



ECHO-Stoffbericht

Duftstoffe

Zusammenfassung

Duftstoffe begleiten uns im Alltag. Auch wenn die Nase nicht unser primäres Sinnesorgan ist, beeinflusst ihre Wahrnehmung doch wesentlich unser Befinden. Deshalb werden Duftstoffe oft aktiv eingesetzt, um eine gewünschte Wirkung zu erreichen. Neben Kosmetika, Wasch- und Reinigungsmitteln und Raumluftverbesserern enthalten auch viele Gebrauchsgegenstände Duftstoffe.

Im Jahr 2011 hat das LANUV nach dem Duftstoff Moschus-Xylol gesucht und ist in Gewässern Nordrhein-Westfalens nicht fündig geworden. Im vorliegenden Echo-Bericht wurde das Untersuchungsprogramm in Zusammenarbeit mit dem Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA) an der RWTH Aachen im Stoffumfang erheblich erweitert. Die Empfindlichkeit der Messverfahren ist um den Faktor 1.000 sensitiver, zudem wurden die Abläufe von Kläranlagen in die Untersuchung mit einbezogen. Moschus-Xylol konnte nach wie vor nicht gefunden werden, dafür aber die Duftstoffe OTNE und HHCB.

Was ist ECHO?

Aktuelle Ereignisse bringen immer wieder Stoffe oder Stoffgruppen in die Diskussion, zu denen bisher keine Belastungsinformationen für die aquatische Umwelt in Nordrhein-Westfalen und darüber hinaus verfügbar sind.

Um dennoch kurzfristig Relevanzaussagen u.a. zum Einfluss auf die Trinkwasserversorgung machen zu können, wurde das ECHO-Programm etabliert. ECHO verfolgt das Ziel, neue Stoffe mit möglicher Gewässerrelevanz quasi „auf Zuruf“ zu bewerten.

Im Rahmen des ECHO-Programms kann für derartige Einzelstoffe/Stoffgruppen in der Regel binnen vier Wochen eine Relevanzaussage getroffen werden. Das Programm beinhaltet jeweils eine rasche Methodenentwicklung und die Durchführung eines an die Fragestellung angepassten Messprogramms.

Die ECHO-Stoffberichte können unter

https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/umweltanalytik/echo_schnelle_relevanzpruefung_fuer_neue_stoffe/
abgerufen werden.

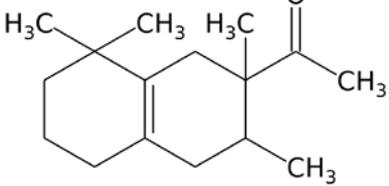
Hintergrund

Dieser ECHO-Bericht greift die aktuelle Diskussion zur Auswirkung von Duftstoffen in der Umwelt auf und beleuchtet die Situation in NRW. Verschiedene Institutionen publizieren zu Duftstoffen und untersuchen verschiedene Themenschwerpunkte oder betrachten andere Regionen. Eine zusammenfassende Beschreibung liefert der Ratgeber Duftstoffe des Umweltbundesamtes (UBA) von 2016¹ und die Literaturstudie des UBA zu Duftstoffen². Eine Studienarbeit der RWTH Aachen aus 2018 beschäftigt sich intensiv mit den auch hier untersuchten synthetischen Duftstoffen.

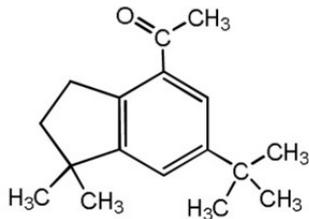
1 Stoffinformationen

1.1 Physikalisch-chemische Stoffeigenschaften

Tetramethylacetyloctahydronaphthalene

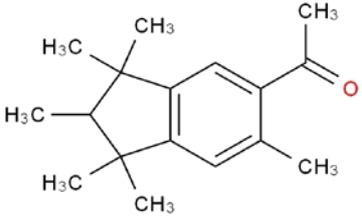
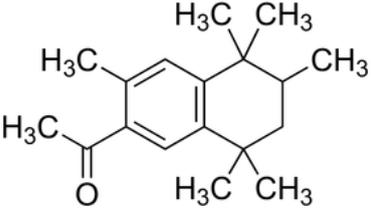
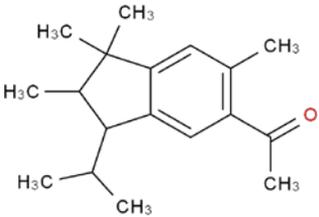
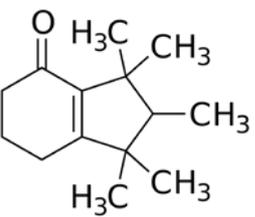
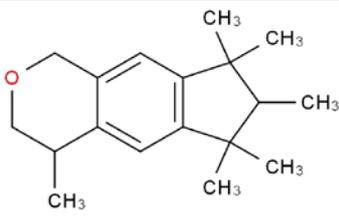
	<p>OTNE (Iso E Super®, Tetramethylacetyloctahydronaphthalene) Summenformel: C₁₆H₂₆O CAS-Nr.: 54464-57-2, 68155-66-8, 68155-67-9 Molmasse: 234,2 g/mol logP: 4,50 Wasserlöslichkeit: 2,725 mg/L @ 25 °C³</p>
---	--

Polyzyklische Moschusverbindungen

	<p>ADBI (Celestolid®) Summenformel: C₁₇H₂₄O CAS-Nr.: 13171-00-1 Molmasse: 244,37 g/mol logP: 5,402 Wasserlöslichkeit: 0,2202 mg/L @ 25 °C³</p>
---	---

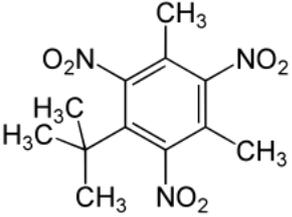
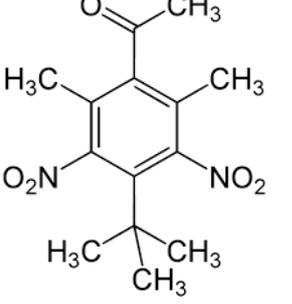
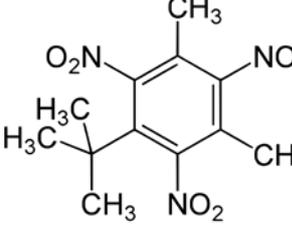
¹ <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ratgeber-duftstoffe-chemische-begleiter-des-alltags>

² Vorkommen von Duftstoffen aus Wasch und Reinigungsmitteln in Abwasser und Oberflächengewässern, Literaturstudie, UBA Texte 65/2019

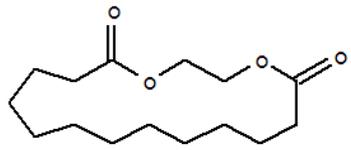
	<p>AHMI (Phantolid®)</p> <p>Summenformel: C₁₇H₂₄O</p> <p>CAS-Nr.: 15323-35-0</p> <p>Molmasse: 244,37 g/mol</p> <p>logP: 4,532</p> <p>Wasserlöslichkeit: 0,2545 mg/L @ 25 °C³</p>
	<p>AHTN (Tonalid®)</p> <p>Summenformel: C₁₈H₂₆O</p> <p>CAS-Nr.: 1506-02-1</p> <p>Molmasse: 258,40 g/mol</p> <p>logP: 5,062</p> <p>Wasserlöslichkeit: 0,2879 mg/L @ 25 °C³</p>
	<p>ATII (Traseolid®)</p> <p>Summenformel: C₁₈H₂₆O</p> <p>CAS-Nr.: 68140-48-7</p> <p>Molmasse: 258,40 g/mol</p> <p>logP: 5,022</p> <p>Wasserlöslichkeit: 0,0869 mg/L @ 25 °C³</p>
	<p>DPMI (Cashmeran®)</p> <p>Summenformel: C₁₄H₂₂O</p> <p>CAS-Nr.: 33704-61-9</p> <p>Molmasse: 206,32 g/mol</p> <p>logP: 4,50</p> <p>Wasserlöslichkeit: 5,937 mg/L @ 25 °C³</p>
	<p>HHCB (Galaxolid®)</p> <p>Summenformel: C₁₈H₂₆O</p> <p>CAS-Nr.: 1222-05-5</p> <p>Molmasse: 258,40 g/mol</p> <p>logP: 5,302</p> <p>Wasserlöslichkeit: 0,1943 mg/L @ 25 °C³</p>

³ <http://www.thegoodscentscompany.com>

Nitromoschusverbindungen

	<p>Moschus Ambrette</p> <p>Summenformel: $C_{12}H_{16}N_2O_5$</p> <p>CAS-Nr.: 83-66-9</p> <p>Molmasse: 268,27 g/mol</p> <p>logP: 4,04</p> <p>Wasserlöslichkeit: 2,107 mg/L @ 25 °C³</p>
	<p>Moschus Keton</p> <p>Summenformel: $C_{14}H_{18}N_2O_5$</p> <p>CAS-Nr.: 81-14-1</p> <p>Molmasse: 294.30 g/mol</p> <p>logP: 2,512</p> <p>Wasserlöslichkeit: 0,6365 mg/L @ 25 °C³</p>
	<p>Moschus Xylol</p> <p>Summenformel: $C_{12}H_{15}N_3O_6$</p> <p>CAS-Nr.: 81-15-2</p> <p>Molmasse: 297.26 g/mol</p> <p>logP: 4,37</p> <p>Wasserlöslichkeit: 0,8214 mg/L @ 25 °C³</p>

Makrozyklische Moschusverbindungen

	<p>Moschus NN (Ethylenbrassylat)</p> <p>Summenformel: $C_{15}H_{26}O_4$</p> <p>CAS-Nr.: 105-95-3</p> <p>Molmasse: 270.37 g/mol</p> <p>logP: 2,77</p> <p>Wasserlöslichkeit: 1,719 mg/L @ 25 °C³</p>
---	--

1.2 *Verwendung*

Synthetische Duftstoffe werden vielseitig verwendet. Nach einem Bericht der OSPAR Kommission werden 25 % der synthetischen Duftstoffe in Detergenzien, 14 % in Weichspülern, 13 % in Kosmetika, 10 % in Haarpflegeprodukten, 10 % in Duschgelen, 9 % in Seifen, 5 % in Parfüms und 6 % in anderen Kategorien eingesetzt.⁴

1.3 *Umweltverhalten*

Die Duftstoffe sind eher lipophil und unterschiedlich gut abbaubar. Aufgrund der hohen Lipophilie akkumulieren die Duftstoffe in der Regel stark an Gewässerschwebstoffen und reichern sich in Sedimenten an. Das Umweltverhalten ist jedoch für die einzelnen Substanzen unterschiedlich und wird im Folgenden beschrieben. Da Duftstoffe auch natürlich vorkommen und im ökologischen System steuernde Funktionen wahrnehmen, sind die Einträge künstlich erzeugter Duftstoffe kritisch zu betrachten. Damit ist eine Relevanz auch über die übliche toxikologische Betrachtung hinaus gegeben.

1.4 *Vorkommen*

Durch den Einsatz in vielen Produkten mit Wasserbezug gelangen Duftstoffe ins häusliche Abwasser und damit über kommunale Kläranlagen auch in Oberflächenwässer. Je nach Anwendungsmenge, Anwendungsart und Abbaubarkeit variieren die Konzentrationen. Allgemein betrachtet kommen Duftstoffe ubiquitär vor. Details beschreibt dieser Bericht.

⁴ OSPAR COMMISSION (Hrsg.), 2004: Background document on Moschus xylene and other Moschuss

2 Toxizität

2.1 *Wirkmechanismus*

Die Datenlage zu den gesundheitsschädlichen Wirkungen durch künstliche Moschusverbindungen ist sehr unterschiedlich. Während verschiedene Stoffe vergleichsweise gut untersucht sind und eine Reihe von Erkenntnissen vorliegt, finden sich zu anderen Stoffen nur sehr wenige Informationen. Liegen für einen Stoff keine Übersichtsarbeiten und/oder anderweitige Veröffentlichungen vor, werden zur Beschreibung der möglichen gesundheitsschädlichen Wirkungen, sofern vorhanden, die Kurzberichte („Brief Profiles“) der ECHA herangezogen. Im Mittelpunkt der Beschreibung stehen die möglichen gesundheitlichen Effekte/Risiken durch die langfristige orale Aufnahme, da im ECHO-Bericht die möglichen Wirkungen durch Konzentrationen von künstlichen Moschusverbindungen im Oberflächengewässer bzw. Trinkwasser bewertet werden sollen. Zudem werden die Klassifizierungen der ECHA hinsichtlich der CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 genannt.⁵

2.1.1 *Polyzyklische Moschusverbindungen*

HHCB

HHCB besitzt eine geringe akute Toxizität sowohl nach oraler als auch nach dermalen Aufnahme. Die Toxizität nach Exposition über den inhalativen Pfad ist vernachlässigbar. HHCB wirkt nicht reizend auf Haut und Augen und zeigt kein phototoxisches sowie kein photosensibilisierendes Potenzial beim Menschen bei Konzentrationen, welche signifikant höher sind als solche bei Gebrauch von duftenden Verbraucherprodukten. Es liegen keine signifikanten Beweise aus Tier- und Humanstudien für ein hautsensibilisierendes Potenzial vor.

HHCB ist eine nicht-genotoxische Substanz. Die vorliegenden Daten zur Mutagenität und aus Studien mit wiederholter Exposition liefern keine Hinweise im Hinblick auf die Kanzerogenität.

⁵ Hierbei ist zu beachten, dass nur die beiden Einstufungen zur Kanzerogenität von Moschus Xylol und Moschus Keton harmonisierte Einstufungen, d. h. Legaleinstufungen, die innerhalb der Europäischen Union verbindlich anzuwenden sind, darstellen. Alle anderen Einstufungen sind Selbsteinstufungen, d. h. eigenverantwortliche Einstufungen eines Stoffes bzw. Gemisches durch Hersteller oder Importeur, welche nicht von der ECHA auf Richtigkeit geprüft wurden.

In Studien mit oraler Verabreichung von HHCB ließen sich entwicklungstoxische Effekte beobachten. Insbesondere wurde eine erhöhte Häufigkeit von Beeinträchtigungen des Fötus festgestellt.

In einer 90-Tage-Studie an Ratten zur Toxizität nach wiederholter Verabreichung traten keine adversen Effekte mehr bei der höchsten verabreichten Dosis von 150 mg/(kg KG x d) auf. Keine Anzeichen auf die Fertilität oder auf den sich entwickelnden Fötus zeigten sich bei Gehalten von 50 mg/(kg KG x d). Diese Dosis kann als NOAEL angesehen werden.^{6, 7}

Mittlerweile stuft die ECHA in ihrem Kurzprofil HHCB hinsichtlich CLP-Verordnung als reproduktionstoxisch (Repro. 2, H361) ein. Hiernach kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigt und das Kind im Mutterleib geschädigt werden. Auch eine Klassifizierung als hautreizend (Skin Irrit. 2, H315) liegt nunmehr vor. Beide Einstufungen sind aber keine Legaleinstufungen der ECHA. Andere Klassifizierungen durch die ECHA liegen nicht vor.⁸

AHTN

Die vorliegenden Daten zeigen, dass AHTN akut toxisch wirkt. Dies insbesondere nach oraler Aufnahme. Dementsprechend liegt eine Klassifizierung (Acute Tox 4, H302) nach ECHA hinsichtlich CPL-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 vor.⁹ Eine Klassifizierung hinsichtlich der akuten dermalen Toxizität wurde dagegen nicht als erforderlich angesehen. Es liegen keine relevanten Ergebnisse für hautirritierende Effekte von AHTN vor. Photoirritative Effekte ließen sich in Humanstudien und in vitro nicht feststellen.

Es wurden Tier- und Humanstudien zu den sensibilisierenden und photosensibilisierenden Effekten von AHTN durchgeführt. Die Ergebnisse aus Tierstudien weisen auf ein sensibilisierendes Potential hin. Allerdings wurden die Ergebnisse nicht hinreichend genau berichtet und die Studien nicht nach den gültigen Richtlinien durchgeführt. Aus Humanstudien ergaben sich keine Hinweise auf entsprechende Wirkungen.

⁶ HERA - Human and Environmental Risk Assessment on Ingredients of Household Cleaning Products. Risk Assessment of HHCB (1, 3, 4, 6, 7, 8-hexahydro-4,6,6,7,8,8-hexamethylcyclopenta- γ -2-benzopyran and related isomers. Version 2.0, October 2004.

⁷ European Union Risk Assessment Report. HHCB (1, 3, 4, 6, 7, 8-hexahydro-4,6,6,7,8,8-hexamethylcyclopenta- γ -2-benzopyran and related isomers. Final version, May 2008, The Netherlands.

⁸ European Chemicals Agency (ECHA): HHCB (1, 3, 4, 6, 7, 8-hexahydro-4,6,6,7,8,8-hexamethylcyclopenta- γ -2-benzopyran), <https://echa.europa.eu/de/brief-profile/-/briefprofile/100.013.588>.

⁹ European Chemicals Agency (ECHA): AHTN (1-(5,6,7,8-tetrahydro-3,5,5,6,8,8-hexamethyl-2-naphthyl)ethan-1-one), <https://echa.europa.eu/de/brief-profile/-/briefprofile/100.014.667>

Ferner liegen verschiedene Studien zu Effekten nach wiederholter Aufnahme vor. In Studien mit oraler Verabreichung von AHTN konnten insbesondere hämatologische Effekte gezeigt werden. Hieraus ließ sich ein NOAEL von 5 mg/(kg KG x d) ableiten, welche zur Risikoabschätzung verwendet wird. Aus Studien zur Reproduktionstoxizität konnte ein NOAEL von 50 mg/(kg KG x d) ermittelt werden.

AHTN ist eine nicht-genotoxische Substanz. Daten zur Kanzerogenität liegen nicht vor. Weiterhin liegen keine Hinweise aus Studien mit wiederholter Verabreichung von AHTN vor, welche zur Beurteilung des kanzerogenen Potenzials genutzt werden könnten. Es konnte ferner gezeigt werden, dass nach Exposition gegenüber human-relevanten Dosen von AHTN in Ratten keine Lebertumoren initiiert bzw. begünstigt werden.¹⁰

DPMI

Für DPMI liegen vergleichsweise wenige Informationen zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen vor. DPMI kann Reizungen der Augen und der Haut verursachen sowie hautsensibilisierend wirken. Daher erfolgte von der ECHA auch eine entsprechende Klassifizierung (Eye Irrit. 2, H319; Skin Irrit. 2, H315; Skin Sens. 1, H317) nach CLP-Verordnung.

Hinreichende Hinweise auf reproduktionstoxische Wirkungen liegen nach ECHA nicht vor.

Die ECHA leitete DNEL für adverse Wirkungen nach inhalativer, dermalen und oraler Aufnahme ab. Grundlage für diese Ableitungen sind nach ECHA beobachtete systemische Effekte nach langfristiger inhalativer Aufnahme sowie systemische und lokale (hautsensibilisierende) Effekte nach langfristiger dermalen Exposition. Nach oraler Exposition wurden systemische Effekte nach wiederholter Dosisverabreichung festgestellt. So wurden in einer 90-Tage-Studie mit oraler Verabreichung (Schlundsonde) an männlichen und weiblichen Ratten u. a. erhöhte Gewichte der Nieren, erhöhte Gewichte der Leber bei weiblichen Ratten und eine erhöhte Inzidenz und/oder Schwere von Gewebeveränderungen in der Niere ermittelt. Nach vier Wochen ohne Verabreichung ließen sich diese Effekte nicht mehr feststellen, so dass die Wirkungen als reversibel angesehen werden. Aus den Ergebnissen dieser Studie wurde ein NOAEL von 10 mg/(kg KG x d) abgeleitet. Dieser diente der ECHA als Grundlage für die Ableitung eines DNEL von 250 µg/(kg KG x d). Dementsprechend wurde

¹⁰ European Union Risk Assessment Report. 1-(5,6,7,8-tetrahydro-3,5,5,6,8,8-hexamethyl-2-naphthyl)ethan-1-one (AHTN). Final version, May 2008, The Netherlands.

DPMI von der ECHA als Stoff klassifiziert, welcher Schädigungen an Organen nach langfristiger bzw. wiederholter Exposition verursachen kann (STOT RE2, H373).¹¹

ADBI

Zu den akuten Wirkungen von ADBI liegen nur wenige Hinweise vor. Basierend auf den vorliegenden Studien folgert die ECHA, dass eine Klassifizierung nach CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 hinsichtlich der akuten oralen Toxizität nicht erforderlich ist. Auch sei eine Einstufung als hautsensibilisierend entbehrlich. Auch wurde ADBI nicht hinsichtlich anderer Wirkendpunkte klassifiziert.

Zur Toxizität nach wiederholter Verabreichung liegen laut ECHA Erkenntnisse aus zwei Studien vor. Eine 26-Wochen-Studie mit dermalen Exposition gegenüber Ratten zeigte keine Veränderungen. Aus den Ergebnissen konnte ein NOAEL für die Toxizität nach wiederholter Verabreichung und für die Neurotoxizität von größer 200 mg/(kg KG x d) abgeleitet werden. In einer subchronischen dermalen Studie (13 Wochen) an weiblichen Ratten konnte ein NOAEL von 100 mg/(kg KG x d) ermittelt werden.

ADBI zeigte in entsprechenden Tests keine mutagenen Wirkungen. Eine Einstufung nach CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 wurde daher als nicht erforderlich angesehen. DNEL wurden von der ECHA für ADBI nicht abgeleitet.¹²

OTNE

Basierend auf den verfügbaren Informationen folgert die ECHA, dass für OTNE hinsichtlich der akuten Toxizität nach oraler, dermalen und inhalativer Aufnahme eine Klassifizierung nach CLP-Verordnung nicht erforderlich ist.

Allerdings wirkt OTNE nach ECHA hautsensibilisierend und somit sei eine entsprechende Einstufung (Skin Sens. 1B: Haut sensibilisierend / H317: kann allergische Hautreaktionen verursachen) von Nöten. Auch ist OTNE als hautreizend (Skin Irrit. 2 / H315) klassifiziert. Die toxikologischen Erkenntnisse zu Augen- und Atemwegsreizungen und Atemwegssensibilisierungen erfordern nach ECHA keine Klassierung.

¹¹ European Chemicals Agency (ECHA): DPMI (1,2,3,5,6,7-hexahydro-1,1,2,3,3-pentamethyl-4H-inden-4-one), <https://echa.europa.eu/de/brief-profile/-/briefprofile/100.046.940>

¹² European Chemicals Agency (ECHA): ADBI (6-tert-butyl-1,1-dimethylindan-4-yl methyl ketone), <https://echa.europa.eu/de/brief-profile/-/briefprofile/100.032.817>

OTNE wird als nicht genotoxisch angesehen. Aufgrund der Abwesenheit von genotoxischen Effekten (in vitro und in vivo) und der Abwesenheit von kanzerogenen Effekten bei toxikologischen Studien mit wiederholter Verabreichung ist nicht von kanzerogenen Wirkungen durch OTNE auszugehen.

In verschiedenen Studien wurden die möglichen reproduktions- und entwicklungstoxischen Effekte von OTNE untersucht. Demnach besitzt OTNE keine solchen Wirkungen und eine Klassierung nach CLP-Verordnung sei nicht erforderlich.

Die Neurotoxizität wurde an Ratten mit Verabreichung per Schlundsonde, in einer 90-Tage-Studie mit dermalen Exposition von Ratten und Mäusen sowie in einer 28-Tage-Studie mit Verabreichung per Schlundsonde und gleichzeitiger Betrachtung der Entwicklungstoxizität untersucht. Hierbei zeigten sich keine Anzeichen für neurotoxische Effekte bei erwachsenen Tieren sowie bei den Nachkommen und Jungtieren. Neurotoxische Wirkungen durch OTNE sind daher nicht zu erwarten. Auch ist nach ECHA nicht von immuntoxischen Wirkungen durch OTNE auszugehen, wie entsprechende Studien mit oraler und dermalen Exposition an Ratten und Mäusen gezeigt haben.

Schlussendlich wurde von der ECHA ein DNEL abgeleitet für Wirkungen nach inhalativer und dermalen wiederholter Aufnahme, für die lokalen Effekte (Hautsensibilisierung) nach dermalen Exposition sowie für systemische Langzeitwirkungen nach oraler wiederholter Exposition. Dieser beträgt 3 mg/(kg KG x d) auf Basis eines NOAEL von 120 mg/(kg KG x d) (Tierversuch Ratte).¹³

Darüber hinaus besitzt OTNE eine strukturelle Ähnlichkeit mit anderen polyzyklischen Moschusverbindungen, für welche aus vitro- und in vivo-Studien Hinweise auf endokrine Effekte vorliegen. Die mögliche Rolle von OTNE als endokriner Disruptor ist daher abzuklären. Nach Auffassung der ECHA ist OTNE als ein möglicher endokriner Disruptor anzusehen.¹⁴

¹³ European Chemicals Agency (ECHA): OTNE (reaction mass of 1-(1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-2,3,8-tetramethyl-2-naphthyl)ethan-1-one and 1-(1,2,3,4,6,7,8,8a-octahydro-2,3,8,8-tetramethyl-2-naphthyl)ethan-1-one and 1-(1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-2,3,8,8-tetramethyl-2-naphthyl)ethan-1-one), <https://echa.europa.eu/de/brief-profile/-/briefprofile/100.144.093>

¹⁴ European Chemicals Agency (ECHA): OTNE (reaction mass of 1-(1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-2,3,8-tetramethyl-2-naphthyl)ethan-1-one and 1-(1,2,3,4,6,7,8,8a-octahydro-2,3,8,8-tetramethyl-2-naphthyl)ethan-1-one and 1-(1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-2,3,8,8-tetramethyl-2-naphthyl)ethan-1-one), Justification document for the selection of a CoRAP substance, Justification for the selection of a substance for CoRAP inclusion. <https://echa.europa.eu/documents/10162/b460ac94-c0ca-4de8-b59c-3ad52a7b3314>

ATII

Für den Stoff ATII liegen nach Kenntnisstand so gut wie keine Daten zu gesundheitlichen Wirkungen vor. ATII wurde von der ECHA in Bezug auf die CLP-Verordnung einzig als akut toxisch (Acute Tox 4; H302 – gesundheitsschädlich bei Verschlucken) klassifiziert. Im Kurzbericht der ECHA finden sich Ausführungen zu Studien, in denen neben der akuten Toxizität die möglichen hautreizenden, sensibilisierenden sowie gentoxischen Wirkungen durch ATII untersucht wurden. Demnach wirkt ATII leicht hautreizend, reizt aber nicht die Augen. Hinweise auf hautsensibilisierende Effekte ergaben sich nicht. Unter den verwendeten Testbedingungen ließen sich laut ECHA in vitro keine Anhaltspunkte auf mutagene Effekte erkennen. Erkenntnisse zu Wirkungen nach langfristiger oraler Aufnahme sind dem Kurzbericht der ECHA nicht zu entnehmen. DNEL für ATII wurden von der ECHA nicht abgeleitet, da hierzu keine entsprechenden Daten vorlagen.¹⁵ Auch anderweitige Beurteilungswerte gibt es nach Kenntnisstand nicht.

AHMI

Auch zu den möglichen gesundheitlichen Wirkungen durch AHMI gibt es nur sehr wenige Informationen, wie dem Kurzbericht der ECHA zu entnehmen ist. Nach ECHA wird AHMI hinsichtlich CLP-Verordnung als akut toxisch klassifiziert (Acute Tox 4; H302, H312, H332). Demnach wirkt AHMI nach kurzfristiger Aufnahme gesundheitsschädlich bei Verschlucken, Hautkontakt und Einatmen. In humanexperimentellen Studien und in Tierstudien wurde laut ECHA untersucht, ob AHMI haut- und augenreizend ist. Hierbei wurden keine adversen Effekte beobachtet, so dass eine Klassifizierung nach CLP-Verordnung nicht als erforderlich erachtet wurde. Auch ließen sich in humanexperimentellen und in in-vitro-Untersuchungen keine sensibilisierenden Effekte feststellen.

In einer subakuten Studie an Ratten zur Toxizität nach wiederholter Verabreichung wurden verschiedene Effekte beobachtet und ein NOAEL von 5 mg/(kg KG x d) abgeleitet. Bei der Beurteilung der Toxizität ist nach ECHA die Schwere der Effekte zu beachten. Hier zeigte sich, dass die beobachteten Reduzierungen des Körpergewichts und der Nahrungsaufnahme sowie die Veränderungen der klinischen Parameter zwar Folge der wiederholten Verabreichung waren, diese die Toxizität aber nicht signifikant beeinflussten. Die Veränderungen u. a. von Blutparametern seien nach ECHA geringfügig, Funktionsstörungen von Organen wurden

¹⁵ European Chemicals Agency (ECHA): ATII (1-[2,3-dihydro-1,1,2,6-tetramethyl-3-(1-methylethyl)-1H-inden-5-yl]ethan-1-one), <https://echa.europa.eu/de/brief-profile/-/briefprofile/100.062.526>

ebenfalls nicht verursacht. Auch die beobachtete Hypertrophie in der Leber führe nicht zum Organversagen. Aus diesen Gründen sei laut ECHA eine Klassifizierung nach CLP-Verordnung hinsichtlich Organtoxizität nicht erforderlich. Auch eine Klassifizierung hinsichtlich Mutagenität sei entbehrlich.¹⁶

2.1.2 Nitromoschusverbindungen

Moschus Ambrette

Von der ECHA wurde MA nach CLP-Verordnung als akut toxisch (Acute Tox 4, H302), augen- und hautirritierend (H319, Eye Irrit. 2, Skin Irrit. 2) sowie als hautsensibilisierend (Skin Sens. 1, H317) klassifiziert.¹⁷ Moschus Ambrette (MA) besitzt ein photoallergisches Potenzial. MA kann eine Hyperpigmentierung der Haut verursachen. Es durchdringt die Haut schneller als andere Nitromoschusverbindungen, was sich in höheren Expositionsleveln bemerkbar macht. In einer Studie mit wiederholter oraler Verabreichung von Moschus Ambrette an Ratten konnten ferner neurotoxische Wirkungen und Hodenatrophien festgestellt werden. Hieraus ließ sich ein NOAEL von 25 mg/(kg KG x d) ermitteln.¹⁸ Erkenntnisse zu kanzerogenen Effekten liegen nicht vor. Nach IARC (1996) liegen aus Tierversuchen nur unzureichende Belege für eine Kanzerogenität von Moschus Ambrette vor. MA wird daher als nicht klassifizierbar eingestuft.¹⁹

Moschus Xylol

Moschus Xylol (MX) besitzt eine geringe akute und subchronische Toxizität. Es hat schwach irritative Wirkungen nach Okklusion der menschlichen Haut. Beim Kaninchen zeigten sich keine irritativen Effekte der Haut und Augen. Bei Versuchen an Meerschweinchen ließ sich ein sensibilisierendes Potenzial aufzeigen. Moschus Xylol verursacht schwache photoallergische Effekte. Die Erkenntnisse aus Humanstudien sind begrenzt.

Ein genotoxisches Potenzial konnte nicht festgestellt werden.

¹⁶ European Chemicals Agency (ECHA): AHMI (1,1,2,3,3,6-hexamethylindan-5-yl methyl ketone), <https://echa.europa.eu/de/brief-profile/-/briefprofile/100.035.766>

¹⁷ European Chemicals Agency (ECHA): Moschus Ambrette (4-tert-butyl-3-methoxy-2,6-dinitrotoluene), <https://echa.europa.eu/de/substance-information/-/substanceinfo/100.001.358>

¹⁸ Slanina, P.: Risk evaluation of dietary and dermal exposure to Moschus fragrances. The Handbook of Environmental Chemistry, Vol. 3, Part X, 281-310 (2004).

¹⁹ International Agency for Research on Cancer (IARC) - World Health Organization: IARC Monographs on the Evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 65. Printing processes and printing inks, carbon black and some nitro compounds. IARC Lyon, France (1996). <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol65/mono65.pdf>

In Studien an Mäusen ließen sich kanzerogene Wirkungen (hepatozelluläre Karzinome und Adenome, Adenome der Herderschen Drüse) beobachten. Hierbei wird von nicht-genotoxischen Wirkmechanismen ausgegangen. Die Datenlage gilt jedoch als ungenügend zur Abschätzung des kanzerogenen Potenzials für den Menschen. Daten für den Menschen liegen nicht vor.²⁰

Von der IARC wird Moschus Xylol aufgrund der ungenügenden Nachweise der kanzerogenen Wirkungen in die Gruppe 3 (nicht klassifizierbar) eingestuft.¹⁹ Die EU klassiert Moschus Xylol in die Kategorie 3 (Stoff, der wegen möglicher krebserzeugender Wirkung beim Menschen Anlass zur Besorgnis gibt, über den jedoch ungenügend Informationen für eine befriedigende Beurteilung vorliegen. Aus geeigneten Tierversuchen liegen einige Anhaltspunkte vor, die jedoch nicht ausreichen, um einen Stoff in Kategorie 2 einzustufen).²¹ Die Einstufung der EU in die Carc. Cat. Kategorie 3 nach der bisherigen Richtlinie 67/548/EWG entspricht der Carc. Cat. Kategorie 2 nach CLP-Verordnung. Weitere Klassifizierungen nach CLP-Verordnung liegen nicht vor.²²

Zur Toxizität nach wiederholter Verabreichung liegen nur wenige Studien vor. In einer 90-Tage-Studie mit dermalen Verabreichung an Ratten ließ sich ein Anstieg der Lebergewichte beobachten. Hieraus konnte ein NOAEL von 24 mg/(kg KG x d) ermittelt werden.

Auch zu den reproduktions- und entwicklungstoxischen Effekten liegen nur wenige Studien vor.

Die Daten aus subchronischen Studien an Ratten (dermal) und Mäusen (oral) und aus einer chronischen Fütterungsstudie an Mäusen sowie die Daten einer peri/postnatalen Gavage-Studie an Ratten zeigten keine Hinweise auf mögliche Beeinträchtigungen der Fertilität.²³

In einer Studie zur Entwicklungstoxizität mit oraler Verabreichung von Moschus Xylol an Ratten konnten maternale Effekte (verminderte Gewichtszunahme und Nahrungsaufnahme) sowie embryonale Effekte festgestellt werden. Ein NOAEL von 20 mg/(kg KG x d) (maternale Toxizität) und 60 mg/(kg KG x d) (Entwicklungstoxizität) wurden hieraus abgeleitet. Aus einer

²⁰ SCCNFP, Opinion of the Scientific Committee on Cosmetic Products and Non-Food Products intended for Consumers concerning Moschus xylene and Moschus ketone. Adopted by the SCCNFP during the 28th plenary meeting of 25 May 2004, SCCNFP/0817/04.

http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/sccp/documents/out280_en.pdf

²¹ European Union Risk Assessment Report, 5-tert-butyl-2,4,6-trinitro-m-xylene (Moschus xylene), European Chemicals Bureau. Final Report. The Netherlands (2005).

²² European Chemicals Agency (ECHA): Moschus Xylol (5-tert-butyl-2,4,6-trinitro-m-xylene, <https://echa.europa.eu/de/substance-information/-/substanceinfo/100.001.210>

²³ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA): 5-tert-Butyl-2,4,6- trinitro-m-xylol (Moschus-Xylol) (2003).

oralen peri/postnatalen Toxizitätsstudie konnte ein NOAEL von 7,5 mg/(kg KG x d) ermittelt werden.²¹

Moschus Keton

Moschus Keton besitzt eine geringe akute und subchronische Toxizität. Die verfügbaren Daten weisen nicht auf ein hautirritierendes Potenzial hin. Basierend auf den Ergebnissen einer tierexperimentellen Studie (Meerschweinchen) kann gefolgert werden, dass Moschus Keton nur schwach sensibilisierende Eigenschaften besitzt. Eine Klassierung nach CLP-Verordnung als hautsensibilisierend für den Menschen ist daher nicht erforderlich. Zur Toxizität nach wiederholter Verabreichung liegen verschiedene Studien vor. So konnten in einer 90-Tage-Studie an Ratten nach dermalen Applikation eine Minderung der Gewichtszunahme, eine Senkung der Parameter für rote Blutkörperchen sowie ein Anstieg der Lebergewichte beobachtet werden. Aus den Ergebnissen dieser Studie lässt sich nach den Autoren ein NOAEL von 24 mg/(kg KG x d) ableiten. Studien mit oraler Verabreichung von Moschus Keton sind zu limitiert um einen NOAEL für die Toxizität nach oraler wiederholter Aufnahme abzuleiten.

Moschus Keton ist eine nicht-genotoxische Substanz. Zur Kanzerogenität von Moschus Keton stehen keine Daten zur Verfügung. Allerdings liegen zur verwandten Substanz Moschus Xylol entsprechende Daten vor. Aufgrund der Vergleichbarkeit zwischen Moschus Keton und Moschus Xylol kann gefolgert werden, dass die kanzerogenen Effekte von Moschus Keton nach denselben Mechanismen erfolgen und derselbe LOAEL von 70 mg/(kg KG x d) (Entstehung von Lebertumoren) bzw. NOEL (Enzyminduktion) wie für Moschus Xylol angesetzt werden kann. Moschus Keton ist in die Kategorie 2 („Kann vermutlich Krebs erzeugen“) der CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 eingestuft. Weitere Klassifizierungen nach CLP-Verordnung existieren nicht.

Zudem kann Moschus Keton entwicklungsstoxische Wirkungen (peri/postnatale und maternale Effekte) verursachen, für welche auch entsprechende NOAEL abgeleitet wurden.²⁴

Das SCCNFP setzt basierend auf den Ergebnissen zu den lebertoxischen Effekten von Moschus Xylol denselben NOAEL von 10 mg/(kg KG x d) auch für Moschus Keton an. Auch für die kanzerogenen Effekte von Moschus Keton greift das SCCNFP auf Erkenntnisse zu Moschus Xylol zurück. So wird als Startpunkt für die Risikoberechnung für Moschus Keton

²⁴ European Union Risk Assessment Report, 4-tert-butyl-2',6'-dimethyl-3,5'-dinitroacetophenone (Moschus ketone). European Chemicals Bureau. Final Report. The Netherlands (2005).

derselbe HT10⁻⁴ von 7,3 mg/(kg KG x d) wie für Moschus Xylol (Leberkarzinome bei Mäusen) verwendet.²⁰

2.1.3 Makrozyklische Moschusverbindungen

Moschus NN

Zu den möglichen gesundheitlichen Wirkungen von Moschus NN (Moschus T, Ethylenbrassylat) liegen nur sehr wenige Erkenntnisse vor. Api et al. (2016) führten eine Abschätzung hinsichtlich der Gefahren für die menschliche Gesundheit durch. Hierfür wurden von ihnen die Wirkendpunkte Genotoxizität, Toxizität nach wiederholter Verabreichung, Entwicklungs- und Reproduktionstoxizität, Hautsensibilisierung, Phototoxizität/photoallergische Effekte und lokale Respirationstoxizität betrachtet. Die verfügbaren Daten zeigen, dass Moschus NN nicht genotoxisch ist und auch kein hautsensibilisierendes Potenzial besitzt.²⁵

Von der ECHA wird Moschus NN in Bezug auf die CLP-Verordnung in die Gefahrenklasse Skin Irrit. 2 eingeordnet sowie mit dem Gefahrenhinweis H315 (verursacht Hautreizungen) versehen. Andere Klassifizierungen gibt es nicht.²⁶

Nach Api et al. (2016) ist für die Wirkendpunkte Toxizität nach wiederholter Verabreichung und Entwicklungs- und Reproduktionstoxizität die toxikologische Datenlage unzureichend bzw. es liegen keine Daten vor. Um überhaupt zu einer Abschätzung für Moschus NN zu gelangen, wurden daher toxikologische Daten anderer strukturell ähnlicher Stoffe auf Moschus NN übertragen. Hiernach kann für die Toxizität nach wiederholter Verabreichung ein NOAEL von 333 mg/(kg KG x d) sowie jeweils ein NOEL von 1000 mg/(kg KG x d) für die Entwicklungstoxizität und die Reproduktionstoxizität angenommen werden.

Eine Besorgnis bezüglich der hautsensibilisierenden Wirkungen sowie der phototoxischen bzw. photoallergischen Effekte ist nach Api et al. (2016) nicht anzunehmen. Auch ist den Autoren zufolge nicht von relevanten, lokalen respirationstoxischen Wirkungen auszugehen.²⁵

²⁵ Api, A. M. et al.: RIFM fragrance ingredient safety assessment, ethylene brassylate, CAS Registry Number 105-95-3. Food and Chemical Toxicology 97, 192-200 (2016).

²⁶ European Chemicals Agency (ECHA): Moschus NN (1,4-dioxacycloheptadecane-5,17-dione) (2018): <https://echa.europa.eu/de/brief-profile/-/briefprofile/100.003.044>.

DNEL zur gesundheitlichen Beurteilung für Moschus NN wurden von der ECHA nicht abgeleitet, da keine Gefahren identifiziert wurden. Auch andere Beurteilungswerte liegen nach Kenntnisstand nicht vor.²⁶

2.2 Humantoxikologische Schwellenwerte

Die gesundheitliche Bewertung im Rahmen der ECHO-Berichte bezieht sich auf die möglichen gesundheitsschädlichen Wirkungen durch die orale Aufnahme von künstlichen Moschusverbindungen in Oberflächengewässern bzw. Trinkwasser. In Tabelle 1 sind daher NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) bzw. LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level) für verschiedene künstliche Moschusverbindungen für die langfristige orale Aufnahme aufgeführt. NOAEL für die inhalative und dermale Aufnahme werden nicht genannt. Auch erhebt diese Auflistung keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Für nicht aufgeführte Stoffe liegen nach Kenntnisstand keine entsprechenden Werte vor. NOAEL stellen den Ausgangspunkt für die Ableitung von Bewertungsmaßstäben dar, wie sie in Tabelle 2 aufgeführt sind.

Tabelle 1: NOAEL für die langfristige orale Aufnahme

Stoff	NOAEL / NOEL [mg/(kg KG x d)]	Studientyp/ Wirkendpunkt
Moschus Xylol ²¹	24	Toxizität nach wiederholter Exposition
	70 (LOAEL)	Kanzerogenität
	7,5	peri/postnatale Effekte
	60	Entwicklungstoxizität
	20	maternale Toxizität
Moschus Keton ²⁴	24	Toxizität nach wiederholter Exposition
	70 (LOAEL)	Kanzerogenität
	45	Entwicklungstoxizität
	2,5	peri/postnatale Effekte
Moschus Ambrette ¹⁸	25	Neurotoxizität, Hodenatrophie
HHCB ⁷	150	Toxizität nach wiederholter Exposition
	150	Entwicklungstoxizität
	50	maternale Toxizität
	20	peri/postnatale Effekte
	50	Fertilität ⁶

AHTN ¹⁰	5	Toxizität nach wiederholter Exposition
	50	Reproduktionstoxizität
	20	peri/postnatale Effekte
	50	Entwicklungstoxizität
	15	maternale Toxizität
DPMI ¹¹	10	Toxizität nach wiederholter Exposition
OTNE ¹³	120	Toxizität nach wiederholter Exposition
ADBI ¹²	200	Toxizität nach wiederholter Exposition
	200	Neurotoxizität
AHMI ¹⁶	5	Toxizität nach wiederholter Exposition

In Tabelle 2 sind zulässige orale Aufnahmemengen für verschiedene künstliche Moschusverbindungen aufgelistet. Für die nicht genannten Stoffe existieren nach Kenntnisstand keine entsprechenden Werte.

Es liegen sowohl TDI, TWI, ADI, PTDI als auch DNEL vor. Für Moschus Xylol und Moschus Keton gibt es zudem sogenannte $HT10^{-4}$, anhand welcher eine quantitative Krebsrisikoabschätzung erfolgen kann.

Der TDI (Tolerable Daily Intake; tolerierbare Tagesdosis) bzw. der ADI (Acceptable Daily Intake; akzeptierbare Tagesdosis) stellen die höchste Menge eines Stoffes dar, die der Mensch täglich lebenslang aufnehmen kann, ohne mit einer gesundheitlichen Schädigung rechnen zu müssen. Der TWI (Tolerable Weekly Intake) stellt die tolerable wöchentliche Dosis dar. Der PTDI (Provisional Tolerable Daily Intake) ist als vorläufige tolerable Tagesdosis definiert.

Die von der ECHA festgelegten DNEL (Derived No Effect Level) sind definiert als abgeleitete Expositionshöhe, unterhalb deren ein Stoff zu keiner Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit führt. Allerdings ist die Ableitung von DNEL oftmals nicht transparent dargestellt und/oder es wurden bei deren Ableitung Extrapolationsfaktoren verwendet, welche nicht den Regelungen nach ECHA²⁷ entsprechen. Daher sind DNEL i. d. R. als weniger belastbar

²⁷ European Chemicals Agency (ECHA): Information requirements and chemical safety assessment Chapter R.8: Characterisation of dose [concentration]-response for human health, Version 2.1. November 2012.

einzustufen und werden hier nur dann hilfsweise herangezogen, wenn keine anderen Bewertungsmaßstäbe existieren.

Nach Slanina (2004) kann unter Berücksichtigung der strukturellen Ähnlichkeiten zwischen Moschus Xylol und anderen Nitromoschusverbindungen der PTDI für Moschus Xylol von 7 µg/(kg KG x d) auch für weitere Nitromoschusverbindungen verwendet werden.¹⁸

Die Bewertungsmaßstäbe nach Tabelle 2 werden zur Beurteilung der möglichen gesundheitlichen Beeinträchtigungen nach langfristiger oraler Aufnahme von künstlichen Moschusverbindungen in Oberflächengewässern herangezogen (siehe Kapitel 4.2). Liegen für einen Stoff mehrere Bewertungsmaßstäbe vor, wird jeweils der Beurteilungswert mit dem niedrigsten Zahlenwert verwendet, es sei denn dieser ist ein DNEL.

Tabelle 2: Zulässige orale Aufnahmemengen

Stoff	Zulässige orale Aufnahmemenge [µg/kg KG x d]	Bezeichnung
Moschus Xylol	50	TDI ²⁸
	7	PTDI ¹⁸
	50	PTDI ¹⁸ (Kanzerogenität)
	100	Derived ADI ²⁹
	7,3	HT10 ⁻⁴ ²⁰
Moschus Keton	50	TDI ²⁸
	100	Derived ADI ²⁹
	7	PTDI ¹⁸
	7,3	HT10 ⁻⁴ ²⁰
Moschus Ambrette	7	PTDI ¹⁸
AHTN	12,5	DNEL ⁹

²⁸ Nylander, A.: Syntestika myskföreningar. En riskbedömning, in Projekt rapport från utbildningen i Ekotoxikologi. Ekotoxikologiska avdelningen, Uppsala universitet: 3-63, (2001).

²⁹ Natural Resource Management Ministerial Council, Environment Protection and Heritage Council, National Health and Medical Research Council: National Water Quality Management Strategies. Australian Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental risks (Phase 2). Argumentation of drinking water supplies. (2008).

	50*	TWI _{calculated} ³⁰
	50	PTDI ¹⁸
DPMI	250	DNEL ¹¹
HHCB	3800	DNEL ⁸
	500*	TWI _{calculated} ³⁰
	500	PTDI ¹⁸
	500	Derived ADI ²⁹
OTNE	3000	DNEL ¹³

*= umgerechnet von TWI = 350 µg/(kg KG x w) auf TDI

2.3 Ökotoxikologische Schwellenwerte

Für die untersuchten Duftstoffe waren unterschiedlich umfangreiche ökotoxikologische Datensätze recherchierbar. Es wurden nur Daten von Süßwasserorganismen und von als valide eingestuften Studien (Validitätskriterien in Anlehnung an gängige Indices wie beispielsweise der Klimisch Score³¹) berücksichtigt.

2.3.1 Tetramethylacetyloctahydronaphthalene

Für OTNE lagen Ergebnisse zu allen drei Trophiestufen der aquatischen Lebensgemeinschaft (Algen, Wasserflöhe und Fische) sowohl aus akuten als auch aus chronischen Biotests vor (Tabelle 3). Die akuten Toxizitäten gegenüber den einzelnen Organismengruppen unterschieden sich nur geringfügig. Der niedrigste verfügbare chronische Toxizitätspunkt wurde in einem 21-tägigen Test mit Wasserflöhen festgestellt³². In diesem Testansatz wurde eine NOEC (No observed Effect Concentration = gemessene Konzentration, bei der keine Auswirkung auf die Organismen beobachtet wurde) von 28 µg/L ermittelt.

³⁰ Cunha, S.C. et al.: UV-filters and Moschus fragrances in seafood commercialized in Europe Union: Occurrence, risk and exposure assessment. *Environmental Research* 181, 2018, 399-408, (2018).

³¹ Klimisch, H. J., Andreae, M., & Tillmann, U. A systematic approach for evaluating the quality of experimental toxicological and ecotoxicological data. *Regulatory toxicology and pharmacology*, 25(1), 1-5. (1997).

³² McDonough, K., Casteel, K., Zoller, A., Wehmeyer, K., Hulzebos, E., Rila, J. P., ... & Federle, T. *Probabilistic determination of the ecological risk from OTNE in aquatic and terrestrial compartments based on US-wide monitoring data*. *Chemosphere*, 167, 255-261. (2017).

Tabelle 3: Ökotoxikologische Daten für OTNE

Wirkung	Organismus	Toxizität
Akut	Algen	
	<i>Desmodesmus subspicatus</i>	EC ₅₀ > 2,6 mg/L (72 h) ³³
	Wasserflöhe	
	<i>Daphnia magna</i>	EC ₅₀ = 1,38 mg/L (48 h) ³³
	Fische	
	<i>Lepomis macrochirus</i>	LC ₅₀ = 1,3 mg/L (96 h) ³³
Chronisch	Algen	
	<i>Desmodesmus subspicatus</i>	NOEC = 2,6 mg/L (72 h) ³²
	Wasserflöhe	
	<i>Daphnia magna</i>	NOEC = 0,028 mg/L (21 d) ³²
	Fische	
	<i>Danio rerio</i>	NOEC = 0,16 mg/L (30 d) ³²

2.3.2 Polyzyklische Moschusverbindungen

Für die polyzyklischen Moschusverbindungen HHCB und AHTN lagen Ergebnisse für Algen, Wasserflöhe und Fische sowohl aus akuten als auch aus chronischen Biotests vor (Tabelle 4 - Tabelle 5). Für DPMI AHMI, ATII und ADBI war neben vollständigen Datensätzen zur akuten Toxizität jeweils nur ein chronischer Toxizitätspunkt für Algen verfügbar (Tabelle 6 - Tabelle 9).

Für die untersuchten polyzyklischen Moschusverbindungen lagen die ermittelten akuten Toxizitätskennzahlen in einem relativ engen Bereich von zweistelligen µg/L bis niedrigen einstelligen mg/L Konzentrationen. Die akuten Toxizitäten gegenüber den einzelnen Organismengruppen unterschieden sich nur wenig. Es wird angenommen, dass Moschusverbindungen ab einer gewissen Konzentrationsschwelle über allgemeine akute Toxizitätsmechanismen in Form der Basistoxizität (narcosis) auf die Wasserorganismen einwirken³⁴. Der niedrigste verfügbare chronische Toxizitätspunkt der untersuchten

³³ ECHA. Registration Dossier. *Reaction mass of 1-(1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-2,3,8,8-tetramethyl-2-naphthyl)ethan-1-one and 1-(1,2,3,4,6,7,8,8a-octahydro-2,3,8,8-tetramethyl-2-naphthyl)ethan-1-one and 1-(1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-2,3,8,8-tetramethyl-2-naphthyl)ethan-1-one*. (Stand 13.08.2018).

³⁴ Dietrich, D.R. & Hitzfeld, B.C. *Bioaccumulation and Ecotoxicity of Synthetic Moschuss in the Aquatic Environment*. The Handbook of environmental chemistry 3: 233-244. (2004).

polyzyklischen Moschusverbindungen lag für AHTN bei 35 µg/L (NOEC Fische³⁵). In der gleichen Größenordnung lagen auch die Werte für ATII (NOEC Algen: 39 µg/L³⁶), AHMI (NOEC Algen: 39 µg/L³⁷) und HHCB (EC₁₀ Krustazee: 44 µg/L³⁸). Somit waren für die meisten untersuchten polyzyklischen Moschusverbindungen die niedrigsten chronischen Effektkonzentrationen um den Faktor 10 bis 100 geringer als die niedrigsten akuten Effektkonzentrationen.

Tabelle 4: Ökotoxikologische Daten für HHCB

Wirkung	Organismus	Toxizität
Akut	Algen	
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	EC ₅₀ > 0,854 mg/L (72 h) ³⁸
	Wasserflöhe	
	<i>Daphnia magna</i>	EC ₅₀ = 0,3 mg/L (48 h) ³⁹
	Fische	LC ₅₀ = 0,95 mg/L (96 h) ⁴⁰
	<i>Oryzias latipes</i>	
Chronisch	Algen	
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	NOEC = 0,201 mg/L (72 h) ³⁸
	Wasserflöhe	
	<i>Daphnia magna</i>	NOEC = 0,111 mg/L (21 d) ³⁸
	Krustazee	
	<i>Acartia tonsa</i> .	EC ₁₀ = 0,044 mg/L (6 d) ³⁹ *
	Fische	
	<i>Pimephales promelas</i>	NOEC = 0,068 mg/L (36 d) ³⁸

*: Salzwasserart

³⁵ European Commission. *European Union Risk Assessment Report of 1-(5,6,7,8-tetrahydro-3,5,5,6,8,8-hexamethyl-2-naphthyl)ethan-1-one (AHTN)*. (2008).

³⁶ ECHA. Registration dossier. *1-[2,3-dihydro-1,1,2,6-tetramethyl-3-(1-methylethyl)-1H-inden-5-yl]ethan-1-one*. (Stand 19.07.2018).

³⁷ ECHA. Registration dossier. *1,1,2,3,3,6-hexamethylindan-5-yl methyl ketone*. (Stand 08.08.2018).

³⁸ European Commission. *European Union Risk Assessment Report of 1,3,4,6,7,8-hexahydro-4,6,6,7,8,8-hexamethylcyclopenta-γ-2-benzopyran (1,3,4,6,7,8-hexahydro-4,6,6,7,8,8-hexamethylindeno[5,6-C]pyran - HHCB)*. (2008).

³⁹ ECHA. Registration dossier. *1,3,4,6,7,8-hexahydro-4,6,6,7,8,8-hexamethylindeno[5,6-c]pyran*. (Stand 08.08.2018).

⁴⁰ Yamauchi, R., Ishibashi, H., Hirano, M., Mori, T., Kim, J. & Arizono, K. *Effects of synthetic polycyclic Moschuss on estrogen receptor, vitellogenin, pregnane X receptor, and cytochrome P450 3A gene expression in the livers of male medaka (Oryzias latipes)*. *Aquatic Toxicology* 90: 261-268. (2008).

Tabelle 5: Ökotoxikologische Daten für AHTN

Wirkung	Organismus	Toxizität
Akut	Algen	
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	EC ₅₀ = 0,604 mg/L (72 h) ³⁵ *
	Wasserflöhe	
	<i>Daphnia magna</i>	EC ₅₀ > 0,8 mg/L (72 h) ⁴¹
	Fische	
	<i>Lepomis macrochirus</i>	LC ₅₀ = 1,49 mg/L (96 h) ⁴¹
Chronisch	Algen	
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	NOEC = 0,276 mg/L (72 h) ³⁵ *
	Wasserflöhe	
	<i>Daphnia magna</i>	NOEC = 0,196 mg/L (21 d) ³⁵
	Fische	
	<i>Pimephales promelas</i>	NOEC = 0,035 mg/L (36 d) ³⁵
	<i>Danio rerio</i>	NOEC = 0,035 mg/L (34 d) ³⁵

*: geometrischer Mittelwert aus zwei Versuchen

Tabelle 6: Ökotoxikologische Daten für DPMI

Wirkung	Organismus	Toxizität
Akut	Algen	
	<i>Desmodesmus subspicatus</i>	EC ₅₀ = 10 mg/L (72 h) ⁴²
	Wasserflöhe	
	<i>Daphnia magna</i>	EC ₅₀ = 1,5 mg/L (48 h) ⁴²
	Fische	
	<i>Oryzias latipes</i>	LC ₅₀ = 2,12 mg/L (96 h) ⁴²
Chronisch	Algen	
	<i>Desmodesmus subspicatus</i>	NOEC = 1,4 mg/L (72 h) ⁴²

⁴¹ OECD. *SIDS Initial Assessment Profile for 1-(5,6,7,8-Tetrahydro-3,5,5,6,8,8-hexamethyl-2-naphthyl)ethan-1-one (AHTN)*. (2009).

⁴² ECHA. Registration dossier. *1,2,3,5,6,7-hexahydro-1,1,2,3,3-pentamethyl-4H-inden-4-one*. (Stand 08.08.2018).

Tabelle 7: Ökotoxikologische Daten für AHMI

Wirkung	Organismus	Toxizität
Akut	Algen <i>Raphidocelis subcapitata</i>	EC ₅₀ = 0,063 mg/L (72 h) ³⁷
	Wasserflöhe <i>Daphnia magna</i>	EC ₅₀ = 0,331 mg/L (48 h) ³⁷
	Fische <i>Oryzias latipes</i>	LC ₅₀ = 1,2 mg/L (96 h) ⁴³
	Chronisch	Algen <i>Raphidocelis subcapitata</i>

Tabelle 8: Ökotoxikologische Daten für ATII

Wirkung	Organismus	Toxizität
Akut	Algen <i>Raphidocelis subcapitata</i>	EC ₅₀ = 0,43 mg/L (72 h) ³⁶
	Wasserflöhe <i>Daphnia magna</i>	EC ₅₀ = 0,42 mg/L (48 h) ³⁶
	Fische <i>Oryzias latipes</i>	LC ₅₀ = 0,95 mg/L (96 h) ⁴³
	Chronisch	Algen <i>Raphidocelis subcapitata</i>

Tabelle 9: Ökotoxikologische Daten für ADBI

Wirkung	Organismus	Toxizität
Akut	Algen <i>Raphidocelis subcapitata</i>	EC ₅₀ > 0,49 mg/L (72 h) ⁴⁴
	Wasserflöhe <i>Daphnia magna</i>	EC ₅₀ = 0,43 mg/L (48 h) ⁴⁴
	Fische <i>Oryzias latipes</i>	LC ₅₀ = 1,97 mg/L (96 h) ⁴³
	Chronisch	Algen <i>Raphidocelis subcapitata</i>

⁴³ Australian Government Department of Health. *Environment Tier II Assessment for Celestolide and Related Polycyclic Moschuss*. NICNAC: IMAP framework report. (zuletzt abgerufen 20.03.2018)

⁴⁴ ECHA. Registration dossier: *6-tert-butyl-1,1-dimethylindan-4-yl methyl ketone*. (Stand 19.07.2018).

2.3.3 Nitromoschusverbindungen

Für Moschus Ambrette lagen lediglich Daten aus Akuttests mit Algen und Wasserflöhen vor (Tabelle 10). Für Moschus Ketone war ein Datensatz mit akuten Toxizitätsendpunkten für Algen, Wasserflöhe und Fischen sowie chronische Toxizitätsendpunkte für Algen und Wasserflöhe recherchierbar (Tabelle 11). Zusätzlich gab es noch einen Endpunkt aus einem 21-tägigen Fischtest. Für Moschus Xylene waren, bis auf einen chronischen Fischtest, die Daten aus akuten und chronischen Tests aller drei trophischen Ebenen verfügbar (Tabelle 12).

Die akuten Toxizitätsendpunkte lagen bei den betrachteten Nitromoschusverbindungen im dreistelligen µg/L-Bereich. Für einige der Stoffe konnten keine genauen Werte ermittelt werden, weil die zu bestimmenden ökotoxikologischen Kenngrößen oberhalb der in den Tests eingesetzten Konzentrationen lagen. Die niedrigsten NOEC-Werte lagen, ähnlich wie bei den polyzyklischen Moschusverbindungen, im zweistelligen µg/L-Bereich. Am sensitivsten war mit 56 µg/L der Endpunkt aus einem chronischen 21-tägigen Wasserflohtest mit Moschus Xylene⁴⁵. Für Moschus Ketone wurde die niedrigste NOEC in einem 21-tägigen Fischtest mit 63 µg/L ermittelt⁴⁶. Der chronische Toxizitätsendpunkt für Algen lag mit 88 µg/L in der gleichen Größenordnung⁴⁶. Auch bei den Nitromoschusverbindungen lagen die bislang verfügbaren Effektkonzentrationen für die verschiedenen Organismengruppen in ähnlichen Konzentrationsbereichen (Unterschied ≤ Faktor 10), so dass keine sensitivste Organismengruppe ermittelt werden konnte.

Tabelle 10: Ökotoxikologische Daten für Moschus Ambrette

Wirkung	Organismus	Toxizität
Akut	Algen	
	<i>Desmodesmus subspicatus</i>	EC ₅₀ > 0,790 mg/L (72 h) ⁴⁷
	Wasserflöhe	
	<i>Daphnia magna</i>	EC ₅₀ = 0,62 mg/L (48 h) ⁴⁷

⁴⁵ EU. *Moschus-Xylen - EQS Draft*. Workgroup Priority Substances. (2010). (https://circabc.europa.eu/webdav/CircaBC/env/wfd/Library/working_groups/priority_substances/priority_substances_1/substance_dossiers/final_draft_dossiers, zuletzt abgerufen 20.03.2018)

⁴⁶ European Commission. *European Union Risk Assessment Report of 4'-tert-butyl-2',6'-dimethyl-3',5'-dinitroacetophenone (Moschus ketone)*. EUR 21507 EN. (2005).

⁴⁷ Schramm, K. W., Kaune, A., Beck, B., Thumm, W., Behechti, A., Ketrup, A., & Nickolova, P. *Acute toxicities of five nitroMoschus compounds in Daphnia, algae and photoluminescent bacteria*. *Water research*. 30(10). 2247-2250. (1996).

Tabelle 11: Ökotoxikologische Daten für Moschus Ketone

Wirkung	Organismus	Toxizität
Akut	Algen	
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	EC ₅₀ = 0,24 mg/L (72 h) ⁴⁶
	<i>Desmodesmus subspicatus</i>	EC ₅₀ > 0,46 mg/L (72 h) ⁴⁶
	Wasserflöhe	
	<i>Daphnia magna</i>	EC ₅₀ > 0,432 mg/L (48 h) ⁴⁸
	Fische	
	<i>Poecilia reticulata</i>	EC ₅₀ > 0,385 mg/L (96 h) ⁴⁸
Chronisch	Algen	
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	NOEC = 0,088 mg/L (72 h) ⁴⁶
	Wasserflöhe	
	<i>Daphnia magna</i>	NOEC = 0,17 mg/L (21 d) ⁴⁶
	Fische	
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NOEC = 0,063 mg/L (21 d) ^{46 *}

*: als zusätzlicher Endpunkt aufgeführt, da die verwendete Guideline nicht mehr gültig ist

Tabelle 12: Ökotoxikologische Daten für Moschus Xylene

Wirkung	Organismus	Toxizität
Akut	Algen	
	<i>Desmodesmus subspicatus</i>	EC ₅₀ > 0,15 mg/L (72 h) ⁴⁵
	Wasserflöhe	
	<i>Daphnia magna</i>	EC ₅₀ > 0,15 mg/L (48 h) ⁴⁵
	Fische	
	<i>Danio rerio</i>	LC ₅₀ = 0,4 mg/L (14 d) ⁴⁵
Chronisch	Algen	
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	NOEC >= 0,56 mg/L (5 d) ⁴⁵
	Wasserflöhe	
	<i>Daphnia magna</i>	NOEC = 0,056 mg/L (21 d) ⁴⁵

⁴⁸ ECHA. Registration dossier. *4'-tert-butyl-2',6'-dimethyl-3',5'-dinitroacetophenone*. (Stand 19.07.2018).

2.3.4 Makrozyklische Moschusverbindungen

Für die makrozyklische Moschusverbindung Ethylenbrassylat konnten Daten zur akuten Toxizität bei Algen, Wasserflöhen und Fischen recherchiert werden (Tabelle 13). Chronische Toxizitätsdaten fehlten. Die akuten Toxizitätspunkte lagen für alle drei Organismen im einstelligen mg/L-Bereich und damit in der gleichen Größenordnung wie bei vielen anderen untersuchten Duftstoffen der anderen Gruppen.

Tabelle 13: Ökotoxikologische Daten für Ethylenbrassylat

Wirkung	Organismus	Toxizität
Akut	Algen	
	<i>Desmodesmus subspicatus</i>	EC ₅₀ = 5,2 mg/L (72 h) ⁴⁹
	Wasserflöhe	
	<i>Daphnia magna</i>	EC ₅₀ = 3,65 mg/L (48 h) ⁴⁹
	Fische	
	<i>Danio rerio</i>	LC ₅₀ = 1,23 mg/L (96 h) ⁴⁹

2.4 Rechtliche Regelungen/Stoffbewertung/Orientierungswerte

2.4.1 Trinkwasser

In der Trinkwasserverordnung sind die unter Kapitel 1.1 genannten Duftstoffe nicht geregelt. Es liegt somit kein Trinkwassergrenzwert für die einzelnen Stoffe vor. Ein Trinkwasserleitwert (LW) oder ein gesundheitlicher Orientierungswert (GOW) ist ebenfalls für keinen der genannten Duftstoffe abgeleitet worden. Zur Bewertung von Stoffen im Trinkwasser, deren humantoxikologisch bewertbare Datenbasis nicht gegeben oder unvollständig ist, und deren mögliche Anwesenheit im Trinkwasser nicht durch einen Grenzwert geregelt ist, empfiehlt die Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit und soziale Sicherheit

⁴⁹ Api, A. M., Belsito, D., Bhatia, S., Bruze, M., Calow, P., Dagli, M. L., ... & Lalco, J. F. *RIFM fragrance ingredient safety assessment, ethylene brassylate, CAS Registry Number 105-95-3*. Food and Chemical Toxicology, 97: 192-200. (2016).

(BMGS) beim Umweltbundesamt aber einen gesundheitlichen Orientierungswert (GOW) in Höhe von 0,1 µg/L als erste Bewertungsbasis.⁵⁰

Aus trinkwasserhygienischer Sicht ist die Konzentration des Stoffes so niedrig zu halten, wie dies nach dem Vorsorgeprinzip möglich ist.

2.4.2 Oberflächenwasser

Für keinen der unter Kapitel 1.1 genannten Stoffe existieren gesetzlich verbindlichen Umweltqualitätsnormen in der Oberflächengewässerverordnung. Für einige Stoffe liegt jedoch eine breite ökotoxikologische Datenbasis vor, auf deren Grundlage Orientierungswerte gemäß Europäischem Leitfaden (TDG 27, 2011⁵¹) abgeleitet werden können. Diese Ableitungen sind mit dem Umweltbundesamt abgestimmt und werden als Orientierungswerte für die Bewertung in nordrhein-westfälischen Oberflächengewässern angewendet. Die Orientierungswerte sind in Tabelle 14 zusammengestellt. Alle weiteren Stoffe werden mit einem Präventivwert von 0,1 µg/L bewertet (näheres s. hierzu Kap. 4.3).

Tabelle 14: ökotoxikologisch abgeleitete Orientierungswerte für die Bewertung der Duftstoffe

Stoff	NRW Orientierungswert [µg/L]
Moschus-Keton	1,26
Moschus-Xylol	0,56
Tonalid	0,7
Galaxolid	4,4
OTNE	0,56

⁵⁰ Umweltbundesamt (UBA): Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht. Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission beim Umweltbundesamt. Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz, 46, 249-251, (2003).

⁵¹ European Commission. *Technical Guidance for Deriving Environmental Quality Standards*. Guidance Document No 27. TGD EQS. (2011).

3 Analytik

3.1 Messprogramm

Für die Bestandsaufnahme 2017 wurde Oberflächenwasser (14 Proben) und Abwasser aus Kläranlagen (15 Proben) genommen. Untersucht wurden Proben aus der Emscher, Erft, Lippe, Rhein (6), Ruhr (2), Sieg, Wupper und dem Dortmund-Ems-Kanal.

3.2 Methode

Die Analytik zu diesem ECHO-Bericht wurde im Labor des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft (ISA) der RWTH Aachen durchgeführt.

Die analytische Bestimmung der Duftstoffe ist mittels GC-MS nach Extraktion mit Toluol möglich⁵². Mit diesem Verfahren kann eine untere Anwendungsgrenze für Oberflächenwasser von 10 ng/L erreicht werden. Die Proben wurden nach Zugabe von internem Standard (d15-Moschus-Xylol) 30 min mit Toluol extrahiert. Der so gewonnene Extrakt wurde nach Trocknung durch Ausfrieren des Wassers und Reduktion des Volumens im Rotationsverdampfer (40°C, 60 mbar) direkt der GC-MS-Analyse zugeführt.

Die chromatographische Trennung der Stoffe erfolgte mittels einer Kapillarsäule der Fa. Macherey-Nagel, Typ OPTIMA 5-MS Accent (Länge: 60 m, ID:0,25 mm, FD: 0,25 µm) und folgendem Temperaturprogramm: 2 min bei 80°C, 20°C/min bis 180°C, 20 min bei 180°C, 40°C/min bis 300°C, 5 min bei 300°C.

Als Trägergas wurde Helium mit einem Fluss von 1,5 mL/min eingesetzt. Es wurde 1 µL des Extrakts splitlos bei 280°C injiziert. Die Detektion im Massenspektrometer erfolgte im SIM-Modus. Für jeden Analyten wurde jeweils ein Quantifier und zwei Qualifier, wie in Tabelle 15 aufgeführt, bestimmt. Zur quantitativen Bestimmung wurde eine externe Kalibrierung mit linearer Regression zugrunde gelegt. Die durch Aufstockung der Proben mit dem internen Standard (d15-Moschus-Xylol) ermittelten Wiederfindungsraten lagen in einem Bereich von 80 % - 110 %. Die Konzentration wurde entsprechend der ermittelten Wiederfindung korrigiert.

Tabelle 1: Analytische Kenndaten der Duftstoffe

Analyt	Summenformel	m/z Quantifier	m/z Qualifier 1	m/z Qualifier 2
<hr/>				

⁵² K. Bester, N. Hüffmeyer, E. Schaub, J. Klasmeier Chemosphere 71 (2008) 1366

d15-Moschus-Xylol	$C_{12}D_{15}N_3O_6$	294	312	248
Cashmeran	$C_{14}H_{22}O$	191	206	163
(DPMI)				
OTNE	$C_{16}H_{26}O$	191	119	219
Celestolid (ADBI)	$C_{17}H_{24}O$	229	244	187
Phantolid (AHMI)	$C_{17}H_{24}O$	229	244	187
Moschus ambrette	$C_{12}H_{16}N_2O_5$	253	268	223
Traseolid (ATII)	$C_{18}H_{26}O$	215	258	173
Galaxolid (HHCB)	$C_{18}H_{26}O$	243	258	213
Moschus xylene	$C_{12}H_{15}N_3O_6$	282	297	265
Tonalid (AHTN)	$C_{18}H_{26}O$	243	258	159
Moschus ketone	$C_{14}H_{18}N_2O_5$	279	294	280
Moschus NN	$C_{15}H_{26}O_4$	227	211	187
(Ethylenbrassylat)				

3.3 Ergebnisse

Die untere Anwendungsgrenze für die untersuchten Duftstoffe lag bei 10 ng/L (0,01 µg/L). Die Duftstoffe Celestolid, Phantolid, Moschus Xylol und Moschus NN wurden in keiner Probe gefunden. Cashmeran, Celestolid, Moschus Ambrette, Traseolid, wurden in einzelnen Proben im Bereich der unteren Anwendungsgrenze gefunden. Die Konzentrationen von Tonalid und Moschus ketone liegen insbesondere im Ablauf von Kläranlagen etwas höher. Die höchsten Messwerte wurden für OTNE und Galaxolid gefunden. Die Einzelwerte finden sich in Tabelle 16.

Aus den bisher vorliegenden Ergebnissen lässt sich ableiten, dass in NRW im Wesentlichen die Duftstoffe OTNE und HHCB über kommunale Kläranlagen in Gewässer eingetragen werden.

Tabelle 26: Messwerte für die untersuchten Duftstoffe, alle Probenahmen vom 06.- 08.11.2017

Messstelle	Cashmeran (DPMI)	OTNE	Celestolid (ADBI)	Phantolid (AHMI)	Moschus ambrette	Traseolid (ATII)	Galaxolid (HHCB)	Moschus xylene	Tonalid (AHTN)	Moschus ketone	Moschus NN
	ng/L		ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
Rhein bei Lobith	<10	16	<10	<10	<10	<10	28	<10	<10	<10	<10
Rhein bei Kleve Bimmen	<10	59	<10	<10	<10	<10	47	<10	<10	<10	<10
Rhein bei Stuerzelberg	12	67	<10	<10	<10	<10	52	<10	<10	<10	<10
Rhein bei Düsseldorf Flehe	<10	77	<10	<10	<10	<10	55	<10	10	<10	<10
Rhein bei Bad Godesberg	<10	79	<10	<10	<10	<10	66	<10	11	<10	<10
Rhein bei Bad Honnef	<10	94	<10	<10	<10	<10	74	<10	11	<10	<10
Lippe bei Wesel	12	170	<10	<10	<10	<10	120	<10	<10	<10	<10
Emscher Mündung	<10	1400	<10	<10	<10	<10	450	<10	42	12	<10
Ruhr bei Mülheim-Kahlenberg	10	160	<10	<10	<10	<10	67	<10	<10	<10	<10
Ruhr bei Fröndenberg	<10	220	<10	<10	<10	<10	110	<10	16	<10	<10
Wupper bei Opladen	<10	440	<10	<10	<10	<10	260	<10	27	<10	<10
Sieg bei Menden	<10	90	<10	<10	<10	<10	60	<10	10	<10	<10
Erft bei Eppinghoven	11	210	<10	<10	<10	<10	140	<10	21	<10	<10
DEK bei Einmündung WDK ⁵³	<10	88	<10	<10	<10	<10	77	<10	<10	<10	<10
Kläranlage Solingen-Burg	<10	3500	<10	<10	<10	<10	1300	<10	86	27	<10
Kläranlage Wuppertal-Buchenhofen	<10	590	<10	<10	<10	<10	560	<10	69	14	<10
Kläranlage Wuppertal-Kohlfurth	12	2000	<10	<10	12	<10	680	<10	61	20	<10
Kläranlage Heiligenhaus-Angertal	11	890	<10	<10	<10	<10	560	<10	59	22	<10
Kläranlage Heiligenhaus-Abtsküche	<10	2000	13	<10	10	10	970	<10	120	22	<10
Kläranlage Emmerich	<10	310	<10	<10	<10	<10	160	<10	22	<10	<10
Kläranlage Kalkar-Hönnepel	<10	3100	<10	<10	<10	<10	940	<10	67	17	<10
Kläranlage Kleve-Salmorth	<10	440	<10	<10	<10	<10	400	<10	45	12	<10
Kläranlage Gefrath	<10	1100	<10	<10	<10	<10	400	<10	37	<10	<10
Kläranlage Viersen Dülken	<10	4300	<10	<10	<10	<10	390	<10	43	<10	<10
Kläranlage Kaarst	<10	1000	<10	<10	<10	<10	420	<10	43	13	<10
Kläranlage Neuss-Süd	<10	1900	11	<10	10	<10	960	<10	75	29	<10
Kläranlage Grevenbroich	<10	2300	<10	<10	<10	<10	1300	<10	95	28	<10
Kläranlage Dormagen-Rheinfeld	<10	2000	<10	<10	<10	<10	870	<10	98	26	<10
Kläranlage Nettetal-Breyell	<10	1100	<10	<10	<10	<10	420	<10	37	11	<10

⁵³ Dortmund Ems Kanal bei Einmündung Wesel-Datteln-Kanal

4 Bewertung der Relevanz

4.1 Relevanz für aquatische Systeme

Für alle o.g. Duftstoffe kann im Hinblick auf das Schutzgut Aquatische Biozönose eine allgemeine Relevanzabschätzung vorgenommen werden, da die analytischen Bestimmungsgrenzen deutlich unterhalb der jeweiligen Orientierungswerte bzw. des Präventivwertes von 0,1 µg/L liegen.

In den untersuchten Gewässern in NRW wurde HHCB und OTNE in allen Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze gefunden, mit den höchsten Konzentrationen in der Emscher. Dieses ist nachvollziehbar, da die Emscher einen sehr hohen Abwasseranteil aus kommunalen Kläranlagen aufweist, welches die Haupteintragsquelle in die Gewässer darstellt.

AHTN wurde in der Mehrzahl der Proben oberhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen, DPMI und Moschusketone wurden in einzelnen Proben, aber jeweils mit deutlich niedrigeren Konzentrationen als für HHCB und OTNE gefunden. Für alle weiteren Stoffe gab es keine positiven Befunde.

4.1.1 Ableitung der Bewertungsgrundlage für die aquatische Biozönose

Die Ableitung von Konzentrationen, bei welchen voraussichtlich keine negativen Effekte für die Lebensgemeinschaft im Süßwasser auftreten (PNEC = Predicted No Effect Concentration), erfolgte gemäß des EU Technical Guidance Documents for Deriving Environmental Quality Standards (TGD EQS, 2011)⁵⁴. In Tabelle 17 sind die abgeleiteten PNEC Werte und der zugrunde gelegte sensitivste Endpunkt mit dem entsprechenden Sicherheitsfaktor nach TGD EQS aufgeführt. Die Ableitungen wurden vom Umweltbundesamt geprüft und bestätigt. Alle abgeleiteten PNEC liegen zwischen 0,063 und 4,4 µg/L, wobei die Ableitungen auf der Basis sehr unterschiedlich umfangreicher Datengrundlagen und damit unter Verwendung stark variierender Sicherheitsfaktoren erfolgten. Es werden auch vergleichbare PNEC Ableitungen anderer Institutionen aufgeführt.

Abgeleitete PNEC werden generell nur dann als sogenannter Orientierungswert zur NRW-weiten Gewässerbewertung herangezogen, wenn eine zuverlässige Datenbasis mit akuten und chronischen Effektdaten verfügbar ist. Ableitungen, die auf akuten Effektdaten beruhen und über hohe Sicherheitsfaktoren abgeleitet werden, können grundsätzlich nur unterstützend zur Einordnung des Konzentrationsbereiches berücksichtigt werden. Für diese Stoffe werden

⁵⁴ European Commission. *Technical Guidance for Deriving Environmental Quality Standards*. Guidance Document No 27. TGD EQS. (2011).

allgemeine sogenannte Präventivwerte herangezogen, die zwar weniger präzise, aber gemäß Vorsorgeprinzip in jedem Fall protektiv sein sollen.

Für sechs der untersuchten Duftstoffe war keine entsprechend breite Datenbasis zur Ableitung zuverlässiger Orientierungswerte verfügbar, so dass auf Basis von Präventivwerten bewertet wird. Die Festlegung eines Präventivwertes von 0,1 µg/L, statt des für diese Stoffklasse üblichen Wertes von 10 µg/L, beruht auf folgenden Überlegungen:

- Für alle fünf Stoffe liegen ökotoxikologische PNEC Ableitungen mit Konzentrationen unterhalb 10 µg/L vor.
- Die Stoffe weisen ähnliche Molekülstrukturen zu Duftstoffen mit sicher abgeleiteten niedrigen PNEC Werten auf, was häufig mit ähnlichen Wirkungsmechanismen einhergeht. Daher werden analoge Präventivwerte festgelegt.

Tabelle 17: Abgeleitete PNEC Werte (Predicted No Effect Concentration) für die Duftstoffe im Untersuchungsprogramm sowie für NRW festgelegte Beurteilungswerte (Orientierungswert (OW) bzw. Präventivwert (PV)).

Stoff	Zugrundeliegender Endpunkt	Sicherheitsfaktor gemäß TGD 27	Abgeleitete PNEC gemäß TGD 27	Beurteilungswert NRW
OTNE	Wasserflöhe NOEC = 0,028 mg/L (21 d) ³²	50	0,56 µg/L	OW: 0,56 µg/L
HHCB	Crustazee NOEC = 0,044 mg/L (6 d) ³⁸	10	4,4 µg/L	OW: 4,4 µg/L
AHTN	Fische NOEC = 0,035 mg/L (36 d) ³⁵	50	0,7 µg/L	OW: 0,7 µg/L
DPMI	Wasserflöhe EC ₅₀ = 1,5 mg/L (48 h) ⁴²	1000	1,5 µg/L	PV: 0,1 µg/L
AHMI	Algen EC ₅₀ = 0,063 mg/L (72 h) ³⁷	1000	0,063 µg/L	PV: 0,1 µg/L
ATII	Wasserflöhe EC ₅₀ = 0,42 mg/L (48 h) ⁴³	1000	0,42 µg/L	PV: 0,1 µg/L
ADBI	Wasserflöhe EC ₅₀ = 0,43 mg/L (48 h) ¹⁴	1000	0,43 µg/L	PV: 0,1 µg/L
Moschus Ambrette	Wasserflöhe EC ₅₀ = 0,62 mg/L (48 h) ⁴⁷		unzureichende Datenlage	PV: 0,1 µg/L
Moschus Ketone	Fische NOEC = 0,063 mg/L (21 d) ⁴⁶	50	1,26 µg/L	OW: 1,26 µg/L
Moschus Xylene	Wasserflöhe NOEC = 0,056 mg/L (21 d) ⁴⁵	100	0,56 µg/L	OW: 0,56 µg/L
Ethylen- brassylat	Fische LC ₅₀ = 1,23 mg/L (96 h) ⁴⁹	1000	1,23 µg/L	PV: 0,1 µg/L

4.1.2 Tetramethylacetyloctahydronaphthalene

Für OTNE liegt ein vollständiger ökotoxikologischer Datensatz vor. Da OTNE von der Europäischen Chemikalienbehörde (ECHA) aktuell u.a. hinsichtlich einer möglichen endokrinen Wirkung und der Fähigkeit zur Bioakkumulation geprüft wird⁵⁵, wurde ein

⁵⁵ ECHA. Community rolling action plan (CoRAP). *Reaction mass of 1-(1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-2,3,8-tetramethyl-2-naphthyl)ethan-1-one and 1-(1,2,3,4,6,7,8,8a-octahydro-2,3,8,8-tetramethyl-2-naphthyl)ethan-1-one and 1-(1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-2,3,8,8-tetramethyl-2-naphthyl)ethan-1-one.* (2015).

Sicherheitsfaktor von 50 verwendet (TGD EQS konform). Dies führt zu einer PNEC Ableitung von 0,56 µg/L für OTNE. In einer Veröffentlichung von Kalschka et al. (2013)⁵⁶ wurde ein UQN-Vorschlag in gleicher Höhe abgeleitet. In einem Bericht der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) wird der im REACH-Dossier³³ für OTNE abgeleitete UQN-Vorschlag von 2,8 µg/L zitiert⁵⁷. Dieser wurde auf der gleichen Datengrundlage, jedoch mit einem niedrigeren Sicherheitsfaktor abgeleitet, da eine mögliche endokrine Wirkung nicht berücksichtigt wurde.

4.1.3 Polyzyklische Moschusverbindungen

Für HHCB liegt ein vollständiger ökotoxikologischer Datensatz vor, es konnte daher mit einem Sicherheitsfaktor von 10 eine PNEC von 4,4 µg/L abgeleitet werden. Grundlage für die Ableitung war das Ergebnis aus einem chronische Test mit einer Salzwasserkrustazee, da dieser Endpunkt auch von der EU für die Risikobewertung von HHCB verwendet wurde³⁸.

Der PNEC Wert für AHTN liegt bei 0,7 µg/L. Der Wert beruht auf chronischen Endpunkten aus Versuchen mit zwei unterschiedlichen Fischarten³⁵ und der Verwendung eines höheren Sicherheitsfaktors von 50. Es liegt ein vollständiger ökotoxikologischer Datensatz vor, jedoch wird der Duftstoff, wie auch OTNE, von der ECHA hinsichtlich einer potentiellen endokrinen Wirkung untersucht⁵⁸. In einem EU Risk Assessment Report von 2008 wurde eine PNEC von 2,8 µg/L unter Verwendung eines niedrigeren Sicherheitsfaktors von 10 auf das Ergebnis aus einem chronischen Test mit einer Salzwasserkrustazee abgeleitet³⁵.

Für DPMI, AHMI, ATII und ADBI wurden auf der Grundlage der akuten ökotoxikologischen Daten mit einem Sicherheitsfaktor von 1000 PNEC Werte von 1,5; 0,063; 0,42 bzw. 0,43 µg/L abgeleitet. Da keine chronischen Effektdaten verfügbaren waren, wird für die NRW-weite Bewertung dieser Stoffe ein Präventivwert von 0,1 µg/L herangezogen (s.o).

4.1.4 Nitromoschusverbindungen

Für Moschus Ketone wurde eine PNEC Konzentration von 1,26 µg/L abgeleitet. Dem liegt als niedrigster ökotoxikologischer Endpunkt das Ergebnis aus einem 21-tägigen Fischtest

⁵⁶ Kalschka, U., von der Ohe, P. C., Bschorer, A., Krezmer, S., Sengl, M., & Letzel, M. Occurrences and potential risks of 16 fragrances in five German sewage treatment plants and their receiving waters. *Environmental Science and Pollution Research*. 20(4). 2456-2471. (2013).

⁵⁷ LAWA. *Mikroschadstoffe in Gewässern*. Ausschuss Oberirdische Gewässer und Küstengewässer der Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA-AO). (2016).

⁵⁸ ECHA. Community rolling action plan (CoRAP). 1-(5,6,7,8-tetrahydro-3,5,5,6,8,8-hexamethyl-2-naphthyl)ethan-1-one. (2016).

zugrunde (NOEC: 0,063 µg/L³⁸). Die Mindestdauer von chronischen Fischtests liegt gemäß aktueller Normen je nach Fischart bei 28 bis 60 Tagen. Da der Endpunkt jedoch der niedrigste verfügbare war und in älteren Risk Assessments Verwendung fand, wurde er als chronischer Endpunkt berücksichtigt und ein höherer Sicherheitsfaktor von 50 statt 100 (TGD EQS konform), zur Ableitung des PNEC Wertes herangezogen. In einem EU Bericht wurde auf der gleichen Datengrundlage eine PNEC von 6,3 µg/L mit einem Sicherheitsfaktor von 10 abgeleitet, da der 21-tägige Fischtest als chronischen Endpunkt zum Zeitpunkt der Ableitung noch Gültigkeit besaß⁴⁶.

Der abgeleitete PNEC Wert für Moschus Xylene lag bei 0,56 µg/L. In einem EQS-Entwurf der EU Arbeitsgruppe zu Prioritären Substanzen wurde der gleiche Wert als UQN-Vorschlag (AA-QS_{fw, eco}) abgeleitet⁴⁵. Der Duftstoff wurde von der ECHA, u. a. wegen seines hohen Bioakkumulationspotenzials, als Substance of Very High Concern eingestuft⁵⁹.

Für Moschus Ambrette konnte aufgrund unzureichender Datengrundlage keine PNEC abgeleitet werden. Somit wird für die Bewertung in nordrhein-westfälischen Gewässern ein allgemeiner Präventivwert – in diesem Fall 0,1 µg/L – herangezogen.

4.1.5 Makrozyklische Moschusverbindungen

Für Ethylenbrassylat konnte eine PNEC von 1,23 µg/L abgeleitet werden. Da nur akute Toxizitätsdaten verfügbar sind wurde dabei ein Sicherheitsfaktor von 1000 verwendet. Somit wird für die Bewertung in nordrhein-westfälischen Gewässern ein allgemeiner Präventivwert – in diesem Fall 0,1 µg/L – herangezogen.

4.1.6 Relevanz der Messdaten für die aquatische Biozönose

Unter den untersuchten Duftstoffen weisen OTNE und HHCB die höchsten Konzentrationen im Gewässer auf und werden gleichzeitig auch in Kläranlagenabläufen mit hohen Konzentrationen (OTNE bis 4300 ng/L, HHCB bis 1300 ng/L) gefunden.

⁵⁹ ECHA. *Support Document for Identification of 5-TERT-BUTYL-2,4,6-TRINITRO-M-XYLENE as a Substance of very high Concern*. Member State Committee. (2008).

Bei den Untersuchungen in acht großen Gewässern wurde für OTNE eine Überschreitung des Orientierungswertes an der Emscher-Mündung festgestellt. Da es sich bei dem abgeleiteten Orientierungswert um einen Beurteilungswert für die Jahresdurchschnittskonzentration handelt, kann über den Vergleich mit einem einmaligen Messergebnis keine abschließende Aussage über mögliche Auswirkungen auf die Biozönose getroffen werden. Da die Überschreitung mit 1400 ng/L deutlich (2,5x) über dem Orientierungswert (560 ng/L) liegt, ist eine Schädigung aber nicht auszuschließen.

Zudem lässt sich aufgrund der hohen Konzentrationen, die in allen untersuchten Kläranlagenabläufen gemessen wurden, vermuten, dass generell in kleinen Gewässern mit hohem Abwasseranteil Überschreitungen des Orientierungswertes auftreten können. Gleichfalls kann im Allgemeinen aufgrund der hohen Akkumulationsfähigkeit an Schwebstoffen und der erwarteten Anreicherung im Gewässersediment die Relevanz auch für größere Gewässer nicht abschließend bewertet werden.

Für keinen der weiteren untersuchten Duftstoffe wurden in den acht großen Gewässern Überschreitungen der jeweiligen Beurteilungswerte festgestellt. Eine allgemeine Gefährdung der aquatischen Biozönose ist auf Basis der untersuchten Wasserproben daher nicht zu erwarten. Jedoch kann bei Stoffen mit erhöhten Konzentrationen im Abwasser und hoher Akkumulationsfähigkeit im Sediment die Relevanz der Einträge für die Biozönose nicht abschließend bewertet werden. Dies gilt insbesondere für HHCB, in geringerem Umfang auch für AHTM und Moschus Ketone. DPMI, ADBI und Moschus-Ambrette weisen nur selten positive Befunde in Kläranlagenabläufen auf, AHMI und Ethylenbrassylat lagen an allen untersuchten Kläranlagen und in allen Gewässern immer unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze. Diese Stoffe weisen keine Relevanz für die aquatische Biozönose auf.

4.2 *Human – und Trinkwasserrelevanz*

Nachfolgend erfolgt die gesundheitliche Bewertung der in der Tabelle 18 genannten, ermittelten Konzentrationen von künstlichen Moschusverbindungen in Oberflächengewässern. In Spalte 2 wird die jeweilige Exposition der verschiedenen künstlichen Moschusverbindungen dargestellt. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die ermittelten Konzentrationen in Oberflächengewässern mit Konzentrationen im Trinkwasser gleichgesetzt werden können. Zudem sind in den Spalten 3 und 4 die zulässigen oralen Aufnahmemengen (TDI, ADI, DNEL usw.) sowie die sich hieraus ergebenden Beurteilungswerte, welche in Anlehnung an die WHO zur gesundheitlichen Bewertung herangezogen werden, dargestellt.

Nach WHO soll bei der gesundheitlichen Bewertung von Schadstoffen im Trinkwasser eine Allokation der zulässigen oralen Aufnahmemenge vorgenommen werden. D. h., diese darf höchstens zu 10 % ausgeschöpft werden. Des Weiteren wird von einem Trinkwasserkonsum von 2 Litern pro Tag und einem Körpergewicht von 70 kg Person ausgegangen. Unter Berücksichtigung dieser Annahmen ergeben sich die in Spalte 4 aufgeführten Beurteilungswerte.

Tabelle 18: Gesundheitliche Bewertung der ermittelten Konzentrationen künstlicher Moschusverbindungen in Oberflächengewässern

Stoff	Exposition (Trinkwasser)	Zulässige orale Aufnahmemenge	Beurteilungswert = 10 % der zulässigen oralen Aufnahmemenge	Maximale gemessene Konzentration im Oberflächen- gewässer	Empfohlener Trinkwasser- richtwert Australien ²⁹
	[µg/kg KG x d]	[µg/kg KG x d]	[µg/kg KG x d]	[ng/L]	[µg/L]
Moschus Xylol	0,0003	7 ¹⁸	0,7	< 10	350
Moschus Keton	0,0003	50 ²⁸	5	< 10	350
Moschus Ambrette	0,0003	7 ¹⁸	0,7	< 10	-
AHTN	0,0012	50 ¹⁸	5	42	-
DPMI	0,0003	250 ¹¹	25	12	-
HHCB	0,129	500 ¹⁸	50	450	1750
OTNE	40	3000 ¹³	300	1400	-

Der Vergleich zwischen den in Spalte 2 aufgeführten Expositionsdaten und den Beurteilungswerten in Spalte 4 zeigt, dass für alle Stoffe die Belastung zum Teil sehr deutlich unterhalb des jeweiligen Bewertungsmaßstabes liegt.

Für die Stoffe Moschus Xylol, Moschus Keton und HHCB liegen zudem empfohlene Richtwerte für Trinkwasser („recommended guideline values“) aus Australien vor (siehe Spalte 6).²⁹ Diese werden von den maximalen Konzentrationen im Oberflächengewässer teilweise sehr deutlich unterschritten. Daher lässt sich folgern, dass für Moschus Xylol, Moschus Keton, Moschus Ambrette, AHTN, DPMI, HHCB und OTNE gesundheitliche Beeinträchtigungen durch die langfristige orale Aufnahme nicht zu erwarten sind.

Für die Stoffe ADBI, AHMI, ATII, Moschus NN liegen nach Kenntnisstand keine zulässigen oralen Aufnahmemengen vor. Nach Empfehlung der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit und soziale Sicherheit (BMGS) beim Umweltbundesamt kann hier zur Bewertung von Stoffen im Trinkwasser, deren humantoxikologisch bewertbare Datenbasis nicht gegeben oder unvollständig ist, und deren mögliche Anwesenheit im Trinkwasser nicht durch einen Grenzwert geregelt ist, ein pragmatischer gesundheitlicher Orientierungswert in Höhe von 0,1 µg/L als erste Bewertungsbasis herangezogen werden (siehe Kap. 2.3). Der GOW ist ein Vorsorgewert für humantoxikologisch nur teil- oder nicht bewertbare trinkwassergängige Stoffe.⁶⁰

Die in Tabelle 15 dieses Berichtes aufgeführten Messwerte für ADBI, AHMI, ATII, Moschus NN in Oberflächengewässern liegen allesamt bei 0,01 µg/L (10 ng/L). Diese unterschreiten somit den pragmatischen GOW von 0,1 µg/L. Daher lässt sich auch für ADBI, AHMI, ATII, Moschus NN folgern, dass gesundheitliche Beeinträchtigungen nach langfristiger oraler Aufnahme nicht zu erwarten sind. Aufgrund der Unterschreitung des pragmatischen GOW von 0,1 µg/L (als erste Bewertungsbasis) wird auch dem Vorsorgeaspekt Genüge getan.

Insgesamt kann gefolgert werden, dass durch die langfristige orale Aufnahme der ermittelten Gehalte an künstlichen Moschusverbindungen (siehe Tabelle 15) keine gesundheitsschädlichen Wirkungen zu erwarten sind.

Bezogen auf die Trinkwasserrelevanz von Duftstoffen in Oberflächengewässern lässt sich festhalten, dass sich die betrachteten Duftstoffe zwar in ihren Eigenschaften voneinander unterscheiden, aber alle Einzelstoffe als relativ lipophil einzustufen sind und dazu neigen, sich an Schwebstoffen oder Sedimenten anzulagern (siehe auch Kap. 1.3). Die aufgeführten Nitro- und polyzyklischen Moschusduftstoffe sowie OTNE gelten außerdem als nicht leicht biologisch abbaubar und haben bis auf OTNE und DPMI einen relativ hohen Biokonzentrationsfaktor (BCF > 500)⁶¹. Somit ist ein Verbleib der Stoffe sowohl in der Wasserphase als auch in/an Sedimenten und Schwebstoffen möglich.

Untersuchungen zum Vorkommen in der Umwelt zeigen, dass Duftstoffe über das häusliche Abwasser und damit über kommunale Kläranlagen u.a. auch in trinkwasserrelevante Oberflächengewässer in NRW eingetragen werden. Die Stoffe HHCB und OTNE weisen

⁶⁰ Umweltbundesamt (UBA): Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht. Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission beim Umweltbundesamt. Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz, 46, 249-251, (2003).

⁶¹ Zusammenarbeit LANUV mit dem Institut für Siedlungswasser- und Siedlungsabfallwirtschaft (ISA) der RWTH Aachen University

hierbei die höchsten Messwerte im niedrigen dreistelligen ng/L-Bereich in trinkwasserrelevanten Oberflächengewässern auf (siehe Tabelle 16). Der von der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit und soziale Sicherheit (BMGS) beim Umweltbundesamt empfohlene pragmatische GOW von 0,1 µg/L als erste Bewertungsbasis wird somit von OTNE und HHCB in trinkwasserrelevanten Oberflächengewässern nur geringfügig überschritten.

Bei der Trinkwasseraufbereitung ist davon auszugehen, dass die bekannten Trinkwasseraufbereitungsverfahren wie Ultra- und Nanofiltration, Belüftung, Ozonung und Aktivkohlefiltration eine ausreichende Reduzierung der Stoffkonzentrationen im aufzubereitenden Rohwasser bewirken. Eine Gefährdung des Trinkwassers ist somit nicht zu erwarten, jedoch sollten die Oberflächengewässer, die zur Trinkwassergewinnung genutzt werden, im Hinblick auf eine Belastung durch Duftstoffe aus Vorsorgegründen weiter beobachtet werden.

Fazit: Eine Beeinträchtigung der ökologischen Systeme und der Trinkwassergewinnung durch Duftstoffe ist zurzeit nicht gegeben. Aufgrund breiter Anwendung wird der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit und soziale Sicherheit (BMGS) beim Umweltbundesamt empfohlene GOW von 0,1 µg/L als erste Bewertungsbasis von OTNE und HHCB in trinkwasserrelevanten Oberflächengewässern geringfügig überschritten.

5 Ausblick

Die Entwicklung der Konzentrationen von Duftstoffen sollte in Abständen weiterverfolgt werden. Da der Einsatz und die Einleitung in Oberflächengewässer überwiegend über häusliches Abwasser und damit Deutschland- und EU weit ähnlich erfolgt, sind Literaturstudien, wie zuletzt vom UBA veröffentlicht², ein geeignetes Mittel hierfür. Neben der Zusammenfassung aktueller Messwerte ist die Fortentwicklung der Bewertung zu verfolgen.

6 Impressum

Herausgeber

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz

Nordrhein-Westfalen (LANUV)

Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen

Telefon 02361 305-0

Telefax 02361 305-3215

E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de

Ansprechpartner für ECHO:

Dr. Klaus Furtmann, klaus.furtmann@lanuv.nrw.de, Tel. 0211 1590-2321

Dieser Bericht entstand in Kooperation mit
Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA)
RWTH Aachen University
Prof. Dr. Volker Linnemann
52056 Aachen