



## Umwelt Wissen

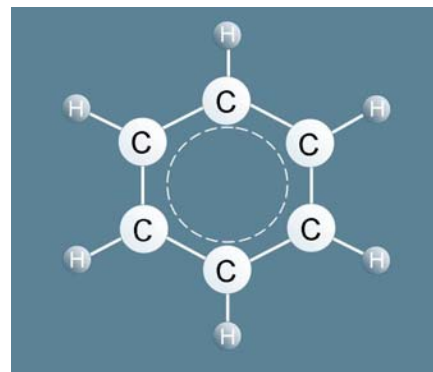
# Benzol

Benzol ist der wichtigste Vertreter der sog. BTEX-Aromaten. In dieser Stoffgruppe werden Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylol zusammengefasst, die sogenannten leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffe. Diese organischen Verbindungen stammen vor allem aus Erdölprodukten und den Abgasen des Kfz-Verkehrs, entstehen aber auch beim Zigarettenrauchen.

In dieser Publikation liegt der Schwerpunkt auf Benzol in der Umgebungs- und der Innenraumluft, da die Benzolkonzentration in anderen Medien i.A. nicht von Bedeutung ist. Lokal können jedoch auch Boden und Gewässer stark belastet sein, z.B. durch Leckagen oder bei Altlasten. Hierzu empfehlen wir Ihnen unsere Publikation [Bodenbelastungen – eine Übersicht](#).

## 1 Stoffeigenschaften

Benzol ist der einfachste Vertreter der aromatischen Kohlenwasserstoffe. Es besteht aus einer ringförmigen Verbindung von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen mit der chemischen Formel  $C_6H_6$ . Von Natur aus kommt es in geringen Konzentrationen in Rohöl vor. Es entsteht bei der Raffination von Erdöl und bei der unvollständigen Verbrennung organischer Substanzen, wie Heizöl oder Kohle, aber auch bei Waldbränden.



Aufgrund seiner Stoffeigenschaften liegt Benzol in der Umgebungsluft gasförmig vor (s. Kasten 1). Es ist durch seinen charakteristischen aromatischen Geruch erkennbar.

In der Atmosphäre hat Benzol eine Halbwertszeit von zwei bis fünf Tagen. In dieser Zeit werden ca. 50 % abgebaut, indem Benzol mit Hydroxylradikalen reagiert.

### Kasten 1: Stoffeigenschaften

- Farblos
- Leicht entzündlich
- Leicht flüchtig (Dampfdruck 99,6 hPa bei 20 °C)
- Dämpfe bilden mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch
- In Wasser schwer löslich
- Leichter als Wasser

Benzol ist Ausgangsstoff für viele organische und aromatische Verbindungen, z.B. Phenol, Styrol, Nitrobenzol, Anilin. Es ist Ausgangsmaterial für die Herstellung von Farben (z.B. Azo-Farbstoffe), Kunststoffen, Kunstharzen, Lösemitteln, Pflanzenschutzmitteln und Waschmitteln. Benzol erhöht, wie alle Aromaten, die Oktanzahl des Kraftstoffes und verbessert so die Klopfestigkeit des Motors.

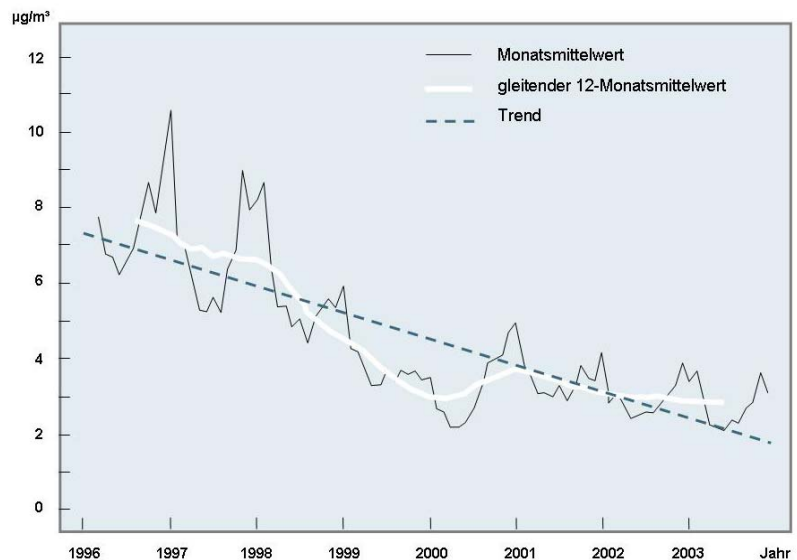
## 2 Benzol in der Außenluft

**Benzinprodukte** sind die Hauptquelle für Benzol. Zum einen enthalten sie bereits Benzol, zum anderen entsteht Benzol bei ihrer Verbrennung. Daher ist der Kraftfahrzeugverkehr eine der wesentlichen Quellen. Ebenso wird Benzol bei der Lagerung und dem Umschlag von Benzin freigesetzt, z.B. im Bereich von Mineralölraffinerien, Tanklagern und Tankstellen. Unter Umständen können Altlasten dieser Betriebe den Boden oder das Grundwasser stark verunreinigen (s. Publikation [Bodenbelastungen – eine Übersicht](#)). Dazu kommen Emissionen aus der Industrie (z.B. Kokereien), aus mangelhaften Feuerungsanlagen für Festbrennstoffe und die Verwendung von Lösemitteln und Laborchemikalien.

**Flächendeckend** ist die Benzolbelastung in den letzten Jahren deutlich gesunken (s. Abb. 1).

Dies ist auf die Verringerung des Benzolgehaltes im Kraftstoff zurückzuführen (s. Abschnitt 6).

Abb. 1: Benzolkonzentrationen am Stachus in München 1996 – 2003. Messdaten aus dem Lufthygienischen Landesüberwachungssystem Bayern des LfU



In der **Nähe besonderer Emissionsquellen**, z.B. an verkehrsreichen Straßen, sind die Benzolwerte generell höher als fernab möglicher Belastungsschwerpunkte (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Kfz-bedingte Immissionskonzentrationen und Grundbelastungswerte.

Quelle: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 2003

Ort	Benzol [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Stadtstraßen	3-5
Autobahnen	2-3
Städtische Grundbelastung	1,5-2
Bundesweite Grundbelastung	$\leq 1$

An **Tankstellen** ist die Schwankungsbreite für Benzolkonzentrationen sehr groß. Derzeit gibt es dazu nur wenig Studien, die v.a. die Wirksamkeit der Gasrückführsysteme und der Reduzierung der Benzolgehalte im Kraftstoff überprüft haben (s. Abschnitt 6):

- Beispielmessungen des Umweltbundesamtes an einer Großtankstelle vor und nach Einführung der Gasrückführsysteme (1989 bzw. 1996) zeigten, dass die Benzolkonzentration während des Tankvorganges in Kopfhöhe der Kunden um 90 % zurückgegangen ist. Die mittlere Belastung auf dem Tankstellengelände verminderte sich um 75 %.
- Nach der Reduktion des Benzolgehaltes im Kraftstoff wurden 2001 an einer Hamburger Tankstelle nur noch 2,2 µg/m<sup>3</sup> Benzol gefunden. Dies entspricht einem Rückgang auf ca. 50 % der Benzolkonzentration, die noch 1998/99 an derselben Tankstelle gemessen wurde. Diese Werte wurden in 3 m Höhe gemessen; in Höhe des Einfüllstutzens ist mit deutlich höheren Belastungen zu rechnen.

### 3 Benzol in Innenräumen

In Innenräume gelangt Benzol v.a. aus der Außenluft, z.B. von einer benachbarten Straße, aber auch aus einer angrenzenden Tankstelle oder Garage (s. Abschnitt 3.1). Daneben gibt es einige Quellen im Innenraum, insbesondere das Zigarettenrauchen (s. Abschnitt 3.2). Problematisch ist, dass sich Schadstoffe in Innenräumen anreichern können, da hier der Luftaustausch stark eingeschränkt ist (s. Publikation [Organische Luftschadstoffe in Innenräumen – ein Überblick](#)).

#### 3.1 Einträge aus der Außenluft

Hauptquelle für Benzol in Innenräumen sind Einträge aus der Außenluft. Besonders wenn Luft aus **Parkgaragen** im Haus oder in der Nachbarschaft in die Wohnung gelangen kann, sind die Benzolkonzentrationen z.T. deutlich erhöht (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Beispiele für Benzol-Konzentrationen in Innenräumen

Ort	Benzol [µg/m <sup>3</sup> ]	Bemerkungen	Quelle
Tiefgaragenabluft Bürogebäude		Zentrale, mechanische Zu- und Abluftversorgung	Gritsch 2001
Tagesmittelwert	94		
max. 1/2h-Mittelwert	288		
Tiefgaragenabluft Krankenhaus		Abluft über zentrales Gebläse, Luftzufuhr durch Fenster	Gritsch 2001
Tagesmittelwert	42		
max. 1/2h-Mittelwert	141		
Wohnungen		Messungen von 1993/94, vor der Reduzierung des Benzolgehaltes im Benzin (Jahresmittelwerte)	Krooß et al. 1997
über einer Garage	8		
ohne Einfluß einer Garage	2,4		
Lebensmittelladen Einkaufszentrum (Schweiz)	17	Frischlufansaugung nahe Abluftausritt Tiefgarage, vor der Reduzierung des Benzolgehaltes im Benzin (1999)	AFU AR 2002

**Tankstellen** könnten ebenfalls zu einer erhöhten Belastung in nahegelegenen Wohnungen führen. Da derzeit keine aktuellen Messungen zur Belastung solcher Wohnungen vorliegen, behilft man sich mit einer Abschätzung:

- Ausgangspunkt ist dabei die Belastung Mitte der 90er Jahre. Damals war die Benzolbelastung in Wohnungen nahe bei Tankstellen (ohne Gasrückführungssysteme) deutlich höher wie in Wohnungen, die nicht in der Nähe von Tankstellen lagen (s. Tabelle 3).
- Bezieht man neben der flächendeckenden Einführung der Gasrückführungssysteme die Mindering der Benzolemissionen seit damals mit ein (s. Abschnitt 2), gewinnt man einen Anhaltspunkt für die derzeitige Belastung in Wohnungen nahe Tankstellen.

Demnach liegt heute die Zusatzbelastung in Wohnungen nahe bei Tankstellen schätzungsweise bei  $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bis  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (10 - 40 m bzw. 8 - 12 m Entfernung).

Anmerkung: Um einen Vergleich mit den in Tabelle 3 aufgeführten Werten zu ermöglichen, ist zu dieser Zusatzbelastung noch die Grundbelastung (s. Tabelle 1, Abschnitt 2) zu addieren.

Tabelle 3: Benzolkonzentrationen in Wohnungen in der Nachbarschaft von Tankstellen Mitte der 90er Jahre, vor Einführung der Gasrückführungssysteme. Zusammenstellung: Reitmeier 2001

Entfernung	Benzolkonzentration	
	Zapfsäule/ Wohnung [m]	Maximalwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
8 – 12	21,6	13,2
10 – 40	13	7,1
> 200 (Vergleichswohnungen)	10	3,3

### 3.2 Quellen im Innenraum

**Tabakrauch** ist praktisch die einzige zusätzliche Innenraumquelle für Benzol. So werden in Raucherwohnungen regelmäßig ca. 30 – 50 % höhere Benzolkonzentrationen als in Nichtraucherwohnungen gefunden, z.B.  $11$  bzw.  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . In einer Zigarette sind 10-100  $\mu\text{g}$  Benzol enthalten, im Zigarettenrauch liegt die Konzentration bei  $150$ - $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Hauptstrom). Für den Raucher selber kann die Exposition 5 bis 10mal höher sein als die Belastung der Nichtraucher. Auf das Passivrauchen können bis zu 7 % der Gesamtzufuhr zurückgeführt werden.

In **Fahrzeuginnenräumen** liegt die Benzol-Konzentration ca. 3mal höher als in der Luft im Freien, die z.B. Radfahrer einatmen. Im Mittel sind die Benzolkonzentrationen etwas höher als auf vielbefahrenen Straßen (Mittelwert  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Schwankungsbereich  $4$  –  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Zum einen ist die angesaugte Luft belastet. Aber es gibt auch weitere Quellen, z.B. Emissionen aus Materialien der Innenausstattung, Ausdünstungen aus mangelhaften bzw. falsch verlegten Treibstoffleitungen sowie Verbrennungs- und Verdunstungsemissionen. In älteren Autos ist die Benzolkonzentration z.T. deutlich höher als in neueren Modellen. Abschätzungen zufolge ist etwa ein Drittel der Gesamtaufnahme von Benzol dem Aufenthalt in Fahrzeuginnenräumen zuzurechnen.

## 4 Belastung des Menschen

### 4.1 Aufnahme

Die Aufnahme von Benzol erfolgt hauptsächlich über die Atemluft. Demgegenüber treten die Zufuhr über Nahrung und Trinkwasser sowie die Aufnahme durch die Haut in den Hintergrund. Flüssiges Benzol kann auch durch die Haut resorbiert werden.

Benzol ist fettlöslich und passiert daher leicht Zellwände und auch die Plazenta. Resorbiertes Benzol kann in allen Organen nachgewiesen werden, besonders aber im Fett und in fettreichen Geweben. Der Stoffwechsel erfolgt in erster Linie in der Leber und in geringerem Ausmaß auch im Knochenmark. Die Stoffwechselprodukte werden vor allem über die Niere ausgeschieden.

### 4.2 Toxizität

Meist sind die Symptome akuter Vergiftungen und chronischer Belastungen nur bei sehr hohen Benzol-Konzentrationen zu finden. Die in der Umwelt nachzuweisenden Konzentrationen reichen i.d.R. nicht aus, um diese Symptome hervorzurufen.

**Akute Toxizität:** Bei der akuten Vergiftung stehen Wirkungen auf das Zentralnervensystem im Vordergrund. Leichtere Vergiftungen führen zu relativ unspezifischen Symptomen wie Kopfdruck, Schwindelgefühl, Benommenheit, Brechreiz und Apathie. Schwere Vergiftungen sind gekennzeichnet durch Schwindel, Erbrechen, Krämpfe und Lähmungserscheinungen. Die Symptome sind i.A. reversibel. Benzolkonzentrationen von etwa 65.000 mg/m<sup>3</sup> über 5 – 10 Minuten wirken beim Menschen tödlich.

**Chronische Toxizität:** Hauptzielorgan bei chronischer Einwirkung von Benzol ist das Knochenmark. Benzol schädigt das blutbildende System, indem es im Knochenmark ablaufende, für die Blutbildung bedeutsame Prozesse hemmt. In der Folge kommt es zu Veränderungen im Blutbild und zu verschiedenen unspezifischen Symptomen wie Müdigkeit, Schwäche, Schlaflosigkeit, Schwindel, Übelkeit, Kopfschmerzen, Abmagerung, Blässe, Augenflimmern, Auftreten von Herzklopfen bei Anstrengungen. In Verbindung mit der knochenmarkschädigenden Wirkung wurden auch Veränderungen im Immunsystem beobachtet.

**Erbgut verändernde und Krebs erzeugende Wirkung:** Benzol und seine Stoffwechselprodukte können z.B. Chromosomenbrüche hervorrufen. Damit verändern sie das Erbgut, das in den Chromosomen enthalten ist. In epidemiologischen Studien konnte die Entstehung von Leukämien auf die berufliche Benzolexposition zurückgeführt werden.

### 4.3 Bewertung und Grenzwerte

Benzol kann das Erbgut verändern und Krebs erzeugen. Daher wurde es in Kategorie 1 der Krebs erzeugenden Arbeitsstoffe eingestuft<sup>1</sup>. Für diese Stoffe gilt grundsätzlich das **Minimierungsgebot**.

Für den **Arbeitsplatz** gilt eine **Technische Richtkonzentration (TRK)** von 3,25 mg/m<sup>3</sup>. Dieser Wert gilt nur für Arbeitsplätze und kann nicht zur Beurteilung von Konzentrationen in Innenräumen herangezogen werden.

TRK-Werte werden so festgelegt, dass sie mit dem derzeitigen Stand der Technik eingehalten werden können. So soll das Risiko einer Gesundheitsbeeinträchtigung, soweit technisch möglich, vermindert werden.

---

<sup>1</sup> TRGS 905, MAK-Werte-Liste: DFG 2003

TRK-Werte sind grundsätzlich nicht gesundheitsbezogen definiert, da z.B. für Benzol kein Wert anzugeben ist, unterhalb dessen eine gesundheitliche Gefährdung auszuschließen ist. Deshalb gibt es auch keinen MAK-Wert (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration) für Benzol.

Für die **Außenluft** hat die EU den Benzol-Immissionsgrenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit auf  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft festgesetzt (Jahresmittelwert)<sup>2</sup>. Dieser Wert muss ab dem Jahr 2010 eingehalten werden.

## 5 Möglichkeiten zur Verminderung der Benzolemissionen

Neben Maßnahmen, die durch rechtliche Regelungen eingeführt werden müssen (s. Abschnitt 7) kann auch der Einzelne zu einer Verringerung der Benzol-Emissionen beitragen. Beispiele sind:

- **Öfen:** Bei den Holz- und anderen Feststofffeuerungen treten Benzol-Emissionen v.a. dann auf, wenn viel Kohlenmonoxid im Abgas enthalten ist. Betroffen davon sind insbesondere Kamin- und Kachelöfen, die mit stückigem Holz oder mit Kohle betrieben werden. Im Rahmen der Bauartzulassung werden die Öfen von anerkannten Feuerstättenprüfstellen geprüft.

Beim Kauf sollten Modelle gewählt werden, die die Anforderungen des "DIN-plus"-Zeichens erfüllen (s. Abb. 2) oder Modelle, für die eine Feuerstättenprüfstelle bescheinigt hat, dass ein CO-Wert von  $1.500 \text{ mg}/\text{m}^3$  unterschritten wird.



Abb. 2: DIN-plus-Zeichen

- **Garagen:** Zum Schutz vor Belastungsspitzen im Umfeld von Garagen ist auf eine sichere Abluffassung (Unterdruck) und eine lufthygienisch optimierte Abluftableitung außerhalb der gebäudebedingten Turbulenzzone (s. Publikation [Umweltmedium Luft](#)) zu achten.
- **Autofahren:** Das Vermeiden von kurzen Fahrten, das Umsteigen auf öffentliche Verkehrsmittel oder auch auf das Fahrrad senkt die Umweltbelastung. Besonders hoch sind die Emissionen beim Kaltstart oder bei Vollast, also bei starker Beschleunigung oder bei einem Tempo über  $120 \text{ km}/\text{h}$ : Dann wird bei vielen Pkw mit geregelter Katalysator die sogenannte "Vollastanreicherung" aktiviert: Der Lambda-Regelkreis wird abgeschaltet und der Kraftstoffanteil im Kraftstoff-Luft-Gemisch wird erhöht ("Anfettung"). Damit läuft der Katalysator nahezu unregelt. Eine angepasste Fahrweise kann daher erheblich zu einer Reduzierung dieser Emissionen beitragen.
- **Gartengeräte:** Ein Zweitakt-Rasenmäher stößt pro Stunde so viele schädliche Kohlenwasserstoffe aus wie 200 Autos mit Katalysator. Daher sollten Hand- oder Elektrorasensmäher bevorzugt werden. Sofern auf den Einsatz von Benzinmotoren nicht verzichtet werden kann, sind Viertakt-Motoren vorzuziehen (sogar im Vergleich zu Zweitaktmotoren mit Katalysatoren).
- **Lüften:** Eine einfache, aber sehr wirksame Maßnahme ist, z.B. Raucherwohnungen vermehrt zu lüften.

---

<sup>2</sup> Richtlinie 2000/69/EG, in nationales Recht umgesetzt durch 22. BImSchV

## 6 Gesetzliche Regelungen

### 6.1 Emissionen von Kfz

Im Rahmen des Auto-Öl-Programms der EU wurde der **Benzol- und Aromatengehalt im Benzin** reduziert: Seit dem Jahr 2000 ist in Ottokraftstoffen maximal 1 Vol.-% Benzol und 42 Vol.-% Aromaten erlaubt<sup>3</sup>. Ab 2005 wird der Aromatengehalt in Ottokraftstoff weiter abgesenkt (35 Vol.-%). Der Polyaromatengehalt in Dieselmotorkraftstoff ist seit dem Jahr 2000 auf 11 Gew.-% begrenzt.

Mit den **EURO 4- Abgasnormen**<sup>4</sup> werden die gesamten abgasbedingten Kohlenwasserstoffe auf 0,1 g/km und damit auch der Benzol-Gehalt ab 2005/2006 um 50 % gegenüber der derzeitigen EURO 3-Norm abgesenkt.

In Amerika (Kalifornien) werden ab 2004 sog. „Low Emission Vehicles“ mit zulässigen Gesamtemissionen an Kohlenwasserstoffen von insgesamt 0,5 g/Tag gefordert. In diese Forderung sind sowohl die Abgas- als auch die Verdunstungsemissionen einbezogen.

### 6.2 Emissionen beim Tanken: Gasrückführung

Bis spätestens 1998 mussten alle Tankstellen mit Gasrückführungssystemen ausgestattet sein, die beim Betanken austretende Kraftstoffdämpfe erfassen und dem Lagertank wieder zuführen<sup>5</sup>. Damit lassen sich schätzungsweise 85 % der Dämpfe zurückhalten. Wiederholte Kontrollen der Bundesländer haben jedoch ergeben, dass fast die Hälfte der Anlagen nicht einwandfrei funktionierte. Bei rund einem Drittel waren sogar Totalausfälle zu verzeichnen.

Daher wird nunmehr gefordert, die Gasrückführungssysteme mit einer automatischen Überwachungseinrichtung auszustatten, die die Kraftstoffabgabe automatisch unterbricht, wenn Störungen nicht binnen 72 Stunden behoben werden können<sup>6</sup>. Neue Tankstellen müssen diese Technik bereits seit April 2003 einsetzen, für bestehende Tankstellen gelten Übergangsfristen bis Ende 2007 – gestaffelt nach der Höhe des Benzinumschlags (je höher der Absatz, desto früher muss umgestellt werden).

### 6.3 Emissionen beim Umfüllen und Lagern

Bei allen Umfüllungsvorgängen müssen Gaspindelverfahren eingesetzt werden, die dem Stand der Technik entsprechen<sup>7</sup>. Wo dies technisch nicht möglich ist, müssen die Dämpfe erfasst und einer Abgasreinigungsanlage zugeführt werden. Diese Maßnahmen können die Verdunstungsemissionen um über 90 % reduzieren. Hiervon betroffen sind alle Anlagen zum Umfüllen und Lagern von Kohlenwasserstoffen, z.B. Auslieferungslager, Tankwagen und –schiffe sowie Tankstellen.

---

<sup>3</sup> EU-Richtlinie 98/70/EG, in nationales Recht umgesetzt durch die 10. BImSchV

<sup>4</sup> Richtlinie 98/69/EG

<sup>5</sup> 21. BImSchV

<sup>6</sup> Änderungsverordnung zur 21. BImSchV vom 6. Mai 2002

<sup>7</sup> 20. BImSchV

## 7 Literatur

**Amt für Umweltschutz Kanton Appenzell Ausserrhoden – AFU AR (2002):** Benzolbelastung mindern

**Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA (2002):** Leukämie und Benzolexposition: Auswertung und Zusammenfassung epidemiologischer Studien. Vorabveröffentlichung

[http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/pdf\\_datei/benzol1.pdf](http://www.hvbg.de/d/bia/pub/rep/rep04/pdf_datei/benzol1.pdf)

**Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (2003):** Benzol in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 35

**Deutsche Forschungsgemeinschaft (2003):** MAK- und BAT-Werte-Liste 2003. Verlag Wiley-VCH, Weinheim

**Eikmann T., Göen T. (2000):** Organische Verbindungen/Benzol. In: Wichmann, Schlipköter, Fülgraff (Hrsg.): Handbuch der Umweltmedizin. 20. Ergänzungslieferung, ecomed-Verlag, Landsberg am Lech

**Friedrich A.:**

- (1991): Minderung von Benzol-Emissionen. VDI-Berichte 888:631-644. VDI Verlag Düsseldorf
- (1992): Notwendigkeit der VOC-Minderung auf Tankstellen; Sommersmog und Benzol; Betrachtung der gesamten Benzinkette. 253. Seminar des Fortbildungszentrums für Gesundheits- u. Umweltschutz Berlin e. V.: 3-5

**Heudorf U., Hentschel W. (1995):** ZBl. Hyg. 196, 416-424

**Krooß J., Siemers U., Stolz P. (1997):** Leichtflüchtige organische Substanzen: Belastung aus Kraftstoffen in Wohnungen über Garagen. Drägerheft 366

**Laue W., Piloty M., Li D.Z. (1994):** VDI-Berichte Nr. 1122, S. 283

**Marquardt H., Schäfer S.G. (Hrsg. 1994):** Lehrbuch der Toxikologie. BI-Wissenschaftsverlag, Mannheim u.a.

**Peschke J. (2002):** Trend der Benzolbelastung in Hamburg. Sonderuntersuchung 2001 der Behörde für Umwelt und Gesundheit, Fachamt Umweltuntersuchungen/Luftuntersuchungen, Freie Hansestadt Hamburg

<http://fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/bsg/hygiene-umwelt/umwelt/luft/benzol/benzolbericht-pdf.property=source.pdf>

**Rank J., Folke J., Jespersen P.H. (2001):** Differences in cyclists and car drivers exposure to air pollution from traffic in the city of Copenhagen. Sci Total Environ 12, 279 (1-3), 131ff

**Reitmeier L. (2001):** Abschätzung der Benzol-Immissionskonzentration im Umfeld von Tankstellen. In: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Tätigkeitsbericht 2000

**Umweltbundesamt:**

- (1996): Berechnungen der direkten Emissionen des Straßenverkehrs in Deutschland im Zeitraum 1995 bis 2010, Texte 73/96, ISSN 0722-186X
- (1997): Jahresbericht 1996
- (2000): Rasen mähen – aber richtig. Umweltfreundliche Rasenmäher: Ein gepflegter Garten mit weniger Energieverbrauch, Lärm und Gesundheitsbelastung. Presse-Information Nr. 18/00  
<http://www.oekonews.de/id/456/umweltbundesamt-rasen-maehen-aber-richtig-umweltfreundliche-rasenmaeher-ein-gepflegter-garten-mit-weniger-energieverbrauch-laerm-und-gesundheitsbelastung/>
- (2002): Betankungsverluste bei Tankstellen.  
<http://www.umweltbundesamt.de/luft/schadstoffe/voc.htm>

**Wichmann, Schlipköter, Fülgraff (Hrsg.):** Handbuch der Umweltmedizin, ecomed-Verlag Landsberg

### Gesetzliche Regelungen und technische Richtlinien

- Richtlinie 98/69/EG vom 13. Oktober 1998 über Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Emissionen von Kraftfahrzeugen, ABl. Nr. L 350/1, ABl. 1999 Nr. L 271/47
- Richtlinie 98/70/EG vom 13. Oktober 1998 über die Qualität von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen, ABl. Nr. L 350/58, ABl. 2000 Nr. L 124/66

- Richtlinie 2000/69/EG vom 16. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft, ABl. Nr. L 313/12, ABl. 2001 Nr. L 111/31 („2. Luftqualitäts-Tochter-Richtlinie“)
- Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraftstoffen (10. BImSchV) vom 13.12.1993, BGBl. I S. 2036 z. g. am 22.12.1999, BGBl. I, S. 2845
- Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen beim Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen (20. BImSchV) vom 27.05.1998, BGBl. I S. 1174, z.g. am 24.06.2002, BGBl. I S. 2247, 2249
- Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen (21. BImSchV) vom 06.05.2002, BGBl. I S. 1566
- Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft vom 11.09.2002 (22. BImSchV), zuletzt geändert mit Verordnung vom 13. Juli 2004 (BGBl. I S. 1612)
- Bekanntmachung des BMWA vom 29. April 2003 - IIIb3 -35 125-5 - (BArbBl. 6/2003 S. 90)
- TRGS 905 – Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe. Ausgabe März 2001, BArbBl. 3/2001 S. 97, zuletzt geändert im September 2003, BArbBl. 9/2003 S.48

#### Internet

- Aktuelle Messwerte finden Sie unter: <http://inters.bayern.de/luebmw/html/tagesbericht.php>
- GESTIS-Stoffdatenbank, Gefahrstoffinformationssystem der gewerblichen Berufsgenossenschaften: <http://www.hvbg.de/d/bia/gestis/stoffdb/index.html> (Stichwort Benzol)

#### Weitere LfU-Publikationen

- Informationen über Abgase des Kraftfahrzeugverkehrs: <http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/doc/abgase.pdf>
- Luftschadstoffbelastung in und um Parkgaragen, Fachtagung am 24. April 2001: [http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu\\_luft\\_00081.htm](http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_luft_00081.htm)

#### Weiterführende Publikationen des Infozentrums UmweltWissen

- [Bodenbelastungen – eine Übersicht](#)
- [Labore und Sachverständige für Schadstoffuntersuchungen in Innenräumen](#)
- [Organische Luftschadstoffe in Innenräumen – ein Überblick](#)
- [Organische Luftschadstoffe in Innenräumen - Probenahme, Messung und Bewertung](#)
- [Passivrauchen](#)
- [Umweltmedium Luft](#)

**Autorin (2004):** Dr. Katharina Stroh (LfU)

Aktualisierung der Links 11/07

**Textgrundlagen:** Ulrike Koller und Claudia Lederer (1999): Benzol. Ulrike Koller (1999): Umwelt- und gesundheitsrelevante Aspekte von Tankstellen. Beide in: GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit und Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): Handbuch Umweltberatung Bayern. Loseblattsammlung 1992-2002.

Ergänzungen und Aktualisierungen dieser Publikation finden Sie gegebenenfalls im Internet.

#### **Ansprechpartner:**

**UmweltWissen am Bayerischen Landesamt für Umwelt**

**Tel. 0821 / 9071 – 5671**

**E-Mail: [umweltwissen@lfu.bayern.de](mailto:umweltwissen@lfu.bayern.de)**

**Internet: <http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/index.htm>**

Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Umwelt, Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg