

Aus Formaldehyd (wässrige Lösungen, Paraformaldehyd oder Trioxan) hergestellte Produkte werden in über 50 verschiedenen Industriezweigen verwendet. Technisch bedeutsam ist Formaldehyd vor allem für die Herstellung von Kunstharzen (Pheno- und Aminoplaste, Melamin- und Acetalharze), Ethylenglykol, Hexamethylentetramin und Pentaerythrit. Der weitaus größte Anteil des produzierten Formaldehyds wird für Kondensationsprodukte mit Harnstoff, Melamin und Phenol eingesetzt. Die Amino- und Phenoplaste zeichnen sich durch schwere Entflammbarkeit sowie hohe Lichtechtheit aus. Als Bindemittel werden sie überwiegend in Holzwerkstoffen, also Spanplatten, Sperrholz und Tischlerplatten, eingesetzt. Spanplatten werden für den Innenausbau und für Möbel verwendet.

Aminoplaste dienen u. a. in der Textilindustrie als Hilfsmittel zur Knitterfrei- und Pflegeausrüstung.

Medizinische und sonstige technische Anwendungen haben einen relativ geringen Anteil am Verbrauch der Formaldehyd-Produktion, haben aber für die Einwirkung auf den Menschen eine große Bedeutung, da Formaldehyd in diesen Bereichen entweder chemisch ungebunden ist und damit leicht freigesetzt wird (z. B. als Konservierungsstoff in Kosmetika und Haushaltsreinigern) oder in hohen Dosen einwirken kann (z. B. Desinfektion). Vielfach greift man zur Konservierung von Kosmetika und technischen Produkten wie Schmiermitteln auf sogenannte Formaldehyd-Abspalter zurück, Verbindungen, die Formaldehyd freisetzen, jedoch weniger flüchtig und geruchsintensiv sind wie Formaldehyd selbst.

### 1.5 Vorkommen

#### Außenluft

Formaldehyd ist ein natürlich vorkommender Stoff, der in der Troposphäre ständig durch photochemische Prozesse vorwiegend aus Kohlenwasserstoffen wie z. B. Methan oder Terpenen gebildet wird. Kohlenwasserstoffe werden unter der Einwirkung von OH-Radikalen und Ozon zu reaktivem Formaldehyd und anderen Aldehyden oxidiert und zerfallen in CO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O. Die Halbwertszeit von Formaldehyd ist relativ kurz

und beträgt nur wenige Stunden, so dass keine Anreicherung erfolgt. Global gesehen überwiegen die natürlichen Quellen die anthropogenen Emissionen, doch können in Ballungsräumen erhöhte Formaldehydkonzentrationen auftreten.

Ein wesentlicher Teil des in der Außenluft nachweisbaren Formaldehyds stammt aus Autoabgasen und anderen unvollständigen Verbrennungsprozessen, wie man sie in Heizungen, Müllverbrennungsanlagen, Gießereien und bei der Herstellung von Kunststoffartikeln findet. Dabei ist der Straßenverkehr der größte Emittent. Nicht aromatische Aldehyde, und darunter in erster Linie Formaldehyd, werden besonders von Fahrzeugen mit Dieselmotor emittiert. Lastkraftwagen setzen knapp 400 mg dieser Verbindungen pro Kilometer frei. Diesel-PKW und PKW ohne G-Kat sind mit 110-140 mg/km vergleichbar. Eine katalytische Abgasreinigung reduziert die Aldehyde im Durchschnitt um 92 % [4].

Problematisch ist aber auch die Verbrennung von Holz in Kleinfeuerungsanlagen, bei der sich in der ersten Phase der Verbrennung Formaldehyd-Konzentrationen im Reingas von mehr als 1000 mg/m<sup>3</sup> ergeben können, in der Ausbrandphase liegen die Werte bei 50-100 mg/m<sup>3</sup>. Zum Vergleich: In Feuerungsanlagen für feste und flüssige Brennstoffe, die unter die TA Luft fallen, sollte die Formaldehyd-Konzentration im Abgas 5 mg/m<sup>3</sup> nicht überschreiten (s. Abschnitt 5 Vorschriften, S. 49).

Hauptmann et al. [5] haben Daten aus verschiedenen Quellen ausgewertet. Auf der Basis von Daten aus Kanada für das Jahr 1997 schlossen sie, dass die folgenden Quellen zu Formaldehyd-Emissionen in die Außenluft beitragen:

- Straßenverkehr (70 %),
- Luftverkehr (11 %),
- Schiffsverkehr (7 %),
- Formaldehyd verarbeitende Industrie (10 %),
- Kraftwerke und Abfallverbrennungsanlagen (< 1 %).

Jedoch ist trotz des gestiegenen Verkehrsaufkommens dank strengerer Abgasgrenzwerte und Einsatz der Katalysatortechnik von einer deutlichen Reduzierung des KFZ-Anteils an den Formaldehyd-Emissionen auszugehen.

Formaldehyd kann in der Außenluft erhöhte Konzentrationen auf Grund seiner Instabilität nur in der Nähe von Formaldehyd-ausstoßenden Betrieben und bei hoher Verkehrsbelastung erreichen, wobei im Sommer, bedingt durch die Sonneneinstrahlung, im Schnitt höhere Werte auftreten als im Winter. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die Höhe der Außenluft-Konzentration.

**Tabelle 2:** Formaldehyd-Gehalt in der Außenluft [5]

Herkunft	Formaldehyd-Gehalt
maritime Reinluft	0,1-0,5 µg/m <sup>3</sup>
kontinentale Reinluft	0,2-3,5 µg/m <sup>3</sup>
Belastungsgebiete	10-20 µg/m <sup>3</sup>
Spitzenbelastungen	bis 100 µg/m <sup>3</sup>

## Innenräume

In der Vergangenheit stand Formaldehyd im Mittelpunkt der Diskussion um in Innenräumen auftretende Luftverunreinigungen. Als Emissionsquellen sind vor allem Baustoffe, Möbel, das Tabakrauchen und andere Verbrennungsprozesse sowie Reinigungs- und Pflegemittel zu nennen.

Im Allgemeinen ist die Formaldehyd-Konzentration in Innenräumen höher als im Freien. Die sich in einem Raum einstellende Formaldehyd-Konzentration hängt stark vom Luftwechsel ab, aber auch von der Temperatur und von der Luftfeuchtigkeit, wenn Spanplatten die Hauptursache sind. Bereits 1977 hat das damalige Bundesgesundheitsamt einen Richtwert von 0,1 ppm für Innenräume (einschl. Wohnräume) empfohlen. Dieser Wert wurde im Hinblick auf die Vermeidung von Schleimhautreizungen und Belästigungen ohne Berücksichtigung des krebserzeugenden und mutagenen Potenzials festgelegt. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) veröffentlichte 2006 einen Bericht zur Bewertung der Karzinogenität von Formaldehyd [7]. Darin wird als „sichere Konzentration“ („Safe Level“) im Hinblick auf die krebserzeugende Wirkung beim Menschen eine Luftkonzentration von 0,1 ppm abgeleitet. Der Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) [8], bestehend aus Mitgliedern der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesge-