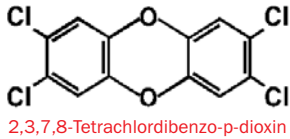


## Polyhalogenierte Dibenzo-p-dioxine (PHDD) und Dibenzofurane (PHDF)

Die Gruppe der polyhalogenierten Dibenzo-p-dioxine und polyhalogenierten Dibenzofurane umfasst insgesamt 210 Einzelstoffe (75 PHDD, 135 PHDF). Diese umgangssprachlich "Dioxine" genannte Stoffgruppe kommt fast immer als Gemisch in unterschiedlicher Zusammensetzung vor. Die Entstehung erfolgt durch unvollständige Verbrennung und Pyrolyse chlor- und bromorganischer Stoffe (z.B. Abbrand von PVC) oder anorganischer Chloride oder Bromide in Kombination mit organischem Material. Die Feststoffe PHDD/F lagern sich analog zu den PAK im Kondensat auf Oberflächen ab und sind ebenso adsorptiv an Ruß- bzw. Brandrückstände gebunden. Die akute und chronische Toxizität der Vielzahl an Einzelverbindungen ist sehr unterschiedlich und kann bis zu einem Faktor von 10000 variieren. Zur Abschätzung der Toxizität von Gemischen polychlorierter Dibenzodioxine und -furane wurden daher Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEF) eingeführt, wobei dem als sehr giftig und krebserzeugend eingestuftem 2,3,7,8-TCDD („Seveso-Gift“) als Vertreter mit der höchsten Giftigkeit ein TEF von 1 zugeordnet wurde.



lagern sich analog zu den PAK im Kondensat auf Oberflächen ab und sind ebenso adsorptiv an Ruß- bzw. Brandrückstände gebunden. Die akute und chronische Toxizität der Vielzahl an Einzelverbindungen ist sehr unterschiedlich und kann bis zu einem Faktor von 10000 variieren. Zur Abschätzung der Toxizität von Gemischen polychlorierter Dibenzodioxine und -furane wurden daher Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEF) eingeführt, wobei dem als sehr giftig und krebserzeugend eingestuftem 2,3,7,8-TCDD („Seveso-Gift“) als Vertreter mit der höchsten Giftigkeit ein TEF von 1 zugeordnet wurde.

### Persönliche Schutzausrüstung

Neben der inhalativen Aufnahme (z.B. Russpartikel) ist aufgrund der fettlöslichen (lipophilen) Eigenschaft der genannten Verbindungen auch eine Resorption über die Haut möglich. Daher wird beim Betreten einer kalten Brandstelle mindestens folgende Persönliche Schutzausrüstung (PSA) empfohlen:

- Einweganzug (Kategorie III, Typ 5/6)
- Schutzhandschuhe
- Schutzbrille
- Partikelfiltrierende Atemschutzmaske (P3)



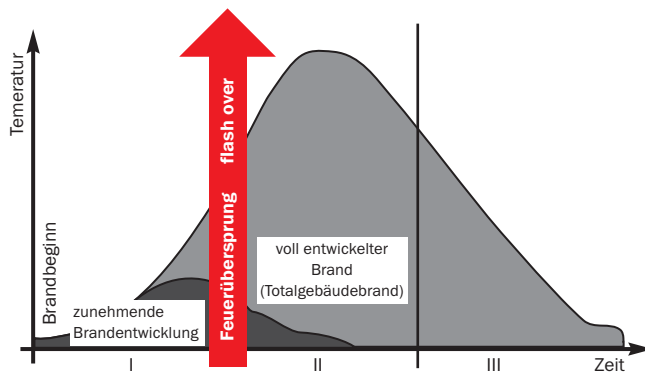
Grenzwerte für gesundheitsschädliche Brandfolgeprodukte nach VdS 2357, Richtlinie zur Brandschadenbeseitigung (2007)	
Stoffgruppe	Grenzwert
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	<u>Industriebereich:</u> < 100 µg/m <sup>2</sup>  <u>Wohn- und Büroräume:</u> < 10 µg/m <sup>2</sup>
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	<< 100 µg/m <sup>2</sup>
Polyhalogenierte Dibenzo-p-dioxine (PHDD) und Dibenzofurane (PHDF)	<u>Innenraumschwellenwert, Hessen:</u> 10 ng ITE/m <sup>2</sup>  <u>Sanierungsziel bei kontaminierten Oberflächen:</u> < 50 ng ITE/m <sup>2</sup>  <u>In Räumen für gelegentlichen Aufenthalt:</u> <100 ng ITE/m <sup>2</sup>

## GEFAHRSTOFFE NACH BRANDSCHÄDEN



Während unter idealen Bedingungen beim Verbrennungsvorgang durch Reaktion eines brennbaren Materials mit Sauerstoff (Oxidation) hauptsächlich Wasser und Kohlendioxid entstehen, können bei Brandschäden auch aus unbedenklichen Materialien eine Vielfalt an Verbrennungsprodukten und Rückständen entstehen, deren Gefahrenpotential schwer einzuschätzen ist.

Neben dem Brandgut sind hier vor allem der Temperaturverlauf und das Sauerstoffangebot ausschlaggebend. Gerade bei Sauerstoffmangel und vergleichsweise geringen Temperaturen (Schwelbrände) kommt es aufgrund einer unvollständigen Verbrennung und thermischer Zersetzungsprozesse (Pyrolyse und Crackvorgänge) oft zur Bildung toxischer, krebserregender, ätzender, sowie umwelt- und wassergefährdender Substanzen.



Temperaturverlauf während eines Brandes (Brandphasen)

Neben Stoffen aus vorhandenen Produktions- oder Lagerbeständen, die verdampfen oder thermisch verändert werden können, gibt es eine Reihe von typischen Brandfolgeprodukten, deren Entstehung mitunter weitestgehend brandgutunabhängig ist.

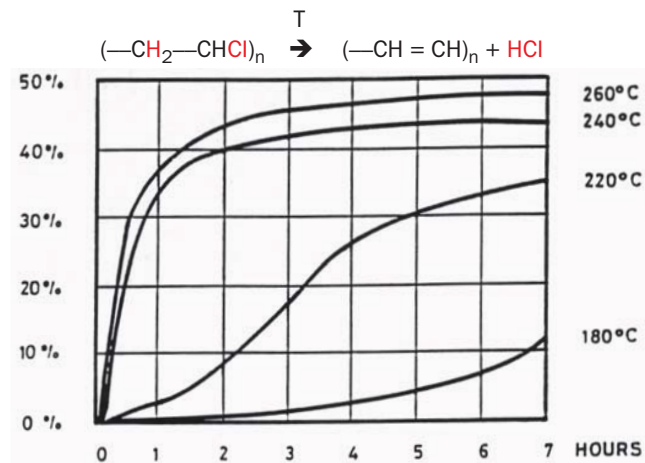
Man unterscheidet hierbei zwischen gasförmigen Stoffen, die nur während und unmittelbar nach dem Brand eine Gesundheitsgefahr darstellen und Feststoffen, die auch auf der kalten Brandstelle vorhanden sind und daher sowohl für Sanierungspersonal als auch Sachverständige kritisch sind.

## Gasförmige Brandfolgeprodukte

Die gasförmigen Brandfolgeprodukte stellen hauptsächlich für Feuerwehreinsatzkräfte und sonstige Rettungskräfte eine potentielle Gefahr dar. Entstehen können zum Teil hohe Konzentrationen an giftigen bzw. reizenden Gasen und Dämpfen wie z.B.:

- Kohlenmonoxid (CO)
- Chlorwasserstoff (HCl)
- Bromwasserstoff (HBr)
- Cyanwasserstoff (HCN)
- Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)

Die Entstehung von Chlorwasserstoff kann meistens auf die Pyrolyse von PVC (Polyvinylchlorid) zurückgeführt werden. HCl, sowie auch einige andere der gasförmigen Substanzen können in Verbindung mit Feuchtigkeit auf kälteren Oberflächen abseits vom Brandherd in Form eines dünnen Säurefilmes (z.B. Salzsäure) kondensieren. Diese Beaufschlagung wirkt zwar meist (stark) korrosiv auf metallischen Oberflächen, stellt aber aufgrund eines nur geringen dermalen Gefährdungspotentials keine ernste Gesundheitsgefährdung auf kalten Brandstellen dar.



Freisetzung von HCl und Gewichtsverlust beim Erhitzen von PVC

## Feste Brandfolgeprodukte

### Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Neben Karbonsäuren, Aldehyden, Alkoholen sowie aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen können insbesondere auch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) durch Pyrolyse aus jeglichem organischen Material entstehen. Eine Vielzahl der PAK zählen zu den krebserzeugenden Verbindungen mit Benzo(a)pyren als Leitsubstanz. Benzo(a)pyren selbst ist als giftiger, krebserzeugender, erbgutverändernder, und fruchtschädigender Stoff eingestuft. Die PAK lagern sich im Kondensat auf Oberflächen ab und sind stark an Ruß oder andere Brandrückstände adsorbiert. Da die Flüchtigkeit dieser Verbindungen sehr gering ist, ist die inhalative Aufnahme vorwiegend partikelgebunden.

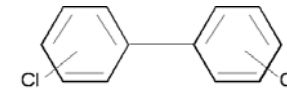


Benzo[a]pyren



### Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Polychlorierte Biphenyle (PCB) finden sich zum Teil noch in Elektroisolierflüssigkeiten, Hydraulikflüssigkeiten, dauerelastischen Dehn-Trennfugen und Dichtungsmassen bei Bauwerken/-teilen und können bei Brandschäden freigesetzt werden bzw. verdampfen. Die PCB lagern sich dann als Kondensat



Polychlorierte Biphenyle

oder als hochviskose Flüssigkeitsansammlung auf Oberflächen an. Trotz niedrigem Dampfdruck erfolgt kontinuierlich eine geringfügige Ausgasung in die Raumluft. PCB sind als krebserregend, gesundheitsschädlich sowie umweltgefährdend eingestuft, die akute Toxizität (einmalige oder kurzzeitige Aufnahme) von reinem PCB ist jedoch gering. Neben der direkten Gesundheitsgefahr, die von den PCB ausgeht, ist aber die Bildung von Polychlorierten Dibenzofuranen durch Abbrand PCB-haltiger Produkte kritisch.

