

UmweltWissen – Schadstoffe

Benzol



Benzol findet sich in Autoabgasen, aber auch im Zigarettenqualm.

Benzol ist der wichtigste Vertreter der sogenannten BTEX-Aromaten. In dieser Stoffgruppe werden **B**enzol, **T**oluol, **E**thylbenzol und **X**ylole 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 im Allgemeinen nicht von Bedeutung ist. Lokal können jedoch auch Boden und Gewässer stark belastet sein, z. B. durch Leckagen oder bei Altlasten.

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 (s. Abb. 1). Von Natur aus kommt Benzol 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.

Kasten 1: Stoffeigenschaften

- Farblose Flüssigkeit mit charakteristischem aromatischem Geruch
- 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
- Von dem Stoff gehen akute und chronische Gesundheitsgefahren aus (s. Kapitel 4)

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

Benzol ist in der chemischen Industrie Ausgangsstoff für viele organische und aromatische Verbindungen, z. B. Phenol, Styrol, Nitrobenzol, Anilin. Es ist somit Ausgangsmaterial für die Herstellung von Farben, Kunststoffen, Kunstharzen, Lösemitteln, Pflanzenschutzmitteln und Waschmitteln. Benzol erhöht, wie alle Aromaten, die Oktanzahl des Benzins und verbessert so dessen Klopfestigkeit.

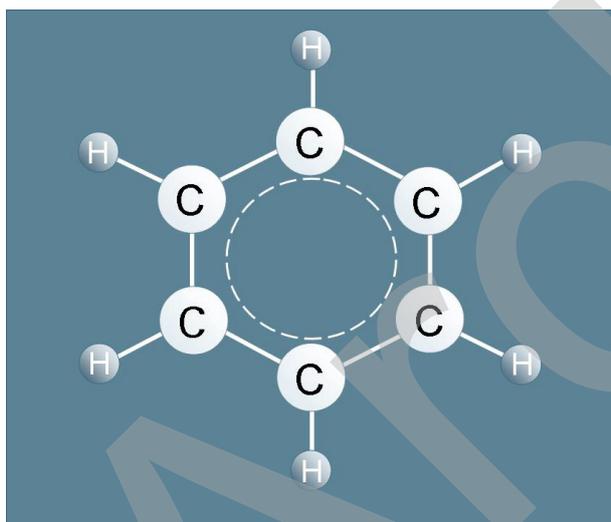


Abb. 1:
Benzol ist ein planarer aromatischer Kohlenwasserstoff.

2 Benzol in der Außenluft

Benzinprodukte sind die Hauptquelle für Benzol in der Außenluft. Zum einen enthalten sie bereits Benzol (< 1 %, s. Kapitel 6.1), zum anderen entsteht Benzol bei ihrer Verbrennung. Daher ist der Kraftfahrzeugverkehr eine der wesentlichen Quellen. In geringerem Maße wird Benzol bei der Lagerung und dem Umschlag von Benzin freigesetzt, z. B. im Bereich von Mineralö Raffinerien, Tanklagern und Tankstellen. Unter Umständen können Altlasten dieser Betriebe den Boden oder das Grundwasser verunreinigen. Dazu kommen Emissionen aus der Industrie (z. B. Kokereien), aus veralteten oder schlecht betriebenen Feuerungsanlagen für Festbrennstoffe und der Verwendung von Lösemitteln und Laborchemikalien.

Flächendeckend ist die Benzolbelastung in der Außenluft in den vergangenen Jahren deutlich gesunken (s. Abb. 2). Dies ist insbesondere auf die in Kapitel 6 beschriebenen Maßnahmen zurückzuführen.

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

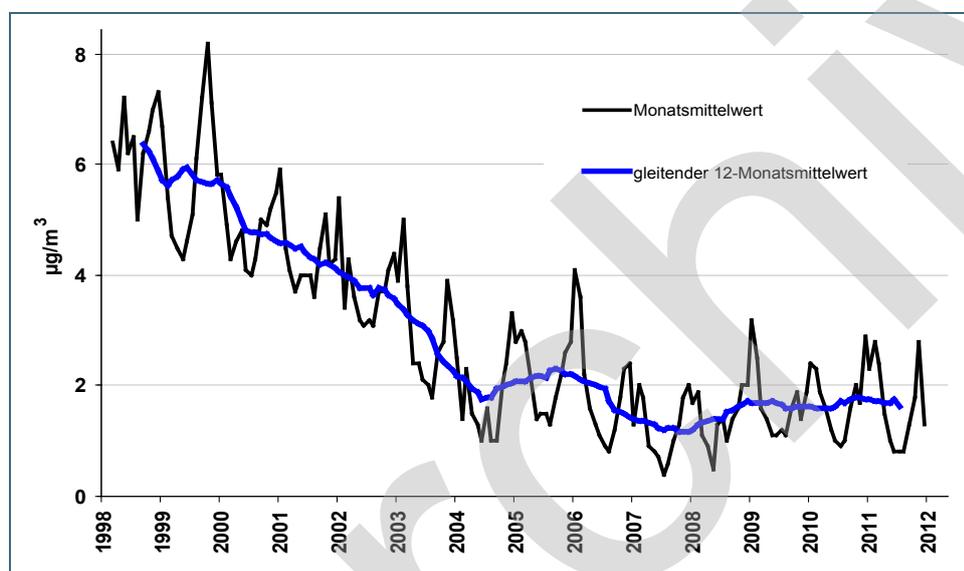


Abb. 2: Benzolkonzentrationen am Königsplatz in Augsburg der Jahre 1998–2011. An dieser Stadtstraße werden vergleichsweise hohe Benzolkonzentrationen gemessen. (Messdaten aus dem Lufthygienischen Landesüberwachungssystem Bayern des LfU)

Ort	Benzol [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Stadtstraßen	1–2
Städtische Grundbelastung	1
Ländliche Grundbelastung	≤ 1

Tab. 1: Kfz-bedingte Immissionskonzentrationen (Jahresmittelwerte) und Grundbelastungswerte. (aktuelle Schätzung des LfU)

Beim Betanken von Kraftfahrzeugen mit Ottomotor an Tankstellen werden technische Maßnahmen zur Verminderung von Benzin-Emissionen und damit auch von Benzol-Emissionen ergriffen (s. Kapitel 6.2). An Tankstellen kann die Schwankungsbreite für Benzolkonzentrationen in der Außenluft groß sein. Es gibt dazu nur wenige Studien, die vor allem die Wirksamkeit der Gasrückführsysteme überprüft haben (s. Kapitel 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 Verringerung des Benzolgehaltes im Kraftstoff wurden 2001 an einer Hamburger Tankstelle nur noch $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Benzol gefunden. Dies entspricht einem Rückgang auf rund 50 % der Benzolkonzentration, die noch 1998/99 an derselben Tankstelle gemessen wurde. Diese Werte wurden in drei Metern Höhe gemessen; in Höhe des Einfüllstutzens ist mit höheren Belastungen zu rechnen.

3 Benzol in Innenräumen

In Innenräume gelangt Benzol vor allem aus der Außenluft, z. B. von einer benachbarten Straße, aber auch aus einer angrenzenden Tankstelle oder Garage. Daneben gibt es einige Quellen im Innenraum, insbesondere das Zigarettenrauchen. Problematisch ist, dass sich Schadstoffe in Innenräumen anreichern können, da hier der Luftaustausch stark eingeschränkt ist.



Abb. 3: In Tiefgaragen ist die Konzentration an Benzol in der Luft zum Teil relativ hoch.

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 zum Teil deutlich erhöht (s. Tab. 2).

Tab. 2: Beispiele für Benzol-Konzentrationen in Innenräumen

Ort	Benzol [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bemerkungen	Quelle
Tiefgaragenabluft Bürogebäude Tagesmittelwert max. 1/2h-Mittelwert	94 288	Zentrale, mechanische Zu- und Abluftversorgung	GRITSCH 2001
Tiefgaragenabluft Krankenhaus Tagesmittelwert max. 1/2h-Mittelwert	42 141	Abluft über zentrales Gebläse, Luftzufuhr durch Fenster	GRITSCH 2001
Wohnungen über einer Garage ohne Einfluss einer Garage	8 2,4	Messungen von 1993/94, vor der Reduzierung des Benzolgehaltes im Benzin (Jahresmittelwerte)	KROOß et al. 1997
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, wie folgende Abschätzung zeigt: Ausgangspunkt ist dabei die Belastung Mitte der 1990er Jahre. Damals war die Benzolbelastung in Wohnungen ($3\text{-}13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arithmetischer Jahresmittelwert) nahe bei Tankstellen ohne Gasrückführungssysteme deutlich höher als in Wohnungen, die nicht in der Nähe von Tankstellen lagen. Unter Einbeziehung der emissionsmindernden Wirkung der eingeführten Gasrückführungssysteme an Tankstellen (s. Kapitel 2), kann die derzeitige Belastung in Wohnungen nahe Tankstellen abgeschätzt werden.

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) im Jahresmittel. Die Gesamtbelastung ergibt sich aus Zusatzbelastung und Grundbelastung (s. Tab. 1 in Kapitel 2). In der Regel wird der in Kapitel 4.3 genannte Immissionswert zum Schutz der menschlichen Gesundheit sicher eingehalten.



Abb. 4:
Die Benzolkonzentration in der Luft an Tankstellen hat seit der Einführung von Gasrückführungssysteme abgenommen.

3.2 Quellen im Innenraum

Fahrzeuginnenräume

In Fahrzeuginnenräumen liegt die Benzolkonzentration rund dreimal höher als in der Luft im Freien, die z. B. Radfahrer einatmen. Im Mittel sind die Benzolkonzentrationen etwas höher als auf vielbefahrenen Straßen. Zum einen ist die angesaugte Luft belastet. Aber es gibt auch weitere Quellen, z. B. Emissionen aus Materialien der Innenausstattung. In älteren Autos ist die Benzolkonzentration zum Teil deutlich höher als in neueren Modellen. Abschätzungen zufolge ist etwa ein Drittel der Gesamtaufnahme von Benzol dem Aufenthalt in Fahrzeuginnenräumen zuzurechnen.

Tabakrauch

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. $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Zigarettenrauch liegt die Konzentration bei 150 – $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Hauptstrom). Für den Raucher selber kann die Exposition fünf bis zehnmal höher sein als die Belastung der Nichtraucher. Auf das Passivrauchen können bis zu 7 % der Gesamtaufuhr zurückgeführt werden.



Abb. 5:
In Wohnungen von Rauchern ist die Benzolbelastung der Luft erhöht.

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 aufgenommen 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 in anderen Geweben. Die Stoffwechselprodukte werden vor allem über die Niere ausgeschieden.

4.2 Toxizität

Akute Toxizität

Die in der Umwelt vorhandenen Benzolkonzentrationen liegen weit unter den Konzentrationen, bei denen akute Wirkungen auftreten. Bei der akuten Vergiftung stehen Wirkungen auf das Zentralnervensystem im Vordergrund. Leichtere Vergiftungen führen zu relativ unspezifischen Symptomen wie Kopfdruck, Schwindelgefühl, Benommenheit, Brechreiz und Teilnahmslosigkeit (Apathie). Schwere Vergiftungen sind gekennzeichnet durch Fieber, Sehstörungen, Herzrhythmusstörungen, Erbrechen und Krämpfe. Die Symptome sind in der Regel reversibel. Benzolkonzentrationen von etwa 65.000 mg/m³ über fünf bis zehn Minuten wirken beim Menschen tödlich, unmittelbare Lebensgefahr besteht bei Konzentrationen von 25.000 mg/m³ über eine halbe Stunde.

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.

Erbgut verändernde und Krebs erzeugende Wirkung

Benzol und seine Stoffwechselprodukte können Veränderungen der Chromosomen hervorrufen und dadurch das Erbgut schädigen. In epidemiologischen Studien konnte die Entstehung von Leukämien auf die berufliche Benzolexposition zurückgeführt werden. Das durch Stoffwechselprodukte des Benzols verursachte zusätzliche Krebsrisiko der Allgemeinbevölkerung ist allerdings bei Einhaltung des EU-Immissionswertes (s. Kapitel 4.3) gering.

4.3 Bewertung und Grenzwerte

Benzol ist als Stoff eingestuft, der beim Menschen Krebs erzeugen kann. Nach CLP-Verordnung ist die Substanz in Krebskategorie 1A eingestuft. Für einen solchen Stoff gilt grundsätzlich ein **Minimierungsgebot**.

Für den beruflichen Umgang mit Benzol gilt ein verbindlicher Arbeitsplatzgrenzwert der EU-Kommission von 1 ml/m³ (3,25 mg/m³). Es handelt sich dabei **nicht** um einen Grenzwert, bei dessen Einhaltung akute oder chronisch schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit im Allgemeinen auszuschließen sind. Vielmehr ist auch bei Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes dafür zu sorgen, dass die Gefährdung bzw. Exposition nach dem Stand der Technik soweit wie möglich verringert wird. Dieser Wert kann daher auch **nicht** zur Beurteilung von Benzolbelastungen in anderen Bereichen wie z. B. Wohnräumen herangezogen werden. In Deutschland gibt es für Benzol wegen seiner krebserzeugenden Wirkung keinen Arbeitsplatzgrenzwert, sondern die Arbeitsplatzbelastung wird mit einem Risiko-Akzeptanz-Konzept be-

urteilt. Nach Bekanntmachung 910 des Ausschusses für Gefahrstoffe beträgt die Akzeptanzkonzentration $0,2 \text{ mg/m}^3$. Bei dieser Konzentration beläuft sich das statistische Krebszusatzrisiko auf 4×10^{-4} . Das bedeutet, dass von 10.000 während des gesamten Arbeitslebens Benzol exponierten Arbeitnehmern vier Personen an Krebs erkranken. Auch dieser Wert kann nicht ohne weiteres auf andere Bereiche übertragen werden.

Für die **Außenluft** hat die EU den Benzol-Immissionsgrenzwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit auf $5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ Luft festgesetzt (Jahresmittelwert)¹. Dieser Wert muss seit dem Jahr 2010 eingehalten werden.

5 Möglichkeiten zur Verminderung der Benzolemissionen

Neben Maßnahmen, die durch rechtliche Regelungen eingeführt werden müssen (s. Kapitel 7), kann auch der Einzelne zu einer Verringerung der Benzolemissionen beitragen. Beispiele sind: Öfen, Tiefgaragen, Autofahren, Gartengeräte und Rauchen.

Öfen

Bei Holz- und anderen Feststofffeuerungen treten Benzol-Emissionen vor allem 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 der Stufe II der ersten Bundesimmissionsschutzverordnung (1. BImSchV) bereits jetzt schon erfüllen. (s. Publikation ► [Kaminöfen umweltfreundlich betreiben](#))

Tiefgaragen

Zum Schutz vor Belastungsspitzen im Umfeld von Garagen ist auf eine sichere Ablufffassung (Unterdruck) und eine lufthygienisch optimierte Abluftableitung außerhalb der gebäudebedingten Turbulenzzone zu achten.

Autofahren

Das Vermeiden von kurzen Fahrten, das Umsteigen auf öffentliche Verkehrsmittel oder auf das (Elektro-)Fahrrad senken die Umweltbelastung erheblich. Besonders hoch sind die Emissionen beim Kaltstart oder bei Volllast, also bei starker Beschleunigung oder bei einem Tempo über 120 km/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 unreguliert. Eine angepasste Fahrweise kann daher erheblich zu einer Reduzierung dieser Emissionen beitragen.



Abb. 6:
Wer Abgase vermeidet, emittiert weniger Benzol.

¹ Richtlinie 2008/50/EG, in nationales Recht umgesetzt durch 39. BImSchV

Gartengeräte

Ein Rasenmäher mit Zweitaktmotor stößt pro Stunde so viele schädliche Kohlenwasserstoffe aus wie 200 Autos mit Katalysator. Daher sollten Hand- oder Elektrorasenmäher bevorzugt werden. Sofern auf den Einsatz von Benzinmotor-Rasenmähern nicht verzichtet werden kann, sind Viertakt-Motoren vorzuziehen (sogar im Vergleich zu Zweitaktmotoren mit Katalysatoren).

Rauchen

Um die Benzolexposition in Innenräumen zu verringern, sollte auf das Rauchen in Wohnräumen verzichtet werden.



Abb. 7:
Wer draußen raucht (oder ganz aufhört), senkt den Benzolgehalt in der Wohnung.

6 Gesetzliche Regelungen

In diesem Kapitel wird insbesondere der Verkehrssektor betrachtet, da dieser in Bayern für ca. 80 % der Benzol-Emissionen verantwortlich ist². Die im Folgenden beschriebenen Maßnahmen trugen wesentlich dazu bei, die Benzol-Emissionen aus dem Bereich der Kraftfahrzeuge mit Ottomotoren in den letzten Jahren in Deutschland erheblich zu vermindern.

Tab. 3: Entwicklung der Benzolemissionen seit 1990. Quelle: Beratergremium für Altstoffe der Gesellschaft Deutscher Chemiker (2006)

Emissionen	1990	1995	2000	2010*
Benzol [t/a]	66.214	26.387	8.229	2.887

*Prognose

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 sind in Ottokraftstoffen maximal 1 Vol.-% Benzol und 42 Vol.-% Aromaten erlaubt³. 2005 wurde der Aromatengehalt in Ottokraftstoffen weiter abgesenkt (35 Vol.-%).

Mit der **EURO 4-Abgasnorm**⁴ für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge werden die abgasbedingten Kohlenwasserstoffe ab 2005 um 50 % gegenüber der vorherigen EURO 3-Norm auf 0,1 g/km abgesenkt und damit entsprechend auch die Benzol-Emissionen. In den nachfolgenden Abgasnormen EURO 5 und EURO 6⁵ wird diese Emissionsmenge beibehalten.

² Emissionskataster Bayern 2004: http://www.lfu.bayern.de/luft/emissionskataster/doc/endbericht_ekat_2004.pdf

³ EU-Richtlinie 98/70/EG, in nationales Recht umgesetzt durch die 10. BImSchV i.V.m. DIN EN 228, Ausgabe November 2008, oder E DIN 51626-1, Ausgabe November 2010

⁴ Richtlinie 98/69/EG

⁵ Verordnung (EG) Nr. 692/2008

In den USA (Kalifornien) werden seit 2004 sogenannte „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

Seit 1998 müssen in Deutschland Tankstellen mit Gasrückführungssystemen ausgestattet sein, die beim Betanken austretende Ottokraftstoffdämpfe erfassen und dem Lagertank wieder zuführen⁶. Damit lassen sich mindestens 85 % der Dämpfe zurückhalten. Auf Grund früherer Probleme mit der Funktionsfähigkeit der Gasrückführungssysteme wurden für diese bereits 2002 zunehmend automatische Überwachungseinrichtungen gefordert. Letztere unterbrechen die Kraftstoffabgabe automatisch, wenn Störungen des Gasrückführungssystems nicht binnen 72 Stunden behoben werden⁷.

6.3 Emissionen beim Umfüllen und Lagern

Bei allen Umfüllungsvorgängen von Ottokraftstoff (Benzin) müssen Gaspendelverfahren eingesetzt werden, die dem Stand der Technik entsprechen⁸. Wo dies technisch nicht möglich ist, müssen die Dämpfe erfasst und einer Abgasreinigungsanlage zugeführt werden. Diese Maßnahmen können die Verdunstungsemissionen nahezu vollständig vermeiden. Hiervon betroffen sind alle Einrichtungen bei der Auslieferung von Benzin (z. B. Auslieferungslager, Tanklastwagen und -schiffe, Tankstellen) und großtechnische Anlagen zum Umfüllen und Lagern von flüchtigen Kohlenwasserstoffen.

7 Literatur und Links

AMT FÜR UMWELTSCHUTZ KANTON APPENZELL AUSSERRHODEN (AFU AR, 2002): Benzolbelastung mindern

AUSSCHUSS FÜR GEFAHRSTOFFE (AGS, 2012): [Änderungen und Ergänzungen der Bekanntmachung zu Gefahrstoffen \(BekGS\) 910 "Risikowerte und Exposition-Risiko-Beziehungen für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen"](#), PDF, 1 S.

BERATERGREMIIUM FÜR ALTSTOFFE DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER (BUA, 2006): Emissionen ausgewählter Kohlenwasserstoffe aus Anwendungen flüssiger Kraft- und Brennstoffe im Verkehrswesen, im Off-Road-Bereich und in der Wärmeerzeugung in Deutschland. BUA-Stoffbericht 26. S. Hirzel, Stuttgart, S. 119

BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND Landschaft (BUWAL, 2003): [Benzol in der Schweiz](#). Schriftenreihe Umwelt Nr. 350. PDF, 38 S.

DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT (2012): MAK- und BAT-Werte-Liste 2013. 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

FRIEDRICH A. (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

HAUPTVERBAND DER GEWERBLICHEN BERUFGENOSSENSCHAFTEN (2002): [Leukämie und Benzolexposition: Auswertung und Zusammenfassung epidemiologischer Studien](#). BIA-Report, Vorabveröffentlichung, 198 S.

⁶ Richtlinie 2009/126/EG, in nationales Recht umgesetzt durch die 21. BImSchV

⁷ Änderungsverordnung zur 21. BImSchV vom 6. Mai 2002

⁸ Richtlinie 96/63/EG, in nationales Recht umgesetzt durch die 20. BImSchV

HEUDORF U., HENTSCHEL W. (1995): ZBl. Hyg. 196, 416–424

INSTITUT FÜR ARBEITSSCHUTZ DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG (2013*): ► [Gefahrstoffinformationssystem GESTIS](#), Stoffdatenbank (z. B. Stichwort „Benzol“)

LAUE W., PILOTY M., LI D.Z. (1994): VDI-Berichte Nr. 1122, S. 283

Landesamt für Umwelt (2012): [Lufthygienischer Jahresbericht 2011](#), 121 S.

LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ:

(2001): Luftschadstoffbelastung in und um Parkgaragen, Fachtagung am 24. April 2001

(2003): ► [Informationen über Abgase des Kraftfahrzeugverkehrs](#). 20 S.

MARQUARDT H., SCHÄFER S.G. (Hrsg. 1994): Lehrbuch der Toxikologie. BI-Wissenschaftsverlag, Mannheim

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

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

ROOß J., SIEMERS U., STOLZ P. (1997): Leichtflüchtige organische Substanzen: Belastung aus Kraftstoffen in Wohnungen über Garagen. Drägerheft 366

UMWELTBUNDESAMT (1996): Berechnungen der direkten Emissionen des Straßenverkehrs in Deutschland im Zeitraum 1995 bis 2010, Texte 73/96, ISSN 0722-186X

UMWELTBUNDESAMT (1997): Jahresbericht 1996

UMWELTBUNDESAMT (2000*): ► [Rasen mähen – aber richtig. Umweltfreundliche Rasenmäher: Ein gepflegter Garten mit weniger Energieverbrauch, Lärm und Gesundheitsbelastung](#). Presse-Information Nr. 18/00

UMWELTBUNDESAMT (2011*): ► [VOC-Betankungsverluste bei Tankstellen](#)

WICHMANN, SCHLIPKÖTER, FÜLGRAFF (Hrsg.): Handbuch der Umweltmedizin, ecomed-Verlag Landsberg

* Zitate von online-Angeboten vom 13.08.2013

7.1 Gesetzliche Regelungen und technische Richtlinien

Richtlinie 94/63/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Dezember 1994 zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC- Emissionen) bei der Lagerung von Ottokraftstoff und seiner Verteilung von den Auslieferungslagern bis zu den Tankstellen

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 Dieseldieselkraftstoffen, ABl. Nr. L 350/58, ABl. 2000 Nr. L 124/66 einschließlich Ergänzungen durch 2003/17/EG und 2009/30/EG

Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa

Richtlinie 2009/126/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über Phase II der Benzindampf-Rückgewinnung beim Betanken von Kraftfahrzeugen an Tankstellen

Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraftstoffen (10. BImSchV) vom 8. Dezember 2010 (BGBl. Nr. 62 vom 13.12.2010 S. 1849)

Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen beim Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen (20. BImSchV) zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 24. April 2012 (BGBl. I S. 661) geändert

Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen (21. BImSchV) vom zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 24. April 2012 (BGBl. I S. 661) geändert

Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. I Nr. 40 vom 05.08.2010 S. [1065](#))

Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlament und Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, ABI 2008 Nr. L351/1 (CLP-Verordnung). ► www.reach-clp-helpdesk.de/de/CLP/CLP.html

Bekanntmachung des BMA vom 29. April 2003 - IIIb3 -35 125-5 - (BArbBl. 6/2003 S. 90)

TRGS 905 – Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe. Ausgabe Juli 2005 (BAnz. Nr. 59a vom 24.03.2006 S. 3; GMBI. Nr. 26 vom 04.07.2008 S. 528 http://www.umweltrecht.de/regelwerk/t_regeln/trgs/08_07.htm - trgs905

8 Weiterführende Informationen

UmweltWissen-Publikationen:

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

Ansprechpartner: ► http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/0_ansprechpartner.pdf

Weitere Publikationen zum Umweltschutz im Alltag: ► www.lfu.bayern.de/umweltwissen.

Impressum:

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Telefon: 0821 9071-0

Telefax: 0821 9071-5556

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

Postanschrift:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Bearbeitung:

LfU: Dr. Katharina Stroh (2004)

LfU, Ref. 76

LfU, Ref. 21: Hilmar Mante

LfU, Ref. 74: PD Dr. Wolfgang Kömer

LfU, Ref. 12: Friederike Bleckmann

LGL, Sachgebiet Umweltmedizin: Dr. Ursula Schwegler,

Dr. Eike Roscher, Prof. Dr. Hermann Fromme

Bildnachweis:

© fhmedien_de - Fotolia.com: Abb. 4; © Evgeni Hecht - Fotolia.com: Abb. 5;

© Imaginis - Fotolia.com: Abb. 6; © Olivier Le Moal - Fotolia.com: S. 1 re.,

© Photo Joe - Fotolia.com: Abb. 3; © Sergiy Serdyuk - Fotolia.com: S. 1 li.

Stand:

1. Auflage: 2004

Aktualisierung der Links: 2007

Aktualisierung der Fachinhalte und Links: Oktober 2012

Aktualisierung der Links: 2013

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars gebeten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.