**Toluol**, Trivialname nach [IUPAC](https://de.wikipedia.org/wiki/IUPAC) auch **Toluen**, **Methylbenzol**, **Phenylmethan**, nach IUPAC-Nomenklatur **Methylbenzen** genannt, ist eine farblose, charakteristisch riechende, flüchtige [Flüssigkeit](https://de.wikipedia.org/wiki/Fl%C3%BCssigkeit), die in vielen ihrer Eigenschaften dem [Benzol](https://de.wikipedia.org/wiki/Benzol) ähnelt. Toluol ist ein [aromatischer Kohlenwasserstoff](https://de.wikipedia.org/wiki/Aromatische_Kohlenwasserstoffe), häufig ersetzt es als [Lösungsmittel](https://de.wikipedia.org/wiki/L%C3%B6sungsmittel) das giftige Benzol. Es ist unter anderem auch im [Benzin](https://de.wikipedia.org/wiki/Motorenbenzin) enthalten.

**Etymologie**

Als [Henri Etienne Sainte-Claire Deville](https://de.wikipedia.org/wiki/Henri_Etienne_Sainte-Claire_Deville) Toluol aus [Tolubalsam](https://de.wikipedia.org/wiki/Tolubalsam) gewann, hatte er *für diesen Körper den Namen Benzoën angenommen, der bei den Balsamen, von denen er herkommt, an den fast generischen Charakter erinnert, den nämlich, Benzoesäure zu halten.* [Berzelius](https://de.wikipedia.org/wiki/Berzelius) schlug dann in seinen Jahresberichten den Namen *Toluin* vor.[[6]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-6) Die Abwandlung in Toluol taucht erstmals in einer Arbeit von [Muspratt](https://de.wikipedia.org/wiki/James_Sheridan_Muspratt) und [Hoffmann](https://de.wikipedia.org/wiki/August_Wilhelm_von_Hofmann) auf,[[7]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-7) die indessen – wohl irrtümlich – sich bezüglich des Namens auf die obige Stelle von Berzelius berufen.[[8]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-8)

**Geschichte**

Toluol wurde erstmals von [Pierre-Joseph Pelletier](https://de.wikipedia.org/wiki/Pierre-Joseph_Pelletier) und [Filip Neriusz Walter](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Filip_Neriusz_Walter&action=edit&redlink=1) 1837 isoliert. Pelletier fand die Verbindung in dem Gas, das von der Rinde der [See-Kiefer](https://de.wikipedia.org/wiki/See-Kiefer) (damals *Pinus maritima*) emittiert wird. Pelletier nannte die Substanz *Retinaphta*, nach dem Kiefern[harz](https://de.wikipedia.org/wiki/Harz_(Material)).[[9]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-9) 1841 wurde Toluol dann auch von Henri Etienne Sainte-Claire Deville durch [trockene Destillation](https://de.wikipedia.org/wiki/Trockene_Destillation) aus dem Tolubalsam gewonnen; hierauf beruht auch der heutige Name.[[10]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-10)[[11]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-11) Durch [Nitrierung](https://de.wikipedia.org/wiki/Nitrierung) von Toluol mittels Nitriersäure (Mischung aus [Salpetersäure](https://de.wikipedia.org/wiki/Salpeters%C3%A4ure) und [Schwefelsäure](https://de.wikipedia.org/wiki/Schwefels%C3%A4ure)) wurde 1863 durch den Chemiker [Julius Wilbrand](https://de.wikipedia.org/wiki/Julius_Wilbrand) zum ersten Mal [TNT](https://de.wikipedia.org/wiki/Trinitrotoluol) hergestellt. Die Großproduktion von TNT wurde in Deutschland schließlich im Jahre 1901 aufgenommen; dieses Verfahren wird noch heute verwendet.

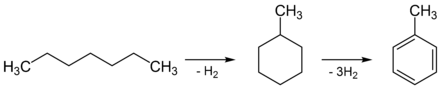
**Vorkommen und Emissionen**

Toluol kommt im [Erdöl](https://de.wikipedia.org/wiki/Erd%C3%B6l) und in dem Leichtöl, das bei der [Steinkohleteerdestillation](https://de.wikipedia.org/wiki/Steinkohle) anfällt, in kleineren Mengen vor. Da Toluol im Benzin enthalten ist wird es unter anderem im Kfz-Verkehr freigesetzt. Es entsteht in kleinen Mengen bei der unvollständigen Verbrennung von organischen Stoffen, wie zum Beispiel beim Rauchen. In den letzten Jahren ist ein Rückgang der Toluolemissionen zu verzeichnen. Das Jahresmittel beträgt zum Beispiel in Rheinland-Pfalz 30 µg/m3; je nach Ort kann es jedoch zu größeren Schwankungen dieses Wertes kommen. Hauptemissionsfaktor ist mit ca. 65 % der Kfz-Verkehr, 33 % sind auf den Gebrauch von Toluolprodukten und 2 % auf die Toluolherstellung zurückzuführen. Freigesetztes Toluol wird in der Erdatmosphäre, wie beim Benzol, nach mehreren Tagen durch Reaktionen mit [Hydroxylradikalen](https://de.wikipedia.org/wiki/Hydroxyl-Radikal) (OH-Radikale) abgebaut.

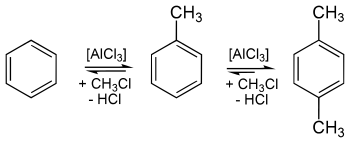
**Gewinnung und Darstellung**

Eine direkte Gewinnung aus Erdöl oder durch Trockendestillation von Steinkohle ist – auf Basis der Rohölpreise von 2006 – noch nicht wirtschaftlich.

In der Industrie wird es hauptsächlich bei der Verarbeitung von Erdöl gewonnen, indem das (durch [Cracken](https://de.wikipedia.org/wiki/Cracken) erzeugte) *n*-Heptan zu [Methylcyclohexan](https://de.wikipedia.org/wiki/Methylcyclohexan) [reformiert](https://de.wikipedia.org/wiki/Katalytisches_Reforming) und danach zu Toluol dehydriert wird. Diesen Vorgang nennt man auch [Dehydrocyclisierung](https://de.wikipedia.org/wiki/Dehydrocyclisierung).

[](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Toluensynthese.PNG)

Während des [Zweiten Weltkrieges](https://de.wikipedia.org/wiki/Zweiter_Weltkrieg) kam es in Deutschland wegen des fehlenden Erdöls zu Engpässen bei der Toluolherstellung, weswegen es auch aus Benzol und Methanol mittels der [Friedel-Crafts-Alkylierung](https://de.wikipedia.org/wiki/Friedel-Crafts-Alkylierung) hergestellt wurde.[[12]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-12) Die Friedel-Crafts-Alkylierung hat limitierende Faktoren, die die Ausbeute und damit die wirtschaftliche Bedeutung erheblich senken: Alkylbenzole sind in der elektrophilen Substitution an Aromaten reaktiver als Benzol selbst; daher tendiert das gerade erst entstandene Alkylbenzol dazu, zu zwei- und mehrfach alkylierten Produkten zu reagieren. Die Ausbeute von Toluol wird geringer:

[](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Friedel-Crafts_reaction_benzene_to_Toluene.svg)

Aufgrund der geringen Kosten der Ausgangsstoffe werden immense Mengen davon kontinuierlich umgesetzt, das dabei entstehende Toluol durchgehend abgetrennt und der [Gleichgewichtsreaktion](https://de.wikipedia.org/wiki/Gleichgewichtsreaktion) somit entzogen. Weiterhin fällt Toluol als Nebenprodukt bei der Herstellung von [Ethen](https://de.wikipedia.org/wiki/Ethen) und [Propen](https://de.wikipedia.org/wiki/Propen) an. [Photochemisch](https://de.wikipedia.org/wiki/Photochemie) ist es durch [Isomerisierung](https://de.wikipedia.org/wiki/Isomer) von [Cycloheptatrien](https://de.wikipedia.org/wiki/Cycloheptatrien) zugänglich.

Die Weltproduktion von Toluol liegt zwischen fünf und zehn Millionen Tonnen jährlich.

**Eigenschaften**

**Physikalische Eigenschaften**

Toluol ist der einfachste Vertreter der [Alkylbenzole](https://de.wikipedia.org/wiki/Alkylbenzole). An der Luft verbrennt es nur unvollständig mit gelber, stark rußender Flamme. Die Flüssigkeit riecht charakteristisch, stechend angenehm (ähnlich wie [Benzol](https://de.wikipedia.org/wiki/Benzol)) und hat eine [Geruchsschwelle](https://de.wikipedia.org/wiki/Geruchsschwelle) von 0,6–263 mg/m3. Toluol [schmilzt](https://de.wikipedia.org/wiki/Schmelzpunkt) bei −95 °C, [siedet](https://de.wikipedia.org/wiki/Siedepunkt) bei 111 °C und ist bei Normalbedingungen eine farblose, klare, wasserhelle Flüssigkeit, die stark lichtbrechend ist ([Brechungsindex](https://de.wikipedia.org/wiki/Brechungsindex): 1,4969). In [Wasser](https://de.wikipedia.org/wiki/Wasser) ist es fast unlöslich (0,47 g/l); mit [Kohlenstoffdisulfid](https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffdisulfid), [Ethanol](https://de.wikipedia.org/wiki/Ethanol) und [Diethylether](https://de.wikipedia.org/wiki/Diethylether) ist es in jedem Verhältnis mischbar. Auch in [Chloroform](https://de.wikipedia.org/wiki/Chloroform), [Aceton](https://de.wikipedia.org/wiki/Aceton) und den meisten weiteren organischen Lösungsmitteln ist Toluol gut löslich. Die Verbindung bildet mit einer Reihe von Lösungsmitteln [azeotrop](https://de.wikipedia.org/wiki/Azeotrop) siedende Gemische. Die azeotropen Zusammensetzungen und Siedepunkte finden sich in der folgenden Tabelle. Keine Azeotrope werden mit [*n*-Hexan](https://de.wikipedia.org/wiki/N-Hexan), [*n*-Heptan](https://de.wikipedia.org/wiki/N-Heptan), [*n*-Octan](https://de.wikipedia.org/wiki/N-Octan), Benzol, [Ethylbenzol](https://de.wikipedia.org/wiki/Ethylbenzol), [Cyclohexanol](https://de.wikipedia.org/wiki/Cyclohexanol), Chloroform, [Tetrachlorkohlenstoff](https://de.wikipedia.org/wiki/Tetrachlorkohlenstoff), Aceton, [Methylethylketon](https://de.wikipedia.org/wiki/Methylethylketon), Diethylether, [Ethylacetat](https://de.wikipedia.org/wiki/Ethylacetat), [Dimethylformamid](https://de.wikipedia.org/wiki/Dimethylformamid), [Dimethylsulfoxid](https://de.wikipedia.org/wiki/Dimethylsulfoxid), [Schwefelkohlenstoff](https://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelkohlenstoff) und [Phenol](https://de.wikipedia.org/wiki/Phenol) gebildet.[[13]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Smallwood-13)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Azeotrope mit verschiedenen Lösungsmitteln**[[13]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Smallwood-13) | | | | | | | | | | | | |
| [Lösungsmittel](https://de.wikipedia.org/wiki/L%C3%B6sungsmittel) |  | [Wasser](https://de.wikipedia.org/wiki/Wasser) | [Methanol](https://de.wikipedia.org/wiki/Methanol) | [Ethanol](https://de.wikipedia.org/wiki/Ethanol) | [1-Propanol](https://de.wikipedia.org/wiki/1-Propanol) | [2-Propanol](https://de.wikipedia.org/wiki/2-Propanol) | [1-Butanol](https://de.wikipedia.org/wiki/1-Butanol) | [*iso*-Butanol](https://de.wikipedia.org/wiki/Iso-Butanol) | [*sec*-Butanol](https://de.wikipedia.org/wiki/Sec-Butanol) |  |  |  |
| Gehalt Toluol | in Ma% | 80 | 31 | 32 | 51 | 31 | 68 | 55 | 45 |  |  |  |
| [Siedepunkt](https://de.wikipedia.org/wiki/Siedepunkt) | in °C | 85 | 64 | 77 | 93 | 81 | 106 | 101 | 95 |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Lösungsmittel |  | [Ethandiol](https://de.wikipedia.org/wiki/Ethandiol) | [Methylglycol](https://de.wikipedia.org/wiki/Methylglycol) | [Ethylglycol](https://de.wikipedia.org/wiki/Ethylglycol) | [1,4-Dioxan](https://de.wikipedia.org/wiki/1,4-Dioxan) | [Acetonitril](https://de.wikipedia.org/wiki/Acetonitril) | [Essigsäure](https://de.wikipedia.org/wiki/Essigs%C3%A4ure) | [Pyridin](https://de.wikipedia.org/wiki/Pyridin) | [Methylisobutylketon](https://de.wikipedia.org/wiki/Methylisobutylketon) |  |  |  |
| Gehalt Toluol | in Ma% | 93 | 74 | 89 | 20 | 24 | 72 | 68 | 97 |  |  |  |
| Siedepunkt | in °C | 110 | 106 | 110 | 102 | 81 | 101 | 108 | 111 |  |  |  |

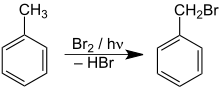
Die dynamische [Viskosität](https://de.wikipedia.org/wiki/Viskosit%C3%A4t) beträgt 0,6 mPa·s, Toluol ist also dünnflüssiger als Wasser. Der [Heizwert](https://de.wikipedia.org/wiki/Heizwert) beträgt 40.940 kJ/kg.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Zusammenstellung der wichtigsten thermodynamischen Eigenschaften | | | |
| **Eigenschaft** | **Typ** | **Wert [Einheit]** | **Bemerkungen** |
| [Standardbildungsenthalpie](https://de.wikipedia.org/wiki/Standardbildungsenthalpie) | ΔfH0liquid ΔfH0gas | 12,0 kJ·mol−1[[14]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Roux-14) 50,1 kJ·mol−1[[14]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Roux-14) | als Flüssigkeit als Gas |
| [Verbrennungsenthalpie](https://de.wikipedia.org/wiki/Verbrennungsenthalpie) | ΔcH0gas | −3910,9 kJ·mol−1[[15]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Cox-15) |  |
| [Wärmekapazität](https://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rmekapazit%C3%A4t) | cp | 157,09 J·mol−1·K−1 (25 °C)[[16]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Grolier-16) 1,70 J·g−1·K−1 (25 °C)[[16]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Grolier-16) 137,2 J·mol−1·K−1 (120 °C)[[17]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Scott-17) 1,49 J·g−1·K−1 (120 °C)[[17]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Scott-17) | als Flüssigkeit  als Gas |
| [Kritische Temperatur](https://de.wikipedia.org/wiki/Kritischer_Punkt_(Thermodynamik)) | Tc | 591,75 K[[18]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Tsonopoulos-18) |  |
| [Kritischer Druck](https://de.wikipedia.org/wiki/Kritischer_Druck) | pc | 41,58 bar[[18]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Tsonopoulos-18) |  |
| [Kritisches Volumen](https://de.wikipedia.org/wiki/Kritischer_Punkt_(Thermodynamik)) | Vc | 0,316 l·mol−1[[18]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Tsonopoulos-18) |  |
| [Kritische Dichte](https://de.wikipedia.org/wiki/Kritischer_Punkt_(Thermodynamik)) | ρc | 3,17 mol·l−1[[18]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Tsonopoulos-18) |  |
| [Azentrischer Faktor](https://de.wikipedia.org/wiki/Azentrischer_Faktor) | ωc | 0,264[[19]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Yaws1-19) |  |
| [Schmelzenthalpie](https://de.wikipedia.org/wiki/Schmelzenthalpie) | ΔfH | 6,61 kJ·mol−1[[20]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Domalski-20) | beim Schmelzpunkt |
| [Verdampfungsenthalpie](https://de.wikipedia.org/wiki/Verdampfungsenthalpie) | ΔVH0 ΔVH | 38,1 kJ·mol−1[[21]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Majer_Svoboda-21) 33,18 kJ·mol−1[[21]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Majer_Svoboda-21) | am Normaldrucksiedepunkt |

**Chemische Eigenschaften**

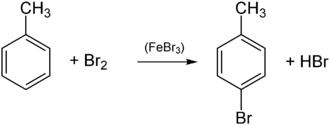
Toluol ist bei Normalbedingungen stabil und relativ reaktionsträge. Es geht ähnliche Reaktionen ein wie [Phenol](https://de.wikipedia.org/wiki/Phenol) und [Benzol](https://de.wikipedia.org/wiki/Benzol). Toluol greift viele Kunststoffe an und wird deswegen meist in Glas- oder Metallbehältern aufbewahrt. Durch [Oxidation](https://de.wikipedia.org/wiki/Oxidation) (zum Beispiel mit saurer [Kaliumpermanganat](https://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumpermanganat)-Lösung) kann Toluol über [Benzylalkohol](https://de.wikipedia.org/wiki/Benzylalkohol) und [Benzaldehyd](https://de.wikipedia.org/wiki/Benzaldehyd) zu [Benzoesäure](https://de.wikipedia.org/wiki/Benzoes%C3%A4ure) umgewandelt werden. Toluol geht vor allem [radikalische Substitutionsreaktionen](https://de.wikipedia.org/wiki/Radikalische_Substitution) und [elektrophile Substitutionsreaktionen](https://de.wikipedia.org/wiki/Aromatische_elektrophile_Substitution) ein. [Nukleophile Substitutionsreaktionen](https://de.wikipedia.org/wiki/Nukleophile_Substitution) sind seltener.

Insbesondere in der Hitze oder unter Bestrahlung mit Licht kann Toluol mit geeigneten Reaktionspartnern (beispielsweise [Brom](https://de.wikipedia.org/wiki/Brom)) radikalische Substitutionsreaktionen an der Methylgruppe eingehen (siehe [SSS-Regel](https://de.wikipedia.org/wiki/SSS-Regel)):

[](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Side_Chain_Halogenation_V.1.svg)

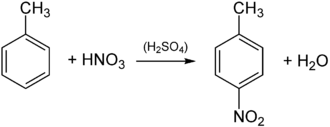
Reaktion von Toluol mit Brom unter radikalischen Reaktionsbedingungen

Da Toluol relativ reaktionsträge ist, laufen elektrophile Substitutionsreaktionen an ihm nur relativ langsam ab. In Gegenwart eines geeigneten [Katalysators](https://de.wikipedia.org/wiki/Katalysator) kann die Reaktionsgeschwindigkeit erheblich gesteigert werden (siehe [KKK-Regel](https://de.wikipedia.org/wiki/KKK-Regel)). Es entstehen bevorzugt *para*- und *ortho*-substituierte Produkte:

[](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Toluol_(elektrophile_Substitution_HBr).png)

Reaktion von Toluol mit Brom in Gegenwart einer [Lewis-Säure](https://de.wikipedia.org/wiki/Lewis-S%C3%A4ure) (FeBr3)

Toluol reagiert mit [Salpetersäure](https://de.wikipedia.org/wiki/Salpeters%C3%A4ure) zu [4-Nitrotoluol](https://de.wikipedia.org/wiki/4-Nitrotoluol) und Wasser, daneben entsteht auch das isomere 2-Nitrotoluol. Das eigentliche nitrierende Agens (NO2+) wird in Gegenwart von [Schwefelsäure](https://de.wikipedia.org/wiki/Schwefels%C3%A4ure) aus Salpetersäure gebildet:

[](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Toluol_(elektrophile_Substitution_HNO3).png)

[Nitrierung](https://de.wikipedia.org/wiki/Nitrierung) von Toluol

Über mehrfache Nitrierung kann [TNT](https://de.wikipedia.org/wiki/Trinitrotoluol) (Trinitrotoluol) gewonnen werden.

Eine weitere, wichtige Reaktion ist die Oxidation von Toluol zu Benzoesäure.

**Sicherheitstechnische Kenngrößen**

Toluol bildet leicht entzündliche Dampf-Luft-Gemische. Die Verbindung hat einen [Flammpunkt](https://de.wikipedia.org/wiki/Flammpunkt" \o "Flammpunkt) bei 6 °C. Der [Explosionsbereich](https://de.wikipedia.org/wiki/Explosionsgrenze) liegt zwischen 1,1 Vol.‑% (42 g/m3) als [untere Explosionsgrenze](https://de.wikipedia.org/wiki/Explosionsgrenze) (UEG) und 7,8 Vol.‑% (300 g/m3) als [obere Explosionsgrenze](https://de.wikipedia.org/wiki/Explosionsgrenze) (OEG).[[22]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Brandes-22) Eine Korrelation der Explosionsgrenzen mit der Dampfdruckfunktion ergibt einen [unteren Explosionspunkt](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Explosionspunkt&action=edit&redlink=1) von 3 °C sowie einen [oberen Explosionspunkt](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Explosionspunkt&action=edit&redlink=1) von 40 °C. Die [Sauerstoffgrenzkonzentration](https://de.wikipedia.org/wiki/Sauerstoffgrenzkonzentration) beträgt etwa 9,6 Vol.‑% (bei 100 °C).[[22]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Brandes-22) Die [Grenzspaltweite](https://de.wikipedia.org/wiki/Grenzspaltweite) wurde mit 1,06 mm bestimmt.[[22]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Brandes-22) Es resultiert damit eine Zuordnung in die [Explosionsgruppe](https://de.wikipedia.org/wiki/Explosionsgruppe) IIA.[[22]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Brandes-22) Die [Zündtemperatur](https://de.wikipedia.org/wiki/Z%C3%BCndtemperatur) beträgt 535 °C.[[22]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-Brandes-22) Der Stoff fällt somit in die [Temperaturklasse](https://de.wikipedia.org/wiki/Temperaturklasse) T1. Die elektrische Leitfähigkeit ist mit 8·10−14 S·m−1 sehr gering, so dass beim Umgang elektrostatische Aufladungen auftreten können.[[23]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-23)

**Verwendung**

Toluol wird außer zur TNT-Herstellung als Lösungsmittel u. a. für Farben, [Druckfarben](https://de.wikipedia.org/wiki/Druckfarbe), [Lacke](https://de.wikipedia.org/wiki/Lack) und Kleber verwendet. Es ist eine Ausgangschemikalie für chemische Synthesen.[[24]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-24)

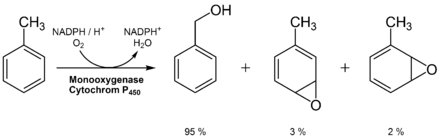
Bekannt ist auch die Verwendung in [Permanentmarkern](https://de.wikipedia.org/wiki/Permanentmarker), die jedoch inzwischen meist toluol- und [xylolfrei](https://de.wikipedia.org/wiki/Xylol) hergestellt werden.

Toluol kommt auch, je nach Messbereich, bei [Thermometern](https://de.wikipedia.org/wiki/Thermometer) als Füllflüssigkeit zum Einsatz.

**Toxikologie**

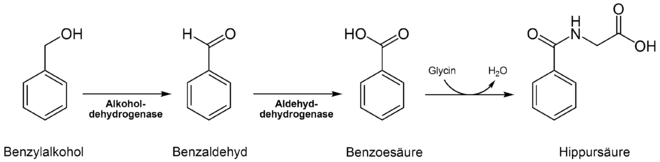
Toluol ist leichtentzündlich und gesundheitsschädlich. Toluol verursacht Nerven-, Nieren- und möglicherweise auch Leberschäden. Toluol kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen. Die Inhalation von Toluoldämpfen kann zu unspezifischen Symptomen wie Müdigkeit, Unwohlsein, Empfindungsstörungen, Störungen der Bewegungskoordination und Bewusstseinsverlust führen. Bei regelmäßigem Kontakt kann es zu einer Toluolsucht kommen, die mit Heiterkeits- und Erregungsräuschen einhergeht. Toluoldämpfe haben eine [narkotisierende](https://de.wikipedia.org/wiki/Narkose) Wirkung und reizen die Augen und Atmungsorgane schwer, allergische Reaktionen auf Toluol sind möglich. Toluol ist vermutlich [ototoxisch](https://de.wikipedia.org/wiki/Ototoxisch) im Menschen.[[25]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-25) Toluol sollte an gut belüfteten Orten aufbewahrt werden.

Toluol selbst wirkt nicht [erbgutverändernd](https://de.wikipedia.org/wiki/Mutation), ist jedoch häufig mit Benzol verunreinigt. Die geringere Toxizität von Toluol gegenüber Benzol lässt sich mit seinem anderen [Metabolismus](https://de.wikipedia.org/wiki/Stoffwechsel) erklären. Toluol wird im Gegensatz zum Benzol kaum durch Oxidation des Ringes, sondern hauptsächlich durch Oxidation der Seitenkette zur Benzoesäure metabolisiert. Der Grund dafür ist die hohe Selektivität des [Monooxygenasesystems](https://de.wikipedia.org/wiki/Monooxygenase) P450 für die Methylgruppe des Toluols. Aus diesem Grund entsteht kaum karzinogenes [Epoxid](https://de.wikipedia.org/wiki/Epoxid) wie im Falle des Benzols. Die geringen Mengen an Epoxid können durch Konjugation an [Glutathion](https://de.wikipedia.org/wiki/Glutathion), spontane intramolekulare Umlagerung zum Phenol oder durch enzymatische Hydrolyse zum Diol abgebaut werden.

[](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Toluolmetabolismn.png)

Toluol als Xenobiotikum kann über das Monooxygenasesystem P450 zu Benzylalkohol umgesetzt werden. Jedoch fallen bei dieser Reaktion geringe Mengen der kanzerogenen Epoxide an.

In Form von Benzoesäure und [Hippursäure](https://de.wikipedia.org/wiki/Hippurs%C3%A4ure) wird Toluol, neben kleinen Mengen [o-Kresol](https://de.wikipedia.org/wiki/O-Kresol), über den Harn ausgeschieden.

[](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Toluolmetabolismus.png)

Metabolismus von Toluol über Benzoesäure zu Hippursäure.

**Risikobewertung**

Toluol ist selbst in geringen Mengen wassergefährdend (WGK 2).[[1]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-GESTIS-1) Es ist biologisch leicht abbaubar. Toluol darf, wie auch Benzol, in der EU nicht mehr als Stoff oder Bestandteil von Zubereitungen in frei verkäuflichen Klebstoffen und Farbsprühdosen verwendet bzw. in Verkehr gebracht werden.[[26]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-26)

Toluol wurde 2012 von der EU gemäß der [Verordnung (EG) Nr. 1907/2006](https://de.wikipedia.org/wiki/Verordnung_(EG)_Nr._1907/2006) (REACH) im Rahmen der [Stoffbewertung](https://de.wikipedia.org/wiki/Stoffbewertung) in den fortlaufenden Aktionsplan der Gemeinschaft ([CoRAP](https://de.wikipedia.org/wiki/CoRAP" \o "CoRAP)) aufgenommen. Hierbei werden die Auswirkungen des [Stoffs](https://de.wikipedia.org/wiki/Chemischer_Stoff#Definitionen_des_Gesetzgebers) auf die menschliche Gesundheit bzw. die Umwelt neu bewertet und ggf. Folgemaßnahmen eingeleitet. Ursächlich für die Aufnahme von Toluol waren die Besorgnisse bezüglich der Einstufung als [CMR](https://de.wikipedia.org/wiki/CMR-Stoffe)-Substanz, [Verbraucherverwendung](https://de.wikipedia.org/wiki/Verbraucher), hoher (aggregierter) Tonnage, anderer gefahrenbezogener Bedenken und weit verbreiteter Verwendung. Die Neubewertung fand ab 2012 statt und wurde von [Finnland](https://de.wikipedia.org/wiki/Finnland) durchgeführt. Anschließend wurde ein Abschlussbericht veröffentlicht.[[27]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-27)[[28]](https://de.wikipedia.org/wiki/Toluol#cite_note-28)

**Literatur**

* Unterausschuss Wirkungsfragen des LAI: *Bewertung von Toluol- und Xylol-Immissionen.* Erich Schmidt Verlag, Berlin 1997, [ISBN 3-503-04071-4](https://de.wikipedia.org/wiki/Spezial:ISBN-Suche/3503040714).
* Jürgen Angerer: *Prävention beruflich bedingter Gesundheitsschäden durch Benzol, Toluol, Xylole und Ethylbenzol.* Gentner, Stuttgart 1983, [ISBN 3-87247-311-5](https://de.wikipedia.org/wiki/Spezial:ISBN-Suche/3872473115).
* A. Seeber, M. Blaszkewicz, P. Demes: *Toluol in Tiefdruckereien. Abschlussbericht zu einem Forschungsprojekt.* HVBG, Sankt Augustin 2002, [ISBN 3-88383-623-0](https://de.wikipedia.org/wiki/Spezial:ISBN-Suche/3883836230).
* [Helmut Greim](https://de.wikipedia.org/wiki/Helmut_Greim): *Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe. Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründung von MAK-Werten.* Toluol. VCH, Weinheim 1985, [ISSN](https://de.wikipedia.org/wiki/Internationale_Standardnummer_f%C3%BCr_fortlaufende_Sammelwerke) [0930-1984](https://zdb-katalog.de/list.xhtml?t=iss%3D%220930-1984%22&key=cql).
* *Methylbenzol, Toluol.* In: *Beilsteins Handbuch der organischen Chemie.* Band 5 (Syst. Nr. 466), H 280, S. [EII 209](https://archive.org/stream/BeilsteinsHandbuchDerOrganischenChemieBand5-2.erganzung#page/n239/mode/2up).

**Weblinks**

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4a/Commons-logo.svg/12px-Commons-logo.svg.png

[**Commons: Toluene**](https://commons.wikimedia.org/wiki/Toluene?uselang=de) – Album mit Bildern, Videos und Audiodateien

Wiktionary[**Wiktionary: Toluol**](https://de.wiktionary.org/wiki/Toluol) – Bedeutungserklärungen, Wortherkunft, Synonyme, Übersetzungen

* Verwendung und Gefahren: André Sepeur: [*Toluol.*](http://www.umweltlexikon-online.de/RUBwerkstoffmaterialsubstanz/Toluol.php) In: *umweltlexikon-online.de.* 22. Februar 2012, abgerufen am 27. Dezember 2014.
* BAUA: [*Begründung für Bewertung von Stoffeigenschaften: Toluol*](http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/905/905-toluol.pdf) (PDF; 151 kB), 24. Mai 2002

**Einzelnachweise**

  Eintrag zu [*Toluol*](https://gestis.dguv.de/data?name=010070) in der [GESTIS-Stoffdatenbank](https://de.wikipedia.org/wiki/GESTIS-Stoffdatenbank) des [IFA](https://de.wikipedia.org/wiki/Institut_f%C3%BCr_Arbeitsschutz_der_Deutschen_Gesetzlichen_Unfallversicherung), abgerufen am 8. Januar 2018.

  David R. Lide (Hrsg.): [*CRC Handbook of Chemistry and Physics*](https://de.wikipedia.org/wiki/CRC_Handbook_of_Chemistry_and_Physics)*.* 90. Auflage. (Internet-Version: 2010), CRC Press/Taylor and Francis, Boca Raton, FL, *Dipole Moments,* S. 9-58.

  Heinz G. O. Becker, Werner Berger, Günter Domschke: [*Organikum*](https://de.wikipedia.org/wiki/Organikum)*.* 22. Auflage. Wiley-VCH, Weinheim 2004, [ISBN 3-527-31148-3](https://de.wikipedia.org/wiki/Spezial:ISBN-Suche/3527311483), S. 732.

  Eintrag zu [*Toluene*](https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/cl-inventory-database/-/discli/substance/external/100.003.297) im *Classification and Labelling Inventory* der [Europäischen Chemikalienagentur](https://de.wikipedia.org/wiki/Europ%C3%A4ische_Chemikalienagentur) (ECHA), abgerufen am 1. Februar 2016. Hersteller bzw. [Inverkehrbringer](https://de.wikipedia.org/wiki/Inverkehrbringen) können die harmonisierte Einstufung und Kennzeichnung [erweitern](https://www.reach-clp-biozid-helpdesk.de/de/CLP/Einstufung/Selbsteinstufung/Selbsteinstufung.html).

  [Schweizerische Unfallversicherungsanstalt](https://de.wikipedia.org/wiki/Schweizerische_Unfallversicherungsanstalt) (Suva): [*Grenzwerte – Aktuelle MAK- und BAT-Werte*](https://www.suva.ch/de-CH/material/Richtlinien-Gesetzestexte/grenzwerte-am-arbeitsplatz-aktuelle-werte/) (Suche nach *108-88-3* bzw. *Toluol*), abgerufen am 2. November 2015.

  J. Berzelius: *Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie und Mineralogie.* 22, Lauppsche Buchhandlung, Tübingen 1843, S. 354, [online](https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=nyp.33433109960207;view=1up;seq=372) auf babel.hathitrust.org, abgerufen am 15. Januar 2017.

  Aug. Wilh. Hofmann: *Ueber eine sichere Reaction auf Benzol.* In: [*Liebigs Ann Chem*](https://de.wikipedia.org/wiki/Justus_Liebigs_Annalen_der_Chemie), 55, 1845, S. 200–205, [doi:10.1002/jlac.18450550205](https://doi.org/10.1002/jlac.18450550205).

  Christian Wiegand: *Entstehung und Deutung wichtiger organischer Trivialnamen. I. Kohlenwasserstoffe der Benzolreihe.* In: [*Angewandte Chemie*](https://de.wikipedia.org/wiki/Angewandte_Chemie_(Zeitschrift))*.* 60 (4), 1948, S. 109–111, [doi:10.1002/ange.19480600407](https://doi.org/10.1002/ange.19480600407).

  [H. Limpricht](https://de.wikipedia.org/wiki/Heinrich_Limpricht): *Lehrbuch der organischen Chemie.* Band 2, C. A. Schwetske & Sohn, 1862, S. 791.

  Eintrag zu [*Toluol.*](https://roempp.thieme.de/lexicon/RD-20-02063) In: [*Römpp Online*](https://de.wikipedia.org/wiki/R%C3%B6mpp_Lexikon_Chemie)*.* Georg Thieme Verlag, abgerufen am 26. März 2017.

  Richard L. Myers: *The 100 Most Important Chemical Compounds.* Greenwood Press, 2007, [ISBN 978-0-313-33758-1](https://de.wikipedia.org/wiki/Spezial:ISBN-Suche/9780313337581), S. 283.

  [Houben-Weyl](https://de.wikipedia.org/wiki/Houben-Weyl): *Arene und Arine*, 4. Auflage, Thieme, Stuttgart, 1981, S. 194. [Eingeschränkte Vorschau](https://books.google.de/books?id=C1KGAwAAQBAJ&pg=PA194#v=onepage) in der Google-Buchsuche

  I. M. Smallwood: *Handbook of organic solvent properties.* Arnold, London 1996, [ISBN 0-340-64578-4](https://de.wikipedia.org/wiki/Spezial:ISBN-Suche/0340645784), S. 40–42.

  M. V. Roux, M. Temprado, J. S. Chickos, Y. Nagano: *Critically Evaluated Thermochemical Properties of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons.* In: [*J. Phys. Chem. Ref. Data*](https://de.wikipedia.org/wiki/J._Phys._Chem._Ref._Data)*.* 37, 2008, S. 1855–1996.

  J. D. Cox, G. Pilcher: *Thermochemistry of Organic and Organometallic Compounds.* Academic Press, New York 1970, [ISBN 0-12-194350-X](https://de.wikipedia.org/wiki/Spezial:ISBN-Suche/012194350X).

  J.-P. E. Grolier, G. Roux-Desgranges, M. Berkane, E. Jimenez, E. Wilhelm: *Heat capacities and densities of mixtures of very polar substances 2. Mixtures containing N,N-dimethylformamide.* In: [*J. Chem. Thermodyn.*](https://de.wikipedia.org/wiki/J._Chem._Thermodyn.) 25, 1993, S. 41–50.

  D. W. Scott: *Toluene: thermodynamic properties, molecular vibrations, and internal rotation.* In: [*J. Phys. Chem.*](https://de.wikipedia.org/wiki/J._Phys._Chem.) 66, 1962, S. 911–914.

  C Tsonopoulos; Ambrose, D.: *Vapor-Liquid Critical Properties of Elements and Compounds. 3. Aromatic Hydrocarbons.* In: [*J. Chem. Eng. Data*](https://de.wikipedia.org/wiki/J._Chem._Eng._Data)*.* 40, 1995, S. 547–558. [doi:10.1021/je00019a002](https://doi.org/10.1021/je00019a002)

  Carl L. Yaws, Prasad K. Narasimhan: *Thermophysical Properties of Chemicals and Hydrocarbons - Chapter 1: Critical Properties and Acentric Factor, Organic Compounds.* 1. Auflage. Elsevier 2008, [ISBN 978-0-8155-1596-8](https://de.wikipedia.org/wiki/Spezial:ISBN-Suche/9780815515968), S. 31. [doi:10.1016/B978-081551596-8.50006-7](https://doi.org/10.1016/B978-081551596-8.50006-7)

  E. S. Domalski, E. D. Hearing: *Heat Capacities and Entropies of Organic Compounds in the Condensed Phase. Volume III.* In: [*J. Phys. Chem. Ref. Data*](https://de.wikipedia.org/wiki/J._Phys._Chem._Ref._Data)*.* 25, 1, 1996, [doi:10.1063/1.555985](https://doi.org/10.1063/1.555985).

  V. Majer, V. Svoboda: *Enthalpies of Vaporization of Organic Compounds: A Critical Review and Data Compilation.* Blackwell Scientific Publications, Oxford 1985, S. 300.

  E. Brandes, W. Möller: *Sicherheitstechnische Kenngrößen.* Band 1: *Brennbare Flüssigkeiten und Gase.* Wirtschaftsverlag NW – Verlag für neue Wissenschaft, Bremerhaven 2003.

  Technische Regel für Gefahrstoffe TRGS 727, BG RCI Merkblatt T033 *Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen*, Stand August 2016, Jedermann-Verlag Heidelberg, [ISBN 978-3-86825-103-6](https://de.wikipedia.org/wiki/Spezial:ISBN-Suche/9783868251036).

  [Toluol bei *enius*](http://www.enius.de/schadstoffe/toluol.html), abgerufen am 25. Februar 2018.

  P. Hoet, D. Lison: *Ototoxicity of toluene and styrene: state of current knowledge.* In: *Crit Rev Toxicol.* Band 38, Heft 2, 2008, S. 127–170. [doi:10.1080/10408440701845443](https://doi.org/10.1080/10408440701845443). [PMID 18259983](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18259983?dopt=Abstract).

  [Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 vom 18. Dezember 2006. Abl. L 136, 29.05.2007](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=uriserv:OJ.L_.2007.136.01.0003.01.DEU) (PDF), Anhang XVII.

  [Europäische Chemikalienagentur](https://de.wikipedia.org/wiki/Europ%C3%A4ische_Chemikalienagentur) (ECHA): [*Substance Evaluation Report*](https://echa.europa.eu/documents/10162/134bf275-0ba7-af48-7f8d-98970be688a9) und [*Conclusion Document*](https://echa.europa.eu/documents/10162/42f18c7c-d423-093e-c2ec-956ee4d37f69).

 Community rolling action plan ([CoRAP](https://de.wikipedia.org/wiki/CoRAP" \o "CoRAP)) der [Europäischen Chemikalienagentur](https://de.wikipedia.org/wiki/Europ%C3%A4ische_Chemikalienagentur) (ECHA): [*Toluene*](https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/evaluation/community-rolling-action-plan/corap-table/-/dislist/substance/external/100.003.297), abgerufen am 26. März 2019.