

Heptachlor und Heptachlorepoxyd

Vorbemerkung:

Technisches Heptachlor besteht aus einer Mischung, zu 72 % aus den beiden Enantiomeren (+)- und (-)-Heptachlor (weitere Komponenten s. unten, Abschnitt „Toxische Verunreinigungen, Transformationsprodukte“)

Synonyme:

Heptachlor: 1,4,5,6,7,8,8-Heptachlor-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methano-1H-inden

Heptachlorepoxyd: 2,3,4,5,6,7,8-Heptachlor-1a,1b,5,5a,6,6a-hexahydro-2,5-methano-2H-indeno(1,2-b)oxiren, Epoxyheptachlor

CA-Bezeichnungen:

4,7-Methano-1H-indene, 1,4,5,6,7,8,8-heptachloro-3a,4,7,7a-tetrahydro- (Heptachlor)

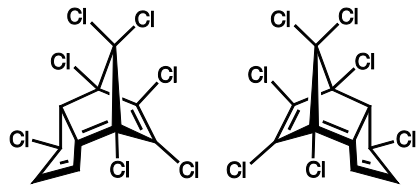
2,5-Methano-2H-indeno(1,2-b)oxirene, 2,3,4,5,6,7,8-heptachloro-1a,1b,5,5a,6,6a-hexahydro- (Heptachlorepoxyd)

Summenformeln:

$C_{10}H_5Cl_7$ (Heptachlor)

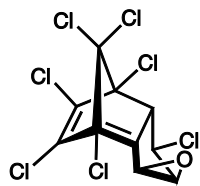
$C_{10}H_5Cl_7O$ (Heptachlorepoxyd)

Strukturformeln:



(-)-Heptachlor

(+)-Heptachlor



Heptachlorepoxyd

CAS-Nummern:

76-44-8 (Heptachlor)

1024-57-3 (Heptachlorepoxyd)

EINECS-Nummern:

200-962-3 (Heptachlor)

213-831-0 (Heptachlorepoxyd)

RTECS-Nummern:

PC 0700000 (Heptachlor)

PB 9450000 (Heptachlorepoxid)

Molare Massen:

373,32 g/mol (Heptachlor)

389.32 g/mol (Heptachlorepoxid)

Aggregatzustand bei 25 °C:

Heptachlor: fest (kristallin [11]); wachsartig [11])

Farbe:

Heptachlor: weiß bis leicht braun [11]

Geruch, Geschmack:

Heptachlor: Geruch schwach nach Campher oder Zedern [11]

Umrechnungsfaktor Luft:

Heptachlor: bei 20 °C und 1013 hPa: 1 ppmv \triangleq 15,5 mg/m³ [31]

EMISSIONSQUELLEN UND EMITTIERTE MENGEN

Jährliche Produktionsmenge (weltweit):

seit 2004: weltweites Verbot von Herstellung, Verkauf und Anwendung [25]

Jährliche Produktionsmenge (Deutschland):

1985: weniger als 1000 t/a [33]

Jährliche Produktionsmenge (Europäische Union):

EU (ca. 1999): in keinem Mitgliedsland Produktion mehr als 10 t/a [32]

Jährliche Produktionsmenge (andere Länder):

USA: seit 1974 Verwendung verboten [11]

Verwendung:

Insektizid (Kontakt- und Fraßgift) gegen Bodeninsekten und Termiten, teilweise auch gegen Anopheles-Mücken als Malaria-Überträger sowie als Pflanzenschutzmittel [25]

Termitizid (inkl. in der Baustruktur von Gebäuden und im Untergrund), für die Holzbehandlung und in unterirdischen Kabelkästen (Ausnahme dafür im Stockholmer Abkommen) [26]

früher Verwendung als Termitizid, zur Saat- und Saatfurchenbehandlung und Holzbehandlung [11]

Sonstige Quellen und Emissionen, Emissionsfaktoren:

Orientierungswerte im Hausstaub [8]:

Hintergrundwert < 0,1 mg/kg,

Normalwert 0,1 mg/kg,

Auffälligkeitswert 0,5 mg/kg

Hausstaub (unteres Rio-Grande-Tal; USA, 1993):

< 19 µg/kg [11]

Hausstaub (4 Wohnungen; Seattle, WA, USA, ca. 1987):

130-820 µg/kg [11]

Nicht-anthropogene Quellen:

sehr unwahrscheinlich

DATEN ZUR MOBILITÄT

Wasserlöslichkeit:

bei 25 °C: 0,00018 g/L [11, 14, 29]

Dampfdruck:

bei 25 °C: 0,042 Pa [30]

Sättigungskonzentration:

bei 25 °C: 0,006 g/m³ [31]

Siedepunkt bei 1013 hPa:

310 °C [29]

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

bei 25 °C: $H = 0,035$ (berechnet), d. h. flüchtig aus Wasser

Verflüchtigung aus Wasser:

Verflüchtigung aus Wasser mit Halbwertszeit ca. 18 Stunden aus ruhigem dest. Wasser, 7 Stunden aus gerührtem Wasser [11]

Verflüchtigung aus feuchter Boden-Oberfläche: Halbwertszeit im Laborversuch 8,4 Tage [7]

Verflüchtigung aus feuchten Boden-Oberflächen: Halbwertszeiten in 3 Feldstudien 0,25, 0,75 und 1,8 Tage [7]

Verflüchtigung aus trockenen Boden-Oberflächen: Halbwertszeiten in 2 Feldstudien 4,2 und 4,6 Tage [7]

Angaben zur Adsorbierbarkeit:

Boden oder Sediment: $K_{oc} = 6800$ und $13\ 300$ L/kg ($n=2$) [20]

Boden: $K_{oc} = 13\ 330 - 661\ 000$ L/kg [11]

Boden: Heptachlor $K_{oc} = 80\ 000$ L/kg [21]; Heptachlorepoxyd $K_{oc} = 21\ 000$ L/kg [21]

Schmelzpunkt:

95,5 °C [34]

Dichte:

bei 9 °C: 1,58 g/cm³ [11, 25, 31]

Relative Gasdichte (Luft = 1):

12,9 [31]

DATEN ZUR PERSISTENZ

Reaktion mit OH-Radikalen:

in Luft: $k_{OH} (298\text{ K}) = 61 \cdot 10^{-12}$ cm³ s⁻¹ (berechnet) [29], entsprechend einer mittleren Halbwertszeit ($[OH] = 5 \cdot 10^5$ cm⁻³) von ca. 6 Stunden

UV-Absorption:

$\lambda_{max} = 236$ nm ($\epsilon=60\ 300$); $\lambda_{max} = 309$ nm ($\epsilon=9550$);

$\lambda_{max} = 328$ nm ($\epsilon=7590$) [11]

schwache Absorption > 290 nm [11]

Photolyse:

als dünne Filme mit Sonnenlicht und künstlichem Licht > 290 nm direkte Photolyse [11]

Andere photochemische Reaktionen:

in Luft: $k_{\text{Ozon}}(298\text{ K}) = 0,2 \cdot 10^{-15} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$ (berechnet) [11], entsprechend einer mittleren Halbwertszeit ($[\text{Ozon}] = 70 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-3}$) von ca. 1,4 Stunden [11]

Hydrolyse:

Halbwertszeiten bei pH=4,5: 5,4 Tage, bei pH=5: 4,3 Tage, bei pH=6,0 und 7,0: 4,5 Tage, bei pH=8,0: 3,0 Tage [11]

Abbau mit isolierten Kulturen:

mit adaptierten aeroben mikrobiellen Mischkulturen in 4 Wochen 95 % Transformation [11]

Aerober Abbau in Kläranlagen:

Entfernung aus dem Abwasser: durch Belebtschlammbehandlung 65 %, in belüftetem Klärteich 66 % [17]

Abbau im Boden:

im Boden Halbwertszeit für Bioabbau 270-300 Tage [14]

im Boden nach Applikation von 0,11-0,18 g/m^2 nach 15 Monaten keine Rückstände [11];

nach Applikation von 0,22 g/m^2 nach 1 Jahr 0,26-0,47 mg/kg Heptachlor+Heptachlorepoxyd [11];

nach Applikation von 0,34 g/m^2 nach 4 Monaten 0,21-0,40 mg/kg Heptachlor+Heptachlorepoxyd, nach 1 Jahr 0,18-0,32 mg/kg [11];

nach Applikation von 0,67 g/m^2 nach 4 Monaten 0,49-3,6 mg/kg Heptachlor+Heptachlorepoxyd, nach 1 Jahr 0,63-2,2 mg/kg [11]

in Lehmboden nach 5-jähriger Applikation von 0,56 g/m^2 nach 5 Jahren noch 4,6 % der applizierten Menge nachweisbar [11]; mittlere Rückstandskonzentration 0,7 mg/kg Heptachlor+Heptachlorepoxyd [11]

nach Applikation auf Knäuelgräser nach 7 Tagen 10 % Rückstand [11]

nach Applikation auf feuchten Boden in 6 Stunden 50 %, in 6 Tagen 90 % Verflüchtigung [11]

nach Applikation auf trockenen Boden in 50 Stunden 14-40 % Verflüchtigung [11]

nach 7,5 cm tiefer Einarbeitung in den Boden in 167 Tagen nur 7 % Verflüchtigung [11]

vollständige Transformation in überstautem sandigem Lehm (ca. 13 mg/kg) nach 1 Monat, in Ton nach 2 Monaten, in einem anderen Ton fast vollständig nach 3 Monaten [11]

in tonigem Lehm (13 mg/kg) nach 3 Monaten ca. 60 % Transformation [11]

unter Freilandbedingungen Halbwertszeiten 40 Tage bis 5,5 Jahre [11]

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

5,47 [29]

6,10 [11, 14, 29]

Löslichkeit in lipoiden Lösemitteln:

bei 27 °C [11]:

Aceton	750 g/L
Benzol	1060 g/L
Tetrachlorkohlenstoff	1120 g/L
Cyclohexan	1190 g/L
Ethanol	45 g/L
Xylol	1020 g/L

Biokonzentrationsfaktor:

Heptachlor:

Dickkopfelritze (Fathead Minnow, *Pimephales promelas*):

BCF (32 d, fl., 3,1 µg/L) = 9500 [13]

Koboldkärpfling (*Gambusia affinis*): BCF = 3800 [11]

Augenfleck-UMBER (Spot; *Leiostomus xanthurus*): BCF = 3600-7400 [11]

Edelsteinkärpfling (*Cyprinodon variegatus*):

BCF = 21 400 [11]

Schnecke: BCF = 37 000 [11]

Muschel: BCF (Feldmessung) = 1770 [11]

Auster: BCF = 18 000 [11]

Assel: BCF (Feldmessung) = 56 000 [11]

Alge: BCF = 21 000 [11]; BCF (Feldmessung) = 470 [11]

Rotalge: BCF (Feldmessung) = 3200 [11]

Regenwurm: BCF (Konz. Wurm / Konz. Boden) = 0,92-2,7 [11]

Heptachlorepoxyd:

Dickkopfelritze (Fathead Minnow, *Pimephales promelas*):

BCF (32 d, fl., 1,3 µg/L) = 14 400 [13]

Miesmuschel (*Mytilus edulis*):

BCF = 1700, bezogen auf Frischmasse [18]

ANGABEN ZUR DIREKTEN SCHADWIRKUNG

Kanzerogenität:

Heptachlor: in männlichen Ratten keine statistisch signifikante Krebs erzeugende Wirkung, in weiblichen Ratten widersprüchliche Ergebnisse [9]

Heptachlor: in männlichen und weiblichen Mäusen Krebs erzeugend [9, 23]

International Agency for Research on Cancer (IARC; 2010): hinreichender Beweis für Krebs erzeugende Wirkung in Labortieren für Chlordan und Heptachlor: Gruppe 2B: möglicherweise Krebs erzeugend beim Menschen [11]

D (2017): Krebs erzeugender Arbeitsstoff Kategorie 4: Stoff mit Krebs erzeugender Wirkung, bei dem genotoxische Effekte keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielen und der bei Einhaltung des MAK-Wertes keinen nennenswerten Beitrag zum Krebsrisiko des Menschen erwarten lässt [35]

Endokrine Wirkungen:

ca. 1998: Heptachlor induziert wie auch andere chlororganische Pestizide verschiedene Enzyme des Fremdstoffwechsels in der Leber, darunter auch Testosteron-Hydroxylasen [16]

ca. 1998: *in vitro* keine estrogenische Wirkung [16]

Dezember 2017: als potenziell endokrin wirksam gelistet [6]

Akute Toxizität bei Mensch und Säugetier:

oral:

Ratte:

Heptachlor: LD₅₀ (♂) = 40-100 mg/kg KG [11]; LD₅₀ (♂) = 130 mg/kg KG [11]; LD₅₀ (♀) = 162 mg/kg KG [11]

Heptachlorepoxyd: LD₅₀ = 62 mg/kg KG [11]

Kaninchen: LD₅₀ = 80-90 mg/kg KG [11]

Meerschweinchen: LD₅₀ = 116 mg/kg KG [11]

Hamster: LD₅₀ = 100-160 mg/kg KG [11]

Katze: LD₅₀ = 67 mg/kg KG [11]

dermal:

Ratte: LD₅₀ = 119 mg/kg KG [11]; LD₅₀ (♂) = 195 mg/kg KG [11]; LD₅₀ (♀) = 250 mg/kg KG [11]

Kaninchen: LD₅₀ = 500-2000 mg/kg KG [11]

Meerschweinchen: LD₅₀ = 630 mg/kg KG [11]

Inhalation:

Ratte: LC₅₀ (4 h) < 200 000 mg/m³ [11]

Katze: LD₅₀ (inhal., 4 h) = 150 mg/kg KG [11]

Toxizität gegenüber Insekten:

(falls nicht anders vermerkt, gelten die Daten für Heptachlor)

Schwimmkäferlarve (*Dytiscus* sp.):

EC₅₀ (7 d, semistat.; Immobilisierung) = 30 µg/L (nominal) [28];

EC₅₀ (7 d, semistat.; Immobilisierung) = 54 µg/L (nominal) [28]

Echter Schwimmkäfer (Larve, *Cybister* sp.): EC₅₀ (7 d, semistat.; Immobilisierung) = 64 µg/L (nominal) [28]

Skorpionswanzenlarve (*Ranatra filiformis*): EC₅₀ (7 d, semistat.; Immobilisierung) = 3,8 µg/L (nominal) [28]

Wasserwanzenlarve (*Belostoma indicum*): EC₅₀ (7 d, semistat.; Immobilisierung) = 1270 µg/L (nominal) [28]

Wasserskorpion (Larve, *Nepa* sp.): EC₅₀ (7 d, semistat.; Immobilisierung) = 8,0 µg/L (nominal) [28]

Eintagsfliegenlarve (*Baetis* sp.):

LC₅₀ (48 h) = 32 µg/L (gemessen) [28]

Libellenlarve (*Odonata* sp.): EC₅₀ (7 d, semistat.; Immobilisierung) = 6,6 µg/L (nominal) [28]

Große Steinfliege (Larve, *Pteronarcys californica*):

LC₅₀ (48 h, stat.) = 5,6 µg/L (nominal) [28];

LC₅₀ (48 h) = 6 µg/L (gemessen) [28];

LC₅₀ (96 h, stat.) = 1,1 µg/L [11, 28]

Steinfliegenlarve (*Pteronarcella badia*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 0,9 µg/L [11, 28]

Steinfliegenlarve (*Claassenia sabulosa*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 2,8 µg/L [11, 28]

Rückenschwimmerlarve (*Notonecta* sp.): EC₅₀ (7 d, semistat.; Immobilisierung) = 2,6 µg/L (nominal) [28]

Wasserkäferlarve (*Hydrophilus* sp.): EC₅₀ (7 d, semistat.; Immobilisierung) = 36 µg/L (nominal) [28]

Wasserwanzenlarve (*Sphaerodema* sp.): EC₅₀ (7 d, semistat.; Immobilisierung) = 4,1 µg/L (nominal) [28]

Fliegenhafterlarve (Eintagsfliege, *Cloëon dipterum*):

LC₅₀ (48 h, stat.) = 72 µg/L [28]

Stechmückenlarve (*Anopheles quadrimaculatus*):

LC₅₀ (48 h, stat.) = 100 µg/L (nominal) [28]

Zuckmückenlarve (*Tanytarsus dissimilis*):

LC₅₀ (48 h) = 100 µg/L [11]

Toxizität gegenüber Wassertieren:

(falls nicht anders vermerkt, gelten die Daten für Heptachlor)

Zebraärbling (*Danio rerio*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 1740 µg/L (nominal) [28];

LC₅₀ (96 h, stat.) = 5900 µg/L (nominal) [28]

Dickkopfelritze (Fathead Minnow, *Pimephales promelas*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 23 µg/L [11, 28];

LC₅₀ (96 h, stat.) = 56 µg/L (nominal) [28];

LC₅₀ (96 h, stat.) = 94 µg/L (nominal) [28]

Blauer Sonnenbarsch (*Lepomis macrochirus*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 13 µg/L [11, 28];

LC₅₀ (96 h, stat.) = 17,0 µg/L [28];

LC₅₀ (96 h, stat.) = 18,0 µg/L (nominal) [28];

LC₅₀ (96 h, stat.) = 19,0 µg/L (nominal) [28];

LC₅₀ (96 h, stat.) = 22 µg/L (nominal) [28];

Heptachlorepoxyd: LC₅₀ (96 h, stat.) = 3,3 µg/L [27]

Rotohr-Sonnenbarsch (*Lepomis microlophus*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 17 µg/L (nominal) [11, 28]

Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 7,0 µg/L [28];

LC₅₀ (96 h, stat.) = 7,1 µg/L [28];

LC₅₀ (96 h, stat.) = 7,4 µg/L [11, 28];

LC₅₀ (96 h, stat.) = 8,0 µg/L [28];

LC₅₀ (96 h, stat.) = 19,4 µg/L (nominal) [28];

LC₅₀ (96 h, stat.) = 32 µg/L [28];

LC₅₀ (96 h, stat.) = 43 µg/L [28];

Heptachlorepoxyd: LC₅₀ (96 h, stat.) = 20 µg/L [27]

Quinnat (*Oncorhynchus tshawytscha*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 17,3 µg/L [28]

Kisutch-Lachs (*Oncorhynchus kisutch*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 59 µg/L (nominal) [28]

Felsenbarsch (*Morone saxatilis*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 2,6 µg/L (nominal) [28];

LC₅₀ (96 h, fl.) = 3,0 µg/L (nominal) [11, 28]

Forellenbarsch (*Micropterus salmoides*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 10 µg/L [11, 28]

Guppy (*Poecilia reticulata*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 107 µg/L (nominal) [28]

Goldfisch (*Carassius auratus*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 230 µg/L (nominal) [28]

Getüpfelter Gabelwels (*Ictalurus punctatus*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 25 µg/L [11, 28];

LC₅₀ (96 h, fl.) = 700 µg/L (gemessen) [28]

Edelsteinkärpfling (*Cyprinodon variegatus*):

LC₅₀ (96 h, fl.) = 3,7 µg/L (gemessen) [28];

LC₅₀ (96 h, fl.) = 10,5 µg/L (gemessen) [11, 28];

NOEC (< 126 d, fl.; Mortalität) = 1,9 µg/L (gemessen) [28];

NOEC (< 126 d, fl.; Reproduktion: Viabilität) = 2,8 µg/L (gemessen) [28]

Großkopfmeeräsche (*Mugil cephalus*):

LC₅₀ (96 h) = 3,3 µg/L [28];

LC₅₀ (96 h, stat.) = 194 µg/L (nominal) [28];

LC₅₀ (7 d, semistat.) = 1320 µg/L (nominal) [28]

Marmor-Kugelfisch (*Sphoeroides marmoratus*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 188 µg/L (nominal) [28]

Getüpfelter Gabelwels (*Ictalurus punctatus*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 25 µg/L [11, 28];

LC₅₀ (96 h, fl.) = 700 µg/L (gemessen) [28]

Kiemensackwels (*Heteropneustes fossilis*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 92 µg/L (nominal) [28];

LC₅₀ (96 h, stat.) = 220 µg/L (nominal) [28];

LC₅₀ (7 d, semistat.) = 580 µg/L (nominal) [28]

Schwarzer Zwergwels (Schwarzer Katzenwels, *Ameiurus melas*, *Ictalurus nebulosus*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 63 µg/L [11, 28]

Froschwels (*Clarias batrachus*): LC₅₀ (96 h, stat.) = 1450 µg/L (nominal) [28]

Indischer Streifenwels (*Mystus vittatus*):

LC₅₀ (7 d, semistat.) = 260 µg/L (nominal) [28]

Gestreifter Fadenfisch (*Trichogaster fasciata*, *Colisa fasciata*):

LC₅₀ (7 d, semistat.) = 21 µg/L (nominal) [28];

LC₅₀ (7 d, semistat.) = 230 µg/L (nominal) [28]

Karpfenfisch (*Puntius sophore*):

LC₅₀ (7 d, semistat.) = 66 µg/L (nominal) [28]

Rohu (Karpfenfisch, *Labeo rohita*):

LC₅₀ (7 d, semistat.) = 16,8 µg/L (nominal) [28];

LC₅₀ (7 d, semistat.) = 127 µg/L (nominal) [28]

Flugbärbling (*Esomus danricus*):

LC₅₀ (7 d, semistat.) = 143 µg/L (nominal) [28]

Kleine Nander (*Nandus nandus*):

LC₅₀ (7 d, semistat.) = 67 µg/L (nominal) [28]

Punktierter Schlangenkopf (*Channa punctata*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 170 µg/L (nominal) [28];

LC₅₀ (96 h, stat.) = 640 µg/L (nominal) [28];

LC₅₀ (7 d, semistat.) = 640 µg/L (nominal) [28];

LC₅₀ (7 d, semistat.) = 1320 µg/L (nominal) [28]

Zebra-Killifisch (*Fundulus heteroclitus*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 50 µg/L (nominal) [28];

Gestreifter Killifisch (*Fundulus majalis*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 32 µg/L (nominal) [28]

Meerbrasse (*Lagodon rhomboides*):

LC₅₀ (96 h, fl.) = 3,8 µg/L (gemessen) [11, 28]

Kletterfisch (*Anabas testudineus*):

LC₅₀ (7 d, semistat.) = 260 µg/L (nominal) [28]

Amerikanischer Aal (*Anguilla rostrata*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 10 µg/L (nominal) [28]

Kiemenschlitzaal (*Monopterus albus*):

LC₅₀ (7 d, semistat.) = 1290 µg/L (nominal) [28]

Blaukopf-Junker (*Thalassoma bifasciatum*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 0,8 µg/L (nominal) [28]

Augenfleck-Umber (*Leiostomus xanthurus*):

LC₅₀ (96 h, fl.) = 0,86 µg/L (gemessen) [11, 24, 28]

Gezeiten-Ährenfisch (*Menidia menidia*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 3 µg/L (nominal) [28]

Hecht (*Esox lucius*): LC₅₀ (96 h, stat.) = 6,2 µg/L [11, 28]

Dreistachliger Stichling (*Gasterosteus aculeatus*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 112 µg/L (nominal) [28]

Wasserfloh (*Daphnia magna*):

EC₀ (24 h, stat.; Schwimmfähigkeit) = 90 µg/L (nominal) [15];
LC₅₀ (48 h, stat.) = 78 µg/L (nominal) [28];
LC₅₀ (48 h, stat.) = 110 µg/L (nominal) [28];
LC₅₀ (48 h, stat.) = 120 µg/L (nominal) [28];
Heptachlorepoxid: LC₅₀ (48 h, stat.) = 240 µg/L (nominal) [27]

Wasserfloh (*Daphnia* sp.):

LC₁₀₀ (7 d, stat.) = 100 µg/L (nominal) [28]

Wasserfloh (*Daphnia pulex*):

EC₅₀ (48 h, stat.; Immobilisierung) = 42 µg/L [11, 28]

Wasserfloh (*Simocephalus serrulatus*):

EC₅₀ (48 h, stat.; Immobilisierung) = 47 µg/L [28];
LC₅₀ (48 h) = 47 µg/L (gemessen) [11, 28];
EC₅₀ (48 h, stat.; Immobilisierung) = 80 µg/L [28]

Wasserfloh (*Ceriodaphnia* sp.):

LC₁₀₀ (7 d, stat.) = 100 µg/L (nominal) [28]

Auster (*Crassostrea virginica*):

EC₅₀ (96 h, fl.; Schalendeposition) = 1,5 µg/L (gemessen) [28];
EC₅₀ (96 h; Schalendeposition) = 17 µg/L [28];
EC₅₀ (96 h; Schalendeposition) = 21 µg/L [28];
EC₅₀ (96 h, fl.; Schalendeposition) = 30 µg/L (nominal) [28]

Krabbe (*Americamysis bahia*):

LC₅₀ (96 h, fl.) = 3,4 µg/L (gemessen) [28];
NOEC (28 d, fl.; Reproduktion: Zahl der Nachkommen) = 3,1 µg/L (gemessen) [28]

Flusskrebs (*Orconectes rais*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 0,5 µg/L [11, 24, 28];
LC₅₀ (96 h, stat.) = 7,8 µg/L (nominal) [28]

Nördliche Rosa Garnele (*Penaeus duorarum*):

EC₅₀ (48 h; multiple Wirkungen) = 0,15 µg/L [28];
EC₅₀ (48 h, stat.; multiple Wirkungen) = 0,3 µg/L (nominal) [28];
LC₅₀ (96 h, fl.) = 0,03 µg/L (gemessen) [11, 24, 28];
LC₅₀ (96 h, fl.) = 0,11 µg/L (gemessen) [28];
Heptachlorepoxid: LC₅₀ (96 h, fl.) = 0,04 µg/L (gemessen) [27]

Einsiedlerkrebs (*Pagurus longicarpus*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 55 µg/L (nominal) [28]

Mangrovenkrabbe (*Scylla serrata*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 320 µg/L (nominal) [28];
LC₅₀ (120 h, semistat.) = 290 µg/L (nominal) [28]

Seeflohkrebs (*Gammarus lacustris*):

LC₅₀ (48 h, stat.) = 100 µg/L (nominal) [28];
LC₅₀ (96 h, stat.) = 29 µg/L [11, 28]

Flohkrebs (*Gammarus fasciatus*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 40 µg/L [28];
LC₅₀ (96 h, stat.) = 56 µg/L [11, 28]

Wander-Felsengarnele (*Palaemon macrodactylus*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 14,5 µg/L (nominal) [28]

Sandgarnele (*Crangon septemspinosa*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 8 µg/L (nominal) [28]

Schwimmgarnele (*Palaemonetes vulgaris*):

LC₅₀ (96 h, fl.) = 1,06 µg/L (gemessen) [28]

Grasgarnele (*Palaemonetes kadiakensis*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 1,8 µg/L [11, 28]

Blaue Schwimmkrabbe (*Callinectes sapidus*):

EC₅₀ (48 h, fl.; multiple Wirkungen) = 63 µg/L (nominal) [28];

EC₅₀ (48 h; multiple Wirkungen) = 68 µg/L [28]

Muschelkrebs (*Cypris* sp.):

LC₁₀₀ (7 d, stat.) = 100 µg/L (nominal) [28]

Ruderfußkrebs (*Diaptomus* sp.):

LC₁₀₀ (7 d, stat.) = 100 µg/L (nominal) [28]

Ruderfußkrebs (Hüpferring, *Cyclops* sp.):

LC₁₀₀ (7 d, stat.) = 100 µg/L (nominal) [28]

Krebstiere (*Maxillopoda* sp.):

LC₁₀₀ (7 d, stat.) = 100 µg/L (nominal) [28]

Posthornschncke (*Planorbarius corneus*):

Heptachlor: LC₁₀₀ (48 h, stat.) = 2000 µg/L (nominal) [28];

Heptachlorepoxyd: LC₅₀ (48 h, stat.) = 2000 µg/L (nominal) [27]

Moosblasenschncke (*Aplexa hypnorum*):

LC₅₀ (48 h, semistat.) = 1450 µg/L (gemessen) [11, 28]

Gemeiner Schlammröhrenwurm (*Tubifex tubifex*):

LC₅₀ (48 h, stat.) = 1100 µg/L (nominal) [28];

LC₅₀ (48 h, stat.) = 1500 µg/L (nominal) [28];

LC₅₀ (48 h, stat.) = 3700 µg/L (nominal) [28];

Heptachlorepoxyd: LC₅₀ (48 h, stat.) > 10 000 µg/L (nominal) [27]

Toxizität gegenüber Algen:

Grünalge (*Pseudokirchneriella subcapitata*):

EC₅₀ (96 h, stat.; Biomasse) = 27 µg/L (gemessen) [11, 28];

EC₅₀ (96 h, stat.; Wachstumsrate, Biomasse, Gewicht) = 28 µg/L (gemessen) [28];

EC₅₀ (96 h, stat.; Wachstumsrate, Biomasse, Gewicht) = 38 µg/L (gemessen) [28];

EC₅₀ (96 h, stat.; Biomasse) = 39 µg/L (gemessen) [28]

marine Grünalge (*Dunaliella tertiolecta*):

EC₅₀ (96 h; Wachstumshemmung) = 2300 µg/L [11]

marine Kieselalge (*Isochrysis galbana*):

EC₅₀ (96 h; Wachstumshemmung) = 157 µg/L [11]

Purpur-Rotalge (*Porphyridium cruentum*):

EC₅₀ (96 h; Wachstumshemmung) = 270 µg/L [11]

Toxizität gegenüber Amphibien:

Fowlers Kröte (*Bufo woodhousei*):

LC₅₀ (96 h, stat.) = 440 µg/L [11, 28]

Teichfrosch (*Pelophylax esculentus*):

LC₀ (58 d) < 4 µg/L (nominal) [28]

ANGABEN ZUR INDIREKTEN SCHADWIRKUNG

Globales Umweltverhalten:

Heptachlor gehört gemäß Stockholmer Abkommen zu den sog. „Persistenten organischen Schadstoffen“ („Persistent Organic Pollutants“, POPs), d. h. zu den Stoffen, 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. Ziel der Vereinten Nationen ist es, die Emissionen und Umwelteinträge dieser Stoffe durch Maßnahmen international zu vermindern [26].

Korrosivität:

korrosiv gegenüber Metallen [11]

Toxische Verunreinigungen, Transformationsprodukte:

im technischen Heptachlor: 18 % *trans*-Chlordan, 2 % *cis*-Chlordan, 2 % Nonachlor, 1 % Chlorden, 0,2 % Hexachlorbuta-1,3-dien und 10 bis 15 weitere Komponenten [25]; neben 72 % Heptachlor u.a. 20-22 % *trans*-Chlordan und 4-8 % *trans*-Nonachlor [11]

rasche Hydrolyse zu 1-Hydrochlorden und weiter mikrobielle Umsetzung zu Heptachlorepoxyd [11]

im Boden mikrobielle Bildung von Heptachlorepoxyd und Chlorden [11]

in feuchtem Boden rasche Umwandlung zu Heptachlorepoxyd [11]

mit *Pseudomonas* sp. in Wasser Bildung von Chlorden, 1-Hydroxy-2,3-epoxychlorden und Heptachlorepoxyd [11]

mit Mischkultur von Bodenmikroorganismen Bildung von Chlorden (7 %), 1-Exohydroxychlorden, Heptachlorepoxyd (< 0.04 %) und Chlordenepoxyd (< 0.02 %) [11]

KLASSIFIZIERUNGEN, RICHT- UND GRENZWERTE

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

FAO/WHO (1991/2017): ADI 0,1 µg/(kg KG · d) [11]

Wasser:

EU (2013):

Prioritärer gefährlicher Stoff gemäß Wasserrahmenrichtlinie der EU [5]

Umweltqualitätsnormen [5]:

Binnenoberflächengewässer Jahresdurchschnitt 0,2 pg/L, zulässige Höchstkonzentration 300 pg/L;

sonstige Oberflächengewässer Jahresdurchschnitt 0,01 pg/L, zulässige Höchstkonzentration 30 pg/L;

Biota (Fisch): 6,7 ng/kg Frischmasse

D (2018): Wassergefährdungsklasse nicht festgelegt [18]

D (2016): Umweltqualitätsnormen zur Beurteilung des chemischen Zustands (alle Isomeren) [12]:

bis 22.12.2027 zu erreichen: oberirdische Gewässer ohne Übergangsgewässer Jahresdurchschnitt 0,2 pg/L, zulässige Höchstkonzentration 300 pg/L,

bis 22.12.2027 zu erreichen: Übergangs- und Küstengewässer Jahresdurchschnitt 0,01 pg/L, zulässige Höchstkonzentration 30 pg/L,

bis 22.12.2027 zu erreichen: Biota (Fisch): 6,7 ng/kg Frischmasse

D (2016): länderübergreifender Geringfügigkeitsschwellenwert für Grundwasser zur Beurteilung lokal begrenzter Grundwasserverunreinigungen Heptachlor und Heptachlorepoxyd jeweils 30 ng/L [10]

USA (1993/2017): Trinkwassergrenzwert 400 ng/L [11]

Luft:

D (2017):

Arbeitsplatzgrenzwert (MAK-Wert) 0,05 mg/m³ (gemessen als einatembare Fraktion) [35]

Krebs erzeugender Arbeitsstoff Kategorie 4: Stoff mit Krebs erzeugender Wirkung, bei dem genotoxische Effekte keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielen und der bei Einhaltung des MAK-Wertes keinen nennenswerten Beitrag zum Krebsrisiko des Menschen erwarten lässt [35]

Produkte:

Heptachlor gehört zu den im Stockholmer Übereinkommen (Anhang A) erfassten persistenten organischen Verbindungen („Persistent Organic Pollutants“, POPs) [26]

Pflanzenschutzmittel:

D (2013/2017): vollständiges Anwendungsverbot als Pflanzenschutzmittel [4]

VORKOMMEN IN DER UMWELT

Wasser:

a) kommunales Abwasser

kommunale Kläranlagen-Abläufe (Hessen, D, 2002):

Heptachlor und Heptachlorepoxyd: jeweils < 0,010 µg/L (n=9 Proben aus 9 Anlagen) [3]

kommunale Kläranlagen-Abläufe (Sachsen, D, 2002):

Heptachlor und Heptachlorepoxyd: jeweils < 0,01 µg/L (n=13 Proben aus 13 Anlagen) [3]

Kläranlage (Pilotanlage, USA, 1982/83): Zulauf 39 µg/L, Ablauf nach Behandlung mit Belebtschlamm 13 µg/L [17]

kommunale Kläranlagen (New York City, NY, USA, 1989-1993): Zuläufe 0,021-0,35 µg/L [11]; Abläufe 0,02-0,45 µg/L [11]

b) industrielles Abwasser

industrielle Kläranlagen (USA, vor 1985): Abläufe Median < 0,007 µg/L (n=671) [11]

industrielle Kläranlagen (Kohlebergbau; USA, vor 1981): Abläufe Mittelwert 2,2 µg/L (n=2 von 47) [11]

industrielle Kläranlagen (Gießereien; USA, vor 1981): Abläufe 5-31 µg/L Mittelwert 8,7 µg/L (n=11) [11]

industrielle Kläranlagen (Nichteisen-Produktion; USA, vor 1981): Abläufe <0,1-0,7 µg/L Mittelwert < 0,1 µg/L (n=55) [11]

c) Fließgewässer

Mississippi (LA, USA, 1974): max. 2,4 ng/L [11]

Doñana (Nationalpark; ES, 1982): 2-6 ng/L [11]

Shatt al-Arab (2 Standorte; Irak, ca. 1986): 2-19 ng/L und 50-91 ng/L, Mittelwerte 10 ng/L und 79 ng/L [11]

d) Ästuare, Küstengewässer und Meere

Lake Pontchartrain Inner Harbor Navigation Canal (LA, USA, ca. 1983): bei Niedrigwasser 0,6 ng/L, bei Hochwasser 9,1-9,3 ng/L [11]

e) Grundwasser

Grundwasser (USA, vor 2000): 90-150 ng/L, Mittelwert 120 ng/L (suspendiert und gelöst) [11]

Grundwasser (KS, IL, MA, USA, vor 1988): Mittelwerte 30, 190 und 50 ng/L [11]

Grundwasser (NJ, USA, ca. 1979): max. 1000 ng/L [11]

Grundwasser (KS, USA, 1985-1986): 23-26 ng/L, Mittelwert 25 ng/L [11]

Grundwasser (Ägypten, ca. 1996): Heptachlor Mittelwert 2200 ng/L [38]; Heptachlorepoxyd Mittelwert 800 ng/L [38]

f) Trinkwasser

Trinkwasser (USA, vor 2000): Mittelwert 60 ng/L (n=6 von 26) [11]

g) Sonstige oberirdische Gewässer

oberirdische Gewässer (suspendiert und gelöst; USA, vor 2000): 1-2300 ng/L, Mittelwert 670 ng/L [11]

oberirdische Gewässer (USA, 1980): Median 1 ng/L (n=1581 von 4650) [11]

Sediment:

a) Fließgewässer

Niagara-on-the-Lake (ON, Kanada, 1979 to 1981): Mittelwert 1 µg/kg, Median < 1 µg/kg [11]

St. Lawrence River (Kanada, 1979 to 1981): < 1 µg/kg [11]

Shatt al-Arab (Irak, ca. 1986): Oberflächensediment 13-48 ng/L, Mittelwert 24 ng/L [11]

Tigris (Irak, ca. 1986): Oberflächensediment 2-15 ng/L, Mittelwert 9 ng/L [11]

Nil (Kairo, Ägypten, 1991): Winter 90-112 mg/kg, Sommer 60-92 mg/kg [11]

b) Binnenseen

Manzala Lake (Ägypten, 1991): Winter 73-90 mg/kg, Sommer 10,5-94 mg/kg [11]

c) Ästuare, Küstengewässer und Meere

Manukau Harbor (Neuseeland, vor 1989): <0,1-0,6 µg/kg (n=5 Standorte) [11]

d) Sonstige oberirdische Gewässer

Sediment (USA, vor 1985): Median 0,1 µg/kg (n=236 von 1665) [11]

Klärschlamm:

Klärschlamm (HE, D, 2002): Heptachlor < 2 µg/kg TS (n=9) [3]

Klärschlamm (Pilotanlage, USA, 1982/83): Primärschlamm 1180 µg/L, Belebtschlamm 660 µg/L [17]

Boden:

div. Böden (USA, 1969): <10-530 µg/kg (n>14) [11]

Ackerböden (37 Bundesstaaten, USA, 1971): <10-1370 µg/kg (n=73 von 1486) [11]

Ackerböden (AL, USA, ca. 1997): <0,020-0,121 µg/kg TS (n=36 Standorte) [11]

Ackerböden (IL, USA, ca. 1997): 1,4-2900 µg/kg, Mittelwert 50 µg/kg [11]

Farmböden (ON, Kanada, 1964, 1966 und 1969): max. 400 µg/kg (n≥16) [11]

Ackerböden (North Coast Region, NSW, Australien, ca. 1985): max. 60 µg/kg [11]

Boden Holzbehandlung (Auckland, Neuseeland, ca. 1993): max. 230 µg/kg, Mittelwert 14 µg/kg [11]

Niederschlag:

Regen/Schnee (Eriesee, USA/Kanada, ca. 1987): gewichteter Mittelwert (12 Monate) 0,1 ng/L [11]

Regenwasser (Ägypten):

1995: Heptachlor Mittelwert 3400 ng/L [11, 38]; Heptachlorepoxyd Mittelwert 350 ng/L [38]

1996: Heptachlor Mittelwert 3100 ng/L [11, 38]; Heptachlorepoxyd Mittelwert 2700 ng/L [38]

Luft:a) Nordamerika

über Feldern 3 Wochen nach Applikation (USA, ca. 1983): 16 ng/m³ [11]

Bloomington (IN, USA, 1985-1986): 2,2-190 ng/m³ [11]

Iowa City (IA, USA, ca. 1969): Mittelwert 19,2 ng/m³ [11]

Orlando (FL, USA, ca. 1969): Mittelwert 2,3 ng/m³ [11]

Jacksonville (FL, USA, ca. 1986): <9-59 ng/m³ (n=5 von 9) [11]

Vororte (USA, 1976): max. 6,3 ng/m³, typisch 0,5 ng/m³ [11]

über Feldern bis 3 Wochen nach Applikation 16 ng/m³ [11]

bis 800 m Abstand von Betrieb zur Formulierung von Pestiziden (AR, USA):

1970: 0,4-2,4 ng/m³, Mittelwert 1,2 ng/m³ (n=32 von 54) [11]

1971: 0,3-2,9 ng/m³, Mittelwert 1,1 ng/m³ (n=46 von 66) [11]

1972: 0,3-1,8 ng/m³, Mittelwert 1,0 ng/m³ (n=60 von 64) [11]

b) wenig belastete und Reinluftgebiete

Arktis (Alert, Russland):

1993: 0,02-0,48 pg/m³, Mittelwert 0,07 pg/m³ [11]

1994: 0,02-0,17 pg/m³, Mittelwert 0,03 pg/m³ [11]

Arktis (Tagish, Kanada):

1993: 0,02-0,73 pg/m³, Mittelwert 0,06 pg/m³ [11]

1994: 0,01-0,75 pg/m³, Mittelwert 0,05 pg/m³ [11]

Arktis (Dunai, Kanada, 1993): 0,02-0,08 pg/m³, Mittelwert 0,05 pg/m³ [11]

c) Innenräume

Innenräume (USA, vor 1974): 2,4 und 19,2 ng/m³ (n=2 von 9) [11]

Innenräume (Bloomington, IN, USA, 1985-1986): 0,2-0,8 ng/m³ (n=12 Wohnhäuser) [11]

nach Termitizid-Behandlung (Bloomington, IN, USA, ca. 1987): 1,1-110 ng/m³ [11]

nach Termitizid-Behandlung mit Chlordan/Heptachlor (NC, USA, ca. 1980): vor Behandlung 10 ng/m³, unmittelbar nach Behandlung Mittelwert 1410 ng/m³, nach 6 Monaten 1800 ng/m³, nach 12 Monaten 1000 ng/m³ (n=3 Häuser) [11, 36]

nach Termitizid-Behandlung mit Heptachlor (NC, USA, ca. 1980): vor Behandlung 300 ng/m³, unmittelbar nach Behandlung Mittelwert 2800 ng/m³, nach 6 Monaten 3300 ng/m³, nach 12 Monaten 5000 ng/m³ (n=3 Häuser) [11, 36]

Innenräume (Jacksonville, FL, USA, ca. 1986): <12-360 ng/m³, Mittelwert 180 ng/m³ (n=7 von 9 Wohnhäusern) [11]

Wohnräume von 12 Häusern (NJ, USA, ca. 1985): vor Termitizid-Behandlung <10-210 ng/m³, Mittelwert 40 ng/m³ (n=7 von 12) [11, 37]; 1 Woche nach Behandlung <10-940 ng/m³, Mittelwert 140 ng/m³ (n=10 von 12) [11, 37]; 3 Monate nach Behandlung <10-640 ng/m³, Mittelwert 150 ng/m³ (n=9 von 12) [11, 37]; 1 Jahr nach Behandlung <10-570 ng/m³, Mittelwert 130 ng/m³ (n=8 von 12) [11, 37]

Nebenräume von 12 Häusern (NJ, USA, ca. 1985): vor Termitizid-Behandlung <10-510 ng/m³, Mittelwert 120 ng/m³ (n=8 von 12) [11, 37]; 1 Woche nach Behandlung <10-5900 ng/m³, Mittelwert 1020 ng/m³ (n=9 von 12) [11, 37]; 3 Monate nach Behandlung <10-3900 ng/m³, Mittelwert 690 ng/m³ (?) (n=11 von 12) [37]; 1 Jahr nach Behandlung <10-3900 ng/m³, Mittelwert 880 ng/m³ (?) (n=? von 12) [37]

Niedere Tiere:

Muscheln (Lagune Mar Menor; Südost-Spanien, ca. 1998): 2,0-2,3 µg/kg [11]

Frösche (Thermaischer Golf, 1992-1993): max. 3,8 µg/kg TS, Mittelwert 1,46 µg/kg TS [11]

Geißelgarnelen (*Penaeus setiferus*, *Penaeus aztecus*; Calcasieu River/Lake Complex, LA, USA, ca. 1988):
max. 750 µg/kg [11]

Fische:

Aal (hessische Fließgewässer; D):

1999: < 10 µg/kg Fett (n=18) [1]

2000: < 10 µg/kg Fett (n=19) [1]

Schwarzer Zwergwels (*Ameiurus melas*; Garigliano, Süditalien, 1986): Mittelwert 10 µg/kg [11]

div. Fischarten (Volturno, Süditalien, 1986): Mittelwerte 5-20 µg/kg [11]

div. Fischarten (Calore, Sele, Süditalien, 1986): Mittelwert 5 µg/kg [11]

Barbe (*Barbus xanthopterus*; Shatt al-Arab, Irak, 1984): max. 13 µg/kg (Heptachlor+Heptachlorepoxyd) [11]

drei Fischarten (Manzala Lake, Ägypten, 1991): 1,2-3,6 µg/kg Frischmasse (n≥6) [11]

drei Fischarten (Nil, Ägypten, 1991): 1,0-5,2 µg/kg Frischmasse (n≥6) [11]

importierter Fisch (Makrelen; Kairo, Ägypten, ca. 1994): max. 145 µg/kg [11]

importierter Fisch (Sardinen; Kairo, Ägypten, ca. 1994): max. 220 µg/kg, Mittelwert 47 µg/kg [11]

div. Fische (Ägypten, 1985): 1-8 µg/kg Frischmasse [11]

Fische (USA, 1969-1976): Mittelwerte 0,2 µg/kg in einheimischen Fischen, < 0,1 µg/kg in importierten [11]

div. Süßwasser-Fischarten (USA, 1984): geometrischer Mittelwert 10 µg/kg Frischmasse (überwiegend Heptachlorepoxyd) [11]

Schwarze Makrele (*Seriolaella violacea*; Chile, ca. 1985): Mittelwert 900 µg/kg [11]

Vögel:

Silbermöwen (*Larus argentatus*; Insel Mellum, D, ca. 1987):

Eier 145 µg/kg [11]; Küken 5 Tage alt: 380 µg/kg [11]

Lachseeschwalbe (*Gelochelidon nilotica*; IT, 1982-1983):

10-700 µg/kg, Mittelwert 50 µg/kg [11]

Rallenreiherr (Squacco Heron, Nestlinge; Thermaischer Golf, 1992-1993): max. 6,1 µg/kg TS, Mittelwert 3,5 µg/kg TS [11]

Eier Forsterseeschwalbe (*Sterna forsteri*; Green Bay, WI, USA, ca. 1987): 30-300 µg/kg, Median 90 µg/kg [11]

Eier Forsterseeschwalbe (*Sterna forsteri*; Lake Poygan, WI, USA, ca. 1987): 10-30 µg/kg, Median 20 µg/kg [11]

Gehirngewebe Schellente (*Bucephala clangula*; Niagara River):

1984: 2,3-2,8 µg/kg, Mittelwert 2,6 µg/kg [11]

1985: 2,5-3,2 µg/kg, Mittelwert 2,8 µg/kg [11]

Säugetiere und Mensch:

Humanmilch (Baden-Württemberg, D):

1980: Heptachlorepoxyd Mittelwert 30 µg/kg Fett, Median < 10 µg/kg Fett [22]

1993: Heptachlorepoxyd Mittelwert 10 µg/kg Fett, Median 20 µg/kg Fett [22]

1996: Heptachlorepoxyd Mittelwert 10 µg/kg Fett, Median < 10 µg/kg Fett [22]

Humanmilch (D, 1973-1974): 30-370 µg/kg Fett (Heptachlor+Heptachlorepoxyd) [11]

Humanmilch (Wien, AT, 1977-1978): 10-13 µg/kg Fett (Heptachlor+Heptachlorepoxyd) [11]

Humanmilch (FR, 1971-1972): 60-1300 µg/kg Fett (Heptachlor+Heptachlorepoxyd) [11]

pasteurisierte Kuhmilch (ES, 1969-1976): Mittelwert < 100 ng/kg (n=9 von 4638) [11]

Humanmilch (Gesamtmilch; Irak, ca. 1979): <15-68 µg/kg, Mittelwert 51 µg/kg (n=905 von 1436) [11]

Humanmilch (Gesamtmilch; Kenia, 1979): 0,5 µg/L (Heptachlor+Heptachlorepoxyd) [11]

Humanmilch (Gesamtmilch; USA, ca. 1979): <66-128 µg/kg, Mittelwert 91 µg/kg (Heptachlor+Heptachlorepoxyd; n=905 von 1436) [11]

Humanmilch (NO-USA, 1975): 70 µg/kg Fett (Heptachlor+Heptachlorepoxyd) [11]

Humanmilch (SO-USA, 1975): 130 µg/kg Fett (Heptachlor+Heptachlorepoxyd) [11]

Humanmilch (SW-USA, 1975): 70 µg/kg Fett (Heptachlor+Heptachlorepoxyd) [11]

Humanmilch (NW-USA, 1975): 70 µg/kg Fett (Heptachlor+Heptachlorepoxyd) [11]

Humanmilch (Midwest USA, 1975): 90 µg/kg Fett (Heptachlor+Heptachlorepoxyd) [11]

Humanmilch (AB, Kanada):

1966-70: 2 µg/kg (Heptachlor+Heptachlorepoxyd) [11]

1977-78: 30 µg/kg (Heptachlor+Heptachlorepoxyd) [11]

Humanmilch (Mexiko, 1976): 10 µg/kg Fett (Heptachlor+Heptachlorepoxyd) [11]

Kuhmilch (USA, ca. 1995): Mittelwert 11 µg/kg (n=14 von 97) [11]

pasteurisierte Kuhmilch (ARG, 1988-1990): max. 310 µg/kg, Mittelwert 55 µg/kg (n=118 von 120) [11]

Pflanzen:

Karotten (nach 5 Jahren Applikation von 0,56 g/m²):
410 µg/kg [11]

Zuckerrübenschnitzel (Futtermittel; Chile, ca. 1985):
4-22 µg/kg [11]

Nahrungs- und Genussmittel:

adaptierte Babynahrung (ES, ca. 1993): Mittelwert 13,5 µg/L (n=4 von 45) [11]

Tee (BE, 1991-1993): max. 30 µg/kg, Mittelwert 2 µg/kg [11]

Backwaren (USA, 1969-1976): Mittelwerte 0,4-2 µg/kg (n>5) [11]

Käse (USA, 1969-1976): Mittelwert 0,1 µg/kg (Heptachlor+Heptachlorepoxyd; n=8 von 784) [11]

Getreidekörner (USA, 1969-1976): Mittelwert < 0,1 µg/kg (Heptachlor+Heptachlorepoxyd; n=2 von 947) [11]

einheimischer/s Wein und Gemüse (USA, 1969-1976): Mittelwert < 0,1 µg/kg (Heptachlor+Heptachlorepoxyd; n=12 von 2954) [11]

importierter/s Wein und Gemüse (USA, 1969-1976): Mittelwert 0,6 µg/kg (Heptachlor+Heptachlorepoxyd; n=8 von 4117) [11]

Mais und Maisprodukte (USA, 1969-1976): max. 19 000 µg/kg, Mittelwert 126 µg/kg (Heptachlor+Heptachlorepoxyd; n=10 von 280) [11]

Sojabohnen (USA, 1969-1976): 40 und 50 µg/kg, Mittelwert 40 µg/kg (Heptachlor+Heptachlorepoxyd; n=2 von 104) [11]

Sojabohnen (IL, USA):

1974: Mittelwert 5,3 µg/kg (Heptachlor+Heptachlorepoxyd) [11]

1980: Mittelwert 6,6 µg/kg (Heptachlor+Heptachlorepoxyd) [11]

Gemüse (Delhi, Indien, 1984-1986): Mittelwerte 1-42 µg/kg, grüne Erbsen 390 µg/kg (n>18) [11]

rotes Fleisch (USA, 1969-1976): Mittelwert 16 µg/kg (Heptachlor+Heptachlorepoxyd; n=3146 von 15 200) [11]

Geflügelfleisch (USA, 1969-1976): Mittelwert 13 µg/kg (Heptachlor+Heptachlorepoxid; n=1871 von 11 340) [11]

Geflügel (Kenia, 1980-1992): <10-30 µg/kg, Mittelwert < 10 µg/kg (n=16 von 105 [11])

ANGABEN ZUM UMGANG

Beständigkeit unter Laborbedingungen:

stabil

Toxizität:

Gefahr der Hautresorption [35]

LITERATUR UND ANMERKUNGEN

- [1] Ternes, T.; Weil, H.; Seel, P.: Belastungen von Fischen mit verschiedenen Umweltchemikalien in Hessischen Fließgewässern. Vergleichende Studie 1999-2000. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Wiesbaden: ca. 2002.
<http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/wasser/fliessgewaesser/Fischbericht.pdf>
- [2] Lei, Y.D.; Wania, F.; Mathers, D.; Mabury, S.A.: Determination of Vapor Pressures, Octanol–Air, and Water–Air Partition Coefficients for Polyfluorinated Sulfonamide, Sulfonamidoethanols, and Telomer Alcohols. *J. Chem. Eng. Data* 49 (2004) 1013-1022
- [3] Ivashechkin, P.: Literaturauswertung zum Vorkommen gefährlicher Stoffe im Abwasser und in Gewässern. AZ IV 9 – 042 059. Bericht des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und RWTH Aachen an das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Aachen: 2005
- [4] Verordnung über Anwendungsverbote für Pflanzenschutzmittel (Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung) vom 10.11.1992. BGBl I, S. 1887; zuletzt geändert durch Verordnung vom 25.11.2013, BGBl. I 2013, S. 4020
- [5] Richtlinie 2013/39/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft L 226/1-1797; 24.08.2013.
Anhang I, Anhang X: Liste prioritärer Stoffe im Bereich der Wasserpolitik;
Anhang II, Anhang I: Umweltqualitätsnormen für prioritäre Stoffe und bestimmte andere Schadstoffe.
Teil A: Umweltqualitätsnormen (UQN)
- [6] The Endocrine Disruption Exchange (TEDX): TEDX List of Potential Endocrine Disruptors.
<https://endocrinedisruption.org/interactive-tools/tedx-list-of-potential-endocrine-disruptors/search-the-tedx-list>. Stand Dezember 2017
- [7] Voutsas, E.; Vavva, C.; Magoulas, K.; Tassios, D.: Estimation of the Volatilization of Organic Compounds from Soil Surfaces. *Chemosphere* 58 (2005) 751-758
- [8] Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute e.V. (AGÖF): AGÖF-Orientierungswerte für mittel- und schwerflüchtige organische Verbindungen und Schwermetalle im Hausstaub. Fassung Frühjahr 2004. <http://www.agoef.de/orientierungswerte/agoef-hausstaub-orientierungswerte.html>
- [9] Haseman, J.K.; Huff, J.E.; Zeiger, E.; McConnell, E.E.: Comparative Results of 327 Chemical Carcinogenicity Studies. *Environ. Health Perspect.* 74 (1987) 229-235
- [10] Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Aktualisierte und überarbeitete Fassung. 2016. Stuttgart: Januar 2017.
http://www.lawa.de/documents/Geringfuegigkeits_Bericht_Seite_001-028_6df.pdf
- [11] Hazardous Substances Data Bank (HSDB) No. 1014. Heptachlor. CASRN: 76-44-8. Letzte Revision 24.06.2005. <http://toxnet.nlm.nih.gov/newtoxnet/hsdb.htm>. Stand Oktober 2017
- [12] Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) vom 20. Juni 2016; BGBl. I, S. 1373-1459

- [13] Veith, G.D.; DeFoe, D.L.; Bergstedt, B.V.: Measuring and Estimating the Bioconcentration Factor of Chemicals in Fish. *J. Fish. Res. Board Can.* 36 (1979) 1040-1048
- [14] Skark, C.; Kuhlmann, B.; Zullei-Seibert, N.: Verfeinerung und Validierung des Screenings nach trinkwasserrelevanten Chemikalien im Geltungsbereich der REACH-Verordnung. Sachverständigengutachten im Auftrag des Umweltbundesamtes. Institut für Wasserforschung GmbH. Schwerte: 2011
- [15] Knie, J.; Hälke, A.; Juhnke, I.; Schiller, W.: Ergebnisse der Untersuchungen von chemischen Stoffen mit vier Biotests. *Dt. Gewässerkd. Mitt.* 27 (1983) 77-79
- [16] Bruhn, T.; Gülden, M.; Ludewig, S.; Seibert, H.: Einstufung von Schadstoffen als endokrin wirksame Substanzen. Bericht im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA-Texte 65/99
- [17] Hannah, S.A.; Austern, B.M.; Eralp, A.E.; Wise, R.H.: Comparative Removal of Toxic Pollutants by Six Wastewater Treatment Processes. *J. Water Pollut. Control Fed.* 58 (1986) 27-34
- [18] Umweltbundesamt Berlin: Rigoletto. Katalog wassergefährdender Stoffe. <https://webriigoletto.uba.de/rigoletto/public/search.do>. Stand Februar 2018
- [19] Geyer, H.; Sheehan, P.; Kotzias, D.; Freitag, D.; Korte, F.: Prediction of Ecotoxicological Behaviour of Chemicals: Relationship Between Physico-Chemical Properties and Bioaccumulation of Organic Chemicals in the Mussel *Mytilus edulis*. *Chemosphere* 11 (1982) 1121-1134
- [20] United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), Office of Solid State and Emergency Response: Soil Screening Guidance: Technical Background Document. EPA/540/R95/128. Second Edition. Washington, D.C.: 1996
- [21] Ding, J.Y.; Wu, S.C.: Partition Coefficients of Organochlorine Pesticides on Soil and on the Dissolved Organic Matter in Water. *Chemosphere* 30 (1995) 2259-2266
- [22] Seidel, H.J.; Kaltenecker, S.; Waizenegger, W.: Rückgang der Belastung von Humanmilch mit ausgewählten chlororganischen Verbindungen. *Umweltmed. Forsch. Prax.* 3 (1998) 83-89
- [23] Ashby, J.; Tennant, R.W.: Chemical Structure, Salmonella Mutagenicity and Extent of Carcinogenicity as Indicators of Genotoxic Carcinogenesis Among 222 Chemicals Tested in Rodents by the U.S. NCI/NTP. *Mutat. Res.* 204 (1988) 17-115
- [24] Klein, W.; Herrchen, M.; Müller, M.; Storm, U.; Storm, A.: Hazard Ranking of Substances Relevant for the Aquatic Environment for 1993/94. Final Report of the Fraunhofer-Institute for Environmental Chemistry and Ecotoxicology. Schmallenberg: 1997
- [25] WIKIPEDIA, Die freie Enzyklopädie: Heptachlor. <https://de.wikipedia.org/wiki/Heptachlor>. Stand September 2017
- [26] United Nations Environment Programme (UNEP): Stockholm Convention. All POPs Listed in the Stockholm Convention. <http://www.pops.int/TheConvention/ThePOPs/AllPOPs/tabid/2509/Default.aspx>. Stand Januar 2018
- [27] U.S. Environmental Protection Agency: ECOTOXicology Database (ECOTOX). Version 4. Quick Database Query. Aquatic Report. CAS #/Chemical: 1024573 - 2,3,4,5,6,7,7-Heptachloro-1a,1b,5,5a,6,6a,-hexahydro-(2a alpha, 1b beta, 2 alpha, 5 alpha, 5a beta, 6 beta, 6a alpha-2,5-methano-2H-indeno[1,2-b]oxirene. 18 Einträge. Stand Oktober 2017. http://cfpub.epa.gov/ecotox/quick_query.htm
- [28] U.S. Environmental Protection Agency: ECOTOXicology Database (ECOTOX). Version 4. Quick Database Query. Aquatic Report. CAS #/Chemical: 76448 - 1,4,5,6,7,8,8-Heptachloro-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methano-1H-indene. 570 Einträge. Stand Oktober 2017. http://cfpub.epa.gov/ecotox/quick_query.htm
- [29] 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. <http://www.epa.gov/opptintr/exposure/pubs/episuitedl.htm>
- [30] Mittelwert für den Dampfdruck bei 25 °C aus
P = 0,031 Pa [2] und
P = 0,053 Pa [11, 25, 29, 31]:
P (25 °C)(n=2) = 0,042 Pa
- [31] Auergesellschaft GmbH (Hrsg.): Auer Technikum, 12. Ausgabe, Berlin, 1989
- [32] 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
- [33] VCI-Altstoffliste. Chemische Industrie - Zeitschrift für Chemie, Umwelt und Wirtschaft, Heft 4/88
- [34] Mittelwert für den Schmelzpunkt aus 95,5 °C [29] und 95-96 °C [11, 31]: Schmp. (n=2) = 95,5 °C
- [35] Deutsche Forschungsgemeinschaft, Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Mitteilung 53. MAK- und BAT-Werte-Liste 2017. Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte. Weinheim: Wiley-VCH 2017
- [36] Wright, C.G.; Leidy, R.B.: Chlordane and Heptachlor in the Ambient Air of Houses Treated for Termites. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 28 (1982) 617-623
- [37] Louis, J.B.; Kisselbach, K.C., Jr.: Indoor Air Levels of Chlordane and Heptachlor Following Termiticide Applications. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 39 (1987) 911-918
- [38] Ahmed, M.T.; Ismail, S.M.M.; Mabrouk, S.S.: Residues of Some Chlorinated Hydrocarbon Pesticides in Rain Water, Soil and Ground Water and Their Influence on Some Soil Microorganisms. Environ. Int. 24 (1998) 665-670