 1 Jahresdurchschnitt-Umweltqualitätsnorm entsprechend QZV Chemie Oberflächengewässer
- 2 Zulässige Höchstkonzentration-Umweltqualitätsnorm QZV Chemie Oberflächengewässer
- 3 Schwellenwert entsprechend QZV Chemie Grundwasser
- 4 Schwellenwert entsprechend QZV Chemie Grundwasser
- 5 Parameterwert entsprechend Trinkwasserverordnung

4 AUSWAHL DER GRUNDWASSERMESSTELLEN

MIT DEM VORLIEGENDEN PROJEKT soll in Bezug auf die untersuchten Spurenstoffe die Gesamtsituation in Österreich erfasst werden. Somit wurde hinsichtlich des Klimas, der Geologie, der Landnutzung sowie des Grundwasserleitertyps und der Art und Nutzung der Messstelle eine möglichst breite Abdeckung aller Ausprägungen in Österreich angestrebt. Insgesamt wurden 65 Grundwassermessstellen in ganz Österreich ausgewählt (Abbildung 8).

In einem ersten Teilschritt wurden die vorhandenen flächenhaften Informationen (Geodaten) entsprechend der zuvor genannten Kategorien ausgewertet und eine Vorauswahl an Messstellen getroffen. Diese wurden in einem zweiten Teilschritt mit bereits vorhandenen Informationen abgeglichen und im dritten Schritt mit den ExpertInnen der Bundesländer diskutiert und mit den Anforderungen des Projektes „STOBIMO Spurenstoffe“ abgestimmt.

Es wurde versucht, die einzelnen Bundesländer in einem ähnlichen Ausmaß und entsprechend ihrer flächenhaften Ausdehnung zu berücksichtigen, sodass in Wien vier Grundwassermessstellen, im Burgenland sechs Messstellen, in Nieder- und Oberösterreich jeweils neun Grundwassermessstellen und in allen andern Bundesländern sieben Grundwassermessstellen ausgewählt wurden. Zusätzlich wurden zwei Messstellen am bzw. im Umfeld des LTER(Long-Term Ecosystem Research)-Standorts Zöbelboden als Referenzmessstellen berücksichtigt.

62 % der ausgewählten Grundwassermessstellen liegen in Porengrundwasserleitern, 14 % in Karstgrundwasserleitern und 25 % in Kluftgrundwasserleitern (Abbildung 7). Trinkwasser wird in Österreich zu ca. 50 % aus dem Porengrundwasser und ebenfalls zu 50 % aus Karst- und Kluftgrundwässern gewonnen. Die Porengrundwassergebiete unterliegen aber zumeist einer intensiven und vielfältigen Nutzung, weshalb hier mit einer höheren Spannweite in Bezug auf die Spurenstoffkonzentrationen zu rechnen ist.

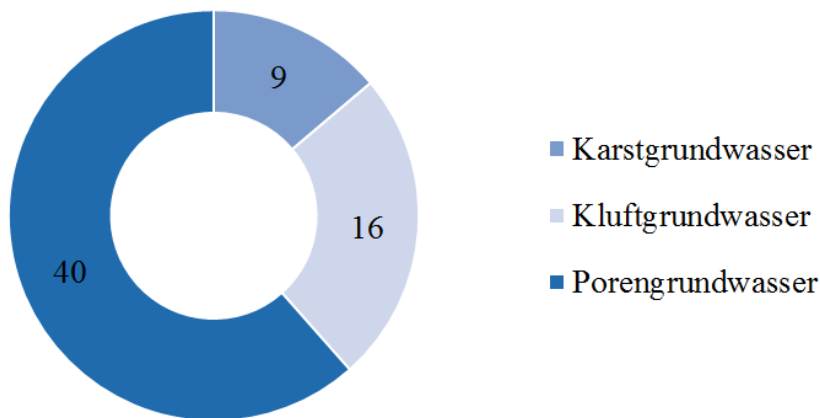


Abbildung 7: Anzahl der Grundwassermessstellen unterteilt nach Typ des Grundwasserleiters

Da zu erwarten ist, dass die Landnutzung neben der atmosphärischen Deposition einer der wichtigsten Einflussfaktoren hinsichtlich des Eintrags von Spurenstoffen in das Grundwasser ist, wurden die drei wichtigsten Landnutzungskategorien

- Landwirtschaft,
- bebaut = urban/Industrie/Gewerbe und
- Wald/natürliche Vegetation

zu etwa je einem Drittel bei der Messstellenauswahl berücksichtigt.

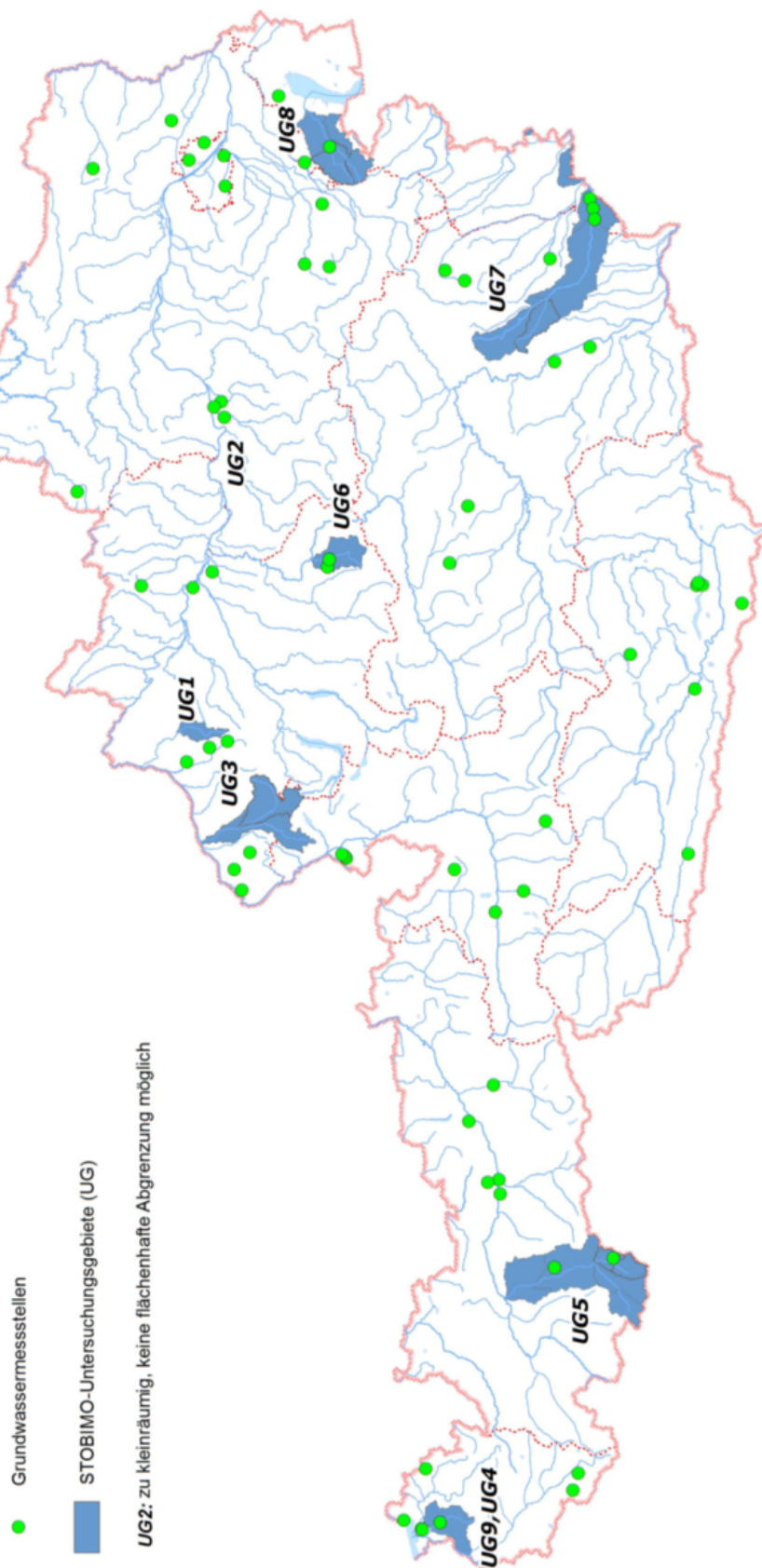


Abbildung 8: Zur Untersuchung von Spurenstoffen ausgewählte Grundwassermessstellen in Österreich und Lage der „STOBIMO Spurenstoffe“ Untersuchungsgebiete. (In Vorarlberg liegen in dieser Darstellung zwei Messstellen übereinander). Die Auswahl der STOBIMO-Untersuchungsgebiete berücksichtigt in erster Linie verschiedene Landnutzungen.

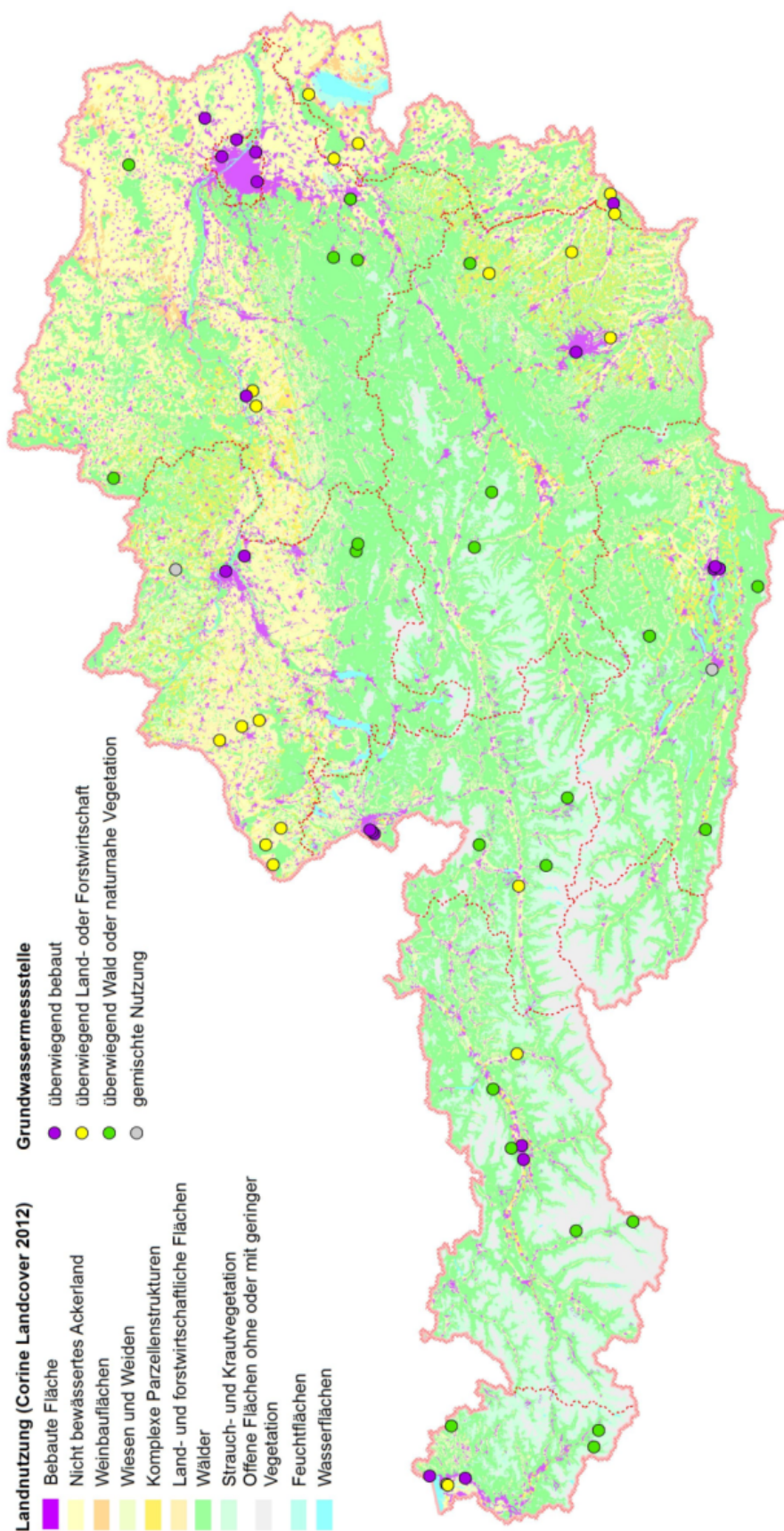


Abbildung 9: Zur Untersuchung von Spurenstoffen ausgewählte Grundwassermessstellen in Österreich und dominierende Landnutzung (d. h. $\geq 50\%$ Anteil in einem 500 m-Radius, basierend auf den Daten aus Corine Landcover 2012). (In Vorarlberg liegen in dieser Darstellung zwei Messstellen übereinander)

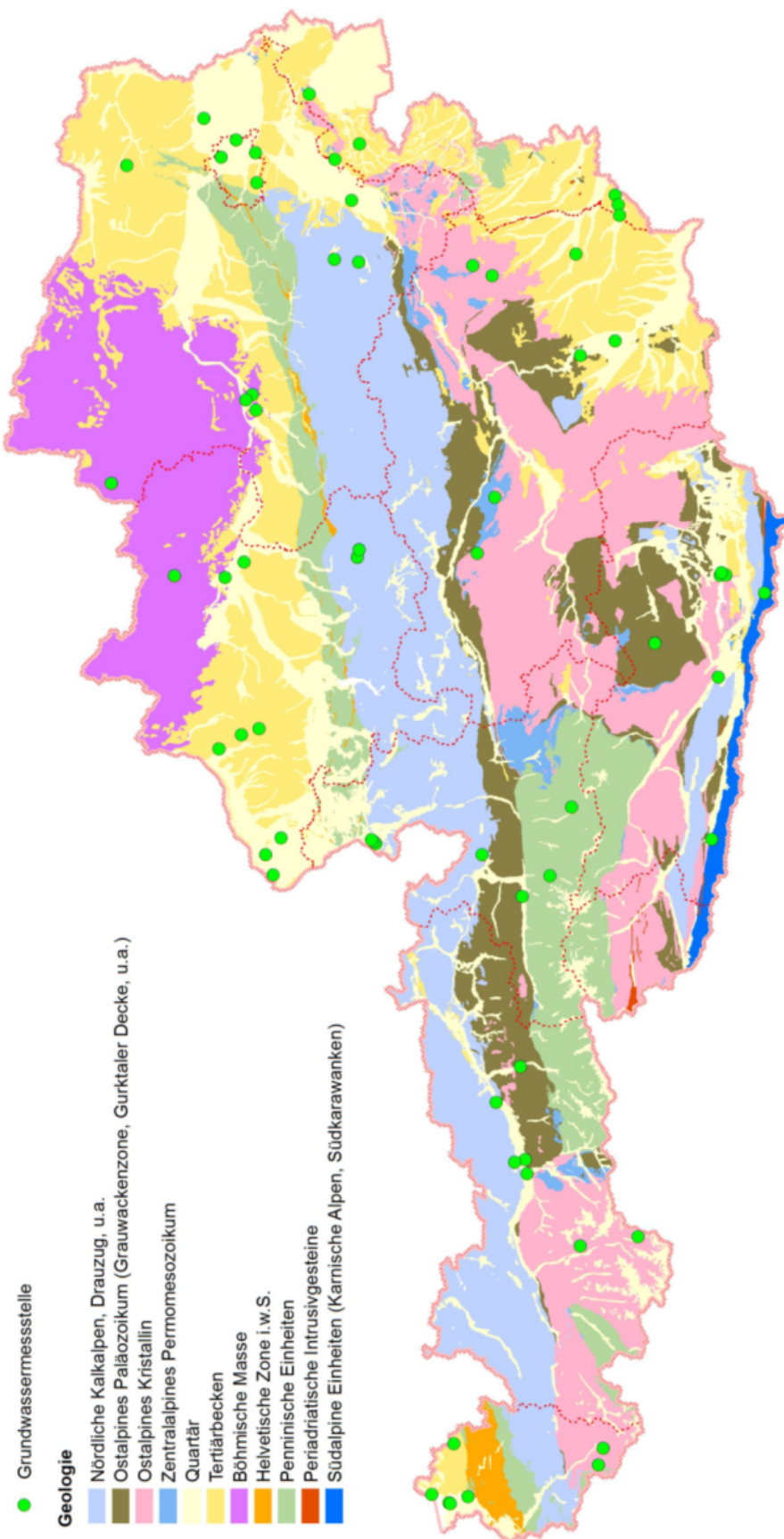


Abbildung 10: Zur Untersuchung von Spurenstoffen ausgewählte Grundwassermessstellen in Österreich und deren Lage in den geologischen Haupteinheiten entsprechend der Basiskarte Geologie 1:500.000 (© GBA-2012 – ZI.310/1/12) . (In Vorarlberg liegen in dieser Darstellung zwei Messstellen übereinander)

Die hohe Anzahl an Messstellen in bewaldeten Gebieten (häufig Quellen) sollte die Abschätzung des Einflusses der atmosphärischen Deposition auf Spurenstoffkonzentrationen im Grundwasser ermöglichen. Dabei sollten auch mögliche räumliche Unterschiede durch die verschiedene Herkunft von Luftmassen berücksichtigt werden. Die Untersuchungen knüpften damit auch an die Erhebungen zu Spurenstoffkonzentrationen in der atmosphärischen Deposition/im Niederschlag im Projekt „STOBIMO Spurenstoffe“ an.

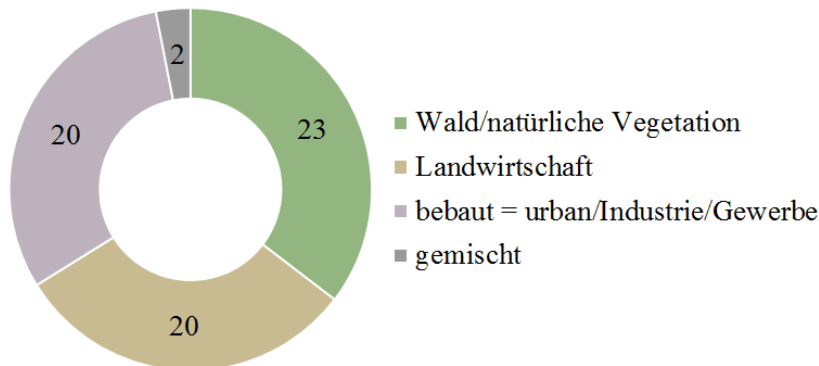


Abbildung 11: Anzahl der Grundwassermessstellen, unterteilt nach dominanter Landnutzung (d. h. $\geq 50\%$ Anteil in einem 500 m-Radius, basierend auf den Daten aus CORINE 2012)

Zusätzlich wurden bei der Messstellenauswahl auch die wichtigsten geologischen Zonen Österreichs berücksichtigt (Abbildung 10). Insgesamt wurden Messstellen in 31 verschiedenen Grundwasserkörpern beprobt.

Die größte Spannbreite bezüglich der Spurenstoffkonzentrationen ist unter Berücksichtigung des Kenntnisstandes zu den Eintragspfaden (CLARA et al. 2014, LOPEZ et al. 2015 u. a.) vermutlich in der Kategorie bebaut (= urban/Industrie/Gewerbe) zu erwarten. Deshalb wurden in dieser Kategorie potenzielle **Hotspots** wie beispielsweise Hauptverkehrsstraßen, Flughäfen, Kunststoffhersteller und metallverarbeitende Industriestandorte berücksichtigt.

Um die räumliche Streuung der Messwerte an solchen Standorten besser einschätzen zu können, wurden weitere zehn der insgesamt 65 Grundwassermessstellen als 2er- bzw. 3er-Kombination in einigen industriell bzw. urban geprägten Gebieten ausgewählt (Klagenfurt, Linz, Salzburg Flughafen, Grazer Feld) (Tabelle 7, Tabelle 8). Weitere 34 Grundwassermessstellen wurden so über Österreich verteilt, dass ein breites Spektrum an Landnutzungen sowie an geologischen und klimatischen Bedingungen abgedeckt wird.

Da bisherige Untersuchungen gezeigt haben, dass Spurenstoffe häufiger in durch Uferfiltrat beeinflussten Messstellen auftreten, wurden derartige Grundwassermessstellen bis auf einzelne bewusst ausgeklammert. Die Untersuchungen im Sondermessprogramm „Spurenstoffe im Grundwasser“ sollen – wie eingangs erwähnt – in erster Linie Erkenntnisse zum Einfluss des Grundwassers auf die Oberflächengewässer hinsichtlich der Spurenstoffe liefern (\rightarrow STOBIMO Spurenstoffe). Deshalb liegen 21 der insgesamt 65 Grundwassermessstellen direkt in bzw. im unmittelbaren Umfeld der Kalibrierungs- und Validierungsgebiete Birkengraben, Ötztaler Ache, Reichramingbach, Wulka, Raab, HOAL Petzenkirchen, Mattig und Pram des STOBIMO-Projektes (Abbildung 8).

Bei der Auswahl der Grundwassermessstellen wurden alle Arten von Messstellen (Quelle gefasst/ungefasst, Bohrbrunnen, Schachtbrunnen, Sonde, Teich, Tabelle 7, Tabelle 8) sowie verschiedene Nutzungen (Forschung, Qualitätsüberwachung, Hausbrunnen, Nutzwasser für Industrie und Gewerbe sowie Zentrale Wasserversorgung) berücksichtigt.

TABELLE 7: VORWIEGENDE LANDNUTZUNG IM UMFELD DER AUSGEWÄHLTEN KARST- UND KLUFTGRUNDWASSERMESSSTELLEN SOWIE MESSSTELLENART UND LAGE IN DEN (STOBIMO)-UNTERSUCHUNGSGEBIETEN. ANGEGEBEN IST DIE VORHERRSCHENDE LANDNUTZUNG (≥ 50 % FLÄCHENANTEIL IN EINEM RADIUS VON 500 M), BASIEREND AUF DEN DATEN CORINE 2012

GZÜV-ID	BL ¹	GWL-Typ	Art ²	STOBIMO-Gebiet	LN ³	LN Detail
KK10003152	Bgld	Kluft	Qu(g)	-	LW	Weinbau
KK20201032	K	Karst	Qu(g)	-	gemischt	gemischt
KK20307202	K	Karst	Qu(g)	-	Wald/nat.	Wald
KK20405052	K	Karst	T	-	Wald/nat.	Wald
KK21001012	K	Kluft	Qu(g)	-	Wald/nat.	Strauch, Kraut
KK31800222	NÖ	Karst	Qu(g)	-	Wald/nat.	Wald
KK32300522	NÖ	Karst	Qu(g)	-	Wald/nat.	Wald
KK41619012	OÖ	Kluft	Qu(g)	-	gemischt	gemischt
KK51103162	Sbg	Kluft	Qu(g)	-	Wald/nat.	Wald
KK51201592	Sbg	Kluft	Qu(g)	-	Wald/nat.	Wald
KK52103272	Sbg	Kluft	Qu(g)	-	Wald/nat.	Wald
KK60726062	Stmk	Kluft	Qu(g)	-	Wald/nat.	Wald
KK60741092	Stmk	Kluft	Qu(u)	-	LW	Grünland
KK60805012	Stmk	Kluft	Qu(g)	-	Wald/nat.	Wald
KK61109022	Stmk	Kluft	Qu(g)	-	Wald/nat.	Strauch, Kraut
KK71250012	T	Karst	Qu(g)	-	Wald/nat.	Wald
KK71250182	T	Karst	Qu(g)	-	Wald/nat.	Wald
KK72230012	T	Kluft	Qu(g)	Ötztaler Ache	Wald/nat.	offene Fläche
KK72310022	T	Kluft	Qu(g)	Ötztaler Ache	Wald/nat.	Wald
KK80110252	Vbg	Kluft	Qu (u)	-	Wald/nat.	Wald
KK80120152	Vbg	Kluft	Qu(u)	-	Wald/nat.	Wald
KK80216152	Vbg	Kluft	Qu(u)	-	Wald/nat.	Wald
Referenz 1	(U)	Karst	Qu(u)	Referenzgebiet	Wald/nat.	Wald
Referenz 2	(U)	Karst	Bbr	Referenzgebiet	Wald/nat.	Wald

- 1 Bundesland: Bgld = Burgenland, K = Kärnten, NÖ = Niederösterreich, OÖ = Oberösterreich, Sbg = Salzburg, Stmk = Steiermark, T = Tirol, Vbg = Vorarlberg, (U) = Umweltbundesamt
 2 Art der Grundwassermessstelle: Qu(g) = Quelle gefasst, Qu(u), = Quelle, ungefasst, T = Teich, Bbr = Bohrbrunnen
 3 Landnutzung: LW = Landwirtschaft, Wald/nat. = Wald oder natürliche Vegetation

TABELLE 8: VORWIEGENDE LANDNUTZUNG IM UMFELD DER AUSGEWÄHLTEN PORENGRUNDWASSERMESSSTELLEN SOWIE MESSSTELLENART UND LAGE IN DEN STOBIMO-UNTERSUCHUNGSGEBIETEN. ANGEGEBEN IST DIE VORHERRSCHENDE LANDNUTZUNG (≥ 50 % FLÄCHENANTEIL IN EINEM RADIUS VON 500 M), BASIEREND AUF DEN DATEN CORINE 2012

GZÜV-ID	BL ¹	GWL-Typ	Art ²	STOBIMO-Gebiet	LN ³	LN Detail
PG10002802	Bgld	Poren	Schbr	Wulka	LW	Acker
PG10003402	Bgld	Poren	So	Raab	bebaut	gemischt
PG10003432	Bgld	Poren	So	Raab	LW	Acker
PG10003922	Bgld	Poren	So	Wulka	LW	Acker
PG10003932	Bgld	Poren	Bbr	Raab	LW	Acker
PG20101022	K	Poren	So	Klagenfurt	bebaut	gemischt

AUSWAHL DER GRUNDWASSERMESSSTELLEN

GZÜV-ID	BL ¹	GWL-Typ	Art ²	STOBIMO-Gebiet	LN ³	LN Detail
PG20101052	K	Poren	Bbr	Klagenfurt	bebaut	urban
PG20101152	K	Poren	Schbr	Klagenfurt	bebaut	Industrie, Gewerbe
PG30400082	NÖ	Poren	Bbr	-	Wald/nat.	Wald
PG30800172	NÖ	Poren	Bbr	-	bebaut	urban
PG30900082	NÖ	Poren	Qu(g)	-	Wald/nat.	Wald
PG31500022	NÖ	Poren	Schbr	HOAL Petzenkirchen ⁵	LW	Acker
PG31500202	NÖ	Poren	Schbr	HOAL Petzenkirchen ⁵	bebaut	gemischt
PG31500462	NÖ	Poren	Qu(g)	HOAL Petzenkirchen ⁵	LW	gemischt
PG31600442	NÖ	Poren	Qu(g)	-	Wald/nat.	Wald
PG40101082	OÖ	Poren	Bbr	Linz	bebaut	Industrie, Gewerbe
PG40406012	OÖ	Poren	Schbr	Mattig	LW	Grünland
PG40410012	OÖ	Poren	Schbr	Mattig	LW	gemischt
PG40414012	OÖ	Poren	Schbr	Mattig	LW	Acker
PG41013022	OÖ	Poren	Schbr	Linz	bebaut	Industrie, Gewerbe
PG41220012	OÖ	Poren	Qu(g)	Pram	LW	gemischt
PG41222012	OÖ	Poren	Schbr	Pram	LW	gemischt
PG41227012	OÖ	Poren	Bbr	Pram	LW	Grünland
PG51103582	Sbg	Poren	Bbr	-	LW	Grünland
PG54100312	Sbg	Poren	Bbr	Salzburg Flughafen	bebaut	Flughafen
PG54106932	Sbg	Poren	Schbr	Salzburg Flughafen	bebaut	urban
PG54106952	Sbg	Poren	Schbr	Salzburg Flughafen	bebaut	Industrie, Gewerbe
PG60114122	Stmk	Poren	Schbr	Grazer Feld	bebaut	urban
PG60510042	Stmk	Poren	Bbr	-	LW	Acker
PG60624372	Stmk	Poren	So	Grazer Feld	LW	Acker
PG70321042	T	Poren	Bbr	-	bebaut	Flughafen
PG70321082	T	Poren	Bbr	-	bebaut	urban
PG70325032	T	Kluft	Bbr	-	LW	Grünland
PG80218352	Vbg	Poren	So	-	bebaut	urban
PG80224152	Vbg	Poren	So	Dornbirner Ache	LW	Grünland
PG80224352	Vbg	Poren	So	Dornbirner Ache	LW	Grünland
PG80301952	Vbg	Poren	So	Dornbirner Ache	bebaut	urban
PG91100082	W	Poren	Bbr	-	bebaut	Industrie, Gewerbe
PG92100272	W	Poren	So	-	bebaut	urban
PG92200332	W	Poren	Bbr	-	bebaut	urban
PG92300102	W	Poren	So	-	bebaut	urban

1 Bundesland: Bgld = Burgenland, K = Kärnten, NÖ = Niederösterreich, OÖ = Oberösterreich, Sbg = Salzburg, Stmk = Steiermark, T = Tirol, Vbg = Vorarlberg, (U) = Umweltbundesamt

2 Art der Grundwassermessstelle: Qu(g) = Quelle gefasst, Bbr = Bohrbrunnen, So = Sonde, Schbr = Schachtbrunnen,

3 Landnutzung: LW = Landwirtschaft, Wald/nat. = Wald oder natürliche Vegetation, bebaut = urban/Industrie/Gewerbe
4 restliches Bundesgebiet

5 Hydrological Open Air Laboratory (HOAL) Petzenkirchen

5 PROBENAHE UND ANALYTIK

5.1 PROBENAHE

DIE PROBENAHE FÜR DAS GZÜV-SONDERMESSPROGRAMM „Spurenstoffe im Grundwasser“ erfolgte im 3. Quartal 2016 außerhalb der GZÜV-Probenahmen; mit Ausnahme der Proben aus Vorarlberg, die aus logistischen Gründen im 4. Quartal 2016 gezogen wurden. Das 3. Quartal 2016 wird deswegen im Folgenden mit einem „*“ gekennzeichnet. Zum anderen wurden die Messstellen im 2. Quartal 2017 im Rahmen der regulären GZÜV-Probenahmen beprobt.

In Abhängigkeit vom Ausbau der jeweiligen Grundwassermessstellen wurden Hahn- bzw. Pumpproben in geeigneten Gebinden entnommen. Es wurden zwei Beprobungen je Messstelle (3. Quartal 2016* und 2. Quartal 2017) durchgeführt, um einerseits möglichst unterschiedliche hydrologische Situationen zu erfassen und andererseits allfällige Ausreißer im Zuge einer Einzelmessung nicht überzubewerten. Die Probenahmen unterlagen festgelegten Methoden und Verfahren sowie strengen Qualitätssicherungsmaßnahmen.

Die Messergebnisse für das 3. Quartal 2016* und für das 2. Quartal 2017 liegen im dargestellten Umfang (Tabelle 9) vor. Im 2. Quartal 2017 kam es aufgrund von Glasbruch während des Probentransportes in ein externes Labor (betrifft die Parametergruppe PBDE) sowie durch fehlerhafte Probenahme (betrifft die Parametergruppe PAK) zum Verlust einzelner Proben. Diese wurden nachbeprob. Letztendlich musste jedoch auf sechs PBDE-Proben sowie vier PAK-Proben wegen des unverhältnismäßig großen Aufwands für eine erneute Probenahme verzichtet werden. Für die Organozinnverbindungen, Quecksilber und die PFAS fehlt jeweils eine Probe.



Abbildung 12: GZÜV-Grundwassersonde im Seewinkel, Burgenland

TABELLE 9: LISTE DER UNTERSUCHTEN STOFFE UND IHRER BESTIMMUNGS- UND NACHWEISGRENZEN SOWIE ANGABEN ZUR ANZAHL DER PROBEN UND MESSSWERTE

Kürzel	BG ¹ in µg/l	NG ² in µg/l	Anzahl Proben		Anzahl Messwerte		
			geplant	analysiert	< NG	< BG	> BG
POLYBROMIERTE DIPHENYLETHER (PBDE)							
PBDE-28	0,00010	k.A.	130	124	-	124	-
PBDE-47	0,00010	k.A.	130	124	-	124	-
PBDE-99	0,00010	k.A.	130	124	-	124	-
PBDE-100	0,00010	k.A.	130	124	-	124	-
PBDE-153	0,00010	k.A.	130	124	-	124	-
PBDE-154	0,00010	k.A.	130	124	-	124	-
POLYZYKLISCHE AROMATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE (PAK)							
Acenaphthen	0,00050	0,00020	130	126	120	3	3
Acenaphthylen	0,0015	0,00077	130	126	121	1	4
Anthracen	0,0010	0,00050	130	126	113	4	9
Benzo[a]anthracen	0,0012	0,00050	130	126	113	5	8
Benzo[a]pyren	0,0010	0,00050	130	126	116	5	5
Benzo[b]fluoranthren	0,0011	0,00050	130	126	116	3	7
Benzo[g,h,i]perylene	0,0015	0,00042	130	126	116	6	4
Benzo[k]fluoranthren	0,0011	0,00050	130	126	119	2	5
Chrysen	0,0010	0,00050	130	126	116	-	10
Dibenzo[a,h]anthracen	0,0012	0,00037	130	126	117	6	3
Fluoranthren	0,0010	0,00050	130	126	109	7	10
Fluoren	0,00050	0,00020	130	126	103	11	12
Indeno[1,2,3-cd]pyren	0,0015	0,00038	130	126	116	5	5
Naphthalin	0,0020	0,0010	130	126	58	17	51
Phenanthren	0,00050	0,00020	130	126	57	23	46
Pyren	0,00050	0,00020	130	126	85	18	23
ORGANOZINNVERBINDUNGEN							
MBT	0,0080	0,0040	130	129	123	4	2
DBT	0,00020	0,00010	130	129	49	35	45
TBT	0,00020	0,00010	130	129	67	24	38
TeBT	0,00020	0,00010	130	129	129	-	-
DPT	0,00020	0,00010	130	129	129	-	-
TPT	0,00020	0,00010	130	129	129	-	-
PER- UND PERFLUORIERTER SUBSTANZEN (PFAS)							
PFOS	0,0010	k.A.	130	129	-	94	35
PFOA	0,0010	k.A.	130	129	-	94	35
METALLE, GELÖST							
Quecksilber	0,0010	0,0005	130	129	1	8	120

1 BG = Bestimmungsgrenze
 2 NG = Nachweisgrenze

5.1 ANALYTIK

5.1.1 METHODEN

Aus der Gruppe der **Organozinnverbindungen** wurden Mono-, Di-, Tri- und Tetrabutylzinnverbindungen sowie Di- und Triphenylzinnverbindungen analysiert. Die mit Natriumtetraethylborat derivatisierten Organozinnverbindungen wurden nach Kieselgelreinigung mittels APGC MS/MS gemäß DIN EN ISO 17353 analysiert. Die Bestimmungs- bzw. Nachweisgrenze für Monobutylzinn lag bei 0,0080 µg/l bzw. 0,0040 µg/l. Die Bestimmungsgrenze der weiteren Organozinnverbindungen lag jeweils bei 0,00020 µg/l und die Nachweisgrenze jeweils bei 0,00010 µg/l.

Aus der Gruppe der **polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe** (PAK) wurden 16 Einzelstoffe analysiert: Anthracen, Fluoranthren, Naphthalin, Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(g,h,i)perylen, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Acenaphthen, Acenaphthylen, Benzo(a)anthracen, Dibenzo(a,h)anthracen, Chrysen, Fluoren, Phenanthren und Pyren. Nach Flüssig-Flüssigextraktion erfolgte die Messung mittels GC/MS gemäß DIN 38407-39. Die erreichten Bestimmungs- und Nachweisgrenzen für die einzelnen Stoffe sind in Tabelle 9 zusammengestellt.

Von den polybromierten Diphenylethern wurden die sechs Kongenere PBDE-28, PBDE-47, PBDE-99, PBDE-100, PBDE-153 und PBDE-154 analysiert. Die polybromierten Diphenylether wurden nach Flüssig-flüssig-Extraktion mit GC/MS in Anlehnung an DIN EN ISO 22032 analysiert. Es wurde eine Bestimmungsgrenze von 0,0001 µg/l erreicht.

Die Analyse der perfluorierten Verbindungen Perfluoroktansäure (PFOA) und Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) erfolgte nach Festphasenextraktion (SPE) mittels LC-MS/MS nach DIN 38407-F42. Für beide Verbindungen wurde eine Bestimmungsgrenze von 0,0010 µg/l erreicht.

Aus der Gruppe der Metalle wurde Quecksilber untersucht. Für die Bestimmung von Quecksilber im Grundwasser wurden die Proben bei der Abfüllung filtriert. Alle Proben wurden stabilisiert. Quecksilber wurde laut DIN EN 13506-E35 aufbereitet und mittels Atomfluoreszenzspektroskopie analysiert. Es wurde eine Bestimmungsgrenze von 0,0010 µg/l erreicht.

Die Arbeiten im Umweltbundesamt erfolgten im akkreditierten Bereich. Basis dafür ist EN ISO 17025.

5.1.2 QUALITÄTSSICHERNDE MAßNAHMEN

Nachdem nach Analyse der Grundwasserproben aus dem 3. Quartal 2016* für die Stoffgruppe der **polybromierten Diphenylether** alle Proben Werte „< Bestimmungsgrenze“ aufwiesen, wurden im 2. Quartal 2017 qualitätssichernde Maßnahmen durchgeführt. Dazu wurden für insgesamt 8 Grundwassermessstellen **Vergleichsmessungen anhand von Doppelproben mit höheren Probenvolumina** in einem zweiten Labor durchgeführt.

Von den polybromierten Diphenylethern wurden dabei wiederum die sechs Kongenere PBDE-28, PBDE-47, PBDE-99, PBDE-100, PBDE-153 und PBDE-154 in Anlehnung an EPA 1614 analysiert. Nach Zugabe der ¹³C-markierten Surrogate Standards wurden die Proben mit kontinuierlicher Flüssig-flüssig-Extraktion extrahiert und nach einer mehrstufigen säulenchromatographischen Aufreinigung unterzogen und mit GC/HRMS analysiert. Im Vergleich zu den regulären PBDE-Messungen liegen die Bestimmungsgrenzen für die meisten Kongenere deutlich niedriger, beispielsweise um einen Faktor 15 für PBDE-28 oder Faktor 10 für PBDE-153 (Tabelle 10).

TABELLE 10: BESTIMMUNGSGRENZEN DER DOPPELMESSUNGEN (BG_{QS}) IM VERGLEICH ZU DEN REGULÄREN BESTIMMUNGSGRENZEN (BG) DER POLYBROMIERTEN DIPHENYLETHER IN EINZELNEN GRUNDWASSERPROBEN

Parameter	BG _{QS} [µg/l] ¹	BG ² / BG _{QS} ¹
BDE 28 (2,4,4'-Tribromdiphenylether)	0,0000067	14,9
BDE 47 (2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether)	0,00024	0,4
BDE 99 (2,2',4,4',5-Pentabromdiphenylether)	0,00012	0,8
BDE 100 (2,2',4,4',6-Pentabromdiphenylether)	0,000025	4,0
BDE 153 (2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylether)	0,000010	10,0
BDE 154 (2,2',4,4',5,6'-Hexabromdiphenylether)	0,000016	6,3

1 BG_{QS} = Bestimmungsgrenze Qualitätssicherung (Doppelmessung)

2 BG=Bestimmungsgrenze regulär (siehe Tabelle 9)

5.2 DARSTELLUNG DER DATEN

Alle Messwerte werden unter Angabe von zwei signifikanten Stellen dargestellt (mit Ausnahme der Abbildungen zur Nachweishäufigkeit. Hier werden zum Erreichen der 100 %-Summe wenn notwendig auch drei signifikante Stellen angegeben).

Zur Darstellung der statistischen Kenngrößen in diesem Bericht werden, wie in der Fachliteratur üblich, der Median, das 1. Quartil, das 3. Quartil sowie die Minima und Maxima der Messwerte angegeben. Ergänzend sind das 90%- und 95%-Perzentil dargestellt, welche dem Q_{0,90}-Quantil und dem Q_{0,95}-Quantil entsprechen.

Quartile, Quantile und Perzentile sind statistische Lagemaße. Für das 1. Quartil = 0,25-Quantil = 25%-Perzentil gilt, dass 25 % aller Messwerte kleiner als der angegebene Wert sind. Der Median (= 2. Quartil = 0,50-Quantil = 50%-Perzentil) unterteilt die Messreihe in zwei gleich große Teile, d. h. 50 % der Messwerte sind größer als der angegebene Wert und 50 % sind kleiner. Voraussetzung für die Bestimmung des Medians ist, dass zumindest für 50 % der Datenpopulation entsprechende Messwerte über der Bestimmungsgrenze vorliegen. Ansonsten entspricht der Median der Bestimmungsgrenze bzw. wird – entsprechend den Konventionen der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser – durch die halbe Bestimmungsgrenze ersetzt.

Analog werden auch das 75%-, 90%- oder 95%-Perzentil interpretiert, die dem 0,75-, 0,90- und 0,95-Quantil entsprechen. Hier sind jeweils 75 %, 90 % oder 95 % der Messwerte kleiner als der angegebene Wert.

Es wurden alle ermittelten Werte berücksichtigt (ohne Ausreißertest).

6 ERGEBNISSE

MIT DEN DURCHGEFÜHRTEN UNTERSUCHUNGEN sollte geprüft werden, ob die ausgewählten prioritären bzw. prioritär gefährlichen Stoffe (entsprechend WRRL) im Grundwasser in Österreich auf Grundlage der gewählten niedrigen Bestimmungsgrenzen (Tabelle 1) nachweisbar sind, wie weit verbreitet sie sind und in welchen Konzentrationsbereichen sie vorliegen.

Ein weiteres Ziel war die Ermittlung repräsentativer Konzentrationen der ausgewählten Spurenstoffe im Grundwasser in Österreich, um eine präzisere Emissionsmodellierung von Spurenstoffen in Oberflächengewässern zu ermöglichen.

Für die einzelnen Stoffgruppen ergibt sich bezüglich der Nachweishäufigkeiten und Konzentrationsspannen ein differenziertes Bild (Abbildung 13, Tabelle 11). In mehr als 50% der Grundwasserproben liegen auf Grundlage der gewählten niedrigen Nachweis- und Bestimmungsgrenzen Positivbefunde für Quecksilber, Naphthalin, Phenanthren und Dibutylzinn vor. In mehr als einem Viertel der Proben wurden Tributylzinn, PFOA, PFOS und Pyren nachgewiesen. Für die polybromierten Diphenylether, Tetrabutylzinn, Di- und Triphenylzinn liegen keine Befunde über der Bestimmungsgrenze vor.

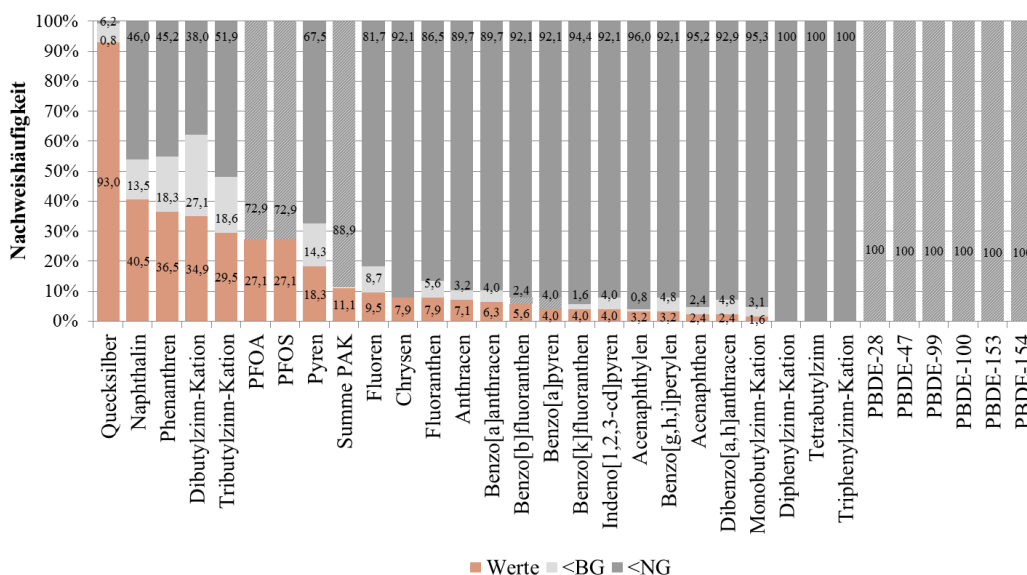


Abbildung 13: Nachweishäufigkeiten der untersuchten Spurenstoffe im Grundwasser. Die Anzahl der untersuchten Grundwasserproben schwankte zwischen 124 und 129 Proben in Abhängigkeit vom jeweiligen Parameter. Schraffur = es liegen keine Informationen zu Nachweisgrenzen vor.

6.1 POLYBROMIERTE DIPHENYLETHER (PBDE)

Keines der sechs untersuchten Kongenere der Stoffgruppe der polybromierten Diphenylether (PBDE) wurde auf Basis der gewählten Bestimmungsgrenzen von 0,00010 µg/l je PBDE-Kongener (Tabelle 9) in den untersuchten Grundwasserproben quantitativ nachgewiesen. Die Nachweisgrenzen dieser Parameter wurden nicht übermittelt, sodass keine Aussagen zu qualitativen Nachweisen getroffen werden können.

CLARA et al. (2014) fanden, basierend auf fünf Einzelmessungen, im Grundwasser Konzentrationsbereiche von 0,00082–0,00088 µg/l für die Summe PBDE. Höhere PBDE-Konzentrationen werden im Zusammenhang mit lokalen Hotspots, wie beispielsweise im Einflussbereich von Deponien, industriellen Direkteinleitern, Kläranlagen oder bei Klärschlammasbringung vermutet. MOCHE et al. (2004) fanden in vier Grundwasserproben altlastennaher Gewässerkörper PBDE-47-Konzentrationen zwischen 0,0019 µg/l

und 0,0038 µg/l, wobei PBDE-47 mit 50–70 % die Hauptkomponente der PBDE-Kongenerere ausmachte. Bei Untersuchungen zu Deponiesickerwässern in Österreich wurden in mindestens sieben von neun Deponiesickerwasserproben PBDE-Kongenerere gemessen. Die höchsten Konzentrationen wurden dabei für PBDE-47 mit 0,011 µg/l und PBDE-99 mit 0,012 µg/l bestimmt (CLARA et al. 2016). Im Bereich von Deponien wurden im Grundwasser in Australien Konzentrationen (Summe PBDE) von 0,00041–0,0065 µg/l nachgewiesen (KIDEE et al. 2014).

Grundsätzlich sind PBDE in Wasser schwer löslich und sorbieren stark an Böden und Sediment, sodass ihre Mobilität im Grundwasser eingeschränkt ist (EPA 2017).

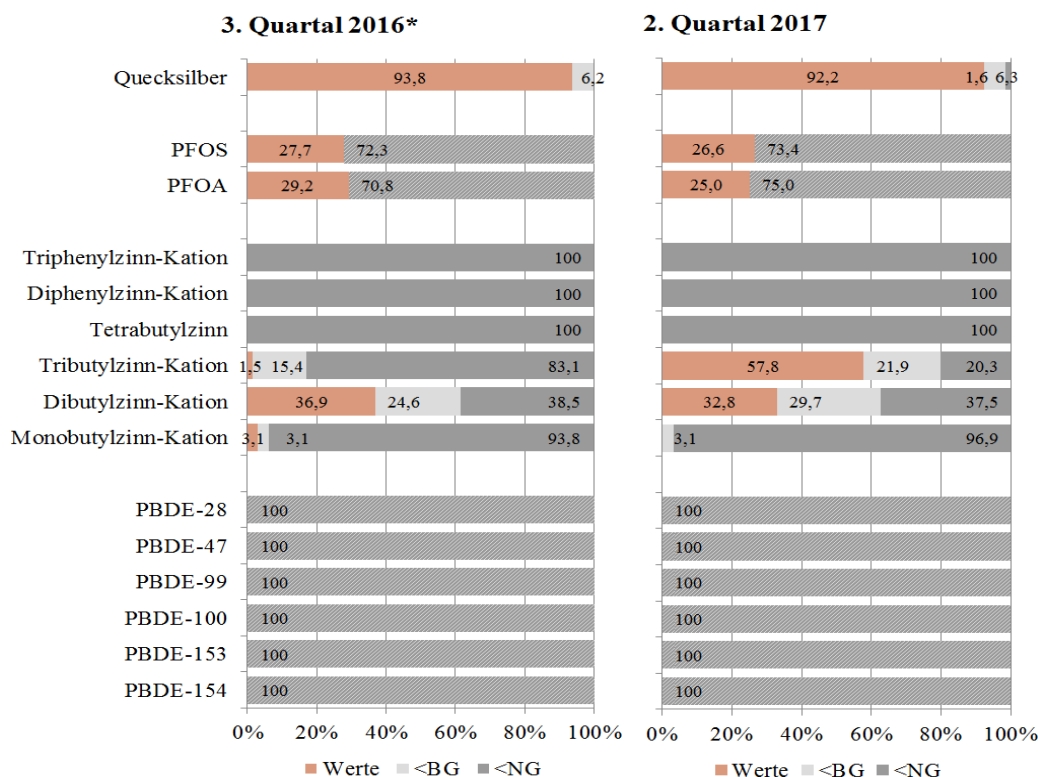


Abbildung 14: Nachweishäufigkeiten in % von Quecksilber, den ausgewählten per- und polyfluorierten Substanzen, Organozinnverbindungen und polybromierten Diphenylethern in den untersuchten Grundwasserproben im 3. Quartal 2016* und im 2. Quartal 2017. Schraffur = es liegen keine Informationen zu Nachweisgrenzen vor.

Bei Vergleichsmessungen, basierend auf **acht** im 2. Quartal 2017 zusätzlich gezogenen und z. T. mit niedrigeren Bestimmungsgrenzen und einer abweichenden analytischen Methode (Tabelle 10, Abschnitt 5.2.2) untersuchten Doppelproben, wurden in **fünf von acht** Grundwasserproben ebenfalls **keine** PBDE-Kongenerere nachgewiesen. **Drei der acht Proben** wiesen für einzelne PBDE-Kongenerere Konzentrationen über der regulären Bestimmungsgrenze auf. Ursachen für diese Abweichungen zur regulären Messung sind unklar. Sicherlich spielen jedoch die unterschiedlichen Bestimmungsgrenzen, auf welche bei den Vergleichsmessungen abgezielt wurde, die entsprechend unterschiedlichen analytischen Methoden und die relativ hohen Messunsicherheiten in diesen niedrigen Konzentrationsbereichen eine Rolle.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass PBDE im Grundwasser in Österreich lokal – beispielsweise im Zusammenhang mit Deponiesickerwässern – nachgewiesen werden können. Im Rahmen der gegenständlichen Untersuchungen gab es jedoch keine konsistenten Hinweise auf Verunreinigungen des Grundwassers in Österreich durch PBDE in einem Konzentrationsbereich > 0,00010 µg/l.

TABELLE 11: STATISTISCHE KENNWERTE DER UNTERSUCHTEN SPURENSTOFFPARAMETER

Parametergruppe-/ Parametername	BG	Min	Median	Q _{0,75}	Q _{0,90}	Q _{0,95}	Max	Anteil Messwerte < BG
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	%
POLYBROMIERTE DIPHENYLETHER (PBDE)								
PBDE-28	0,00010	*	*	*	*	*	*	100
PBDE-47	0,00010	*	*	*	*	*	*	100
PBDE-99	0,00010	*	*	*	*	*	*	100
PBDE-100	0,00010	*	*	*	*	*	*	100
PBDE-153	0,00010	*	*	*	*	*	*	100
PBDE-154	0,00010	*	*	*	*	*	*	100
POLYZYKLISCHE AROMATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE (PAK)								
Acenaphthen	0,00050	*	*	*	*	*	0,0049	98
Acenaphthylen	0,0015	*	*	*	*	*	0,0049	97
Anthracen	0,0010	*	*	*	*	0,0025	0,0045	93
Benzo(a)anthracen	0,0012	*	*	*	*	0,0014	0,0080	94
Benzo(a)pyren	0,0010	*	*	*	*	*	0,0074	96
Benzo(b)fluoranthen	0,0011	*	*	*	*	0,0011	0,0075	94
Benzo(g,h,i)perylene	0,0015	*	*	*	*	*	0,014	97
Benzo(k)fluoranthen	0,0011	*	*	*	*	*	0,0048	96
Chrysen	0,0010	*	*	*	*	0,0017	0,036	92
Dibenzo(a,h)anthracen	0,0012	*	*	*	*	*	0,0036	98
Fluoranthen	0,0010	*	*	*	*	0,0030	0,017	92
Fluoren	0,00050	*	*	*	*	0,00098	0,013	90
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,0015	*	*	*	*	*	0,011	97
Naphthalin	0,0020	*	*	0,0047	0,017	0,050	0,34	60
Phenanthren	0,00050	*	*	0,00068	0,0035	0,0072	0,058	63
Pyren	0,00050	*	*	0,00025	0,0012	0,0023	0,018	82
Summe PAK	0,00050	*	*	*	0,0014	0,0065	0,047	89
ORGANOZINNVERBINDUNGEN								
MBT	0,0080	*	*	*	*	*	0,031	98
DBT	0,00020	*	*	0,00029	0,0011	0,0031	0,032	65
TBT	0,00020	*	*	0,00027	0,00047	0,00065	0,0010	71
PER- UND PERFLUORIERTER SUBSTANZEN (PFAS)								
TeBT	0,00020	*	*	*	*	*	*	100
DPT	0,00020	*	*	*	*	*	*	100
TPT	0,00020	*	*	*	*	*	*	100
PFOS	0,0010	*	*	0,0013	0,0050	0,0077	0,97	73
PFOA	0,0010	*	*	0,0016	0,0047	0,0056	0,059	73
METALLE, GELÖST								
Quecksilber	0,0010	*	0,0062	0,014	0,037	0,061	0,096	7

Anmerkungen: Die statistischen Kennwerte umfassen den Minimalwert (Min), den Median = 50%-Perzentil, das 75%-, 90%- und 95%-Perzentil (P75, P90, P95) sowie den Maximalwert (Max). Auf Angabe des 25%-Quantils (Q_{0,25}) wurde aus Platzgründen verzichtet. Dieses konnte ohnehin nur für Quecksilber bestimmt werden und beträgt 0,0031 µg/l. Zur Ermittlung wurden die Messwerte zunächst entsprechend der Konventionen der Qualitätszielverordnung Grundwasser Chemie umgerechnet, d. h. Werte kleiner der Bestimmungsgrenze (BG) wurden durch die halbe Bestimmungsgrenze und Werte kleiner der Nachweisgrenze wurden ebenfalls durch die halbe Bestimmungsgrenze ersetzt. Alle statistischen Kennwerte, die einem Wert „< Bestimmungsgrenze“ entsprechen, sind in dieser Tabelle durch ein „*“ wiedergegeben. Quantile sind statistische Lagemaße. Für das 0,25-Quantil = 25%-Perzentil gilt, dass 25 % aller Messwerte kleiner als der angegebene Wert sind. Der Median unterteilt die Messreihe in zwei gleich große Teile, d. h. 50 % der Messwerte sind größer als der angegebene Wert und 50 % kleiner. Analog werden auch das 75%-, 90%- oder 95%-Perzentil interpretiert, die Q_{0,75}, Q_{0,90} und Q_{0,95} entsprechen. Hier sind jeweils 75 %, 90 % oder 95 % der Messwerte kleiner als der angegebene Wert.

6.2 POLYZYKLISCHE AROMATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE (PAK)

Alle 16 untersuchten polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (16 EPA-PAK) wurden mindestens einmal im Grundwasser gefunden, allerdings mit sehr unterschiedlichen Nachweishäufigkeiten.

Am häufigsten, d. h. in 54 % bzw. 54,8 % der Grundwasserproben und damit recht weit verbreitet, wurden die niedermolekularen PAK-Verbindungen Naphthalin (2 Benzolringe) und Phenanthren (3 Ringe) nachgewiesen (Abbildung 13). Naphthalin und Phenanthren weisen neben Acenaphthen und Fluoren vergleichsweise hohe Wasserlöslichkeiten innerhalb der 16 EPA-PAK auf. Über der Bestimmungsgrenze quantifiziert wurden Naphthalin in 40,5 % und Phenanthren in 36,5 % der Grundwasserproben. Für diese beiden Stoffe wurden mit 0,34 µg/l Naphthalin und 0,058 µg/l Phenanthren auch die höchsten Maximalwerte registriert (Abbildung 15, Tabelle 11). Ebenfalls häufig wurde Pyren mit Nachweisen in 32,6 % der Grundwasserproben und 18,3 % quantifizierten Werten gefunden.

In der Reihenfolge Fluoren > Chrysen > Fluoranthen > Anthracen > Benzo[a]anthracen > Benzo[b]fluoranthen > Benzo[a]pyren > Benzo[k]fluoranthen > Indeno[1,2,3-cd]pyren > Acenaphthylen > Benzo[g,h,i]perylen > Acenaphthen > Dibenzo[a,h]anthracen nimmt der Anteil der quantifizierten Werte für die weiteren PAK-Verbindungen von 9,5 % auf 2,4 % weiter ab (Abbildung 13).

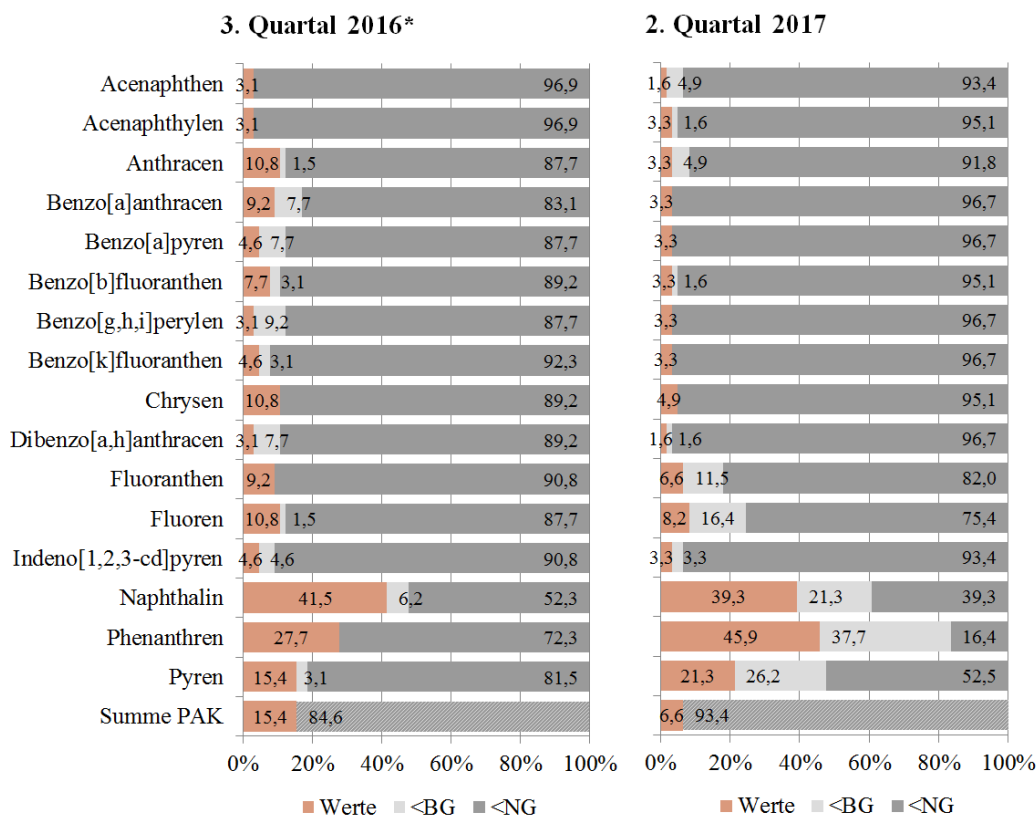


Abbildung 15: Nachweishäufigkeiten der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe in den untersuchten Grundwasserproben (n = 65 im 3. Quartal 2016* und n = 61 im 2. Quartal 2017)

Der Summenparameter der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser „Summe PAK“ mit den sechs Referenzstoffen Benzo[a]pyren, Fluoranthen, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen, Benzo[ghi]perylen und Indeno[1,2,3-cd]pyren lässt sich für 11,1 % der untersuchten Grundwasserproben bestimmen, in denen die Konzentrationen dieser Parameter über den entsprechenden Bestimmungsgrenzen lagen (Abbildung 13). Der Schwellenwert der Qualitätszielverordnung Grundwasser von 0,09 µg/l Summe PAK wurde an keiner der untersuchten Grundwassermessstellen überschritten.

Die Nachweishäufigkeiten verändern sich in Abhängigkeit vom Probenahmequartal (Abbildung 15). Am auffälligsten war dies für Phenanthren, das im 3. Quartal 2016* (Juli–September) in 27,7 % der Grundwasserproben quantifiziert werden konnte, im 2. Quartal 2017 (April–Juni) dagegen sogar in 45,9 % der Proben. Zudem wurden in diesem Quartal in weiteren 37,7 % der Grundwasserproben Positivbefunde von Phenanthren über der Nachweisgrenze festgestellt.

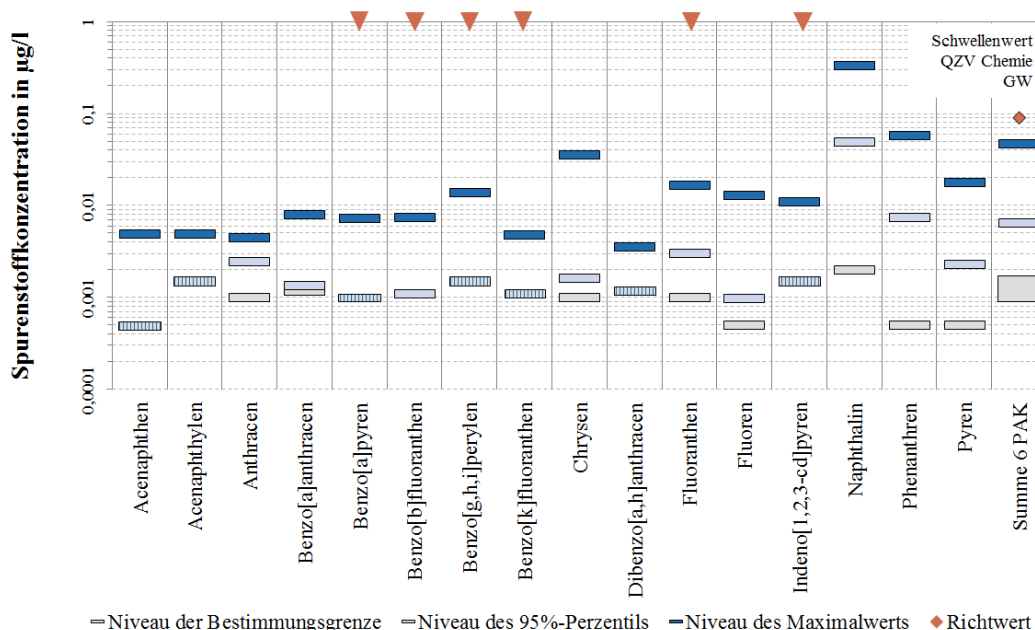


Abbildung 16: Konzentrationsniveaus der PAK-Einzelverbindungen und der „Summe 6 PAK“ unter Angabe von Bestimmungsgrenze, 95%-Perzentil (95 % der Werte unterschreiten diese Konzentration), Maximalwert und grundwasserrelevantem Richtwert (so vorhanden). Bei Schraffur entspricht das 95%-Perzentil der Bestimmungsgrenze. Die in den Summenparameter einfließenden Einzelverbindungen sind mit einem orangenen Dreieckssymbol gekennzeichnet.

Die Ursachen dafür sind nicht eindeutig identifizierbar. Das 2. Quartal 2017 (April–Juni) war in verschiedenen Regionen Österreichs durch niedrige Grundwasserspiegellagen gekennzeichnet. Möglicherweise haben daraus resultierende, ungünstige Verdünnungsverhältnisse im Grundwasser Auswirkungen auf die Saisonalität der PAK-Konzentrationen im Grundwasser.

TABELLE 12: HÄUFIGKEIT DER NACHWEISE VON PAK-VERBINDUNGEN AN DEN UNTERSUCHTEN GRUNDWASSERMESSSTELLEN IM 3. QUARTAL 2016* UND IM 2. QUARTAL 2017

Quantifizierter Nachweis mindestens einer PAK-Verbindung	Anzahl Messstellen
in beiden Quartalen	24
nur im 3. Quartal 2016*	8
nur im 2. Quartal 2017	13
in keinem der beiden Quartale	20

Die Befunde waren aufgrund dieser Unterschiede in Bezug auf das Probenahmequartal für die einzelnen Grundwassermessstellen nur bedingt reproduzierbar. In 24 Grundwassermessstellen wurde in beiden Quartalen mindestens eine PAK-Verbindung quantifiziert. Die Anzahl der quantifizierten PAK-Verbindungen in den einzelnen Messstellen zwischen den beiden Probenahmequartalen schwankte stark. In 20 Grundwassermessstellen (von denen für drei im 2. Quartal 2017 keine PAK-Probe vorlag) wurden generell keine der 16 untersuchten PAK-Verbindungen quantifiziert.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die besonders mobilen PAK Naphthalin und Phenanthren auf einem niedrigen Konzentrationsniveau im Grundwasser in Österreich relativ verbreitet nachgewiesen werden können. Die Grundwasserkonzentrationen differieren in Abhängigkeit vom Probenahmequartal. Die im Summenparameter der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser „Summe PAK“ zusammengefassten PAK-Verbindungen Benzo[a]pyren, Fluoranthen, Benzo[b]-fluoranthen, Benzo[k]-fluoranthen, Benzo[ghi]perylen und Indeno[1,2,3-cd]pyren] treten im Grundwasser allerdings nur lokal und vereinzelt auf und überwiegend mit Konzentrationen < 0,0065 µg/l Summe PAK. Der Schwellenwert der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser von 0,090 µg/l Summe PAK wurde an keiner der untersuchten Grundwassermessstellen überschritten.

6.3 ORGANOZINNVERBINDUNGEN

Drei von sechs untersuchten Organozinnverbindungen wurden in den Grundwasserproben nachgewiesen. Am häufigsten, nämlich in 62 % aller Grundwasserproben, wurde das Dibutylzinn-Kation (DBT) gefunden (Abbildung 13). Quantifiziert werden konnte DBT in 34,9 % aller Grundwasserproben. Dabei waren die Unterschiede in Bezug auf die Nachweishäufigkeiten von DBT zwischen dem 3. Quartal 2016* und dem 2. Quartal 2017 gering (Abbildung 14).

75 % aller untersuchten Grundwasserproben wiesen Konzentrationen unterhalb von 0,00029 µg/l DBT auf, 90 % unterschritten eine DBT-Konzentration von 0,0011 µg/l. Nur 5 % der Proben wiesen Konzentrationen über 0,0031 µg/l DBT auf. Die maximale gemessene Konzentration betrug 0,032 µg/l (Tabelle 11).

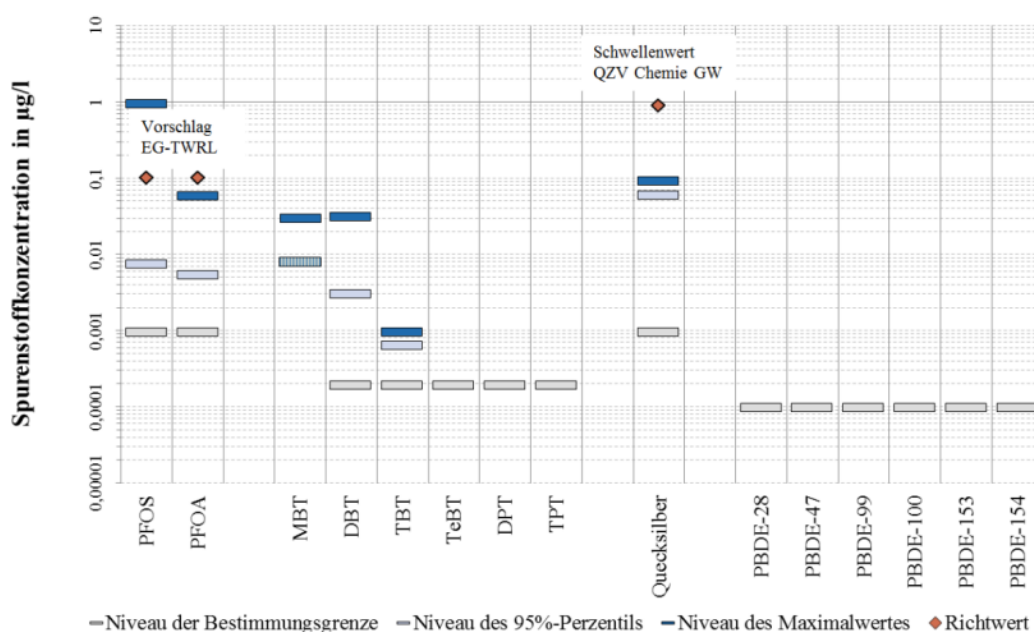


Abbildung 17: Konzentrationsniveaus der PFAS-Einzelverbindungen, der Organozinnverbindungen, von Quecksilber und der untersuchten Kongenere der polybromierten Diphenylether unter Angabe von Bestimmungsgrenze, 95%-Perzentil (95 % der Werte unterschreiten diese Konzentration), Maximalwert und grundwasserrelevantem Richtwert (so vorhanden). Bei Schraffur entspricht das 95%-Perzentil der Bestimmungsgrenze.

Das Tributylzinn-Kation (TBT) wurde insgesamt in 48,1 % aller Grundwasserproben nachgewiesen und in 29,5 % aller Proben über der Bestimmungsgrenze quantifiziert (Abbildung 12). Allerdings gab es in Bezug auf die Nachweishäufigkeiten deutliche Unterschiede zwischen dem 3. Quartal 2016* und dem 2. Quartal 2017. Tributylzinn (TBT) wurde im 3. Quartal 2016* zwar in 17 % der Proben qualitativ nachgewiesen, allerdings lag die Konzentration nur in einer Probe oberhalb der Bestimmungsgrenze. Im 2. Quartal 2017 wurde dagegen in 80 % der Proben TBT nachgewiesen, in 58 % der Proben lagen die Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,00020 µg/l. Warum die Nachweishäufigkeiten für TBT in den

beiden Probenahmedurchgängen so stark abweichen, ist nicht eindeutig nachvollziehbar. Auch hier spielen möglicherweise niedrige Grundwasserstände und ungünstige Verdünnungsbedingungen im Vergleich zum 3. Quartal 2016* eine Rolle.

75 % aller untersuchten Grundwasserproben wiesen Konzentrationen unterhalb von 0,00027 µg/l TBT auf, 90 % unterschritten eine TBT-Konzentration von 0,00047 µg/l. Nur 5 % der Proben wiesen Konzentrationen über 0,00065 µg/l TBT auf. Die maximale gemessene Konzentration betrug 0,0010 µg/l TBT und war damit deutlich niedriger als die maximal gemessene DBT-Konzentration. Dies deutet möglicherweise auf eine Herkunft der gefundenen Organozinnverbindungen aus PVC-Materialien hin, in denen überwiegend Dibutylzinn als Stabilisator eingesetzt wird. Dieses Dibutylzinn ist jedoch in der Regel mit geringen Mengen Tributylzinn verunreinigt, sodass beide Stoffe in Kombination gefunden werden können.

Monobutylzinn (MBT) wurde nur in jeweils 6 % bzw. 3 % der Grundwasserproben qualitativ nachgewiesen (Abbildung 14). Davon lagen im 3. Quartal 2016* die Konzentrationen von 3 % der Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze. Die maximale gemessene Konzentration betrug 0,031 µg/l MBT und war damit ähnlich hoch wie die Maximalkonzentration von Dibutylzinn.

Tetrabutylzinn (TeBT)-, Diphenylzinn (DPT)- und Triphenylzinn (TPT)-Verbindungen wurden in keiner der untersuchten Grundwasserproben in Österreich nachgewiesen.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass Dibutyl- und Tributylzinn auf Grundlage der niedrigen Bestimmungsgrenzen in etwa einem Drittel der untersuchten Grundwasserproben nachgewiesen werden konnten. Diese Stoffe sind damit relativ weit verbreitet.

6.4 PER- UND POLYFLUORIERTER SUBSTANZEN (PFAS)

Auf Basis der Bestimmungsgrenze von jeweils 0,0010 µg/l für PFOS und PFOA wurden diese Verbindungen in jeweils 27,1 % aller untersuchten Grundwasserproben nachgewiesen. In 72,9 % also der überwiegenden Anzahl von Grundwasserproben wurden weder PFOA noch PFOS gefunden. Die Nachweisgrenzen dieser Parameter wurden nicht übermittelt, so dass keine Aussagen zu **qualitativen** Nachweisen getroffen werden können.

Saisonal traten nur minimale Unterschiede in Bezug auf die Nachweishäufigkeiten für PFOA und PFOS auf. Die Befunde für einzelne Grundwassermessstellen sind über beide Probenahmequartale gut reproduzierbar. Im 3. Quartal 2016* wurde PFOA in 29,2 % aller Grundwasserproben nachgewiesen, im 2. Quartal 2017 in 25 % (Abbildung 14).

Ähnliches gilt für PFOS, welches im 3. Quartal 2016* in 27,7 % aller Grundwasserproben und im 2. Quartal 2017 in 26,6 % aller Proben nachgewiesen wurde.

50 % aller Grundwasserproben wiesen PFOA- und PFOS-Konzentrationen unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze von 0,0010 µg/l auf. 75 % aller Grundwasserproben wiesen PFOA-Konzentrationen $\leq 0,0016$ µg/l und PFOS-Konzentrationen $\leq 0,0013$ µg/l auf (Tabelle 11).

10 % aller Grundwasserproben enthielten PFOA und PFOS in Konzentrationen $> 0,0047$ µg/l bzw. $0,0050$ µg/l, 5 % aller Grundwasserproben wiesen PFOA und PFOS in Konzentrationen $> 0,0056$ µg/l bzw. $> 0,0077$ µg/l auf. Die PFAS-Konzentrationen in den 27 % Grundwasserproben mit PFAS-Nachweisen liegen damit ein bis zwei Zehnerpotenzen niedriger als der im Vorschlag zur Überarbeitung der Trinkwasserrichtlinie empfohlene Parameterwert von 0,1 µg/l für einzelne PFAS und von 0,50 µg/l für Gesamt-PFAS.

Eine Ausnahme stellen die an einer Grundwassermessstelle im Bundesland Salzburg gemessenen Maximalkonzentrationen von 0,059 µg/l PFOA und 0,97 µg/l PFOS dar. Hier überschreitet der PFOS-Wert den vorgeschlagenen Trinkwasserparameterwert von 0,10 µg/l für einzelne PFAS. Zudem wird der vorgeschlagene Trinkwasserparameterwert von 0,50 µg/l für Gesamt-PFAS an dieser Messstelle in beiden Probenahmequartalen überschritten. Die Belastung des Grundwassers an dieser Messstelle mit PFAS war zu Beginn des Projektes „Spurenstoffe im Grundwasser“ bereits bekannt, Eigenuntersuchungen des Landes Salzburg aus den Jahren 2013 und 2014 zeigen Konzentrationen in der gleichen Größenordnung.

Die Untersuchungsergebnisse lassen sich gut in bisherige Erhebungen zu PFAS-Verbindungen im Grundwasser einordnen. In Baden-Württemberg/Deutschland lagen für 32,2 % bzw. 31,5 % aller Grundwasserproben Positivbefunde für PFOA und PFOS vor, vergleichbar mit den in der vorliegenden Studie gefundenen Nachweishäufigkeiten (LUBW 2015). Die häufigsten Positivbefunde lagen dabei im Konzentrationsbereich unter 0,010 µg/l. Ein höherer Anteil von Positivbefunden wurde in Frankreich vor allem im Zusammenhang mit Siedlungs-, Gewerbe und Industriegebieten (LOPEZ et al. 2015) sowie in der Schweiz in durch Uferfiltrat beeinflussten Grundwässern (REINHARDT et al. 2010) gefunden.

Zusammenfassend kann eine flächendeckende Grundbelastung des Grundwassers in Österreich mit Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) oder Perfluorooctansäure (PFOA) derzeit ausgeschlossen werden. Allerdings werden PFAS-Verbindungen in etwas mehr als einem Viertel aller untersuchten Grundwassermessstellen nachgewiesen. Die häufigsten Positivbefunde von PFOA bzw. PFOS liegen im Konzentrationsbereich unterhalb von 0,0050 µg/l und damit etwa 20-fach niedriger als die vorgeschlagenen Trinkwasserleitwerte von 0,10 µg/l für PFAS-Einzelverbindungen (vergleiche Kapitel 3.4).

Niedrigkettige PFAS-Verbindungen sind im gegenständlichen Projekt nicht untersucht worden, müssen aber aufgrund ihrer toxikologischen Eigenschaften sowie ihrer Stoffeigenschaften als ebenso bedenklich gelten, da sie entweder als Nebenprodukte bei der Herstellung langkettiger PFAS oder als Ersatz für diese zunehmende Verbreitung finden und ebensolche unerwünschten Eigenschaften aufweisen (BRENDEL et al. 2018).

6.5 QUECKSILBER

Auf Basis der zugrunde gelegten Bestimmungsgrenze von 0,0010 µg/l wurde Quecksilber in 93 % aller untersuchten Grundwasserproben nachgewiesen. In 7 % der Proben wurde kein Quecksilber nachgewiesen (Abbildung 13).

Saisonal traten nur minimale Unterschiede in Bezug auf die Nachweishäufigkeiten für Quecksilber auf. Im 3. Quartal 2016* wurde Quecksilber in 94 % aller Grundwasserproben nachgewiesen, im 2. Quartal 2017 92 % (Abbildung 14).

50 % aller Grundwasserproben wiesen Quecksilberkonzentrationen $\leq 0,0062$ µg/l auf (Median). Nur 5 % aller Grundwasserproben enthielten Quecksilber in Konzentrationen $> 0,061$ µg/l (95%-Perzentil). Die gemessene Maximalkonzentration von Quecksilber in einer Grundwasserprobe betrug 0,096 µg/l (Tabelle 11).

Die beobachtete Maximalkonzentration liegt eine Zehnerpotenz unter dem Grundwasserschwellenwert von 0,90 µg/l und dem Trinkwasserparameterwert von 1,0 µg/l (Abbildung 17, Tabelle 6). Die Mediankonzentration von 0,0062 µg/l liegt sogar um mehr als das Hundertfache niedriger als die entsprechenden gesetzlichen Richtwerte.

Quecksilber ist in sehr niedrigen Konzentrationen nahezu überall im Grundwasser nachweisbar. Die Konzentrationen sind aber im Vergleich zum Trinkwasserparameterwert sehr niedrig.

Angesichts des beobachteten Konzentrationsniveaus im Grundwasser wäre eine Anpassung der Mindestbestimmungsgrenze im Rahmen der Gewässerzustandsüberwachung auf 0,0010 µg/l in Erwägung zu ziehen.

6.6 AUFTRETEN VON SPURENSTOFFEN IM GRUNDWASSER – EINFLUSSFAKTOREN

Um etwaige Einflussfaktoren auf das Auftreten der untersuchten Spurenstoffe im Grundwasser identifizieren zu können, wurden die Daten des 2. Probenahmedurchgangs (2. Quartal 2017) mit den für diesen Durchgang ebenfalls vorliegenden Daten der Gewässerzustandsüberwachung (Vor-Ort-Parameter, Hauptionen, Metalle) und den eingangs erhobenen Daten zur Landnutzung, der Messstellenart und dem Messstellenausbau sowie anderen möglichen Beeinflussungen verglichen.

Polybromierte Diphenylether (PBDE) konnten im Grundwasser nicht nachgewiesen werden. Deshalb lassen sich keine Aussagen hinsichtlich möglicher Einflussfaktoren machen.

In Bezug auf die **polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK)** lässt sich feststellen, dass das Auftreten von PAK im Grundwasser nicht in Zusammenhang mit einer bestimmten Landnutzung gebracht werden kann. Dies ist darauf zurückzuführen, dass häufig mehrere Nutzungsarten im Umfeld einer Messstelle vorliegen. Zudem werden frühere Nutzungen, Beeinflussungen durch Altablagerungen und außerhalb des 500-Meter-Radius gelegene Messstelleneinflüsse auf diese Weise nicht erfasst. Auch die insgesamt niedrige Anzahl von Positivbefunden für die meisten PAK-Verbindungen erschwert eine systematische Analyse.

Messungen organischer Spurenstoffe im Grundwasser stellen sehr hohe Anforderungen an die Analytik, weil Nachweise häufig im Bereich der Nachweis- oder Bestimmungsgrenzen und somit im untersten Anwendungsbereich einer analytischen Methode liegen. Dabei können spezifische methodische Aspekte (z.B. Wiederfindungskorrektur, Blindwertkorrektur) und jedenfalls die analytische Messunsicherheit relevant für die Interpretation der Ergebnisse sein. Vor allem einzelne auffällige Messwerte sind in diesem Lichte zu bewerten und sollten jedenfalls durch Wiederholungsmessungen abgesichert werden, weil bei zumeist wenigen Positivbefunden eine Unterscheidung zwischen Ausreißern und Extremwerten nicht oder nur eingeschränkt möglich ist.

An vier Messstellen wurden im 2. Quartal 2017 eine oder mehrere der im Parameter der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser „Summe PAK“ zusammengefassten 6 PAK-Verbindungen (Benzo[a]pyren, Fluoranthen, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[k]fluoranthen, Benzo[ghi]perylen, Indeno[1,2,3-cd]pyren) über der Bestimmungsgrenze quantifiziert. Dabei handelte es sich jeweils um zwei Karst- und Kluftgrundwassermessstellen (KK20307202, KK51201592) sowie um zwei Porengrundwassermessstellen (PG20101022, PG51103582). Die Einzelbetrachtung der Messstellen lässt auf verschiedene potenzielle Einflussfaktoren schließen:

- atmosphärische Deposition,
- Tanklager im Messstellenumfeld,
- (Straßen-)Abwassereinfluss oder
- Altstandorte.

Auch ein Eintrag von PAK in die Grundwasserproben während der Probenahme über die Luft mit Auswirkungen auf den untersuchten niedrigen Konzentrationsbereich kann trotz aller Vorsicht nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Potenzielle Eintragsquellen sind Zigarettenrauch, Nähe zu offenen Feuern/Grills oder Kaminrauch und Autoabgasen. Einen Hinweis auf eine systematische Kontamination der Proben gibt es allerdings nicht.

Besonders häufig wurden die PAK-Verbindungen Naphthalin und Phenanthren in den Grundwasserproben des 2. Quartals 2017 nachgewiesen. Hier lagen für einzelne Messstellen gleichzeitig höhere Phosphat-, Bor- oder Chlorid-Konzentrationen vor, sodass möglicherweise eine Beeinflussung durch Abwässer oder Straßenabwässer zu den beobachteten (insgesamt niedrigen) Stoffkonzentrationen von Naphthalin und Phenanthren im Grundwasser führt. Zu nennen sind hier beispielsweise PG20101052 (0,25 mg/l Bor, 0,16 mg/l Phosphat) oder PG20101022 (106 mg/l Chlorid).

Von den **Organozinnverbindungen** wurden im 2. Quartal 2017 das Dibutylzinn-Kation und das Tributylzinn-Kation in den untersuchten Grundwasserproben nachgewiesen. Dabei scheinen insbesondere die höchsten gemessenen Konzentrationen von Dibutylzinn mit dem Einfluss von Straßenabwässern in Zusammenhang gebracht werden zu können. Zumindest ein Teil dieser Messstellen ist durch ihre Nähe zu größeren Hauptverkehrsstraßen und gleichzeitig erhöhten Bor- und Chloridkonzentrationen gekennzeichnet, wie beispielsweise die Grundwassermessstellen PG10002802, PG92200332 und PG92300102 mit (46, 106 und 140 mg/l Chlorid). Auch auf das Auftreten von Dibutylzinn im Grundwasser scheint Abwasser Einfluss zu haben, hierauf deuten die gleichzeitig erhöhten Phosphat- und Ammoniumkonzentrationen beispielsweise an Messstelle PG60510042 (0,13 mg/l Phosphat, 0,35 mg/l Ammonium). Ähnliches gilt für das Tributylzinn-Kation. Auch hier scheinen insbesondere der Einfluss von Abwässern und Straßenabwässern zu höheren Konzentrationen zu führen.

In Bezug auf das Auftreten von **PFOS** und **PFOA** in den untersuchten Grundwasserproben müssen ebenfalls die Nähe zu Altablagerungen, zu Flughäfen sowie der Einfluss von Abwässern und Straßenabwässern als Risikofaktoren gelten.

Vergleichsweise erhöhte **Quecksilberkonzentrationen** wurden bei einer Quelle im Einflussbereich von Blockgletschern im Gebiet der Hohen Tauern bestimmt (KK60805012: 0,089 µg/l Quecksilber) oder auch im Bereich des Öztals (KK72310022: 0,085 µg/l). Ebenfalls höhere Quecksilberkonzentrationen wurden für die Messstelle PG70321042 (0,0640 µg/l) im Inntal beim Flughafen bestimmt. Hier können geogene Einflüsse (beispielsweise quecksilberhaltige Fahlerze/Zinkblende), aber auch Einträge aus atmosphärischer Deposition vorliegen. Für Porengrundwassermessstellen scheinen wiederum Beeinflussungen durch Straßenabwässer oder Altstandorte Hauptgründe für höhere Quecksilberkonzentrationen zu sein.

Letztendlich müssen die Ursachen für das Auftreten bestimmter Spurenstoffe bei den jeweiligen Grundwassermessstellen durch eine Einzelbeurteilung „vor Ort“ geklärt werden.

7 SCHLUSSFOLGERUNGEN

AUFGRUND DER DURCHGEFÜHRTEN UNTERSUCHUNGEN liegen mit diesem Bericht (z.T. erstmalig) Daten zu den Konzentrationsverteilungen der ausgewählten Spurenstoffe und –stoffgruppen im Grundwasser für Österreich vor. Die Datenerhebung beruht auf einer repräsentativen Stichprobe von Grundwassermessstellen in Österreich, d.h. verschiedene Landnutzungen, klimatische und geologische Bedingungen sowie Messstellenarten und -nutzungen wurden entsprechend berücksichtigt. Die Stichprobe entspricht einem Anteil von 3,3% der Messstellenanzahl des Grundwassermonitorings im Rahmen der Gewässerzustandsüberwachung.

Die Untersuchungen zeigen, dass Quecksilber und synthetische organische Spurenstoffe oder deren Abbauprodukte, auch wenn deren Verwendung bereits eingeschränkt oder eingestellt wurde, im Grundwasser bei den angewandten tiefen Bestimmungsgrenzen zum Teil relativ weit verbreitet nachweisbar sind. Dies gilt insbesondere für Quecksilber, Naphtalin, Phenanthren, Perfluorooctansulfonsäure (PFOS), Perfluorooctansäure (PFOA) sowie die Dibutyl (DBT)- und Tributylzinn (TBT)-Kationen. Allerdings zeigen die Untersuchungen auch, dass sich die Nachweise auf einem sehr niedrigen Konzentrationsniveau bewegen. Gesetzliche Anforderungen an die Qualität von Grund- und Trinkwasser werden nicht überschritten.

Die Daten dienen u.a. als Eingangsdaten für die Emissionsmodellierung von Spurenstoffen in Oberflächengewässern. Die Mediankonzentrationen der untersuchten Spurenstoffparameter unterschreiten bis auf Quecksilber alle die an die Umweltqualitätsnormen im Oberflächengewässer angepassten Bestimmungsgrenzen. Ob das Auffinden von polybromierten Diphenylethern (PBDE) im Grundwasser auf Basis der zugrundeliegenden Bestimmungsgrenzen vollständig auszuschließen ist, kann angesichts der Unterschiede zu Vergleichs- und Literaturwerten nicht vollständig geklärt werden. Hierzu sollten Wiederholungsmessungen mit niedrigeren Bestimmungsgrenzen an potentiellen Hotspots in Erwägung gezogen werden.

Der Quecksilber-Median beträgt 0,0062 µg/l und liegt damit etwa hundertfach höher als der aus der Biota-Umweltqualitätsnorm für Quecksilber abgeleitete Wasser-Vergleichswert von 0,000070 µg/l (0,070 ng/l) (VERBRUGGEN et al. 2015). Abschätzungen über die Größenordnung einer allfälligen Beeinflussung von Oberflächengewässern durch das Grundwasser werden mit den Ergebnissen der Stoffbilanzmodellierung aus dem Projekt „STOBIMO Spurenstoffe“ vorliegen.

Angesichts des beobachteten Konzentrationsniveaus von Quecksilber im Grundwasser wäre vor allem zur besseren Vergleichbarkeit mit Messwerten von Oberflächengewässern eine Anpassung der Mindestbestimmungsgrenze im Rahmen der Gewässerzustandsüberwachung auf 0,0010 µg/l in Erwägung zu ziehen. Gleiches gilt für Cadmium und Blei, deren Konzentrationen ebenfalls größtenteils unter der derzeitigen Mindestbestimmungsgrenze der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung liegen und die im vorliegenden Projekt nicht analysiert wurden.

Das relativ häufige Auffinden der beiden PFAS-Verbindungen Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) und Perfluorooctansäure (PFOA) im Grundwasser in Zusammenschau mit dem zunehmenden Ersatz dieser Verbindungen durch kurzkettige PFAS-Verbindungen in industriellen Anwendungen sowie deren gehäuftem Auftreten in Gewässern (AHRENS & BUNDSCHUH 2014, KOTTHOFF & BÜCKING 2018) lassen weitere Untersuchungen mit Fokus auf diese Stoffe notwendig erscheinen.

Zu klären bleibt auch, auf welche Ursachen sich das relativ häufige Auffinden von Dibutylzinn (DBT)- und Tributylzinn (TBT)-Kationen im Grundwasser zurückführen lassen.

8 LITERATUR

8.1 ALLGEMEIN

AGES – Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (2016): AGES Wissen aktuell, Heft 3 (2016): Aufnahme von Quecksilber über Lebensmittel. Wien.

AHRENS, L., & BUNDSCHUH, M. (2014): Fate and effects of poly - and perfluoroalkyl substances in the aquatic environment: A review. *Environmental toxicology and chemistry*, 33(9), 1921-1929.

AHRENS, L., HEDLUND, J., DÜRIG, W., TRÖGER, R., WIBERG, K. (2016): Screening of PFASs in groundwater and surface water. *Sveriges lantbruksuniversitet, Vatten och miljö: Rapport 2016:2*.

BARRINGER, J. L., SZABO, Z., REILLY, P. A. & RISKIN, M. L. (2013): Variable contributions of mercury from groundwater to a first-order urban coastal plain stream in New Jersey, USA. *Water, Air, & Soil Pollution*, 224(4): 1475.

BESIS, A. & SAMARA, C. (2012): Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in the indoor and outdoor environments – A review on occurrence and human exposure. *Environmental Pollution* 169: 217–229.

BMGF – Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (2015): Österreichischer Trinkwasserbericht 2011–2013. Wien.

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2012): Metalle im Grundwasser in Österreich. Karten und Erläuterungen. Wien.

BMNT – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2018): Wassergüte in Österreich – Jahresbericht (2013–2015). Wien.

BRENDEL, S., FETTER, É., STAUDE, C., VIERKE, L. & BIEGEL-ENGLER, A. (2018): Short-chain perfluoroalkyl acids: environmental concerns and a regulatory strategy under REACH. *Environmental Sciences Europe*, 30(1): 9.

BUCK, R. C., FRANKLIN, J., BERGER, U., CONDER, J. M., COUSINS, I. T., DE VOOGT, P. & VAN LEEUWEN, S. P. (2011): Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: terminology, classification, and origins. *Integrated environmental assessment and management*, 7(4): 513–541.

BUNDESGESUNDHEITSBLATT (2017) 60: 350. <https://doi.org/10.1007/s00103-016-2508-3>

CLARA, M., ERTL, T., GISELBRECHT, G., GRUBER, G., HOFER, T., HUMER, F., KRETSCHMER, F., KOLLA, L., SCHEFFKNECHT, C., WEIß, S. & WINDHOFER, G. (2014): Spurenstoffemissionen aus Siedlungsgebieten und von Verkehrsflächen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien, Österreich.

CLARA, M., HARTMANN, C., SCHEFFKNECHT, C. (2016): Klärschlamm und Boden. Eintrag von Spurenstoffen auf landwirtschaftlich genutzten Böden. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Vorarlberger Landesregierung [Hrsg]. Bregenz, Österreich.

LITERATUR

CLARKSON, T. W. (2002): The three modern faces of mercury. *Environmental Health Perspectives* 110 (1): 11–23

EINECS: European Inventory of Existing Chemical Substances. <https://echa.europa.eu/de/information-on-chemicals/ec-inventory>

EVISA – European virtual institute for speciation analysis (2009): EU 1018 bans certain organotin compounds. <http://www.speciation.net/News/EU-bans-certain-organotin-compounds-~/2009/06/05/4298.html>

HOCH, M. (2001): Organotin compounds in the environment—an overview. *Applied geochemistry*, 16(7–8): 719–743.

KIDDEE, P., NAIDU, R., WONG, M. H., HEARN, L. & MULLER, J. F. (2014): Field investigation of the quality of fresh and aged leachates from selected landfills receiving e-waste in an arid climate. *Waste management*, 34(11): 2292–2304.

KÖLLE, W. (2017): *Wasseranalysen-richtig beurteilt: Grundlagen, Parameter, Wassertypen, Inhaltsstoffe*. John Wiley & Sons.

KOTTHOFF, M., & BÜCKING, M. (2018): Four Chemical Trends Will Shape the Next Decade's Directions in Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances Research. *Frontiers in chemistry*, 6, 103.

LAW, R. J., COVACI, A., HARRAD, S., HERZKE, D., ABDALLAH, M. A.-E., FERNIE, K., TOMS, L.-M. L. & TAKIGAMI, H. (2014): Levels and trends of PBDEs and HBCDs in the global environment: Status at the end of 2012. *Environment International* 65: 147–158.

LEVISON, J., NOVAKOWSKI, K., REINER, E. J. & KOLIC, T. (2012): Potential of groundwater contamination by polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in a sensitive bedrock aquifer (Canada). *Hydrogeology Journal*, 20(2): 401–412.

LOOS, R., GAWLIK, B. M., LOCORO, G., RIMAVICIUTE, E., CONTINI, S. & BIDOGLIO, G. (2009): EU-wide survey of polar organic persistent pollutants in European river waters. *Environmental Pollution*, 157(2): 561–568.

LOOS, R., LOCORO, G., COMERO, S., CONTINI, S., SCHWESIG, D., WERRES, F. & BOLCHI, M. (2010): Pan-European survey on the occurrence of selected polar organic persistent pollutants in ground water. *Water research*, 44(14): 4115–4126.

LOPEZ et al. (2015): Screening of French groundwater for regulated and emerging contaminants. *Science of the Total Environment* 518–519, 562–573.

LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2015): *Grundwasserüberwachungsprogramm – Ergebnisse der Beprobung 2014*. Reihe Grundwasserschutz Bd. 51.

MOCHE, W., STEPHAN, K., THANNER, G. (2004): *Bromierte Flammschutzmittel in der aquatischen Umwelt*. Umweltbundesamt [Hrsg.], Wien.

ODUSANYA, D. O., OKONKWO, J. O. & BOTHA, B. (2009): Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in leachates from selected landfill sites in South Africa. *Waste management*, 29(1): 96–102.

LITERATUR

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2013): OECD/UNEP Global PFC Group, Synthesis paper on per- and polyfluorinated chemicals (PFCs). Environment, Health and Safety, Environment Directorate, OECD.

RAHMAN, F., LANGFORD, K. H., SCRIMSHAW, M. D., & LESTER, J. N. (2001): Polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants. *Science of the Total Environment*, 275(1-3), 1-17.

REINHARDT, M. et al. (2010): Perfluorierte Chemikalien im Grundwasser – Grundlagen und Pilotstudie Schweiz. gwa 11/2010: 967–978.

SCHEUHAMMER, A. M., MEYER, M. W., SANDHEINRICH, M. B. & MURRAY, M. W. (2007): Effects of environmental methylmercury on the health of wild birds, mammals, and fish. *AMBIO: a Journal of the Human Environment*, 36(1): 12–19.

SCHWARZENBACH, R.P., ESCHER, B.I., FENNER, K., HOFSTETTER, T.B., JOHNSON, C.A., V-GUTEN, U. & WEHRLI, B. (2006): The Challenge of Micropollutants in Aquatic Systems. *Science* 313: 1072–1077.

SROGI, K. (2007): Monitoring of environmental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: a review. *Environ Chem Lett* 5: 169–195.

SWEDISH CHEMICALS AGENCY (2015): Occurrence and use of highly fluorinated substances and alternatives. Report 7/15. Swedish Chemicals Agency, Stockholm.

<https://www.kemi.se/en/global/rapporter/2015/report-7-15-occurrence-and-use-of-highly-fluorinated-substances-and-alternatives.pdf>

SYVERSEN & KAUR (2014): The toxicology of mercury and its compounds. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 26(4), 215-226.

TRAUTVETTER, H., CLARA, M., GABRIEL, O., STRENN, B. & ZESSNER, M. (2015): Emissionsabschätzung für prioritäre Stoffe. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien, Österreich.
http://wisa.bmlfuw.gv.at/fachinformation/ngp/ngp-2015/hintergrund/allgemeines/emissionsab_prio.html.

UMWELTBUNDESAMT (2002): Sattelberger, R.: Organozinnverbindungen in der aquatischen Umwelt. Berichte, Bd. BE-0214. Umweltbundesamt, Wien.

UMWELTBUNDESAMT (2016): Uhl, M., Leitner, S., Clara, M. et al.: Umsetzung des Minamata-Übereinkommens über Quecksilber in Österreich. Datengrundlagen/Monitoring 2016. Reports, Bd. REP-0578. Umweltbundesamt, Wien. ISBN: 978-3-99004-391-2. 59 S.

VERBRUGGEN, E. M. J., VAN HERWIJNEN, R., & SMIT, C. E. (2015). Derivation of a water-based quality standard for secondary poisoning of mercury. RIVM Letter report 2015-0058, National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, The Netherlands.

VIERKE, L., STAUDE, C., BIEGEL-ENGLER, A., DROST, W. & SCHULTE, C. (2012): Perfluorooctanic acid (PFOA) – main concerns and regulatory developments in Europe from an environmental point of view. *Environmental Sciences Europe* 24: 16.

VKU e.V. – Verband kommunaler Unternehmen e.V. : Positionspapier Spurenelemente.

https://www.vku.de/fileadmin/user_upload/Verbandsseite/Landingpages/Trinkwasserqualitaet/Positionspapier_Wasser_Spurenelemente_Web_ES.pdf (zuletzt abgefragt am 08.05.2018)

WANG, Q., KIM, D., DIONYSIOU, D.D., SORIAL, G.A. & TIMBERLAKE, D. (2004): Sources and remediation for mercury contamination in aquatic systems – a literature review. *Environmental Pollution* 131: 323–336.

WASSERVERSORGUNG ZÜRICH [Hrsg.] (2016): Kleines ABC der Spurenstoffe im Trinkwasser.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (2000): Air quality guidelines for Europe. Second edition. Chapter 6.9 Mercury. Regional Office for Europe, Copenhagen. WHO Regional Publications, European Series, No. 91.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (2016): Mercury and health. Fact sheet.
<http://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>

8.2 RECHTLICHE GRUNDLAGEN

8.2.1 EU-GEMEINSCHAFTSRECHT

Biozid-Richtlinie 98/8/EG: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Februar 1998 über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten.

Entscheidung 2009/425/EG der Kommission vom 28. Mai 2009 zur Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates hinsichtlich der Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung von zinnorganischen Verbindungen zwecks Anpassung ihres Anhangs I an den technischen Fortschritt

Grundwasserrichtlinie (GWRL; RL 2006/118/EG): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung. ABl. Nr. L 372/19.

REACH-Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission.

Richtlinie 2003/11/EG: Richtlinie 2003/11/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Februar 2003 zur 24. Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates über Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen (Pentabromdiphenylether, Octabromdiphenylether).

Richtlinie 2013/39/EU: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik.

Trinkwasser-Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.

Verordnung (EG) Nr. 782/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. April 2003 über das Verbot zinnorganischer Verbindungen auf Schiffen.

LITERATUR

Verordnung (EG) Nr. 850/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über persistente organische Schadstoffe und zur Änderung der Richtlinie 79/117/EWG.

Verordnung (EG) Nr. 850/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über persistente organische Schadstoffe und zur Änderung der Richtlinie 79/117/EWG.

Verordnung (EU) Nr. 1272/2013 der Kommission vom 6. Dezember 2013 zur Änderung von Anhang XVII der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlament und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) hinsichtlich polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe Text von Bedeutung für den EWR. ABl. Nr. L 328/69.

Wasserrahmenrichtlinie (WRRL; RL 2000/60/EG): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. ABl. Nr. L 327. Geändert durch die Entscheidung des Europäischen Parlaments und des Rates 2455/2001/EC. ABl. L 331, 15/12/2001.

8.2.2 NATIONALES RECHT

Chemikalien-Verbotsverordnung 2003 (Chem-VerbotsV; BGBl. II Nr. 477/2003 idGF.): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über weitere Verbote und Beschränkungen bestimmter gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Fertigwaren.

Trinkwasserverordnung (TWV; BGBl. II Nr. 304/2001 i.d.g.F.): Verordnung der Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.

Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (QZV Chemie GW; BGBl. II Nr. 98/2010 i.d.g.F.): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über den guten chemischen Zustand des Grundwassers.

Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (QZV Chemie OG, BGBl. II Nr. 96/2006, geändert durch BGBl. II Nr. 461/2010 i.d.g.F.): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Festlegung des Zielzustands für Oberflächengewässer.

Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV; BGBl. II Nr. 479/2006 i.d.g.F.): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Überwachung des Zustands von Gewässern.

9 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ALLGEMEINE ABKÜRZUNGEN

BG Bestimmungsgrenze

Max Maximum

Min Minimum

NG Nachweisgrenze

n.n. nicht nachweisbar

n.a. nicht analysiert

n Anzahl der Proben

10 GRÖSSENVERGLEICH SPURENSTOFFE

SOGENANNT E MAKROSCHADSTOFFE ODER MAKROVERUNREINIGUNGEN, d. h. im Grundwasser unerwünschte Stoffe, die im Konzentrationsbereich von einigen Mikrogramm- oder Milligramm je Liter vorkommen (beispielsweise die Nährstoffe Nitrat und Phosphat), sind gut untersucht. Ihre Eintragspfade und ihr Verhalten in der Umwelt sowie mögliche Maßnahmen zur Verminderung der Gewässerbelastung sind weitestgehend bekannt. In Bezug auf die enorme Anzahl von Spurenstoffen fehlt dieses Wissen vielfach noch (SCHWARZENBACH et al. 2006). Spurenstoffe werden auch als Mikroschadstoffe oder Mikroverunreinigungen bezeichnet. Sie treten in niedrigen bzw. sehr niedrigen Konzentrationen von Nanogramm bis Pikogramm je Liter auf.

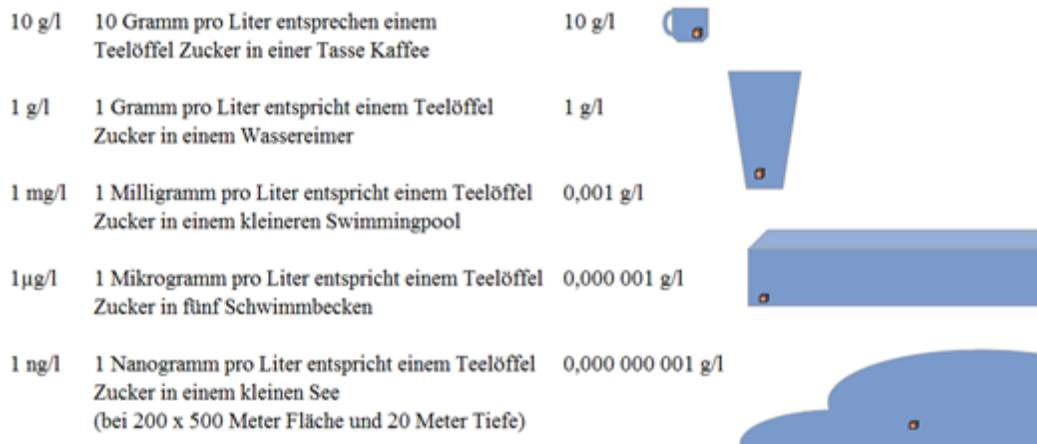


Abbildung 18: Maßeinheiten und Größenvergleich in der Wasseranalytik (verändert nach WASSERVERSORGUNG ZÜRICH 2016). Nicht dargestellt ist die Einheit Pikogramm je Liter. Diese entspricht dem ein milliardstel Teil eines Liter (0,000 000 000 001 g/l) oder einem Zuckerwürfel aufgelöst in einem großen See (z.B. dem Traunsee)

11 ANHANGSTABELLEN

TABELLE 13: MESSWERTE FÜR DIE PARAMETER ACENAPHTHEN, ACENAPHTHYLEN, ANTHRACEN, BENZO[A]ANTHRACEN, BENZO[A]PYREN UND BENZO[B]FLUORANTHEN

Bezeichnung	Probenahmequartal	Acenaphthen	Acenaphthylen	Anthracen	Benzo[a]anthracen	Benzo[a]pyren	Benzo[b]fluoranthren
BG in µg/l		0,00050	0,0015	0,0010	0,0012	0,0010	0,0011
NG in µg/l		0,00020	0,00077	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050
Referenz 1	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Referenz 2	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK10003152	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK20201032	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	0,008	0,0015	0,0075
KK20307202	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK20405052	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	0,0013	n.n.	< 0,0011
KK21001012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK31800222	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK32300522	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK41619012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK51103162	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK51201592	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK52103272	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK60726062	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,0012	n.n.	n.n.
KK60741092	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK60805012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,0016
KK61109022	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,0010	n.n.
KK71250012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,0024	0,0013
KK71250182	3. / 2016	0,0045	0,0028	0,0021	< 0,0012	n.n.	n.n.
KK72230012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK72310022	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK80110252	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK80120152	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK80216152	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10002802	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10003402	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,004	0,0018	< 0,0010	n.n.
PG10003432	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,0031	< 0,0012	n.n.	n.n.
PG10003922	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10003932	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,0043	0,0021	< 0,0010	n.n.
PG20101022	3. / 2016	n.n.	0,0049	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG20101052	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	0,0026	0,0041	0,0046
PG20101152	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG30400082	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG30800172	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG30900082	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500022	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500202	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500462	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

ANHANGSTABELLEN

Bezeichnung	Probenahmequartal	Acenaphthen	Acenaphthylen	Anthracen	Benzo[a]anthracen	Benzo[a]pyren	Benzo[b]fluoranthen
BG in µg/l		0,00050	0,0015	0,0010	0,0012	0,0010	0,0011
NG in µg/l		0,00020	0,00077	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050
PG31600442	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,0011
PG40101082	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40406012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40410012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40414012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41013022	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41220012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,0012	n.n.	n.n.
PG41222012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41227012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG51103582	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG54100312	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG54106932	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG54106952	3. / 2016	n.n.	n.n.	< 0,0010	n.n.	n.n.	n.n.
PG60114122	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG60510042	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG60624372	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG70321042	3. / 2016	0,0049	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,0010	n.n.
PG70321082	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG70325032	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80218352	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80224152	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80224352	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80301952	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG91100082	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG92100272	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,0026	n.n.	n.n.	n.n.
PG92200332	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,0044	0,0017	< 0,0010	0,0048
PG92300102	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,0027	< 0,0012	n.n.	n.n.
Referenz 2	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK10003152	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK20201032	2. / 2017	n.n.	n.n.	0,0018	n.n.	n.n.	n.n.
KK20307202	2. / 2017	n.n.	< 0,0015	0,0045	0,0079	0,0074	0,0069
KK20405052	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK21001012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK31800222	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK32300522	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK41619012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK51103162	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,0011
KK51201592	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK52103272	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK60805012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK61109022	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK71250012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK71250182	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK72230012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

ANHANGSTABELLEN

Bezeichnung	Probenahmequartal	Acenaphthen	Acenaphthylen	Anthracen	Benzo[a]anthracen	Benzo[a]pyren	Benzo[b]fluoranthren
BG in µg/l		0,00050	0,0015	0,0010	0,0012	0,0010	0,0011
NG in µg/l		0,00020	0,00077	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050
KK72310022	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK80110252	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK80120152	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK80216152	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10002802	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10003402	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10003432	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10003922	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10003932	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG20101022	2. / 2017	0,00061	0,0044	< 0,0010	n.n.	n.n.	n.n.
PG20101052	2. / 2017	< 0,00050	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG20101152	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG30400082	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG30800172	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG30900082	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500022	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500202	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500462	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31600442	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40101082	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40406012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40410012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40414012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41013022	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41220012	2. / 2017	< 0,00050	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41222012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41227012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG51103582	2. / 2017	n.n.	0,003	< 0,0010	0,0014	0,0042	0,0057
PG54100312	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG54106932	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG54106952	2. / 2017	n.n.	n.n.	< 0,0010	n.n.	n.n.	n.n.
PG60114122	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG60510042	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG60624372	2. / 2017	< 0,00050	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG70321042	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG70321082	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG70325032	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80218352	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80224152	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80224352	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80301952	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG92100272	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG92200332	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG92300102	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

TABELLE 14: MESSWERTE FÜR DIE PARAMETER BENZO[G,H,I]PERYLEN, BENZO[K]FLUORANTHEN, CHRYSEN, DIBENZO[A,H]-ANTHRACEN UND FLUORANTHEN

Bezeichnung	Probenahmequartal	Benzo[g,h,i]perylen	Benzo[k]fluoranthren	Chrysen	Dibenzo[a,h]-anthracen	Fluoranthren
BG in µg/l		0,0015	0,0011	0,0010	0,0012	0,0010
NG in µg/l		0,00042	0,00050	0,00050	0,00037	0,00050
Referenz 1	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Referenz 2	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK10003152	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK20201032	3. / 2016	< 0,0015	0,0033	0,0097	n.n.	0,017
KK20307202	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,0036
KK20405052	3. / 2016	n.n.	< 0,0011	0,005	n.n.	0,0067
KK21001012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK31800222	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK32300522	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK41619012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK51103162	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK51201592	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK52103272	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK60726062	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK60741092	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK60805012	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,0093	n.n.	n.n.
KK61109022	3. / 2016	< 0,0015	n.n.	n.n.	< 0,0012	n.n.
KK71250012	3. / 2016	0,0048	0,0014	0,0013	0,0022	n.n.
KK71250182	3. / 2016	< 0,0015	n.n.	n.n.	n.n.	0,008
KK72230012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK72310022	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK80110252	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	0,0016	n.n.
KK80120152	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK80216152	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10002802	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10003402	3. / 2016	< 0,0015	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10003432	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10003922	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10003932	3. / 2016	< 0,0015	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG20101022	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,0058
PG20101052	3. / 2016	0,0017	0,0021	0,0012	< 0,0012	0,0022
PG20101152	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG30400082	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG30800172	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG30900082	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500022	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500202	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500462	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31600442	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,0017	n.n.	n.n.
PG40101082	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

ANHANGSTABELLEN

Bezeichnung	Probenahmequartal	Benzo[g,h,i]perylen	Benzo[k]fluoranthren	Chrysen	Dibenzo[a,h]-anthracen	Fluoranthren
BG in µg/l		0,0015	0,0011	0,0010	0,0012	0,0010
NG in µg/l		0,00042	0,00050	0,00050	0,00037	0,00050
PG40406012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40410012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40414012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41013022	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41220012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41222012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41227012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG51103582	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG54100312	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG54106932	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG54106952	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG60114122	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG60510042	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG60624372	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG70321042	3. / 2016	< 0,0015	< 0,0011	n.n.	< 0,0012	n.n.
PG70321082	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG70325032	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80218352	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80224152	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80224352	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80301952	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG91100082	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,0012	n.n.
PG92100272	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG92200332	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,0037	n.n.	n.n.
PG92300102	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,0012	n.n.
Referenz 2	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK10003152	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK20201032	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK20307202	2. / 2017	0,014	0,0048	0,036	0,0036	0,0033
KK20405052	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK21001012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,0010
KK31800222	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK32300522	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK41619012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK51103162	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK51201592	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,0012
KK52103272	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK60805012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK61109022	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK71250012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK71250182	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK72230012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK72310022	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

ANHANGSTABELLEN

Bezeichnung	Probenahmequartal	Benzo[g,h,i]perylen	Benzo[k]fluoranthren	Chrysen	Dibenzo[a,h]-anthracen	Fluoranthren
BG in µg/l		0,0015	0,0011	0,0010	0,0012	0,0010
NG in µg/l		0,00042	0,00050	0,00050	0,00037	0,00050
KK80110252	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK80120152	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK80216152	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10002802	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,0010
PG10003402	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,0010
PG10003432	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10003922	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10003932	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG20101022	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,0044
PG20101052	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,0010
PG20101152	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG30400082	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG30800172	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG30900082	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500022	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500202	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500462	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31600442	2. / 2017	n.n.	n.n.	0,0015	n.n.	n.n.
PG40101082	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40406012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40410012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40414012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41013022	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41220012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41222012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41227012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG51103582	2. / 2017	0,0063	0,0026	0,0023	< 0,0012	0,0018
PG54100312	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG54106932	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG54106952	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,0010
PG60114122	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG60510042	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,0010
PG60624372	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG70321042	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG70321082	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG70325032	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,0010
PG80218352	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80224152	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80224352	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80301952	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG92100272	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG92200332	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG92300102	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

TABELLE 15: MESSWERTE FÜR DIE PARAMETER FLUOREN, INDENO[1,2,3-CD]PYREN, NAPHTHALIN, PHENANTHREN UND PYREN

Bezeichnung	Probenahmequartal	Fluoren	Indeno[1,2,3-cd]pyren	Naphthalin	Phenanthren	Pyren
BG in µg/l		0,00050	0,0015	0,0020	0,00050	0,00050
NG in µg/l		0,00020	0,00038	0,0010	0,00020	0,00020
Referenz 1	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Referenz 2	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK10003152	3. / 2016	n.n.	n.n.	< 0,0020	n.n.	n.n.
KK20201032	3. / 2016	n.n.	< 0,0015	0,0078	0,0016	0,007
KK20307202	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,0047	n.n.	< 0,00050
KK20405052	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,0062	n.n.	0,0021
KK21001012	3. / 2016	0,00077	n.n.	0,003	0,0015	n.n.
KK31800222	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK32300522	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK41619012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK51103162	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK51201592	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK52103272	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	0,0072	n.n.
KK60726062	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,0073	0,012	0,0018
KK60741092	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK60805012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK61109022	3. / 2016	n.n.	0,0015	0,0021	n.n.	n.n.
KK71250012	3. / 2016	0,001	0,004	0,0067	0,0036	n.n.
KK71250182	3. / 2016	0,013	n.n.	0,017	0,058	0,018
KK72230012	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,0064	n.n.	n.n.
KK72310022	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,01	n.n.	n.n.
KK80110252	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK80120152	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK80216152	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10002802	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10003402	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,28	0,0086	0,0033
PG10003432	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,28	0,0077	0,0022
PG10003922	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,05	n.n.	n.n.
PG10003932	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,34	0,0094	0,0032
PG20101022	3. / 2016	0,0019	n.n.	0,031	0,008	0,013
PG20101052	3. / 2016	0,00091	0,0021	0,036	0,0044	0,0023
PG20101152	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,0033	0,0013	n.n.
PG30400082	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG30800172	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG30900082	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500022	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500202	3. / 2016	< 0,00050	n.n.	0,0083	n.n.	n.n.
PG31500462	3. / 2016	0,0013	n.n.	0,0045	0,0031	n.n.
PG31600442	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40101082	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

ANHANGSTABELLEN

Bezeichnung	Probenahmequartal	Fluoren	Indeno[1,2,3-cd]pyren	Naphthalin	Phenanthren	Pyren
BG in µg/l		0,00050	0,0015	0,0020	0,00050	0,00050
NG in µg/l		0,00020	0,00038	0,0010	0,00020	0,00020
PG40406012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40410012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40414012	3. / 2016	n.n.	n.n.	< 0,0020	n.n.	n.n.
PG41013022	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41220012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41222012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41227012	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG51103582	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,0039	n.n.	n.n.
PG54100312	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG54106932	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG54106952	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,049	n.n.	< 0,00050
PG60114122	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG60510042	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,0096	n.n.	n.n.
PG60624372	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG70321042	3. / 2016	0,0031	< 0,0015	0,011	0,0029	n.n.
PG70321082	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,0047	n.n.	n.n.
PG70325032	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	0,0006	n.n.
PG80218352	3. / 2016	n.n.	n.n.	< 0,0020	n.n.	n.n.
PG80224152	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80224352	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80301952	3. / 2016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG91100082	3. / 2016	n.n.	< 0,0015	< 0,0020	n.n.	n.n.
PG92100272	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,16	0,0064	n.n.
PG92200332	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,16	0,011	0,00098
PG92300102	3. / 2016	n.n.	n.n.	0,13	0,0072	n.n.
Referenz 2	2. / 2017	n.n.	n.n.	< 0,0020	n.n.	n.n.
KK10003152	2. / 2017	n.n.	< 0,0015	< 0,0020	0,00091	n.n.
KK20201032	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,00085
KK20307202	2. / 2017	0,0005	0,011	n.n.	0,0031	0,0023
KK20405052	2. / 2017	< 0,00050	n.n.	0,0032	0,00056	n.n.
KK21001012	2. / 2017	n.n.	n.n.	< 0,0020	0,001	0,0006
KK31800222	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,00050	n.n.
KK32300522	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,00050	n.n.
KK41619012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,00050	n.n.
KK51103162	2. / 2017	n.n.	< 0,0015	0,0023	n.n.	n.n.
KK51201592	2. / 2017	0,00073	n.n.	0,017	0,0018	0,00054
KK52103272	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,00050
KK60805012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,00050	< 0,00050
KK61109022	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK71250012	2. / 2017	n.n.	n.n.	< 0,0020	< 0,00050	n.n.
KK71250182	2. / 2017	n.n.	n.n.	< 0,0020	0,00072	0,0007
KK72230012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,00050	< 0,00050
KK72310022	2. / 2017	n.n.	n.n.	0,0053	n.n.	n.n.

ANHANGSTABELLEN

Bezeichnung	Probenahmequartal	Fluoren	Indeno[1,2,3-cd]pyren	Naphthalin	Phenanthren	Pyren
BG in µg/l		0,00050	0,0015	0,0020	0,00050	0,00050
NG in µg/l		0,00020	0,00038	0,0010	0,00020	0,00020
KK80110252	2. / 2017	n.n.	n.n.	0,0033	< 0,00050	n.n.
KK80120152	2. / 2017	n.n.	n.n.	< 0,0020	0,00069	n.n.
KK80216152	2. / 2017	n.n.	n.n.	0,0027	< 0,00050	n.n.
PG10002802	2. / 2017	n.n.	n.n.	< 0,0020	0,00083	0,0012
PG10003402	2. / 2017	n.n.	n.n.	0,0038	0,00074	0,0011
PG10003432	2. / 2017	< 0,00050	n.n.	0,005	0,00069	< 0,00050
PG10003922	2. / 2017	< 0,00050	n.n.	0,04	0,00064	< 0,00050
PG10003932	2. / 2017	n.n.	n.n.	0,0032	0,00054	n.n.
PG20101022	2. / 2017	0,0024	n.n.	0,016	0,0065	0,014
PG20101052	2. / 2017	0,0018	n.n.	0,016	0,0055	0,001
PG20101152	2. / 2017	< 0,00050	n.n.	0,0027	0,0019	0,00053
PG30400082	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,00050	< 0,00050
PG30800172	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,00050	< 0,00050
PG30900082	2. / 2017	n.n.	n.n.	0,004	< 0,00050	n.n.
PG31500022	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	0,00061	< 0,00050
PG31500202	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500462	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31600442	2. / 2017	n.n.	n.n.	< 0,0020	0,00057	n.n.
PG40101082	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,00050	n.n.
PG40406012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	0,00052	< 0,00050
PG40410012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	0,00055	n.n.
PG40414012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,00050	n.n.
PG41013022	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41220012	2. / 2017	n.n.	n.n.	< 0,0020	< 0,00050	n.n.
PG41222012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,00050	n.n.
PG41227012	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,00050	n.n.
PG51103582	2. / 2017	n.n.	0,0051	0,0036	n.n.	0,0015
PG54100312	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,00050	n.n.
PG54106932	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,00050	n.n.
PG54106952	2. / 2017	< 0,00050	n.n.	0,026	0,00054	0,00052
PG60114122	2. / 2017	n.n.	n.n.	n.n.	< 0,00050	n.n.
PG60510042	2. / 2017	n.n.	n.n.	0,0025	0,0018	< 0,00050
PG60624372	2. / 2017	< 0,00050	n.n.	0,014	0,00059	< 0,00050
PG70321042	2. / 2017	n.n.	n.n.	0,0065	< 0,00050	n.n.
PG70321082	2. / 2017	< 0,00050	n.n.	0,0077	0,00054	< 0,00050
PG70325032	2. / 2017	< 0,00050	n.n.	0,012	0,00093	0,00054
PG80218352	2. / 2017	< 0,00050	n.n.	0,0028	0,0016	< 0,00050
PG80224152	2. / 2017	n.n.	n.n.	< 0,0020	< 0,00050	< 0,00050
PG80224352	2. / 2017	n.n.	n.n.	< 0,0020	0,00053	n.n.
PG80301952	2. / 2017	n.n.	n.n.	< 0,0020	< 0,00050	n.n.
PG92100272	2. / 2017	0,0006	n.n.	0,0036	0,00056	n.n.
PG92200332	2. / 2017	< 0,00050	n.n.	< 0,0020	0,00064	< 0,00050
PG92300102	2. / 2017	n.n.	n.n.	0,0032	< 0,00050	< 0,00050

TABELLE 16: MESSWERTE FÜR DIE PARAMETER PBDE-28, PBDE-47, PBDE-99, PBDE-100, PBDE-153 UND PBDE-154

Bezeichnung	Probenahmequartal	PBDE-28 [2,4,4'-Tribromdiphenyl-ether]	PBDE-47 [2,2',4,4'-Tetrabromdiphenyl-ether]	PBDE-99 [2,2',4,4',5-Pentabromdiphenyl-ether]	PBDE-100 [2,2',4,4',6-Pentabromdiphenyl-ether]	PBDE-153 [2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenyl-ether]	PBDE-154 [2,2',4,4',5,6'-Hexabromdiphenyl-ether]
BG in µg/l		0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010
NG in µg/l		k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Referenz 1	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
Referenz 2	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK10003152	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK20201032	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK20307202	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK20405052	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK21001012	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK31800222	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK32300522	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK41619012	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK51103162	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK51201592	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK52103272	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK60726062	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK60741092	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK60805012	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK61109022	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK71250012	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK71250182	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK72230012	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK72310022	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK80110252	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK80120152	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK80216152	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG10002802	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG10003402	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG10003432	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG10003922	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG10003932	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG20101022	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG20101052	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG20101152	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG30400082	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG30800172	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG30900082	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG31500022	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG31500202	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG31500462	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG31600442	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG40101082	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010

ANHANGSTABELLEN

Bezeichnung	Probenahmequartal	PBDE-28 [2,4,4'-Tribromdiphenylether]	PBDE-47 [2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether]	PBDE-99 [2,2',4,4',5-Pentabromdiphenylether]	PBDE-100 [2,2',4,4',6-Pentabromdiphenylether]	PBDE-153 [2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylether]	PBDE-154 [2,2',4,4',5,6'-Hexabromdiphenylether]
BG in µg/l		0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010
NG in µg/l		k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
PG40406012	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG40410012	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG40414012	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG41013022	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG41220012	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG41222012	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG41227012	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG51103582	3. / 2016	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
PG54100312	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG54106932	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG54106952	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG60114122	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG60510042	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG60624372	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG70321042	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG70321082	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG70325032	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG80218352	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG80224152	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG80224352	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG80301952	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG91100082	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG92100272	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG92200332	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG92300102	3. / 2016	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
Referenz 2	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK10003152	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK20201032	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK20307202	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK20405052	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK31800222	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK32300522	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK41619012	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK51103162	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK51201592	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK52103272	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK60726062	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK60741092	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK60805012	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK61109022	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK71250012	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK71250182	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK72230012	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010

ANHANGSTABELLEN

Bezeichnung	Probenahmequartal	PBDE-28 [2,4,4'-Tribromdiphenylether]	PBDE-47 [2,2',4,4'-Tetrabromdiphenylether]	PBDE-99 [2,2',4,4',5-Pentabromdiphenylether]	PBDE-100 [2,2',4,4',6-Pentabromdiphenylether]	PBDE-153 [2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenylether]	PBDE-154 [2,2',4,4',5,6'-Hexabromdiphenylether]
BG in µg/l		0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010
NG in µg/l		k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
KK72310022	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK80110252	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK80120152	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
KK80216152	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG10002802	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG10003402	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG10003432	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG10003432	2. / 2017	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
PG10003922	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG10003932	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG20101022	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG20101052	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG20101152	2. / 2017	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
PG30400082	2. / 2017	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
PG30800172	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG30900082	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG31500022	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG31500202	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG31500462	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG31600442	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG40101082	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG40406012	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG40410012	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG40414012	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG41013022	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG41220012	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG41222012	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG41227012	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG51103582	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG54100312	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG54106932	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG54106952	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG60114122	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG60510042	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG60624372	2. / 2017	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
PG70321042	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG70321082	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG70325032	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG80218352	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG80224152	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG80224352	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG80301952	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG91100082	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010

Bezeichnung	Probenahmequartal	PBDE-28 [2,4,4'-Tribromdiphenyl-ether]	PBDE-47 [2,2',4,4'-Tetrabromdiphenyl-ether]	PBDE-99 [2,2',4,4',5-Pentabromdiphenyl-ether]	PBDE-100 [2,2',4,4',6-Pentabromdiphenyl-ether]	PBDE-153 [2,2',4,4',5,5'-Hexabromdiphenyl-ether]	PBDE-154 [2,2',4,4',5,6'-Hexabromdiphenyl-ether]
BG in µg/l		0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010
NG in µg/l		k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
PG92100272	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG92200332	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
PG92300102	2. / 2017	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010

TABELLE 17: MESSWERTE FÜR DIE PARAMETER QUECKSILBER, MONOBUTYLZINN-KATION, DIBUTYLZINN-KATION, TRIBUTYLZINN-KATION, DIPHENYLZINN-KATION UND TRIPHENYLZINN-KATION

Bezeichnung	Probenahmequartal	Quecksilber	Monobutylzinn-Kation	Dibutylzinn-Kation	Tributylzinn-Kation	Diphenylzinn-Kation	Triphenylzinn-Kation
BG in µg/l		0,0010	0,0080	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020
NG in µg/l		0,0005	0,0040	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010
Referenz 1	3. / 2016	0,0017	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Referenz 2	3. / 2016	0,005	n.n.	0,00087	n.n.	n.n.	n.n.
KK10003152	3. / 2016	0,0031	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.	n.n.
KK20201032	3. / 2016	0,023	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.	n.n.
KK20307202	3. / 2016	0,073	n.n.	0,00053	n.n.	n.n.	n.n.
KK20405052	3. / 2016	0,0047	n.n.	0,0003	n.n.	n.n.	n.n.
KK21001012	3. / 2016	0,0026	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.	n.n.
KK31800222	3. / 2016	0,0028	n.n.	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.
KK32300522	3. / 2016	0,0033	n.n.	0,00022	< 0,00020	n.n.	n.n.
KK41619012	3. / 2016	< 0,0010	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.	n.n.
KK51103162	3. / 2016	0,0028	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK51201592	3. / 2016	0,0044	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.	n.n.
KK52103272	3. / 2016	0,013	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK60726062	3. / 2016	0,056	0,022	0,00021	n.n.	n.n.	n.n.
KK60741092	3. / 2016	0,0062	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK60805012	3. / 2016	0,014	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.	n.n.
KK61109022	3. / 2016	0,0058	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.	n.n.
KK71250012	3. / 2016	0,025	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK71250182	3. / 2016	0,0023	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK72230012	3. / 2016	0,0016	n.n.	0,00025	< 0,00020	n.n.	n.n.
KK72310022	3. / 2016	0,0095	n.n.	0,00029	n.n.	n.n.	n.n.
KK80110252	3. / 2016	0,0036	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KK80120152	3. / 2016	0,013	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

ANHANGSTABELLEN

Bezeichnung	Probenahmequartal	Quecksilber	Monobutylzinn-Kation	Dibutylzinn-Kation	Tributylzinn-Kation	Diphenylzinn-Kation	Triphenylzinn-Kation
BG in µg/l		0,0010	0,0080	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020
NG in µg/l		0,0005	0,0040	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010
KK80216152	3. / 2016	0,0049	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG10002802	3. / 2016	0,053	n.n.	0,00065	n.n.	n.n.	n.n.
PG10003402	3. / 2016	0,012	n.n.	0,0058	n.n.	n.n.	n.n.
PG10003432	3. / 2016	0,084	n.n.	0,0064	n.n.	n.n.	n.n.
PG10003922	3. / 2016	0,01	n.n.	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.
PG10003932	3. / 2016	0,0052	n.n.	0,02	< 0,00020	n.n.	n.n.
PG20101022	3. / 2016	0,027	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG20101052	3. / 2016	0,0031	n.n.	0,0013	n.n.	n.n.	n.n.
PG20101152	3. / 2016	0,0051	n.n.	< 0,00020	< 0,00020	n.n.	n.n.
PG30400082	3. / 2016	0,002	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG30800172	3. / 2016	0,0031	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.	n.n.
PG30900082	3. / 2016	0,026	n.n.	< 0,00020	< 0,00020	n.n.	n.n.
PG31500022	3. / 2016	0,0046	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500202	3. / 2016	0,0023	< 0,0080	0,00049	< 0,00020	n.n.	n.n.
PG31500462	3. / 2016	0,014	n.n.	0,00036	n.n.	n.n.	n.n.
PG31600442	3. / 2016	0,024	n.n.	0,00054	n.n.	n.n.	n.n.
PG40101082	3. / 2016	0,021	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.	n.n.
PG40406012	3. / 2016	0,0033	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40410012	3. / 2016	0,0014	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40414012	3. / 2016	0,0027	n.n.	0,00021	n.n.	n.n.	n.n.
PG41013022	3. / 2016	< 0,0010	n.n.	0,00024	n.n.	n.n.	n.n.
PG41220012	3. / 2016	0,0029	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41222012	3. / 2016	0,0062	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.	n.n.
PG41227012	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0080	0,00058	< 0,00020	n.n.	n.n.
PG51103582	3. / 2016	0,096	n.n.	0,00039	< 0,00020	n.n.	n.n.
PG54100312	3. / 2016	0,0032	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.	n.n.
PG54106932	3. / 2016	0,015	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.	n.n.
PG54106952	3. / 2016	0,0067	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG60114122	3. / 2016	0,0063	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG60510042	3. / 2016	0,016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG60624372	3. / 2016	0,077	n.n.	0,00069	n.n.	n.n.	n.n.
PG70321042	3. / 2016	0,0022	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG70321082	3. / 2016	0,0087	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.	n.n.
PG70325032	3. / 2016	0,002	0,031	0,032	0,00081	n.n.	n.n.
PG80218352	3. / 2016	0,0058	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80224152	3. / 2016	0,0041	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG80224352	3. / 2016	0,02	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.	n.n.
PG80301952	3. / 2016	0,039	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG91100082	3. / 2016	0,0037	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG92100272	3. / 2016	0,0034	n.n.	0,0074	n.n.	n.n.	n.n.
PG92200332	3. / 2016	0,015	n.n.	0,0023	n.n.	n.n.	n.n.
PG92300102	3. / 2016	0,0017	n.n.	0,0037	n.n.	n.n.	n.n.
Referenz 2	2. / 2017	0,0047	n.n.	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.

ANHANGSTABELLEN

Bezeichnung	Probenahmequartal	Quecksilber	Monobutylzinn-Kation	Dibutylzinn-Kation	Tributylzinn-Kation	Diphenylzinn-Kation	Triphenylzinn-Kation
BG in µg/l		0,0010	0,0080	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020
NG in µg/l		0,0005	0,0040	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010
KK10003152	2. / 2017	0,0021	n.n.	n.n.	0,00033	n.n.	n.n.
KK20201032	2. / 2017	0,01	n.n.	0,00036	0,0007	n.n.	n.n.
KK20307202	2. / 2017	0,014	n.n.	0,00025	0,00042	n.n.	n.n.
KK20405052	2. / 2017	0,028	n.n.	0,001	0,00063	n.n.	n.n.
KK21001012	2. / 2017	0,0041	n.n.	< 0,00020	0,00039	n.n.	n.n.
KK31800222	2. / 2017	0,0018	n.n.	< 0,00020	< 0,00020	n.n.	n.n.
KK32300522	2. / 2017	0,0036	n.n.	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.
KK41619012	2. / 2017	0,0062	n.n.	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.
KK51103162	2. / 2017	0,0037	n.n.	0,00026	0,00032	n.n.	n.n.
KK51201592	2. / 2017	0,002	n.n.	0,0011	0,00069	n.n.	n.n.
KK52103272	2. / 2017	0,0027	n.n.	0,00022	0,00024	n.n.	n.n.
KK60726062	2. / 2017	0,0087	n.n.	0,00082	< 0,00020	n.n.	n.n.
KK60741092	2. / 2017	0,012	n.n.	< 0,00020	0,00048	n.n.	n.n.
KK60805012	2. / 2017	0,089	n.n.	< 0,00020	0,00042	n.n.	n.n.
KK61109022	2. / 2017	0,0046	n.n.	n.n.	0,00034	n.n.	n.n.
KK71250012	2. / 2017	0,011	n.n.	n.n.	0,00027	n.n.	n.n.
KK71250182	2. / 2017	0,051	n.n.	< 0,00020	0,00047	n.n.	n.n.
KK72230012	2. / 2017	0,0096	n.n.	n.n.	0,0004	n.n.	n.n.
KK72310022	2. / 2017	0,085	n.n.	0,00021	0,00021	n.n.	n.n.
KK80110252	2. / 2017	0,013	n.n.	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.
KK80120152	2. / 2017	0,0065	n.n.	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.
KK80216152	2. / 2017	0,036	n.n.	n.n.	0,00042	n.n.	n.n.
PG10002802	2. / 2017	< 0,0010	n.n.	0,0016	0,00032	n.n.	n.n.
PG10003402	2. / 2017	0,004	n.n.	0,00029	0,00021	n.n.	n.n.
PG10003432	2. / 2017	0,05	n.n.	0,0002	< 0,00020	n.n.	n.n.
PG10003922	2. / 2017	< 0,0010	n.n.	< 0,00020	< 0,00020	n.n.	n.n.
PG10003932	2. / 2017	0,0041	n.n.	< 0,00020	0,00044	n.n.	n.n.
PG20101022	2. / 2017	0,019	n.n.	< 0,00020	0,00026	n.n.	n.n.
PG20101052	2. / 2017	0,022	n.n.	n.n.	0,00047	n.n.	n.n.
PG20101152	2. / 2017	0,0085	n.n.	< 0,00020	0,00067	n.n.	n.n.
PG30400082	2. / 2017	0,0061	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG30800172	2. / 2017	0,0024	n.n.	n.n.	0,00028	n.n.	n.n.
PG30900082	2. / 2017	0,012	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500022	2. / 2017	0,014	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500202	2. / 2017	0,011	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG31500462	2. / 2017	< 0,0010	n.n.	< 0,00020	< 0,00020	n.n.	n.n.
PG31600442	2. / 2017	0,0043	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40101082	2. / 2017	0,0018	n.n.	< 0,00020	< 0,00020	n.n.	n.n.
PG40406012	2. / 2017	0,0061	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40410012	2. / 2017	0,0016	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG40414012	2. / 2017	0,02	n.n.	0,00031	n.n.	n.n.	n.n.
PG41013022	2. / 2017	0,011	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41220012	2. / 2017	0,023	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

ANHANGSTABELLEN

Bezeichnung	Probenahmequartal	Quecksilber	Monobutylzinn-Kation	Dibutylzinn-Kation	Tributylzinn-Kation	Diphenylzinn-Kation	Triphenylzinn-Kation
BG in µg/l		0,0010	0,0080	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020
NG in µg/l		0,0005	0,0040	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010
PG41222012	2. / 2017	0,011	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PG41227012	2. / 2017	0,018	n.n.	n.n.	0,00029	n.n.	n.n.
PG51103582	2. / 2017	0,0021	n.n.	< 0,00020	0,00076	n.n.	n.n.
PG54100312	2. / 2017	0,004	n.n.	< 0,00020	0,00027	n.n.	n.n.
PG54106932	2. / 2017	0,051	n.n.	< 0,00020	0,00049	n.n.	n.n.
PG54106952	2. / 2017	0,002	n.n.	0,0002	0,00027	n.n.	n.n.
PG60114122	2. / 2017	0,0088	n.n.	0,00036	0,0007	n.n.	n.n.
PG60510042	2. / 2017	0,0098	n.n.	0,0015	0,001	n.n.	n.n.
PG60624372	2. / 2017	0,0067	n.n.	< 0,00020	n.n.	n.n.	n.n.
PG70321042	2. / 2017	0,064	n.n.	< 0,00020	0,00049	n.n.	n.n.
PG70321082	2. / 2017	0,012	n.n.	n.n.	0,00031	n.n.	n.n.
PG70325032	2. / 2017	0,024	< 0,0080	0,00031	0,00045	n.n.	n.n.
PG80218352	2. / 2017	n.n.	n.n.	< 0,00020	< 0,00020	n.n.	n.n.
PG80224152	2. / 2017	0,0021	n.n.	< 0,00020	< 0,00020	n.n.	n.n.
PG80224352	2. / 2017	0,0069	n.n.	< 0,00020	< 0,00020	n.n.	n.n.
PG80301952	2. / 2017	0,0084	n.n.	0,00026	n.n.	n.n.	n.n.
PG91100082	2. / 2017	0,0036	n.n.	0,00047	0,0005	n.n.	n.n.
PG92100272	2. / 2017	0,006	n.n.	0,0011	0,00035	n.n.	n.n.
PG92200332	2. / 2017	< 0,0010	n.n.	0,003	0,00042	n.n.	n.n.
PG92300102	2. / 2017	0,02	< 0,0080	0,0031	0,00031	n.n.	n.n.

TABELLE 18: MESSWERTE FÜR DIE PARAMETER PFOA UND PFOS

Bezeichnung	Probenahmequartal	PFOA	PFOS	Probenahmequartal	PFOA	PFOS
BG in µg/l		0,0010	0,0010		0,0010	0,0010
NG in µg/l		k.A.	k.A.		k.A.	k.A.
Referenz 1	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010			
Referenz 2	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK10003152	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK20201032	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK20307202	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK20405052	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK21001012	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK31800222	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK32300522	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK41619012	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK51103162	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK51201592	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK52103272	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK60726062	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK60741092	3. / 2016	< 0,0010	0,0013	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK60805012	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK61109022	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK71250012	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK71250182	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK72230012	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK72310022	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK80110252	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK80120152	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
KK80216152	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG10002802	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG10003402	3. / 2016	< 0,0010	0,002	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG10003432	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG10003922	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG10003932	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG20101022	3. / 2016	0,0014	0,014	2. / 2017	0,0048	0,012
PG20101052	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG20101152	3. / 2016	< 0,0010	0,0031	2. / 2017	< 0,0010	0,0026
PG30400082	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG30800172	3. / 2016	0,0033	0,0036	2. / 2017	0,0035	0,0034
PG30900082	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG31500022	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG31500202	3. / 2016	0,0019	0,0013	2. / 2017	0,0017	< 0,0010
PG31500462	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG31600442	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG40101082	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	0,0058	0,0058

ANHANGSTABELLEN

Bezeichnung	Probenahmequartal	PFOA	PFOS	Probenahmequartal	PFOA	PFOS
BG in µg/l		0,0010	0,0010		0,0010	0,0010
NG in µg/l		k.A.	k.A.		k.A.	k.A.
PG40406012	3. / 2016	0,0024	< 0,0010	2. / 2017	0,002	< 0,0010
PG40410012	3. / 2016	0,0022	< 0,0010	2. / 2017	0,0012	< 0,0010
PG40414012	3. / 2016	0,0073	< 0,0010	2. / 2017	0,004	0,0012
PG41013022	3. / 2016	0,0023	0,0074	2. / 2017	0,0027	0,0013
PG41220012	3. / 2016	0,0025	0,0043	2. / 2017	0,0023	0,01
PG41222012	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG41227012	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG51103582	3. / 2016	< 0,0010	0,004	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG54100312	3. / 2016	0,0016	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	0,0018
PG54106932	3. / 2016	0,0017	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	0,0041
PG54106952	3. / 2016	0,059	0,97	2. / 2017	0,029	0,94
PG60114122	3. / 2016	0,0051	0,0064	2. / 2017	0,0052	0,0031
PG60510042	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG60624372	3. / 2016	0,0062	0,0079	2. / 2017	0,0044	0,0073
PG70321042	3. / 2016	< 0,0010	0,0039	2. / 2017	< 0,0010	0,0045
PG70321082	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	0,0017	0,0027
PG70325032	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG80218352	3. / 2016	< 0,0010	0,0019	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG80224152	3. / 2016	0,0052	< 0,0010	2. / 2017	0,0024	0,0012
PG80224352	3. / 2016	< 0,0010	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG80301952	3. / 2016	0,0018	< 0,0010	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG91100082	3. / 2016	0,0039	0,0062	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG92100272	3. / 2016	0,011	0,0082	2. / 2017	0,01	0,0068
PG92200332	3. / 2016	0,0048	0,0024	2. / 2017	< 0,0010	< 0,0010
PG92300102	3. / 2016	0,005	0,0048	2. / 2017	0,0047	0,0036

12 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Liste der untersuchten Stoffe und ihre erforderlichen Bestimmungsgrenzen.....	11
Tabelle 2: Umweltqualitätsnormen, Richt- und Grenzwerte für Polybromierte Diphenylether	13
Tabelle 3: Umweltqualitätsnormen, Richt- und Grenzwerte für die gesetzlich geregelten Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe.....	15
Tabelle 4: Umweltqualitätsnormen, Richt- und Grenzwerte für Organozinnverbindungen.....	18
Tabelle 5: Umweltqualitätsnormen, Richt- und Grenzwerte für Per- und Polyfluorierte Substanzen	20
Tabelle 6: Umweltqualitätsnormen, Richt- und Grenzwerte für Quecksilber	23
Tabelle 7: Vorwiegende Landnutzung im Umfeld der ausgewählten Karst- und Kluftgrundwassermessstellen sowie Messstellenart und Lage in den (STOBIMO)-Untersuchungsgebieten. Angegeben ist die vorherrschende Landnutzung (≥ 50 % Flächenanteil in einem Radius von 500 m), basierend auf den Daten CORINE 2012	29
Tabelle 8: Vorwiegende Landnutzung im Umfeld der ausgewählten Porengrundwassermessstellen sowie Messstellenart und Lage in den STOBIMO-Untersuchungsgebieten. Angegeben ist die vorherrschende Landnutzung (≥ 50 % Flächenanteil in einem Radius von 500 m), basierend auf den Daten CORINE 2012.....	29
Tabelle 9: Liste der Untersuchten Stoffe und ihrer Bestimmungs- und Nachweisgrenzen sowie Angaben zur Anzahl der Proben und Messswerte	32
Tabelle 10: Bestimmungsgrenzen der DoppelMessungen (BG_{Qs}) im Vergleich zu den regulären Bestimmungsgrenzen (BG) der Polybromierten Diphenylether in einzelnen Grundwasserproben	34
Tabelle 11: Statistische Kennwerte der untersuchten Spurenstoffparameter	37
Tabelle 12: Häufigkeit der Nachweise von PAK-Verbindungen an den Untersuchten Grundwassermessstellen im 3. Quartal 2016* und im 2. Quartal 2017	39
Tabelle 13: Messwerte für die Parameter Acenaphthen, Acenaphthylen, Anthracen, Benzo[a]anthracen, Benzo[a]pyren und Benzo[b]fluoranthen	53
Tabelle 14: Messwerte für die Parameter Benzo[g,h,i]perylen, Benzo[k]fluoranthen, Chrysen, Dibenzo[a,h]anthracen und Fluoranthen	56
Tabelle 15: Messwerte für die Parameter Fluoren, Indeno[1,2,3-cd]pyren, Naphthalin, Phenanthren und Pyren.....	59
Tabelle 16: Messwerte für die Parameter PBDE-28, PBDE-47, PBDE-99, PBDE-100, PBDE- 153 und PBDE-154	62
Tabelle 17: Messwerte für die Parameter Quecksilber, Monobutylzinn-Kation, Dibutylzinn-Kation, Tributylzinn-Kation, Diphenylzinn-Kation und Triphenylzinn-Kation	65
Tabelle 18: Messwerte für die Parameter PFOA und PFOS	69

13 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Landnutzung beeinflusst die Grundwasserqualität.....	6
Abbildung 2: Spurenstoffanalytik im Labor.....	10
Abbildung 3: Computerabfälle sind eine mögliche Quelle von polybromierten Diphenylethern in der Umwelt	13
Abbildung 4: Autoabgase sind eine mögliche Quelle von PAK in der Umwelt	16
Abbildung 5: Ältere Kunststoffe sind eine mögliche Quelle von Organozinnverbindungen in der Umwelt..	18
Abbildung 6: PFOS-haltige Feuerlöschschäume dürfen seit 2011 nicht mehr verwendet werden	21
Abbildung 7: Anzahl der Grundwassermessstellen unterteilt nach Typ des Grundwasserleiters	24
Abbildung 8: Zur Untersuchung von Spurenstoffen ausgewählte Grundwassermessstellen in Österreich und Lage der „STOBIMO Spurenstoffe“ Untersuchungsgebiete. (In Vorarlberg liegen in dieser Darstellung zwei Messstellen übereinander). Die Auswahl der STOBIMO-Untersuchungsgebiete berücksichtigt in erster Linie verschiedene Landnutzungen.	25
Abbildung 9: Zur Untersuchung von Spurenstoffen ausgewählte Grundwassermessstellen in Österreich und dominierende Landnutzung (d. h. $\geq 50\%$ Anteil in einem 500 m-Radius, basierend auf den Daten aus Corine Landcover 2012). (In Vorarlberg liegen in dieser Darstellung zwei Messstellen übereinander) 26	26
Abbildung 10: Zur Untersuchung von Spurenstoffen ausgewählte Grundwassermessstellen in Österreich und deren Lage in den geologischen Haupteinheiten entsprechend der Basiskarte Geologie 1:500.000 (© GBA-2012 –ZI.310/1/12) . (In Vorarlberg liegen in dieser Darstellung zwei Messstellen übereinander)	27
Abbildung 11: Anzahl der Grundwassermessstellen, unterteilt nach dominanter Landnutzung (d. h. $\geq 50\%$ Anteil in einem 500 m-Radius, basierend auf den Daten aus CORINE 2012).....	28
Abbildung 12: GZÜV-Grundwassersonde im Seewinkel, Burgenland.....	31
Abbildung 13: Nachweishäufigkeiten der untersuchten Spurenstoffe im Grundwasser. Die Anzahl der untersuchten Grundwasserproben schwankte zwischen 124 und 129 Proben in Abhängigkeit vom jeweiligen Parameter. Schraffur = es liegen keine Informationen zu Nachweisgrenzen vor.	35
Abbildung 14: Nachweishäufigkeiten in % von Quecksilber, den ausgewählten per- und polyfluorierten Substanzen, Organozinnverbindungen und polybromierten Diphenylethern in den untersuchten Grundwasserproben im 3. Quartal 2016* und im 2. Quartal 2017. Schraffur = es liegen keine Informationen zu Nachweisgrenzen vor.	36
Abbildung 15: Nachweishäufigkeiten der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe in den untersuchten Grundwasserproben (n = 65 im 3. Quartal 2016 * und n = 61 im 2. Quartal 2017)	38
Abbildung 16: Konzentrationsniveaus der PAK-Einzelverbindungen und der „Summe 6 PAK“ unter Angabe von Bestimmungsgrenze, 95%-Perzentil (95 % der Werte unterschreiten diese Konzentration), Maximalwert und grundwasserrelevantem Richtwert (so vorhanden). Bei Schraffur entspricht das 95%- Perzentil der Bestimmungsgrenze. Die in den Summenparameter einfließenden Einzelverbindungen sind mit einem orangenen Dreieckssymbol gekennzeichnet.....	39
Abbildung 17: Konzentrationsniveaus der PFAS-Einzelverbindungen, der Organozinnverbindungen, von Quecksilber und der untersuchten Kongenere der polybromierten Diphenylether unter Angabe von Bestimmungsgrenze, 95%-Perzentil (95 % der Werte unterschreiten diese Konzentration), Maximalwert und grundwasserrelevantem Richtwert (so vorhanden). Bei Schraffur entspricht das 95%-Perzentil der Bestimmungsgrenze.	40
Abbildung 18: Maßeinheiten und Größenvergleich in der Wasseranalytik (verändert nach WASSERVERSORGUNG ZÜRICH 2016). Nicht dargestellt ist die Einheit Pikogramm je Liter. Diese entspricht dem ein milliardstel Teil eines Liter (0,000 000 000 001 g/l) oder einem Zuckerwürfel aufgelöst in einem großen See (z.B. dem Traunsee)	52

