

# 2-(Benzotriazol-2-yl)-4,6-di-tert.-pentylphenol (UV-328)

## *Inhaltsverzeichnis*

- 1 EMISSIONSQUELLEN UND EMITTIERTE MENGEN
- 2 DATEN ZUR MOBILITÄT
- 3 DATEN ZUR PERSISTENZ
- 4 DATEN ZUR AKKUMULIERBARKEIT
- 5 ANGABEN ZUR DIREKTEN SCHADWIRKUNG
- 6 ANGABEN ZUR INDIREKTEN SCHADWIRKUNG
- 7 KLASSIFIZIERUNGEN, RICHT- UND GRENZWERTE
- 8 VORKOMMEN IN DER UMWELT
- 9 ANGABEN ZUM UMGANG
- 10 LITERATUR UND ANMERKUNGEN

**Synonyme, Abkürzungen:**

2-(2H-Benzotriazol-2-yl)-4,6-di-tert.-pentylphenol, 2-(Benzotriazol-2-yl)-4,6-bis(2-methylbutan-2-yl)phenol, 2-(2'-Hydroxy-3',5'-di-tert.-amylphenyl)benzotriazol, 2-(2H-Benzotriazol-2-yl)-4,6-bis(2,2-dimethylpropyl)phenol, 2-(2H-Benzotriazol-2-yl)-4,6-bis(2-methylbutan-2-yl)phenol; BDTP

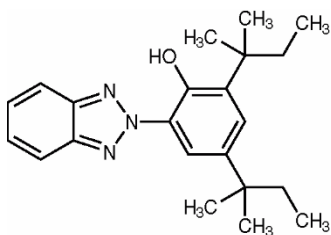
Der Stoff kann sowohl in der offenen Form als auch in der sog. geschlossenen Form (mit intramolekularer Wasserstoffbrückenbindung) vorliegen [8]

**CA-Bezeichnung:**

Phenol, 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4,6-bis(2,2-dimethylpropyl)-

**Summenformel:**

C<sub>22</sub>H<sub>29</sub>N<sub>3</sub>O

**Strukturformel:****CAS-Nummer:**

25973-55-1

**EINECS-Nummer:**

247-384-8

**Molare Masse:**

351,49 g/mol

**Aggregatzustand bei 25 °C:**

fest (Pulver [5, 23] oder Kristalle [23])

**Farbe:**

gelb [5, 8]; weiß bis gelb [23]

**Umrechnungsfaktor Luft:**

bei 20 °C und 1013 hPa: 1 ppmv  $\triangleq$  14,6 mg/m<sup>3</sup>

# 1 EMISSIONSQUELLEN UND EMITTIERTE MENGEN

## ***Jährliche Produktionsmenge (weltweit):***

2020: > 1000 t/a (OECD) [8]; 2000 t/a (geschätzt)

## ***Jährliche Produktionsmenge (Deutschland):***

1985-2020: weniger als 1000 t/a [5, 6, 14]

## ***Jährliche Produktionsmenge (Europäische Union):***

EU:

ca. 1999: 10-1000 t/a [6]

2013-2020: 100-1000 t/a [5, 8, 25]

## ***Jährliche Produktionsmenge (andere Länder):***

Schweden:

2015: Verbrauch 244 t/a [8]

2016: Verbrauch 1 t/a [8]

2016-2019: Import 1,3 t/a [8]

Norwegen:

2009: Verbrauch 1,9 t/a [8]

2019: Produktion 0 t/a, Verbrauch 0,17 t/a [8]

Kanada:

2000-2016: Produktion 0 t/a

2000: Import=Verbrauch 100-1000 t/a [8]

2010/2013: Import=Verbrauch 10-100 t/a [8]

USA:

2011: 56 t/a [25]; 1020 t/a [8, 23]

2012-2015: 450-4500 t/a [8, 23, 25]

Mexiko:

2015: Import 90 t/a, Export 2 t/a [8]

2017: Import 51 t/a, Export 0,9 t/a [8]

Japan:

2012-2014: Produktion/Verbrauch 1-1000 t/a [8]

2015: Produktion/Verbrauch 1000-2000 t/a [8]

2016-2018: Produktion/Verbrauch 1-1000 t/a [8]

Südkorea (2018):

Produktion 0,25 t/a, Import 58 t/a, Verbrauch 113 t/a (?) [8]

**Verwendung:**

Lichtstabilisator für eine Vielzahl von Kunststoffen und anderen organischen Substraten, empfohlen für Styrol-Homo- und -Copolymere, Acrylpolymer, ungesättigte Polyester, Polyvinylchlorid, Polyolefine, Polyurethane, Polyacetale, Polyvinylbutyral, Elastomere und Klebstoffe [4] sowie in Fahrzeuglacken, Industriebeschichtungen, Holzlasuren oder Do-it-yourself-Farben [4]

schützt Polymere und organische Pigmente vor UV-Strahlung und trägt dazu bei, das ursprüngliche Erscheinungsbild und die physikalische Integrität von Formteilen, Folien, Platten und Fasern während der Bewitterung im Freien zu erhalten [4]; Einsatzkonzentration 0,1–1 % [4, 8], in Beschichtungen bis zu 3 % [8]

in Milch- und Snack-Verpackungen 25-76 mg/kg [8]

UV-Stabilisator in Schrumpffolien inkl. Lebensmittelverpackungen, Gartenmöbeln und Kfz-Klarlacken [23]

Australien: Beschichtungen 50 %, Additiv in Kunststoff und Gummi 40 %, Körperpflegemittel (UV-, Sonnenschutz) 10 % [8]

Kanada: 37 % in Farben und Beschichtungen, 63 % in Kunststoffen [8]

Russland: Korrosionsschutzmittel und in Polituren für Metalloberflächen [8]

**Sonstige Quellen und Emissionen, Emissionsfaktoren:**

in Kunststoffabfällen aus dem Meer (ca, 2014) 0,2-1,6 mg/kg [8]

Kunststoffabfälle aus dem Magen von Eissturmvögeln (Faröer, DK, ca. 2017): 1,1 mg je kg Plastik [8]

Kunststoffabfälle aus dem Magen eines Schwarzfußalbatros (Mukojima, Japan, ca. 2017): 1,4 mg je kg Plastik [8]

Nahrungsmittel-Verpackung (VR China, ca. 2011): 6,0 mg/kg (n=1 von 27) [23]

Getränke-Verpackung (VR China, ca. 2011): 2000 und 13.900 mg/kg (n=2 von 17) [23]

Staub (Innenräume abgesetzt; Oslo, NO, ca. 2017):  
<1 – 18.000 µg/kg (n=25 von 26) [8]

Staub (Innenräume; ES, ca. 2008): Mittelwert 91 µg/kg (n=27 von 27) [8]

Staub (Innenräume; Philippinen, ca. 2010): max. 300 µg/kg, Median 27 µg/kg (n=30 von 37) [8, 23]

Staub (Wohnräume; USA, ca. 2018): 10-210 µg/kg (n<32) [8]

Staub (Wohnräume; Kanada, ca. 2018): max. 90 µg/kg (n<32) [8]

Staub von Elektroschrott (Kanada, ca. 2018): 5,6 – 161.000 µg/kg (n=21 von 21) [8]

Exposition über Hausstaub (Philippinen, ca. 2000): Mittelwert Erwachsene 0,15-0,34 ng/(kg KG · d), Kleinkind 0,5-1,2 ng/(kg KG · d); bei hoher Belastung Erwachsene 0,37-0,85 ng/(kg KG · d), Kleinkind 2,0-4,6 ng/(kg KG · d) [23]

***Nicht-anthropogene Quellen:***

keine vorhanden [8]

## 2 DATEN ZUR MOBILITÄT

***Wasserlöslichkeit:***

bei 20 °C:  $20 \cdot 10^{-6}$  g/L [8, 32]

***Dampfdruck:***

bei 20 °C:  $5,0 \cdot 10^{-6}$  Pa [31]

***Siedepunkt bei 1013 hPa:***

> 180 °C (Zersetzung) [5, 8]

***Henry-Koeffizient  $H = c(\text{Luft})/c(\text{Wasser})$ :***

bei 20 °C:  $H = 36 \cdot 10^{-6}$  (berechnet), d. h. gering flüchtig aus Wasser

***Angaben zur Adsorbierbarkeit:***

Sediment:  $K_{oc} > 126.000$  L/kg [11]

***Schmelzpunkt:***

82 °C [30]

***Dichte:***

bei 20 °C: 1,17 g/cm<sup>3</sup> [4, 5]

## 3 DATEN ZUR PERSISTENZ

***Reaktion mit OH-Radikalen:***

in Luft:  $k_{OH}$  (298 K) =  $15,8 \cdot 10^{-12}$  cm<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> (berechnet) [8, 15, 23], entsprechend einer mittleren Halbwertszeit  $[OH] = 5 \cdot 10^5$  cm<sup>-3</sup> von 24 Stunden

**UV-Absorption:**

Absorption > 290 nm [23]

**Photolyse:**

trotz Absorption > 290 nm stabil im Sonnenlicht [23]

**Thermische Zersetzung:**

ab 180 °C [5]

**Hydrolyse:**

unter Umweltbedingungen sehr unwahrscheinlich, da keine hydrolysierbaren Gruppen und ubiquitär nachweisbar [5, 23]

**Aerober Abbau in Kläranlagen:**

Im modifizierten Sturm-Test (OECD 301B; 10 und 20 mg/L, >> Wasserlöslichkeit) mit Belebtschlamm in 28 Tagen 8 und 2 % Transformation: nicht leicht bioabbaubar [5, 8]

Kläranlage (Japan, ca. 2008): Entfernung 99 % [8] (wahrscheinlich Adsorption an Klärschlamm)

**Abbau im Sediment:**

in Wasser/Sediment (zu Beginn 10 µg/L, nach 16 Tagen nur im Sediment) nach 100 Tagen keine Transformation [11]

**Abbau im Boden:**

in Böden mit Klärschlamm-Aufbringung (102 und 108 µg/kg UV-328) Halbwertszeiten der Elimination aus dem Oberboden (inkl. Verflüchtigung und Leaching) 99-223 Tage [8, 24]

## 4 DATEN ZUR AKKUMULIERBARKEIT

**Verteilungskoeffizient n-Octanol/Wasser ( $\log P_{ow}$ ):**

8,28 [20, 29]

**Biokonzentrationsfaktor:**

Karpfen (*Cyprinus carpio*):

BCF (40-60 d, 10 ng/L) = 620-1800 L/kg Frischmasse [5]; Clearance-Halbwertszeit 16 Tage [5, 8];  
BCF (26-60 d, 100 ng/L) = 570-1400 L/kg Frischmasse [5]; Clearance-Halbwertszeiten 33 [5, 8];  
BCF (42-56 d, 70 ng/L) = 4400-4800 L/kg Frischmasse [8]; Clearance-Halbwertszeit 24 Tage [8];  
BCF (42-56 d, 80 ng/L) = 2300-5600 L/kg Frischmasse [5]; Clearance-Halbwertszeit 24 Tage [5];  
BCF (42-56 d, 800 ng/L) = 1120-2800 L/kg Frischmasse [5]; Clearance-Halbwertszeit 26 Tage [5]  
(unterschiedliche Auswertungen in [5] und [8])

Biota/Sediment-Akkumulationsfaktor (ng/kg o.c. / ng/kg Lipid) [25]:

- Flusskrebs oberhalb kommunaler Kläranlage 31, unterhalb 12,1
- Döbel unterhalb kommunaler Kläranlage 0,22

***Biomagnifikation (Nahrungskette):***

Wasserorganismen: inkl. Berücksichtigung der Akkumulation mit der Nahrungsaufnahme

Bioakkumulationsfaktor 87.000 L/kg Frischmasse (berechnet) [8]

in Glattschweinswal im Vergleich mit kleinen Fischen bezogen auf Gesamtgewicht 30-fach höhere Konzentration [8]

***Aufnahme durch Pflanzen:***

Weizenkorn, Weizenhalm, Mais, Maisstrunk, Maiskolben: aus Klärschlamm-behandelten Böden (im Klärschlamm 102 und 108 µg/kg) keine Anreicherung (< 5,6 µg/kg) [24]

## 5 ANGABEN ZUR DIREKTEN SCHADWIRKUNG

***Gentoxische Wirkungen:***

im Ames-Test mit *Salmonella typhimurium* TA 98, TA 100, TA 1535 and TA 1537 mit und ohne metabolische(r) Aktivierung nicht mutagen [5, 23]

in Lungen-Fibroblastenzellen des Chinesischen Hamsters mit und ohne metabolische/r Aktivierung keine Chromosomenaberrationen oder Polyploidie [5]

***Endokrine Wirkungen:***

ER-ELISA-Test: ohne und mit metabolische/r Aktivierung keine Bindungsaffinität zum humanen Estrogen-Rezeptor  $\alpha$  (hER $\alpha$ ) [3]

Hefe-Two-Hybrid-Assay: ohne und mit metabolische/r Aktivierung keine agonistische Wirkung relativ zu 17 $\beta$ -Estradiol [3, 5]

*in vitro* auf Human-Androgen-Rezeptor antiandrogene Wirkung, verstärkt durch Hydroxylierung mit dem Humanenzym CYP3A4 [8]

***Sensibilisierende Wirkung:***

Kaninchen: keine Sensibilisierung der Haut [8]

***Akute Toxizität bei Mensch und Säugetier:***

***oral:***

Ratte: LD<sub>50</sub> > 2300 mg/kg KG [23]; LD<sub>50</sub> > 7700 mg/kg KG [8]

**dermal:**

Kaninchen: LD<sub>50</sub> > 1100 mg/kg KG [23]

**Inhalation:**

Ratte: LC<sub>50</sub> (1 h, Staub) > 130 mg/m<sup>3</sup> [8]; LC<sub>50</sub> (4 h) > 400 mg/m<sup>3</sup> [8, 23]

**Subakute, subchronische und chronische Toxizität bei Mensch und Säugetier:**

Ratte: bei Applikation von 10, 19, 40, 81 oder 173 mg/(kg KG · d) mit dem Futter über 90 Tage in allen Dosisgruppen mikroskopische Leberschäden und Erhöhung des Enzymspiegels von Glukose-6-phosphatase (♂, ♀) und Vergrößerung der Leber (♂, ab 40 mg/(kg KG · d) Erhöhung der relativen Organgewichte von Leber, Nieren, Schilddrüse und Testes, ab 81 mg/(kg KG · d) Lebervergrößerung (♀) und Vergrößerung der Nieren (♂, ♀ [5, 8]; Lowest observed adverse effect level (LOAEL) 10 mg/(kg KG · d) [5, 8]

Hund (Beagle):

– bei Applikation von 15, 30, 60, 120 oder 240 mg/(kg KG · d) mit dem Futter über 90 Tage in der höchsten Dosisgruppe (♂) 1/20 tot, verringerte Nahrungsaufnahme, Gewichtsverlust, in den beiden höheren Dosisgruppen Zeichen von Anämie und vor allem erhöhte Lebergewichte und in einigen Tieren schwere Leberschäden inkl. Gelbsucht, Nierentoxizität, in einigen Tieren Uterus-Atrophie, anomale Spermienbildung und Atrophie der Prostata [5, 8, 23], ab 30 mg/(kg KG · d) Änderungen der Enzymaktivitäten und des Protein-Spektrums im Serum; No-observed effect level (NOEL) 15 mg/(kg KG · d), Endpunkt Körpergewicht [23]; No-observed adverse effect level (NOAEL) 30 mg/(kg KG · d), Endpunkte Leber und Nieren als empfindlichste Organe [5, 8]  
– in einer zweiten Studie keine substanzbezogenen Veränderungen, NOEL 32 mg/(kg KG · d) (♂) bzw. 35 mg/(kg KG · d) (♀) [8]

**Toxizität gegenüber Wassertieren:**

Zebrabärbling (*Danio rerio*):

LC<sub>50</sub> (96 h, stat.) > 100 mg/L (nominal) [5];

EC (14-28 d; Glutathion-S-transferase-Aktivität, Malondialdehyd-Spiegel in der Leber) = 0,1-1 mg/L [8, 19];

EC (14-42 d; Leberschäden) = 0,1 mg/L [8, 19]

japan. Reisfisch (*Oryzias latipes*):

LC<sub>50</sub> (96 h, semistat.) > 0,078 mg/L (gemessen) [5]

Wasserfloh (*Daphnia* sp.):

EC<sub>50</sub> (48 h, semistat.; Immobilisierung) > 0,083 mg/L (gemessen) [5]

Wasserfloh (*Daphnia magna*):

LC<sub>50</sub> (48 h, stat.) > 10 mg/L (nominal) [5];

NOEC (21 d; Wachstum, Reproduktion, Biomarker für oxidativen Stress) = 0,010 mg/L [20, 23, 27]



**Toxizität gegenüber Mikroorganismen:**

Belebtschlamm:

EC<sub>50</sub> (3 h, stat.; Hemmung der Atmung) > 100 mg/L (nominal) [5, 8]

**Toxizität gegenüber Algen:**

Grünalge (*Desmodesmus subspicatus*):

NOEC (72 h, stat.; Zellzahl) < 0,1 mg/L (nominal) [5, 8];

EC<sub>50</sub> (72 h, stat.; Zellzahl) > 10 mg/L (nominal) [5]

Grünalge (*Pseudokirchneriella subcapitata*):

NOEC (72 h, semistat.; Wachstumsrate) = 0,016 mg/L (gemessen) [5, 8];

EC<sub>50</sub> (72 h, stat.; Zellzahl) > 0,016 mg/L (gemessen) [5]

Grünalge (*Chlamydomonas reinhardtii*):

NOEC (96 h; Viabilität) = 0,010 mg/L [20];

EC (96 h; erhöhter Superoxiddismutase-Spiegel) = 0,00001 mg/L und 0,010 mg/L [20];

NOEC (96 h; reaktive Sauerstoffspezies) = 0,00001 mg/L [20];

EC (96 h; reaktive Sauerstoffspezies) = 0,010 mg/L [20, 27]

## 6 ANGABEN ZUR INDIREKTEN SCHADWIRKUNG

**Globales Umweltverhalten:**

UV-328 gilt als sehr persistent, sehr bioakkumulierend und toxisch (vPvBT-Stoff: besonders besorgniserregend) [4, 9]

EU (2021): UV-328 ist als „Persistent Organic Pollutant (POP)“ vorgeschlagen zur Aufnahme in Liste A des Stockholmer Übereinkommens [7], d. h. es wird zu den Stoffen/Stoffgruppen gezählt, die unter Umweltbedingungen persistent sind, bioakkumulieren können und aufgrund ihrer Mobilität auch fern ihrer Emissionsquellen zu einer Gefährdung der Umwelt oder der menschlichen Gesundheit führen können [8]. Ziel der Vereinten Nationen ist es, die Emissionen und Umwelteinträge dieser Stoffe durch Maßnahmen international zu vermindern; ein weltweit geltendes vollständiges Herstellungs- und Anwendungsverbot wird angestrebt.

**Dissoziationskonstante (pK<sub>a</sub>-Wert):**

10,5 (bei 25 °C; berechnet) [5], unter Umweltbedingungen nicht dissoziiert

Stufe 1: 0,7 (berechnet) [8], -1,0 (berechnet) [8]

Stufe 2: 8,9 (berechnet) [8], 10,3 (berechnet) [8]

## 7 KLASSIFIZIERUNGEN, RICHT- UND GRENZWERTE

***Tolerierbare resorbierte Dosis, TRD; Acceptable Daily Intake, ADI; Tolerable Daily Intake, TDI; Reference Dose, RfD:***

EU (2013/2021):

- chronische Inhalation: Derived No Effect Level (DNEL) 170 µg/m<sup>3</sup> [5, 22]
- chronische orale und dermale Exposition: Derived No-Effect Level (DNEL) 140 µg/(kg KG · d) [5, 21]

***Wasser:***

EU (2016): Predicted No-Effect Concentration (PNEC) für Süßwasser 10 µg/L [5, 16]

D (2021): Wassergefährdungsklasse 2 (deutlich wassergefährdend) [12]

***Luft:***

D (2021): Arbeitsplatzgrenzwert (MAK-Wert) nicht aufgestellt [13]

***Produkte:***

EU (2014/2021): in der Kandidatenliste der für eine Zulassung in Frage kommenden besonders besorgniserregenden Stoffe (Stoff, der die Umwelt ernsthaft schädigen kann; Substance of very high concern, SVHC), 17.12.2014, wegen seiner Eigenschaften als sehr persistent, sehr bioakkumulierend und toxisch (vPvBT) [9]

## 8 VORKOMMEN IN DER UMWELT

***Wasser:***

a) Abwasser

Kläranlage (mechan. und biolog. Behandlung + Denitrifizierung; VEAS, Oslofjord, NO, ca. 2013):  
Ablauf < 5 ng/L (n=5, 24-h-Proben) [1]

Kläranlage (mechan. und biolog. Behandlung, keine Denitrifizierung; HIAS, Mjøsa, NO, ca. 2013):  
Ablauf < 5 ng/L (n=5, 24-h-Proben) [1]

Kläranlage (nur 1-Reinigungsstufe; Thomasjord, Tromsøund, NO, ca. 2013): Ablauf < 5 ng/L (n=5, 24-h-Proben) [1]

Kläranlagen (Gran Canaria, ES, ca. 2017): Zuläufe 20-240 ng/L, Abläufe 30 ng/L (n=?) [8]

Kläranlage (Nordwest-Spanien, ca. 2010): Zulauf Mittelwerte 53 und 65 ng/L (n=2x3) [8]

Kläranlage (Lissabon, PT, ca. 2010): Mittelwerte Zulauf 76 ng/L, Ablauf 20 ng/L (n=?) [8]

Kläranlagen (SE, ca. 2009): Abläufe 7-15 ng/L (n=?) [8]

Kläranlage (Nähe Produktion; Narragansett Bay, RI, USA, ca. 1976): Ablauf 550 000 – 4 700 000 ng/L [8]

Kläranlagen (Kanada, ca. 2015):  
Zuläufe max. 130 ng/L (n=33 von 34) [8]  
Abläufe max. 60 ng/L (n=27 von 34) [8]

Kläranlage (Japan, ca. 2008):  
Zulauf 20-50 ng/L (n=2) [8]; Ablauf 2-3 ng/L (n=2) [8]

Kläranlage (Saitama-Präfektur, Japan, ca. 2009):  
Ablauf Mittelwert 60 ng/L (n=3 von 4) [8]

Regenablaufwasser (SE, ca. 2009):  
max. 1 ng/L (n=3 von 4) [8]

Sickerwasser Deponie (ISI, NO, ca. 2013):  
< 5 ng/L (n=3, 24-h-Proben) [1]

Sickerwasser Deponie (Lindum, NO, ca. 2013):  
< 5 ng/L (n=3, 24-h-Proben) [1]

Sickerwasser Deponie (SE, ca. 2009):  
7-91 ng/L (n=3, 24-h-Proben) [1]

#### b) Fließgewässer

Rhein (km 590,3, an Schwebstoffen; Koblenz, RP, D) [11]:  
2005: 5,7 und 8,9 µg/kg TS (n=2)  
2006: 9,4 und 11 µg/kg TS (n=2)  
2007: 8,1 und 9,0 µg/kg TS (n=2)  
2008: 9,1-10 µg/kg TS, Mittelwert 10 µg/kg TS (n=3)  
2009: 9,3-13 µg/kg TS, Mittelwert 11 µg/kg TS (n=3)  
2010: 9,0 und 11 µg/kg TS (n=2)  
2011: 6,2 und 6,7 µg/kg TS (n=2)  
2012: 9,1-9,9 µg/kg TS, Mittelwert 9,4 µg/kg TS (n=3)  
2013: 6,3-7,8 µg/kg TS, Mittelwert 6,8 µg/kg TS (n=3)

Rhein (km 590-591,4; Koblenz, RP, D, 2013):  
an Schwebstoffen je 13 µg/kg TS (n=2) [11]

Mosel (Koblenz, RP, D, 2013):  
an Schwebstoffen 4,6 und 4,8 µg/kg TS (n=2) [11]

Saar (Rehlingen, SL, D, 2013):  
an Schwebstoffen 7,9 und 8,5 µg/kg TS (n=2) [11]

Saar (an Schwebstoffen; Rehlingen, SL, D) [11]:  
2006: 14 und 15 µg/kg TS (n=2)  
2007: 10 und 15 µg/kg TS (n=2)  
2008: 10 und 11 µg/kg TS (n=2)  
2009: 9,7 und 10 µg/kg TS (n=2)  
2010: 7,9 und 9,3 µg/kg TS (n=2)  
2011: je 7,2 µg/kg TS (n=2)  
2012: 8,3 und 9,1 µg/kg TS (n=2)  
2013: 7,9 und 8,5 µg/kg TS (n=2)

Elbe (km 216,6; Wittenberg, ST, D, 2013):  
an Schwebstoffen 4,7 und 5,4 µg/kg TS (n=2) [11]

Elbe (km 469,9; Cumlosen, BB, D, 2013):  
an Schwebstoffen 2,1 und 2,4 µg/kg TS (n=2) [11]

Fluss (Nähe Produktion; Narragansett Bay, RI, USA, ca. 1976): 7000 – 85.000 ng/L [8]

Pawtuxet River (RI, USA, 1977-78): 10-40 ng/L [23]

2 städtische Bäche (Toronto, ON, Kanada, 2014 und 2015):  
an Schwebstoffen 240 und 22 µg/kg [8, 23]

städtischer Bach (Süd-Ontario, Kanada, 2014): oberhalb und unterhalb kommunaler Kläranlage < 0,65 ng/L (n=12) [25]

Flüsse (Saitama-Präfektur, Japan, ca. 2009):  
30-4800 ng/L (n=12 von 18) [8]

Bach (Saitama-Präfektur, Japan, ca. 2009):  
70 ng/L (n=1 von 2 Bächen) [8]

#### c) Ästuarie, Küstengewässer und Meere

Providence River (RI, USA, 1977-78): 0,5-2 ng/L [23]

Pawtuxet Cove (RI, USA, 1977-78): 8-9 ng/L [23]

Meerwasser (Okinawa, Japan, ca. 2011): 3-290 ng/L [8]

d) Sonstige oberirdische Gewässer

Oberflächenwasser (städtisch und Hintergrund; SE, ca. 2009): 1-10 ng/L (n=6 von 6) [8]

***Sediment:***

a) Fließgewässer

Rhein (Iffezheim, BW, D, 2004): 10 und 11 µg/kg TS (n=2) [11]

Rhein (Koblenz Hafen, RP, D, 2013): 8,8 und 9,0 µg/kg TS (n=2) [11]

Saar (Dillingen Hafen, SL, 2013): 8,2 und 9,2 µg/kg TS (n=2) [11]

Elbe (Meissen, SN, D, 2012): 3,4 und 3,5 µg/kg TS (n=2) [11]

Elbe (Wittenberg Hafen, ST, D, 2013): 4,0 und 4,3 µg/kg TS (n=2) [11]

Elbe (Barby Hafen, ST, D, 2013): je 5,2 µg/kg TS (n=2) [11]

Elbe (Cumlosen Hafen, BB, D, 2012): je 3,7 µg/kg TS (n=2) [11]

Saale (Rosenburg, ST, D, 2012): je 1,7 µg/kg TS (n=2) [11]

Pawtuxet River (NJ, USA):

1977-78: max. ca. 1.000.000 µg/kg [23]

1989: max. 2000 µg/kg [23]

Saginaw und Detroit River (MI, USA, 2002 und 1998):

0,72-220 µg/kg TS, Mittelwert 116 µg/kg TS (n=5 von 6) [2]

städtischer Bach (Süd-Ontario, Kanada, 2014):

oberhalb kommunaler Kläranlage 0,26-0,70 µg/kg TS, Mittelwert 0,45 µg/kg TS, Median 0,43 µg/kg TS (n=4) [25]; unterhalb Kläranlage 0,44-3,0 µg/kg TS, Mittelwert 1,40 µg/kg TS, Median 1,18 µg/kg TS (n=8) [25]

Süßwasser (Saitama-Präfektur, Japan, ca. 2009): <10-1700 µg/kg TS (n=20 von 24) [8];

Hintergrund-Werte 30-90 µg/kg TS (n=3 von 5) [8]

Songhua (VR China, 2009): 2,1-7,1 µg/kg TS, Mittelwert 3,8 µg/kg TS (n=6 von 6) [2, 23]

Pearl River Delta (VR China, ca. 2015): max. 20 µg/kg TS (n=27) [2, 8]

Sedimentkerne (Nähe Produktion 1970-1985; Narragansett Bay, RI, USA,): max. (1976) 74 000 µg/kg TS [8]; nach 2000: 3000-6000 µg/kg TS [8]; sehr nahe Produktionsstätte 300.000 µg/kg TS [8]

#### b) Binnenseen

Mjøsa (Nähe Kläranlage; NO, ca. 2013):  
< 25 µg/kg TS (n=je 3 Proben an 5-Stellen) [1]

#### c) Ästuar, Küstengewässer und Meere

Nord- und Ostsee (ca. 2016): max. 0,09 µg/kg TS (n=25 von 48) [8]

Oslofjord (Nähe Kläranlage; NO, ca. 2013): 3,2-25 µg/kg TS, Median 12,5 µg/kg TS (n=je 3 Proben an 5-Stellen) [1, 8]

Narragansett Bay (RI, USA, 1997): max. 25 000 µg/kg [23]

2 Sedimentkerne (Meer; Japan, 1930-1999): ab 1970 steigend, max. 4 und 10 µg/kg TS [8]

Ariake Sea (Japan, 2006-2007): 2,6-320 µg/kg TS [23]

Laizhou Bay (VR China, ca. 2016): Mittelwert 0,04 µg/kg TS (n=7 von 12) [8]

Golf von Bohai (VR China, ca. 2016): Mittelwert 0,04 µg/kg TS (n=12 von 24) [8]

Gelbes Meer (VR China, ca. 2016): Mittelwert 0,06 µg/kg TS (n=20 von 40) [8]

#### d) sonstige Gewässer

Schweden (ca. 2009): 650-1300 µg/kg TS (n=4 von 6) [8]

#### **Klärschlamm:**

Klärschlamm (mechan. und biolog. Behandlung, keine Denitrifizierung; HIAS, Mjøsa, NO, ca. 2013):  
< 11 µg/kg TS (n=5, 24-h-Proben) [1]

Klärschlamm (mechan. und biolog. Behandlung + Denitrifizierung; VEAS, Oslofjord, NO, ca. 2013):  
< 25 µg/kg TS (n=5, 24-h-Proben) [1]

Klärschlamm (SE, ca. 2009): max. 37 000 µg/kg TS (n=?) [8]

Klärschlamm („Biosolids“): max. 820 µg/kg TS [8]

Klärschlamm (Japan, ca. 2008): 500 µg/kg TS (n=1) [8]  
kommunale Klärschlämme (5-Städte am Songhua; VR China, 2009):  
41-5900 µg/kg TS, Mittelwert 1300 µg/kg TS (n=5 von 5) [2, 23]

kommunale Klärschlämme (33 Städte; VR China, 2010-2011):  
Median 57 µg/kg TS (n=58 von 60) [8]; max. 25 000 µg/kg TS (Provinz Hubei) [8, 23]

### ***Boden:***

Stadtboden (SE, ca. 2009): 740 µg/kg TS (n=1 von 4) [8]

Oslo (NO, ca. 2018): 0,9 µg/kg TS (n=1) [8]

### ***Luft:***

#### a) Europa

Industriegebiete (Constantí und Tarragona-Hafen, ES, ca. 2017): an Partikeln (PM<sub>10</sub>) Mittelwerte 20 und 14 pg/m<sup>3</sup> (n=7 von 10 und n=10 von 10) [8]

#### b) Nordamerika

Stadt (Chicago, IL, USA, ca. 2018): an Aerosol Median 1,60 pg/m<sup>3</sup> (n=19 von 20) [8]

#### c) Innenräume

Innenräume (Oslo, NO, ca. 2017): 20-5300 pg/m<sup>3</sup> (n=24 von 24) [8]

### ***Niedere Tiere:***

Dreikantmuschel (Elbe, Cumlosen, BB, D, 2011):  
< 1,3 µg/kg TS (n=2) [11]

Dreikantmuschel (Saar, Rehlingen, SL, D, 2013):  
Mittelwert 2,6 µg/kg TS (n=2) [11]

Muscheln (USA, ca. 2010): 69 µg/kg Lipid (n=5 von 15) [8]

Muscheln (Kambodscha, ca. 2010):  
120 µg/kg Lipid (n=2 von 2) [8]

Muscheln (VR China, ca. 2010): 96 µg/kg Lipid (n=4 von 5) [8]

Muscheln (Hongkong, ca. 2010):  
200 µg/kg Lipid (n=6 von 8) [8]

Muscheln (Indonesien, ca. 2010):  
120 µg/kg Lipid (n=6 von 8) [8]

Muscheln (Japan, ca. 2010): 120 µg/kg Lipid (n=7 von 7) [8]

Muscheln (Südkorea, ca. 2010):  
220 µg/kg Lipid (n=16 von 17) [8]

Muscheln (Malaysia, ca. 2010): 24 µg/kg Lipid (n=1 von 4) [8]

Muscheln (Philippinen, ca. 2010):  
170 µg/kg Lipid (n=2 von 2) [8]

Muscheln (Ariake-Meer, Japan, 1998-2009):  
0,69 µg/kg Frischmasse (n=2) [23, 26]

Pazifische Auster (Ariake-Meer, Japan, 1998-2009):  
2,2 µg/kg Frischmasse (n=2) [23, 26]

Krebs (NO, ca. 2013): <10 µg/kg (n= 15) [1]  
Krabbe (NO, ca. 2013): <10 µg/kg (n= 15) [1]

Flusskrebse (städt. Bach, ON, Kanada, 2014):  
max. 1300 µg/kg Lipid [8];  
oberhalb kommunaler Kläranlage <0,85-890 µg/kg Lipid (n=4 von 12) [25];  
unterhalb Kläranlage <0,85-1310 µg/kg Lipid, Mittelwert 250 µg/kg Lipid, Median 36 µg/kg Lipid  
(n=13 von 23) [25]

Krabben (Ariake-Meer, Japan, 1998-2009):  
0,45-0,79 µg/kg Frischmasse (n=4) [23, 26]

Garnelen (Ariake-Meer, Japan, 1998-2009):  
0,20-0,35 µg/kg Frischmasse (n=3) [23, 26]

Regenwurm (NO, ca. 2016): Mittelwert 0,24 µg/kg [8]



Wattwürmer (Ariake-Meer, Japan, 1998-2009):

0,51 µg/kg Frischmasse (n=2) [23, 26]

Armfüßer (Ariake-Meer, Japan, 1998-2009):

0,08 µg/kg Frischmasse (n=2) [23, 26]

Schnecken (Ariake-Meer, Japan, 1998-2009): 1,4 und 14 µg/kg Frischmasse (n=1+2) [23, 26]

**Fische:**

Brasse (Leber; Rhein, Koblenz, D):

1995: 27 und 32 µg/kg TS (n=2); 93 und 110 µg/kg Lipid (n=2) [11]

1997: 26 und 27 µg/kg TS (n=2); 84 und 88 µg/kg Lipid (n=2) [11]

1998: 25 und 27 µg/kg TS (n=2); 86 und 93 µg/kg Lipid (n=2) [11]

1999: 50 und 51 µg/kg TS (n=2); je 140 µg/kg Lipid (n=2) [11]

2000: 28 und 29 µg/kg TS (n=2); je 120 µg/kg Lipid (n=2) [11]

2001: 66 und 71 µg/kg TS (n=2); 140 und 150 µg/kg Lipid (n=2) [11]

2002: 38 und 41 µg/kg TS (n=2); 84 und 89 µg/kg Lipid (n=2) [11]

2003: je 46 µg/kg TS (n=2); je 130 µg/kg Lipid (n=2) [11]

2004: 40 und 41 µg/kg TS (n=2); je 130 µg/kg Lipid (n=2) [11]

2005: 49 und 51 µg/kg TS (n=2); 110 und 120 µg/kg Lipid (n=2) [11]

2006: 38 und 40 µg/kg TS (n=2); 85 und 90 µg/kg Lipid (n=2) [11]

2007: 58 und 68 µg/kg TS (n=2); 130 und 150 µg/kg Lipid (n=2) [11]

2008: je 110 µg/kg TS (n=2); je 220 µg/kg Lipid (n=2) [11]

2009: 68 und 73 µg/kg TS (n=2); 170 und 180 µg/kg Lipid (n=2) [11]

2010: 56 und 57 µg/kg TS (n=2); je 120 µg/kg Lipid (n=2) [11]

2011: 38 und 41 µg/kg TS (n=2); 80 und 86 µg/kg Lipid (n=2) [11]

2012: je 64 µg/kg TS (n=2); je 130 µg/kg Lipid (n=2) [11]

2013: je 41 µg/kg TS (n=2); 74 und 75 µg/kg Lipid (n=2) [11]

Brasse (Leber; Saar, Rehlingen, SL, D, 2011):

18 und 19 µg/kg TS (n=2) [11]; 64 und 69 µg/kg Lipid (n=2) [11]

Brasse (Leber; Elbe, Zehren, SN, D, 2010):

1,3 und 2,0 µg/kg TS (n=2) [11]; 5,8 und 8,5 µg/kg Lipid (n=2) [11]

Brasse (Leber; Saale, Wettin, ST, D, 2011):

9,7 und 11 µg/kg TS (n=2) [11]; 26 und 31 µg/kg Lipid (n=2) [11]

Kabeljau (Leber; NO):

ca. 2013: <10-19,5 µg/kg, Median < 10 µg/kg (n=3 von 15) [1]

ca. 2018: 3,7-70 µg/kg Frischmasse (n=15 von 15) [8]

Kabeljau (Leber; DK, ca. 2019): 0,36 und 0,41 µg/kg (n=2) [8]

Kabeljau (Leber; Farøer, DK, ca. 2019): 0,12 µg/kg (n=1 von 2) [8]

Kabeljau (Muskel; Katalonien, ES, ca. 2018): 100 µg/kg TS [8, 28]

Seezunge (Muskel; Katalonien, ES, ca. 2018): 300 µg/kg TS [8, 28]

Makrele, Rotbrasse, Atlantischer Bonito, Hechtdorsch, Sardine, Roter Thun (Muskel; Kanarische Inseln, ES, ca. 2018):  
< 30 µg/kg TS [28]

Sägebarsch (Muskel; Kanarische Inseln, ES, ca. 2018):  
< 90 µg/kg TS [28]

Gelbstriemenbrasse, Gelbmaul-Barrakuda, Brauner Kugelfisch (Nähe Kläranlagen-Einleitung; Gran Canaria, ES, ca. 2018): Muskel max. 30 µg/kg, Eingeweide max. 46 µg/kg [8]

Weißfisch (Filet; NO, ca. 2013): < 10 µg/kg (n=15) [1]  
Quappaal (Filet; NO, ca. 2013): < 10 µg/kg (n=15) [1]  
Barsch (Filet; NO, ca. 2013): < 10 µg/kg (n=1 von 15) [1]

Döbel (ON, Kanada, 2014):  
oberhalb kommunaler Kläranlage < 0,39 µg/kg Lipid (n=5) [25];  
unterhalb Kläranlage < 0,39-8,1 µg/kg Lipid, Mittelwert 1,63 µg/kg Lipid (n=1 von 5) [25]

Shiner (ON, Kanada, 2014): oberhalb und unterhalb kommunaler Kläranlage < 0,39 µg/kg Lipid (n=10) [25]

Karpfen (Blutplasma; USA, Kanada, ca. 2017):  
max. 3,8 µg/kg Frischmasse [8]

Weißer Sauger (Blutplasma; USA, Kanada, ca. 2017):  
max. 3,9 µg/kg Frischmasse [8]

Meeresfische (Manila Bay, Philippinen, ca. 2009):  
max. 560 µg/kg Lipid (Bumpnose Kingfish), 260 µg/kg Lipid (Ponyfisch) und 179 µg/kg Lipid (Flachkopf-Graubarbe), Mittelwert 34 µg/kg Lipid [8]

kleine Fische (Ariake-Meer, Japan, 1998-2009):  
0,25 µg/kg Frischmasse (n=5) [8]

Grundelartige (*Boleophthalmus*; Pflanzenfresser; Ariake-Meer, Japan, 1998-2009): 1,2 µg/kg Frischmasse (n=2) [23, 26]  
Grundelartige (*Periophthalmus*; Allesfresser; Ariake-Meer, Japan, 1998-2009): 0,57 µg/kg Frischmasse (n=2) [23, 26]

Sandbarsch, Alligatorfisch, Plattfisch, Scholle, Süßlippe (Ariake-Meer, Japan, 1998-2009): 0,2-0,3 µg/kg Frischmasse (n=8) [23, 26]

Meeräsche (Ariake-Meer, Japan, 1998-2009):  
1,9-8,7 µg/kg Frischmasse (n=4) [23, 26]

Meeräsche (Ästuar Pearl River, VR China, ca. 2015):  
max. 0,26 µg/kg Lipid [8]

Rochen (Ariake-Meer, Japan, 1998-2009):  
8,1 µg/kg Frischmasse (n=4) [23, 26]

Hammerhai (Ariake-Meer, Japan, 1998-2009):  
Mittelwert 55 µg/kg Frischmasse, 190 µg/kg Lipid (n=4) [26]

Haarschwanz (Ariake-Meer, Japan, 1998-2009):  
< 0,15 µg/kg Frischmasse (n=1) [23, 26]

Barsch (Ariake-Meer, Japan, 1998-2009):  
0,3-2,5 µg/kg Frischmasse (n=7) [23, 26]

### **Vögel:**

Eiderente (Spitzbergen, NO, ca. 2016):  
Eier Mittelwert 0,16 µg/kg Frischmasse (n=10 von 10) [8]

Dreizehenmöwe (Spitzbergen, NO, ca. 2016):  
Eier Mittelwert 0,19 µg/kg Frischmasse (n=5 von 5) [8]

Eismöwe (Spitzbergen, NO, ca. 2016):  
Eier Mittelwert 0,12 µg/kg Frischmasse (n=3 von 5) [8]

Sturmmöwe (Tromsø, NO, ca. 2016):  
Eier Mittelwert 0,17 µg/kg Frischmasse (n=3 von 5) [8]

Silbermöwe (NO, ca. 2018):  
Blut 0,35-1,2 µg/kg Frischmasse (n=15 von 15) [8];  
Eier 0,23-11 µg/kg Frischmasse (n=15 von 15) [8]

Silbermöwe (DK, ca. 2019):  
Eier max. 0,19 µg/kg (n=4 von 8) [8]

Eissturmvogel (Faröer, DK, ca. 2019):  
Eier 0,05 µg/kg (n=1 von 2) [8]

Krähenscharbe (Kormoranart; Røst, NO, ca. 2016):  
Eier Mittelwert 0,17 µg/kg Frischmasse (n=3 von 5) [8]

Sperber (NO):  
ca. 2016: Mittelwert 0,7 µg/kg Frischmasse [8]  
ca. 2018: Mittelwert 0,43 µg/kg Frischmasse [8]

Waldkauz (NO, ca. 2018):  
Mittelwert 0,18 µg/kg Frischmasse [8]

Eissturmvogel (Prince Leopold Island, Nunavut, Kanada, ca. 2017): Leber 3,8 µg/kg Frischmasse (n=1 von 9) [8]

Sturmvögel, Rotschnabel-Tropikvogel, Großer Sturmtaucher (Pazifik, ca. 2018): im Bürzelöl max. 1000-7000 µg/kg Lipid [8]

Küstenvogel (Ariake-Meer, Japan, 1998-2009):  
Mittelwert 74 µg/kg Lipid [26]

***Säugetiere und Mensch:***

Glattschweinswal (*Neophocaena phocaenoides*; Ariake-Meer, Japan, 1998-2009): in der Fettschicht Mittelwert 29 µg/kg Frischmasse, bezogen auf Gesamtgewicht 8,4 µg/kg Frischmasse (n=5 von 5) [8]

Eisbär (Spitzbergen, NO, ca. 2016):  
Blutplasma < 0,3 µg/kg Frischmasse (n=0 von 10) [8]

Seehund (DK, ca. 2019):  
in der Fettschicht 0,8 µg/kg (n=1 von 2) [8]

Kegelrobbe (SE, ca. 2019): in der Fettschicht 0,56 µg/kg [8]

Amerikanischer Nerz (Mink; Sommarøy, NO, ca. 2016):  
Leber Mittelwert 0,18 µg/kg Frischmasse (n=10 von 10) [8]  
Wanderratte (NO, ca. 2018):  
Mittelwert 0,28 µg/kg Frischmasse [8]

Rotfuchs (NO, ca. 2016):  
Mittelwert 0,17 µg/kg Frischmasse [8]

Dachs (NO, ca. 2016): Mittelwert 0,12 µg/kg Frischmasse [8]

## 9 ANGABEN ZUM UMGANG

***Beständigkeit unter Laborbedingungen:***

stabil [23]

***Toxizität:***

Kann die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition schädigen (H373) [4]

***Haut- und Augenreizung, ätzende Wirkung:***

Kaninchen: keine Haut- oder Augenreizung [8]

## 10 LITERATUR UND ANMERKUNGEN

1. Langford, K.H.; Reid, M.J.; Fjeld, E.; Øxnevad, S.; Thomas, K.V.: Environmental Occurrence and Risk of Organic UV Filters and Stabilizers in Multiple Matrices in Norway. *Environ. Int.* **80** (2015) 1-7
2. Zhang, Z.; Ren, N.; Li, Y.F.; Kunisue, T.; Gao, D.; Kannan, K.: Determination of Benzotriazole and Benzophenone UV Filters in Sediment and Sewage Sludge. *Environ. Sci. Technol.* **45** (2011) 3909-3916
3. Morohoshi, K.; Yamamoto, H.; Kamata, R.; Shiraishi, F.; Koda, T.; Morita, M.: Estrogenic Activity of 37 Components of Commercial Sunscreen Lotions Evaluated by *in vitro* Assays. *Toxicol. in vitro* **19** (2005) 457-469
4. WIKIPEDIA, Die freie Enzyklopädie: 2-(2H-Benzotriazol-2-yl)-4,6-di-tert-pentylphenol. Letzte Aktualisierung 18.02.2021. [https://de.wikipedia.org/wiki/2-\(2H-Benzotriazol-2-yl\)-4,6-di-tert-pentylphenol](https://de.wikipedia.org/wiki/2-(2H-Benzotriazol-2-yl)-4,6-di-tert-pentylphenol). Stand Mai 2021
5. Europäische Chemikalienagentur (ECHA): Registration Dossier – 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4,6-ditertpentylphenol. 25.02.2013, letzte Aktualisierung 28.01.2021. <https://echa.europa.eu/de/registration-dossier/-/registered-dossier/5280>
6. International Uniform Chemical Information Database (IUCLID): List of the 7840 EU Low Production Volume Chemicals. Stand 09/2000. Office for Official Publications of the European Communities, L-2985 Luxembourg. Catalog No. LB-NA-19-559-EN-Z; ISBN 92-828-8647-7
7. Europäische Chemikalienagentur (ECHA): Liste der als POP vorgeschlagenen Stoffe - 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4,6-ditertpentylphenol. Risk Profile – under Consultation. Letzte Aktualisierung 21.05.2021. <https://echa.europa.eu/de/list-of-substances-proposed-as-pops>
8. Intersessional Working Group of the Persistent Organic Pollutants Review Committee: UV-328 – Draft Risk Profile. Mai 2021. <https://echa.europa.eu/de/list-of-substances-proposed-as-pops/-/dislist/details/0b0236e184ef7f4b>
9. Europäische Chemikalienagentur (ECHA): Liste der für eine Zulassung in Frage kommenden besonders besorgniserregenden Stoffe (veröffentlicht gemäß Artikel 59 Absatz 10 der REACH-Verordnung). 211 Substanzen. <https://echa.europa.eu/de/candidate-list-table>. Stand Mai 2021
10. Wick, A.; Jacobs, B.; Kunkel, U.; Heininger, P.; Ternes, T.A.: Benzotriazole UV Stabilizers in Sediments, Suspended Particulate Matter and Fish of German Rivers: New Insights into Occurrence, Time Trends and Persistency. *Environ. Pollut.* **212** (2016) 401-412
11. Wick, A.; Jacobs, B.; Ternes, T.A.: Phenol-Benzotriazole in Proben der Umweltprobenbank – Screening und Zeitreihen. Bericht der Bundesanstalt für Gewässerkunde an das Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. 61 Seiten. Koblenz: 2016. [https://www.umweltprobenbank.de/upb\\_static/fck/download/20160112\\_Abschlussbericht%20Phenol-Benzotriazole\\_final.pdf](https://www.umweltprobenbank.de/upb_static/fck/download/20160112_Abschlussbericht%20Phenol-Benzotriazole_final.pdf)

12. Umweltbundesamt Berlin: Rigoletto. Katalog wassergefährdender Stoffe.  
<https://webriigoletto.uba.de/Rigoletto/Home/Search>. Stand Mai 2021
13. Deutsche Forschungsgemeinschaft, Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Mitteilung 57. MAK- und BAT-Werte-Liste 2021. Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte.  
[https://series.publisso.de/sites/default/files/documents/series/mak/lmbv/Vol2021/Iss1/Doc001/mbwl\\_2021\\_deu.pdf](https://series.publisso.de/sites/default/files/documents/series/mak/lmbv/Vol2021/Iss1/Doc001/mbwl_2021_deu.pdf)
14. VCI-Altstoffliste. Chemische Industrie - Zeitschrift f. Chemie, Umwelt und Wirtschaft, Heft 4/88
15. EPA's Office of Pollution Prevention Toxics and Syracuse Research Cooperation (SRC): Exposure Assessment Tools and Models - Estimation Programs Interface (EPI) Suite. Version 4.11, November 2012.  
<https://www.epa.gov/tsca-screening-tools/epi-suite-estimation-program-interface>
16. Die Ableitung der Predicted No-Effect Concentration (PNEC) für Süßwasser 10 µg/L [5] beruht auf EC<sub>50</sub>-Werten der akuten Toxizität gegenüber Wirbellosen und Algen von > 10 mg/L (>> Wasserlöslichkeit) mit einem Ausgleichsfaktor 1000. Der Wert 10 µg/L ist nach den Kriterien der Technical Guidance For Deriving Environmental Quality Standards [17] zu hoch, denn für die Grünalge *Pseudokirchneriella subcapitata* wird eine No-Observed Effect Concentration (NOEC) (72 h) von 16 µg/L berichtet, für die Grünalge *Desmodesmus subspicatus* eine NOEC (72 h) von < 0,1 mg/L (nominal) [5]. Die Berücksichtigung dieser herausragenden Algentoxizität ergäbe mit einem Ausgleichsfaktor von 100 einen PNEC-Wert von 0,16 µg/L statt 10 µg/L [17, 18] (Fall B1d der Erläuterungen in [18]: NOEC<sub>min</sub> Alge 1 + EC<sub>50min</sub> Alge 1 + NOEC Alge 2). Auf die Wachstumshemmung bei *Desmodesmus subspicatus* unter 100 µg/L wird auch in [8] hingewiesen.  
Gestützt wird diese Kritik durch die am Zebrafisch beobachteten dosisabhängigen Leberschäden ab 100 µg/L chronischer Exposition (NOEC 10 µg/L) [8, 19] sowie der chronischen NOEC für *Daphnia magna* von 10 µg/L [8, 20]. Unter Einbeziehung dieser neuen Testergebnisse (NOEC der drei Standard-trophischen-Ebenen vorhanden) verringert sich der Ausgleichsfaktor auf 10, angewendet auf die niedrigste NOEC (hier Fisch und Daphnie mit jeweils 10 µg/L). Die abgeleitete PNEC beträgt dann **1,0 µg/L** (Fall D1c der Erläuterungen in [18]: EC<sub>50min</sub> Alge 1 + NOEC Alge 1 + NOEC Fisch + NOEC Daphnie + NOEC Alge 2).
17. a) TGD 2011: Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance Document No. 27; Technical Guidance For Deriving Environmental Quality Standards. Technical Report – 2011 – 055. European Communities 2011, S. 1-204.  
<https://circabc.europa.eu/sd/a/0cc3581b-5f65-4b6f-91c6-433a1e947838/TGD-EQS%20CIS-WFD%2027%20EC%202011.pdf>  
b) TGD 2016: Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance Document No. 27; Technical Guidance For Deriving Environmental Quality Standards. Technical Report. European Communities 2016, S. 1-207 DRAFT-Report
18. Gühr, R.; Rippen, G.: Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS-Werte) aus ökotoxikologischen Daten – Ausgleichsfaktoren nach TGD 2011 und TGD 2016. Für eine zügige und sichere Ableitung in der Praxis mit vielen Fallbeispielen. Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (Hrsg.). Wiesbaden: Februar 2018.

[https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/altlasten/GFS\\_TGD\\_Februar2018.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/altlasten/GFS_TGD_Februar2018.pdf)

19. Hemalatha, D.; Rangasamy, B.; Nataraj, B.; Maharajan, K.; Narayanasamy, A.; Ramesh, M.: Transcriptional, Biochemical and Histological Alterations in Adult Zebrafish (*Danio rerio*) Exposed to Benzotriazole Ultraviolet Stabilizer-328. *Sci. Total Environ.* 739 (2020) 139851
20. Giraudo, M.; Cottin, G.; Esperanza, M.; Gagnon, P.; Silva, A.O.D.; Houde, M.: Transcriptional and Cellular Effects of Benzotriazole UV Stabilizers UV-234 and UV-328 in the Freshwater Invertebrates *Chlamydomonas reinhardtii* and *Daphnia magna*. *Environ. Toxicol. Chem.* 36 (2017) 3333-3342
21. Der Derived No Effect Level (DNEL) 0,14 mg/(kg KG · d) für chronische orale und dermale Exposition der allgemeinen Bevölkerung [5] beruht auf einem No-observed adverse effect level (NOAEL) von 30 mg/(kg KG · d) in einer oralen subchronischen Studie am Hund, Endpunkte Leber- und Nierentoxizität, mit einem Extrapolationsfaktor 210 (Faktor 3 für Dosis-Wirkungs-Beziehung, Faktor 2 für subchronisch → chronisch, Faktor 3,5 zur Übertragung vom Tierversuch auf den Menschen (Interspezies-Differenzen) und Faktor 10 zur Berücksichtigung empfindlicher Bevölkerungsgruppen) [5].
22. Der Derived No Effect Level (DNEL) 0,17 mg/m<sup>3</sup> für chronische inhalative Exposition der allgemeinen Bevölkerung [5] beruht auf einem No-observed adverse effect level (NOAEL) von 30 mg/(kg KG · d) in einer oralen subchronischen Studie am Hund, Endpunkte Leber- und Nierentoxizität, mit einem Extrapolationsfaktor 150 (Faktor 3 für Dosis-Wirkungs-Beziehung, Faktor 2 für subchronisch → chronisch, Faktor 2,5 zur Übertragung vom Tierversuch auf den Menschen (Interspezies-Differenzen) und Faktor 10 zur Berücksichtigung empfindlicher Bevölkerungsgruppen) [5].
23. U.S. National Library of Medicine, National Center for Biotechnology Information: PubChem – Phenol, 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4,6-bis(1,1-dimethylpropyl)-. Letzte Aktualisierung 05.06.2021. [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2-\\_2H-Benzotriazol-2-yl\\_-4\\_6-ditertpentylphenol](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2-_2H-Benzotriazol-2-yl_-4_6-ditertpentylphenol)
24. Lai, H.-J.; Ying, G.-G.; Ma, Y.-B.; Chen, Z.-F.; Chen, F.; Liu, Y.-S.: Field Dissipation and Plant Uptake of Benzotriazole Ultraviolet Stabilizers in Biosolid-Amended Soils. *Environ. Sci.: Processes Impact* 16 (2014) 558-566
25. Lu, Z.; De Silva, A.O.; Peart, T.E.; Cook, C.J.; Tetreault, G.R.; Servos, M.R.; Muir, D.C.G.: Distribution, Partitioning and Bioaccumulation of Substituted Diphenylamine Antioxidants and Benzotriazole UV Stabilizers in an Urban Creek in Canada. *Environ. Sci. Technol.* 50 (2016) 9089-9097; zusätzlich Supporting Information
26. Nakata, H.; Murata, S.; Filatreau, J.: Occurrence and Concentrations of Benzotriazole UV Stabilizers in Marine Organisms and Sediments from the Ariake Sea, Japan. *Environ. Sci. Technol.* 43 (2009) 6920-6926; zitiert in [23]
27. Bei den referierten Werten 0,01 bzw. 10 mg/L in [8] (Ziffer 124) handelt es sich nach Maßgabe der Originalliteratur [20] offensichtlich um einen Einheitenfehler: Richtig ist µg/L. Gewählt wurde mit 0,01 µg/L ausdrücklich eine umweltrelevante Konzentration: „Treatment doses were based on concentrations reported in wastewater effluents (0.01 µg/L) to reproduce relevant waterborne environmental exposure conditions.“ [20].

28. Gimeno-Monforte, S.; Montesdeoca-Esponda, S.; Sosa-Ferrera, Z.; Santana-Rodríguez, J.J.; Castro, Ó.; Pocurull, E.; Borrull, F.: Multiresidue Analysis of Organic UV Filters and UV Stabilizers in Fish of Common Consumption. *Foods* 9 (2020) 1827-1842
29. Weitere Werte für den Verteilungskoeffizienten n-Octanol/Wasser ( $\log P_{ow}$ ) sind angegeben mit  $> 6,5$  (pH=6,4; mit HPLC) [5], 7,25 (berechnet) [15, 24, 28] und 8,5/8,8 (berechnet) [8].
30. Mittelwert für den Schmelzpunkt aus 81,2 °C [5] und 80,3-86,1 °C [4, 5]:  
Schmp. ( $n=2$ ) = 82,2 °C. Berechnet wurde 202 °C [8, 15].
31. Mittelwert für den Dampfdruck bei 20 °C aus  
 $P = 4,7 \cdot 10^{-6}$  Pa [5] und  
 $P = 5,0 \cdot 10^{-6}$  Pa [8]:  
 $P(20\text{ °C})(n=2) = 4,9 \cdot 10^{-6}$  Pa.  
Ein weiterer Wert für 20 °C,  $46 \cdot 10^{-6}$  Pa [4], wurde hier nicht berücksichtigt. Berechnet wurden  $P(20\text{ °C}) = 6,5 \cdot 10^{-6}$  Pa [8] und  $14 \cdot 10^{-6}$  Pa [8].
32. Weitere Angaben zur Wasserlöslichkeit bei 20 °C liegen bei  $L < 10^{-6}$  g/L (bei pH=6,3) [5, 8] und  $L < 0,001$  g/L [4], berechnete Werte für 25 °C bei  $0,025 \cdot 10^{-6}$  g/L [23],  $15 \cdot 10^{-6}$  g/L [15] und  $270 \cdot 10^{-6}$  g/L [8].