

Organische Schadstoffe

Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LCKW) und Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)

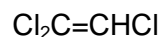
die wichtigsten Vertreter:

Trichlorethen (Tri), Tetrachlorethen (Per), 1,1,1 - Trichlorethan (TCE) und Dichlormethan (DCM), Trichlormethan(Chloroform), Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff),

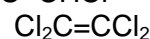
erweitert: Vinylchlorid, 1,2- Dichlorethan, cis 1,2 Dichlorethen, 1,4-Dichlorbenzol und 2,4,6-Trichlorphenol,

Strukturformeln:

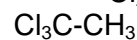
Trichlorethen



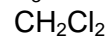
Tetrachlorethen



1,1,1 - Trichlorethan



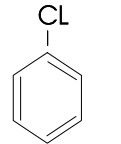
Dichlormethan



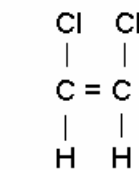
Trichlormethan (Chloroform)



Chlorbenzol

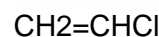


1,2 cis Dichlorethen



cis 1,2 Dichlorethen

Vinylchlorid



Eigenschaften:

durch hohen Dampfdruck leichtflüchtig,
höhere Dichte als Wasser, schwer entflammbar, relativ geringe chemische Reaktivität,
in reiner Form farblose Flüssigkeiten mit süßlichem Geruch,
Wasserlöslichkeit im g/L -Bereich, z.B.: Tetrachlormethan=0,8g/L (25°C),
Dichlormethan=20g/L (20°C); Trichlorethen=1g/L (20°C)

Verwendung:

LCKW werden in großen Mengen vorwiegend als Lösungsmittel für unpolare Stoffe verwendet. Sie werden in vielen Produktionsprozessen eingesetzt, z. B. bei der Reinigung von Metalloberflächen, bei der Zellstoff- und Papierherstellung, in Gießereien, in kunststoffverarbeitenden Betrieben und in chemischen Reinigungen.
in zahlreichen Produkten enthalten, z. B. Kaltreiniger, Abbeizmittel, Klebstoffprodukte, Lacke und Farben.

Quellen:

Aufgrund ihres hohen Dampfdruckes gelangt nahezu die gesamte produzierte Menge dieser Lösungsmittel irgendwann über die Luft oder den Abfall in die Umwelt.

Mobilität:

- chemisch-physikalischen Eigenschaften der einzelnen LCKW-Vertreter sind sehr unterschiedlich, keine allgemeingültigen Aussagen, sondern nur Tendenzen möglich:
- LCKW werden leicht bis mäßig im Boden gebunden ($K_{OC} = 7 - 360 \text{ L/kg}$). Bindung erfolgt hauptsächlich durch organische Substanzen.
- je niedriger die Wasserlöslichkeit, desto höher ist i. d. R. seine Sorption im Boden.
- Generell kann gesagt werden, dass die Sorption an Feststoffen mit dem Gehalt an organischem Kohlenstoff zunimmt
- gesättigte LCKW (Alkane) werden generell schwächer gebunden als ungesättigte (Alkene).
- im allgemeinen sind LCKW relativ gut wasserlöslich. Daher werden sie leicht mit dem Bodenwasser in tiefere Bodenschichten bis hin zum Grundwasserleiter transportiert. Die Abwärtsbewegung der LCKW erfolgt allerdings meistens schneller über die Bodenluft als mit dem Bodenwasser.
- ihre hohen Dampfdrücke begünstigen ihren Übergang in die Bodenluft, über die sie nicht nur bis zum Grundwasserleiter vordringen, sondern auch in die Atmosphäre entweichen. Einige LCKW können Betonwände und Kanalisationsrohre durchdringen und so in die Umwelt gelangen

Verhalten im aquatischen System:

Im Grundwasser werden hauptsächlich die chlorierten aliphatischen Kohlenwasserstoffe Dichlormethan, Tetrachlormethan, 1,2-Dichlorethan, 1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen und Vinylchlorid sowie die einkernigen aromatischen Kohlenwasserstoffe Chlorbenzol, 1,2-Dichlorbenzol, 1,3-Dichlorbenzol, 1,4-Dichlorbenzol und 2,4,6-Trichlorphenol nachgewiesen. Aufgrund ihrer hohen Persistenz und ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften sind Boden- und Grundwasserverunreinigungen mit LHKW weit verbreitet.

Persistenz:

sehr langsamer Abbau;
 in der Atmosphäre photochemisch; im Boden mikrobiologischer Abbau sowohl unter anaeroben als auch unter aeroben Bedingungen.

Toxizität:

Manche LCKW zeigen eine starke Lebergiftigkeit und stehen im Verdacht, kanzerogen zu sein.

- beim Einatmen eine narkotische Wirkung; führt in höheren Konzentrationen zur Bewusstlosigkeit. Kurzzeitige Exposition mit relativ hohen Dosen beeinflussen das Nervensystem. Dazu gehören Kopfschmerzen, Übelkeit, Schwindelgefühl und narkotische Effekte, aber auch Atemnot, Herzrhythmusstörungen und Blutdruckschwankungen. Einige Verbindungen reizen den Atemtrakt, die Augen und/oder die Haut.

Langzeitexposition führen zu Schäden am zentralen Nervensystem, an Leber und Niere.

Viele Verbindungen sind krebserregend. Trichlorethen und Vinylchlorid sind humankanzerogen Dichlormethan, Tetrachlormethan, 1,2-Dichlorethan, Tetrachlorethen, 1,4-Dichlorbenzol und 2,4,6-Trichlorphenol sind im Tierversuch kanzerogen und als mögliche Humankanzerogene eingestuft.

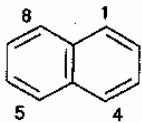
Zielorgan der krebserzeugenden Wirkung ist hauptsächlich die Leber. Aber auch Nieren-, Lungen-, Brust- und Keimdrüsentumoren sowie Leukämie werden beobachtet.

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) auch PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)

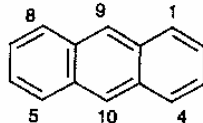
Eine Gruppe von ca. 280 aromatischen Kohlenwasserstoffen, die aus mindestens drei kondensierten Benzolringen bestehen und bei denen außer Kohlenstoff nur noch Wasserstoff vorkommt.

Alle PAK-Vertreter lassen sich auf die fünf Grundbausteine: Anthracen, Fluoranthren, Pyren und Chrysen zurückführen, nach EPA gehören zu den PAK :

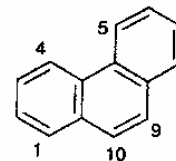
- | | |
|-----------------|-----------------------------------|
| 1) Naphthalin | 9) Benz(a)anthracen |
| 2) Acenaphtylen | 10) Chrysen auch Benzophenanthren |
| 3) Acenaphten | 11) Benzo(b)fluoranthren |
| 4) Fluoren | 12) Benzo(k)fluoranthren |
| 5) Phenanthren | 13) Benzo(a)pyren |
| 6) Anthracen | 14) Dibenz(ah)antracen |
| 7) Fluoranthren | 15) Benzo(ghi)perylen |
| 8) Pyren | 16) Indeno(1,23-cd)pyren |



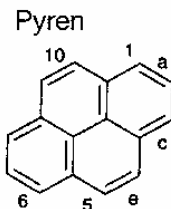
Naphthalin



Anthracen

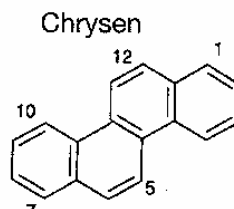


Phenanthren



Pyren

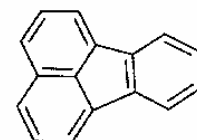
nicht toxisch



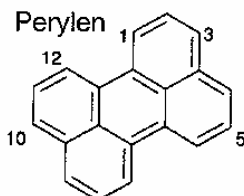
Chrysen

schwach toxisch

Fluoranthren

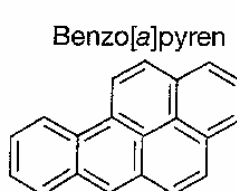


nicht toxisch



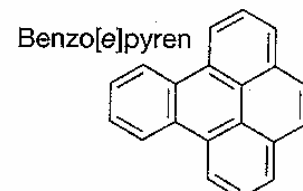
Perylen

nicht toxisch



Benzo[a]pyren

stark toxisch



Benzo[e]pyren

schwach toxisch

Struktur einiger Benzolhomologen und umweltrelevanter polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK)

wassergütemwirtschaftliche Bedeutung haben:

- | | |
|---|---|
| 1. Fluoranthen
$C_{16}H_{10}$
gelbliche Nadeln oder Plättchen | 4. Benzo(k)fluoranthen
$C_{20}H_{12}$
gelbliche, nadelförmige Kristalle |
| 2. Benzo(a)pyren
$C_{20}H_{12}$
gelbliche, nadelförmige Kristalle | 5. Benzo(ghi)perylen
$C_{22}H_{12}$
gelbgrüne Plättchen |
| 3. Benzo(b)fluoranthen
$C_{20}H_{12}$
nadelförmige Kristalle | 6. Indeno(1,2,3-cd)pyren
$C_{22}H_{12}$
gelbe Plättchen |

Quellen:

- im Erdöl, Bitumen und Teer;
- entstehen vor allem als Nebenprodukt bei (unvollständigen)Verbrennungsprozessen
- wichtige Quellen von PAK- Emissionen sind:
 - Verbrennung fossiler Brennstoffe wie Öl, Kohle, Holz, Benzin, Dieselöl (in Kraftwerken, Motoren und Heizungsanlagen),
 - Verbrennung von Abfall
 - Industrielle Prozesse (u. a. Asphaltproduktion, Koksherstellung, Gaswerke),
 - Zigarettenrauch,
 - Holzimprägniermittel,
 - Waldbrände und
 - Räuchern von Fleisch.

Eigenschaften:

zumeist fest
weisen hydrophobe Eigenschaften auf und sind daher nur wenig wasserlöslich ($\mu\text{g/l}$ -Bereich),
die Wasserlöslichkeit nimmt mit der Zahl der C-Ringe ab,
bestimmte Zusätze wie Coffein oder Ascorbinsäure können die Wasserlöslichkeit drastisch erhöhen,
adsorbieren stark an Staub und Rußpartikeln,
in vielen organischen Lösungsmitteln gut löslich

Persistenz:

Die Halbwertszeit für den Abbau von PAK im Boden liegt zwischen 2 und 700 Tagen
in der Regel sind PAK schwer abbaubar.
folgende Abbauwege sind möglich:

- in der Luft durch Ozon und photolytische Spaltung (Sonnenlicht),
- im Boden durch Bakterien und Pilze und
- im Säugetierorganismus durch Enzyme.

Toxizität:

- Aufgrund ihrer lipophilen Eigenschaften reichern sich die PAK in der Nahrungskette an.
 - keine akute Toxizität
 - Unter den 40 ökologisch bedeutenden PAK erweisen sich gegenüber Warmblütern 11 als starke und 10 als schwache Karzinogene oder Mutagene.
- Das **Benzo(a)pyren** wird zu den am **meisten krebserregenden Stoffen** gezählt.

Mobilität:

Adsorbiert an Staub- und Rußpartikeln werden die PAK über große Strecken transportiert und ubiquitär verteilt. Sie werden im Boden stark adsorbiert, bevorzugt an den Huminstoffen des Bodens.

- adsorbiert an Kolloide (z. B. Huminstoffe) können die PAK trotz der starken Adsorption im Boden mit dem Bodenwasser verlagert werden.
- Bei hoher Kontamination können die PAK bis zum Grundwasser gelangen.
- Erhöhung der Mobilität durch grenzflächenaktive Substanzen (z. B. Tenside) möglich,
- Eine Grundwassergefährdung ist bei schwach belasteten und humushaltigen Böden i. d. R. nicht zu erwarten.

Verhalten im aquatischen System:

Über Niederschläge, Abschwemmungen und Abwässer gelangen PAK in die Gewässer. PAK kommen im Wasser überwiegend ungelöst vor, wobei sie an Feststoffen adsorbiert sind. In Sedimenten sind daher in der Regel PAK nachzuweisen.

eine Konzentrationsminderung in Abwässern ist nach einem chemischen Abbau durch Oxidationsmittel durch Aktivkohlebehandlung möglich

3. Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW)

Mineralölkohlenwasserstoffe sind Gemische aus verschiedenen aliphatischen und alizyklischen Kohlenwasserstoffen, die geringe Mengen aromatischer Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Naphthalin etc.) und verschiedene Heteroverbindungen enthalten. Zu den Mineralölen gehören die durch Destillation von Erdöl gewonnenen Fraktionen: Benzin (C₅-C₁₂); Kerosin, Dieselkraftstoff (C₁₂-C₂₀); Motorenöl (C₁₉-C₃₅) und Heizöl

Eigenschaften:

Mineralöle sind wenig wasserlöslich und mit Wasser nicht mischbar, Kurzkettige Alkane, wie sie überwiegend im Benzin(C₅-C₁₂) vorkommen, haben einen hohen Dampfdruck und eine geringe Viskosität geringere Dichte als Wasser und schwimmen deshalb auf Wasser nicht verseifbar (d.h. im weiteren Sinn keine hydrolytische Zerlegung des organischen Moleküls)

Quellen:

hauptsächlich durch Leckagen von Öltanks und Ölleitungen, beim Betanken von Fahrzeugen, bei der Deponierung von Ölschlämmen, bei Transportunfällen

Mobilität:

es gibt verhältnismäßig wenige Angaben über das Verhalten von Mineralölen im Boden, mit Bodenbestandteilen u. a. organischen Substanz gehen sie Bindungen ein und werden daher in humusreichen Böden relativ gut festgehalten, durch den hohen Dampfdruck entweichen sie leicht in die Atmosphäre, oder sie werden mit dem Sickerwasser verlagert

Persistenz:

Kurzkettige Alkane verhältnismäßig gut mikrobiologisch abbaubar, Bakterien und Pilze sind hierzu in der Lage. Bodenkontaminationen durch Benzin sind deshalb verhältnismäßig leicht zu beseitigen. Mit mechanischen Belüftungsverfahren wird die mikrobiologische Aktivität des Bodens angeregt. Dieselkraftstoff, Heizöl und Schweröl nur schlecht mikrobiologisch abbaubar, weil sie langkettige Alkane und stark adsorbierende Aromaten und Heteroverbindungen enthalten. Zum Teil dauert der vollständige Abbau solcher Mineralöle bis zu 50 Jahre. Dementsprechend sind derartige Bodenverseuchungen schwieriger zu entfernen.

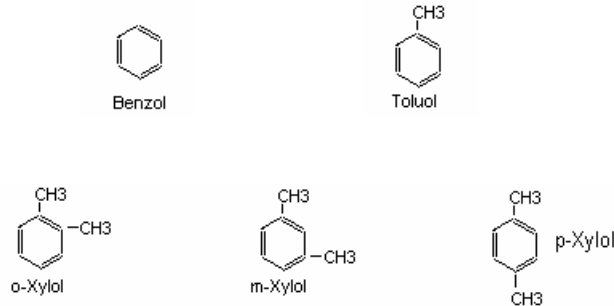
Gefährdungspotential:

Mineralölkontaminationen stellen eine Gefahr für das Grundwasser dar. Die Öle können in tiefere Bodenschichten bis hin zum Grundwasser verlagert werden und gelangen so möglicherweise ins Trinkwasser. Bereits Spuren im Wasser führen zu einer erheblichen Geschmacksveränderung.

BTX (Benzol, Toluol und Xylol)

Zu den BTX gehören die aromatischen Kohlenwasserstoffe **Benzol, Toluol und Xylol**

Strukturformeln:



Chemisches Verhalten im Boden:

- hohe Flüchtigkeit - größter Anteil der emittierten BTX geht in die Atmosphäre
- größere Mengen BTX i. d. R. nur in den Boden bei Leckagen von Tanks, Leitungen und Deponien, oder bei Mineralölnfällen.
- BTX sind relativ gut wasserlöslich.
- Bindung an Bodenpartikeln nur mäßig. Wenn überhaupt, dann werden sie über Wasserstoffbrückenbindungen an Huminstoffe und Tonminerale gebunden.
- Die Sorption nimmt in der Reihenfolge Benzol, Toluol, Xylol zu.

Mobilität:

- aufgrund ihrer relativ guten Wasserlöslichkeit und ihres hohen Dampfdruckes sehr mobil. Im Boden werden sie entweder gelöst im Bodenwasser, adsorbiert an gelösten Fulvosäuren oder gasförmig mit der Bodenluft verlagert.
- BTX zählen zu den wassergefährdenden Stoffen häufig in der Nähe von Deponien Nachweis im Grundwasser

Abbau:

- BTX sind persistenter als Kohlenwasserstoffketten, aber weniger persistent als polyzyklische Aromaten (PAK).
- in der Atmosphäre und im Boden relativ schnell und leicht abbaubar
 - Ihr Potential, sich in der Umwelt anzureichern, ist daher vergleichsweise gering
 - Abbau im Boden vorwiegend mikrobiologisch unter aeroben Bedingungen

Toxizität:

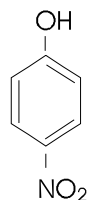
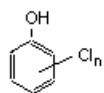
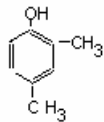
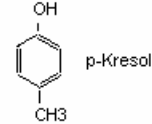
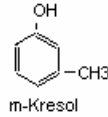
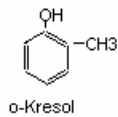
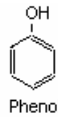
- Der Mensch nimmt BTX überwiegend durch Inhalation auf.
- Beim Einatmen hoher Konzentrationen (> 1000 ppm) treten spezifische Symptome wie z. B. Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwindel, Übelkeit, Erbrechen, Schlafstörungen, Koordinationsstörungen, Hauterkrankungen und Bewusstlosigkeit auf.
 - Bei chronischer Exposition reichert sich Benzol im Knochenmark und Fettgewebe an.
 - Benzol ist kanzerogen** und steht im Verdacht, Leukämie auszulösen.

Phenole

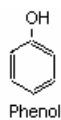
Mit dem Begriff Phenole werden neben dem eigentlichen Phenol auch die Kresole, Xylenole und andere Abkömmlinge mit erfasst.

nach EPA: 2,4- Dimethylphenol;
 2,4- Dichlorphenol;
 2,4,6 Trichlorphenol;
 Pentachlorphenol;
 4-Nitrophenol;
 2-Nitrophenol;
 2;4-Dinitrophenol;
 2-Methyl-4,6-dinitrophenol;
 2-Chlorphenol;
 4-Chlor-3-methylphenol

Strukturformeln:



Phenol



Quellen:

Phenol wird in großen Mengen (weltweit ca. 4 Mio. t/a) synthetisiert. entsteht auch bei der unvollständigen Verbrennung von Kraftstoffen und anderen org. Materialien

z. B. Holz, Kohle, Erdöl.

- geschätzter Anteil in der Umwelt ca. 2,5% der Produktion.

Phenol ist ein Bestandteil des Steinkohlenteers und des Imprägniermittels für Eisenbahnschwellen.

Verwendung:

- vorwiegend zur Herstellung von Phenolharzen und Kunststoffen (Zwischenprodukt Caprolactam),
- weiterhin zur Synthese von Farbstoffen, Arzneimitteln, Pestiziden, Weichmachern, Leimen und Riechstoffen sowie zur Herstellung von Hartgewebe und Schaumstoffen.

Mobilität:

- leicht wasserlöslich, deshalb ist mit großer Mobilität im Boden ist zu rechnen
Es kann zu Einwaschungen in tiefere Schichten und zur Verunreinigung von Grundwasser kommen.
- Flüchtigkeit von der Bodenoberfläche wird mit 39 Tagen angegeben, aus Deponien mit Abdeckung
in 333 Jahren 75%.
- Adsorbierbarkeit in Böden: K_{OC} -wert von 27 bis 91.

Toxizität:

- Phenol ist ein starkes Plasmagift, wobei chronische Vergiftungen zu einer Veränderung des Blutbildes sowie zu Nierenschäden führen.
- auf der Haut in hohen Konzentrationen stark ätzend.
- Bei der Chlorung von Abwässern entstehen die giftigen Produkte 2 - und 4- Chlorphenol sowie höhere Chlorphenole

Abbau:

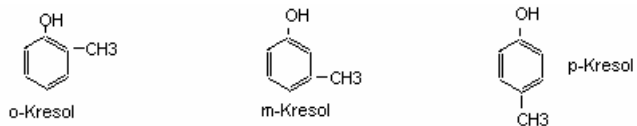
- Phenol biologisch leicht abbaubar.
- in erdigen Aufschlammung wurde völliges Verschwinden nach > 2 Tage festgestellt
- in Gegenwart von Pflanzen werden 3-5 mg/L/kg und Tag abgebaut.

Kresole

Die drei stellungsisomeren Hydroxy-Derivate des Toluols werden als Kresole bezeichnet. Sie treten im Stein und Braunkohlenteer auf.

Summenformel: $C_7 H_{11} O$

Strukturformeln:



Weitere Bezeichnungen

- ortho-Kresol, o-Kresol; 2-Kresol; Phenol, 2-methyl; 2 Hydroxytoluol
- meta-Kresol, m-Kresol; 3-Kresol; Phenol, 3-methyl; 3 Hydroxytoluol
- para-Kresol, p-Kresol; 4-Kresol; Phenol, 4-methyl; 4 Hydroxytoluol

Eigenschaften, Vorkommen, Verwendung:

während p- und m- Kresol bei 25°C flüssig sind, ist p- Kresol bereits fest (Smp.: (35°C), p- Kresol riecht durchdringend „nach Teer“;
 neben der Synthese kommen die Kresole in Mineralölen, Kohle sowie Holz vor und sind Bestandteil der Kfz -abgase
 - verwendet werden o- und m- Kresol als Desinfektionsmittel, Antioxidans für Lebensmittel
 - Zwischenprodukt bei der Herstellung von Riech- und Farbstoffen, Kunststoffweichmachern und Antiseptikum

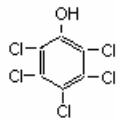
			o- Kresol	m- Kresol	p- Kresol
Siedepunkt	°C	:	191,1	202	201,9
Dampfdruck	in Pa bei 20°C	:	24	9,2	(fest)
Wasserlöslichkeit	in mg/l bei 20°C	:	24,5	23	185

Toxizität:

Kanzerogenität nicht klassifizierbar

Pentachlorphenol (PCP)

Strukturformel:



Pentachlorphenol (PCP)

Eigenschaften, Vorkommen, Anwendung:

- gehört in die Gruppe der chlorierten aromatischen Kohlenwasserstoffe
- bildet farblose Kristalle
- chemisch gesehen ist Pentachlorphenol ein schwach saures Phenol, das mit Alkalien, Ammonium und organischen Basen gut wasserlösliche Salze bildet.
- Wasserlöslichkeit von PCP ist pH-Wert abhängig: pH = 7 nur 2 g/l bei 20°C
 pH = 5 22 g/l bei 20°C (Natriumsalz)

Pentachlorphenol gelangt durch seine Verwendung als Algizid, Fungizid, Desinfektionsmittel, Lederschutzmittel und Holzschutzmittel in die Umwelt.

- seit 1986 ist PCP als Pflanzenbehandlungsmittel in Deutschland verboten
- seit Dezember 1989 besteht für Deutschland ein Totalverbot von PCP u. PCP- Natrium sowie von Erzeugnissen, welche mit diesen Stoffen behandelt worden sind.
- früher (1979-1984) wurden in Deutschland 2480 t PCP produziert

Toxizität:

- PCP wirkt als Zellgift
- wird vorwiegend durch die Lunge, die Haut und den Magen- Darm- Trakt aufgenommen
- bei pflanzlichen Mikroorganismen kommt es zur Hemmung der Photosynthese.
- auf Fische wirkt PCP und sein Natriumsalz stark toxisch

Polychlorierte Biphenyle (PCB)

- insgesamt 209 polychlorierte Biphenyle mit unterschiedlichem Chlorierungsgrad, bis zu dem vollständigen Decachlorbiphenyl möglich

Eigenschaften, Vorkommen, Anwendung:

- PCB besitzen eine hohe Viskosität und einen hohen Siedepunkt
- chemisch sehr stabil und schwer entflammbar
- fanden Verwendung als Isolier- und Kühlmittel für Kondensatoren und Transformatoren, als Kunststoffweichmacher, als Hydraulikflüssigkeit sowie als Flammhemmittel.
- Herstellung durch Chlorierung von Biphenyl, wobei ein Gemisch verschiedener PCB entsteht.
- Produktgemisch wurde unter den Handelsnamen wie Aroclor, Phenoclor und Clophen vermarktet

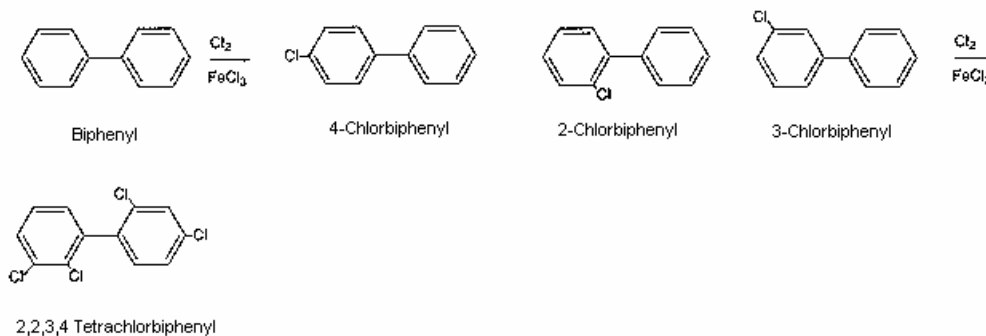


Abb.4 Synthese von polychlorierten Biphenylen

Quellen:

- in der Natur nicht biochemisch synthetisiert; - ausschließlich anthropogenen Ursprungs
- Produkte sind immer eine Mischung aus mehreren Kongeneren, bei deren Herstellung in Spuren auch hochgiftige Dioxine und Furane entstehen
- Seit 1985 ist das Inverkehrbringen von PCB und PCB-haltigen Stoffen in der EU generell verboten

Trotz des Anwendungsverbotes werden nach wie vor PCB bei der Entsorgung der vorhandenen PCB-haltigen Produkte in die Umwelt emittiert

- besondere Gefahr stellt bei der Verbrennung die Bildung von Furanen dar.

Mobilität:

- PCB sind hydrophobe, wenig wasserlösliche Verbindungen (0,0001 - 6 mg/L)
- im Boden überwiegend an die hochmolekularen Huminstoffe gebunden
- Sorption nimmt mit abnehmender Wasserlöslichkeit und steigendem Chlorierungsgrad zu
- Sorptionsfähigkeit der Böden nimmt mit steigendem pH-Wert ab
- hohe Humus- und Eisenoxidgehalte wirken sich positiv auf die Sorption aus
- der Tongehalt des Bodens hat keinen Einfluss auf die Sorption
- Aufgrund der hohen Sorption und der niedrigen Wasserlöslichkeit ist die Mobilität im Boden sehr gering

Persistenz:

- beträchtliche Persistenz - vor allem die hochchlorierten Derivate
- Halbwertszeit ihres Abbaus nimmt mit dem Chlorierungsgrad zu (zwischen 8 und mehr als 365 Tagen)

dadurch noch relativ hohe Konzentrationen in der Umwelt; ansatzweise ist der Trend zu beobachten, dass die PCB-Gehalte in der Umwelt langsam sinken.

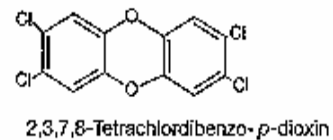
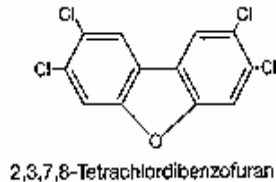
Toxizität:

- akute Toxizität der PCB ist gering
- unter normalen Umweltbedingungen außerordentlich stabil
- aufgrund ihrer Lipophilie Anreicherung entlang der Nahrungskette im Fettgewebe
- ruft beim Menschen zahlreiche **chronische** Krankheiten hervor, wie z. B. „Chlorakne“, Leberzellenvergrößerung, Nervenschäden, Kopfschmerzen, Enzymschädigung
- es besteht Verdacht auf Kanzerogenität
- besondere Gefahren bei der Verbrennung von PCB, wo sich hochgiftige Furane bilden können.

Das 2,3,7,8 -Tetrachlordibenzofuran ist das toxischste dieser Gruppe und ist mit 2,3,7,8 -Tetrachlordibenzodioxin zu vergleichen

Dioxine und Furane (PCDD und PCDF)

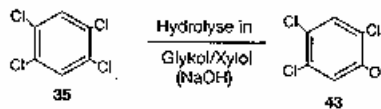
Dioxine (PCDD= Polychlorierte Dibenzodioxine) und Furane (PCDF = Polychlorierte Dibenzofurane) gehören zu den halogenierten aromatischen Kohlenwasserstoffen
 - insgesamt 135 Dioxine und 75 Furane, die sich durch Anzahl und Stellung der Chloratome unterscheiden.



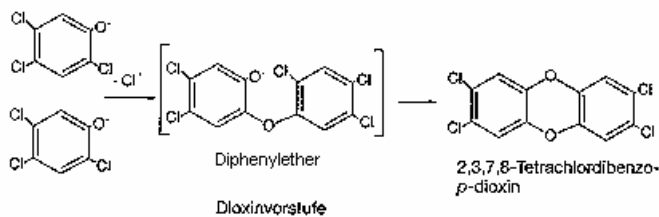
Quellen:

- Dioxine und Furane sind unerwünschte Nebenprodukte zahlreicher industrieller Prozesse. z. B. Herstellung von chlorierten Chemikalien: z. B. chlorierten Herbiziden, Chlorphenolen, PCB und dem Holzschutzmittel PCP,
- entstehen auch, wenn organischer Kohlenstoff in Gegenwart einer Chlorquelle bei einer bestimmten Temperatur verbrannt wird:
- Verbrennung von Benzin, Diesel, Holz und Abfall im Temperaturbereich zwischen 300 und 600°C,
- Kupferkabelrecycling. (Die PVC-Ummantelung liefert das Chlor, das Cu wirkt zusätzlich katalytisch)

Synthesereaktion bei 150 °C:



unerwünschte Konkurrenzreaktion, die bei 230–260 °C auftritt:



Die Bildung von Dioxin während der Herstellung von 2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure (2,4,5-T)

Dioxine und Furane gelangen über den Klärschlamm, den Kompost, die Luft und beim Gebrauch von verunreinigten chlorierten Chemikalien (z. B. Herbizide, PCP, PCB) in die Böden.

Mobilität:

- Dioxine und Furane besitzen eine extrem niedrige Wasserlöslichkeit, die mit zunehmendem Chlorierungsgrad abnimmt.
- sie werden daher sehr stark im Oberboden gebunden
- Bindung erfolgt überwiegend durch die organische Substanz der Böden. Pflanzen nehmen Dioxine aus dem Boden nur in sehr geringem Maß auf.
- Dioxine und Furane sind äußerst immobile Verbindungen. Nur niederchlorierte PCDD/PCDF gelangen in tiefere Bodenschichten.
- in Gegenwart von Fulvosäuren nimmt ihre Wasserlöslichkeit und damit ihre Mobilität zu.

Persistenz:

- Dioxine und Furane sind sehr beständige Verbindungen.
- im Boden extrem langsamer Abbau
- Halbwertszeit nimmt mit dem Chlorierungsgrad zu und schwankt zwischen 3 Jahren und mehreren Jahrzehnten
- neigen dazu, sich im Boden anzureichern

Toxizität:

- weisen eine hohe Toxizität auf
- das 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin (2,3,7,8-TCDD) zählt zu den giftigsten anthropogenen Substanzen
- folgende Symptome sind nach Einwirkung hoher TCDD-Mengen beobachtet worden:
Chlorakne, Leberschäden, Kopfschmerzen, Beeinträchtigung des Wahrnehmungsvermögens, Stoffwechselstörungen, Erbrechen und Durchfall

Pflanzenschutzmittel (Pestizide)

mit der breiten Anwendung der Pestizide in der Landwirtschaft wurde der Begriff "Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel" (PBSM) gebräuchlich

Eigenschaften, Verwendung:

- Vielzahl von Pflanzenschutzmitteln mit zum Teil sehr unterschiedlichen Eigenschaften aus den unterschiedlichsten Stoffgebieten der org. Chemie
- neben Kohlenstoff und Wasserstoff können diese Verbindungen z. B. ein oder mehrere Atome Chlor, Stickstoff, Schwefel und/oder Phosphor enthalten
- weisen z. T. toxische Eigenschaften auf (man spricht dann von Bioziden), oder greifen negativ in Entwicklungsprozesse ein
- verfügen vielfach über eine hohe Mobilität und Persistenz sowie eine Bereitschaft zu Akkumulation
- bei verschiedenen Pestiziden besteht Verdacht auf Karzinogenität

Tabelle: Bezeichnung von Pestiziden für die Bekämpfung unerwünschter Organismen

Zur Bekämpfung von	eingesetzte Pestizide
Bakterien	Bakterizide
Pilzen	Fungizide
Algen	Algizide
Spinnmilben	Akarizide
Insekten	Insektizide
Unkräuter	Herbizide
Schnecken	Molluskizide
Fadenwürmer	Nematizide
Nagetiere(Ratte,Maus)	Rodentizide

Persistenz:

- unterscheiden sich stark in ihrer biologischen und chemischen Abbaubarkeit z.B. die Phenoxyfettsäuren, die organischen P- Ester und die Carbamate in weniger als 18 Wochen weitgehend abgebaut, während Pentachlorphenol sowie die Mehrzahl der chlorierten Kohlenwasserstoffe teilweise über Jahre nachweisbar bleiben
- Aldrin, Chlordan und Endosulfan werden etwas leichter als Heptachlor und Lindan und vor allem DDT abgebaut
- bei den Harnstoffderivaten werden Linuron und Monolinuron rascher als Monuron und Diuron abgebaut.
- Intensität des Abbaus sehr stark abhängig von den Standortbedingungen, Hauptfaktor ist die Temperatur

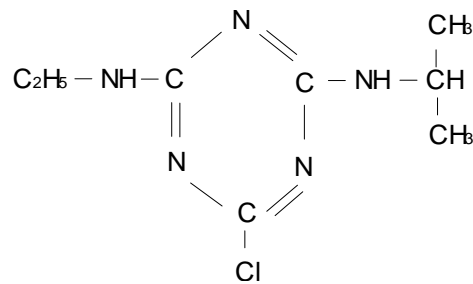
Mobilität:

- Betrachtung als Abwärtsbewegung im Boden und damit als Gefahr einer Grundwasserkontamination
- Mobilität hängt ab von der Sorbierbarkeit eines Stoffes durch Humus, Tonminerale und Sesquioxide aber auch von den Boden- und Klimaeigenschaften des Standortes
- zwischen den einzelnen Pestiziden große Unterschiede in der Wasserlöslichkeit
- hohe Löslichkeit von 700 g Wirkstoff je Liter Wasser besitzen die kationisch aktiven Bipyridylderivate, die Triazole, die Phenoxyfettsäuren, Benzoessäuren und Picolinsäure-abkömmlinge

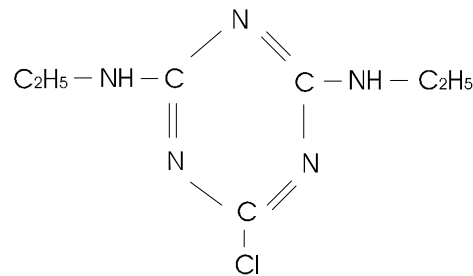
- unter 1 mg/l wenig löslich sind viele der chlorierten Kohlenwasserstoffe (z.B. DDT und Aldrin).

In der Regel sind die leicht löslichen Stoffe auch leicht abbaubar, weil sie in der Bodenlösung in höheren Konzentrationen vorliegen können und somit dem chemischen und mikrobiellen Abbau proportional besser ausgesetzt sind. Schwerlösliche Verbindungen werden meist auch stark gebunden. Daraus ergibt sich zwar eine geringe Wanderungsfähigkeit und damit geringe Möglichkeit der Grundwasserkontamination, aber gleichzeitig auch eine starke Tendenz zur Anreicherung im Boden.

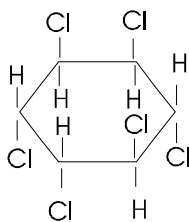
einige Vertreter der PSM:



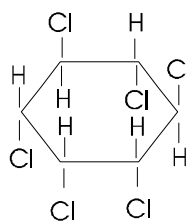
Atrazin



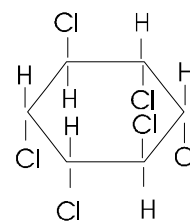
Simazin



α Hexachlorcyclohexan



β Hexachlorcyclohexan



γ Hexachlorcyclohexan
(Lindan)