



# *Benzin im Wandel der Zeit*

Stefanie Rickelt  
Claudia Klameth



- *Entwicklung der Ottokraftstoffe*
- *Kraftstoffgesetzgebung*
- *Kraftstoffzusammensetzung*



- *Emissionen aus dem Verkehr*
- *Folgen der Emissionen aus dem Verkehr*
- *Abgasgesetzgebung*
- *Toxizität Benzin, einiger Benzininhaltsstoffe und Additive*
- *Anforderung an Tankstellen*
- *Biokraftstoffe*

# Entwicklung der Ottokraftstoffe

- 1912 Klopfen als hinderliche Erscheinung entdeckt
- 1921 Entdeckung von Bleitetraethyl (TEL) als Antiklopfmittel
- 1923 Versuche mit Eisenpentacarbonyl → Motalin
- 1924 Benzin-Benzol-Gemisch (60 % Benzin, 40 % Benzol) von Aral als erster Superkraftstoff
- Seltener genutzt wurde reines Benzol vom Benzolverband
- ab 1929 verschiedenen Sorten Monopolin mit 20 Gew.-% absolutem Alkohol
- 1930 Bezugspflicht für Kraftspiritus für alle Mineralölerzeuger und –importeure (mind. 2,5 % Kraftspiritus im Benzin)
- um 1938 Mangel an Benzol, Mangel an Ethanol → ab 1939 Einsatz von TEL in Autobenzin
- 1939 Anordnung Nr. 22 der Überwachungsstelle für Mineralöl - erste in Deutschland allgemeingültige Spezifikation für Ottokraftstoffe



Automobil, um 1921, Quelle: P & P Online Catalog

Ottokraftstoffqualitäten in Deutschland von 1890-1974 (ROZ, MOZ, Bleigehalt), Quelle: Wolfgang W. Ellissen, Antiklopfmittel und Ottokraftstoffqualitäten in Deutschland 1923-1973

Jahr	Normal			Super		
	ROZ	MOZ	Blei [g/l]	ROZ	MOZ	Blei [g/l]
1890	42,0					
1900	48,0		-			
1910	52,0		-			
1920	58,0		-			
1925	67,0		-	78,0		
1930	67,0		-	80,0		
1935	72,0		-	92,0		-
1940	74,0	72,0	0,40	81,0		0,40
1945	74,0	72,0	0,60	-		-
1950	72,0	70,0	0,50	-	-	-
1952	76,0	74,0	0,54	84,0	79,0	0,36
1954	83,5	78,0	0,50	89,0	80,0	0,33
1956	86,0	81,0	0,41	92,0	83,0	0-0,35
1958	88,0	82,5	0,44	96,0	85,0	0-0,23
1960	91,5	85,0	0,44	98,0	86,5	0-0,36
1962	92,5	85,5	0,43	99,5	87,0	0-0,36
1964	92,5	85,0	0,40	100,0	88,0	0,33
1966	92,5	86,0	0,45	100,0	89,0	0,35
1968	92,5	85,0	0,45	100,0	90,0	0,43
1970	93,0	85,0	0,47	100,0	90,0	0,52
1972	91,0	85,0	0,38	98,0	88,0	0,38
1974	91,5	85,0	0,38	98,0	88,0	0,38

## Entwicklung in der DDR

- 1964 DDR-Norm TGL 6428 (drei Qualitäten nach ihrer MOZ unterschieden: 72, 78 und 85, max. 0,05 % Schwefel (lt. DIN 51600 max. 0,01 %))
- 1966 Änderung der Norm („Normal“ mit ROZ/MOZ 79/78 und „Extra“ mit 88/84; Extra-Kraftstoff 0,01 % Schwefel, 0,04 Vol.-% TEL)

## Entwicklung in der BRD

- 1955 erste DIN-Norm 51600 für Ottokraftstoffe gültig nur für Normalbenzin (ROZ/MOZ 81/76, TEL-Gehalt 0,06 Vol.-%); erst 1972 für Super-Benzin ergänzt

- 1974 Entwicklung von Autokatalysatoren für Benzinautos
- 9. Juli 1971 Benzinbleigesetz
  - Bleigehalt ab 1.1.1972 auf 0,4 g Pb/l und ab 1.1.1976 auf 0,15 g Pb/l begrenzt
  - Gehalt an Aromaten durfte den bis dahin in Superkraftstoffen üblichen Wert nicht überschreiten - Benzolgehalt sank in folgenden Jahren



- 1985 Einführung von bleifreien Normalbenzin und Superbenzin in der BRD
- 1988 Vertrieb von verbleitem Normalbenzin eingestellt
- 1989 unverbleites Super Plus-Benzin auf dem Markt
- Seit 1996 wird verbleites Benzin in Deutschland nicht mehr angeboten.
- Heute drei bleifreien Ottokraftstoffqualitäten „Normal“, „Super“ und „Super Plus“

# Maßgebliche Gesetze – Kraftstoffpolitik

- Mindeststandards für bleifreies Superbenzin seit 1993 europaweit in der europäischen Norm 228 geregelt
- setzt Vorgaben der geltenden EU-Richtlinien um
  - Richtlinie 85/210/EWG: unverbleites Benzin darf einen Bleigehalt von 0,013 g/l nicht überschreiten, Benzolgehalt auf 5 Vol.-% begrenzt
  - Richtlinie 98/70/EG:
    - Ab 2000: Schwefelgehalt 150 mg/kg, Benzolgehalt 1%, Sauerstoffanteil von 2,7 Gew.-%
    - Ab 2005: Schwefelgehalt 50 mg/kg, Aromatengehalt von 42 Vol.-% auf 35 Vol.-% abgesenkt, Schwefelhöchstgehalt von 10 mg/kg ab 2005 bis spätestens 2009

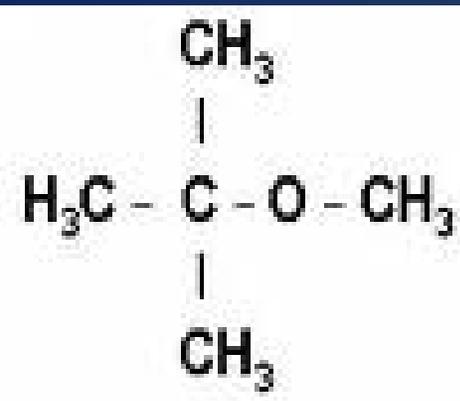
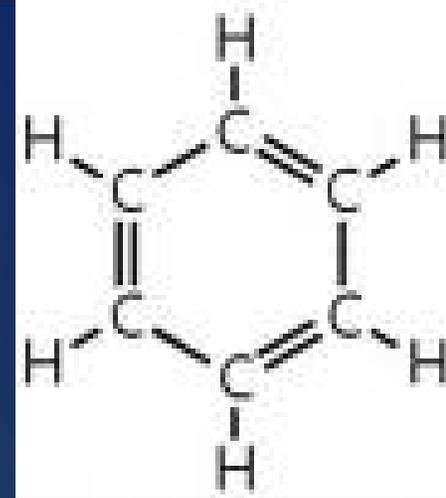


Grenzwerte der DIN 51600 von 1993 für verbleites Superbenzin, Grenzwerte der DIN EN 228 in den Fassungen von 1993, 2000 und 2004, Quelle: DIN EN 228:2004; S. Hirzel, BUA-Stoffbericht 200 der GDCh

Eigenschaften	Einheit	Grenzwerte DIN 51600 (1993)		Grenzwerte (1993)		Grenzwerte (2000)		Grenzwerte (2004)	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
<b>ROZ</b>		<b>98</b>	--	<b>95</b>	--	<b>95</b>	--	<b>95</b>	--
<b>MOZ</b>		<b>88</b>	--	<b>85</b>	--	<b>85</b>	--	<b>85</b>	--
ROZ (Normal)		--	--	91	--	91	--	91	--
MOZ (Normal)		--	--	82,5	--	82,5	--	82,5	--
ROZ (Super Plus)		--	--	98	--	98	--	98	--
MOZ (Super Plus)		--	--	88	--	88	--	88	--
<b>Bleigehalt</b>	mg/l	--	<b>150</b>	--	<b>13</b>	--	<b>5</b>	--	<b>5</b>
Dichte (bei 15°C)	kg/m <sup>3</sup>	730	780	725	780	720	775	720	775
<b>Schwefelgehalt</b>	mg/kg	--	<b>1000</b>	--	<b>1000</b> (bis 1994-12-31)	--	<b>150</b>	--	<b>150</b> (bis 2004-12-31) oder <b>50,0</b>
		--	--	--	<b>500,0</b>	--	<b>10,0</b>	--	<b>10,0</b>
<b>Gehalt an Kohlenwasserstoffgruppen</b>									
<b>Olefine</b>	Vol.-%	--	k.A.	--	k.A.	--	<b>18,0</b>	--	<b>18,0</b>
Olefine (Normal)	Vol.-%		k.A.		k.A.		21,0	--	21,0 (bis 2004-12-31) oder 18,0
<b>Aromaten</b>	Vol.-%	--	k.A.	--	k.A.	--	<b>42,0</b>	--	<b>42</b> (bis 2004-12-31) oder <b>35,0</b>
<b>Benzolgehalt</b>	Vol.-%	--	<b>5,00</b>	--	<b>5,00</b>	--	<b>1,00</b>	--	<b>1,00</b>
<b>Sauerstoffgehalt</b>	Gew.-%	--	<b>2,8</b>	--	<b>2,8</b>	--	<b>2,7</b>	--	<b>2,7</b>
<b>Gehalt an sauerstoffhaltigen organischen Verbindungen</b>									
Methanol	Vol.-%	--	k.A.	--	k.A.	--	3,0	--	3,0
<b>Ethanol</b>	Vol.-%	--	k.A.	--	k.A.	--	<b>5,0</b>	--	<b>5,0</b>
Iso-propyl-Alkohol	Vol.-%	--	k.A.	--	k.A.	--	10,0	--	10,0
Iso-butyl-Alkohol	Vol.-%	--	k.A.	--	k.A.	--	10,0	--	10,0
Tert-butyl-Alkohol	Vol.-%	--	k.A.	--	k.A.	--	7,0	--	7,0
<b>Ether (5 oder mehr C-Atome)</b>	Vol.-%	--	k.A.	--	k.A.	--	<b>15,0</b>	--	<b>15,0</b>
andere sauerstoffhaltige Verbindungen	Vol.-%	--	k.A.	--	k.A.	--	10,0	--	10,0
<b>Dampfdruck</b>									
Sommer	kPa	45,0	70,0	35,0	70,0	45,0	60,0	45,0	60,0
Winter/Übergangszeit	kPa	60,0	90,0	55,0	90,0	60,0	90,0	60,0	90,0
<b>Flüchtigkeit</b>									
E70	Vol.-%	15	45	15	47	20	50,0	20	50,0
E100	Vol.-%	40	70	40	70	46	71,0	46	71,0
E 150	Vol.-%	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	75	--	75	--
<b>Siedende</b>	°C	k.A.	<b>215</b>	k.A.	<b>215</b>	k.A.	<b>210</b>	k.A.	<b>210</b>

Entwicklung der Benzolkonzentration in deutschen Ottokraftstoffen von 1996-2003, Quelle: <http://motorlexikon.de>

Messzeitraum	Normal	Super	Super Plus
Mittelwerte in Vol.-%			
1996	1,5	2,1	0,8
1998	1,6	2,0	0,8
2000	0,8	0,7	0,6
2003	0,7	0,7	0,6



**Tabelle 7:** MTBE-Gehalt deutscher Ottokraftstoffe von 1992-2001, Quelle: <http://www.umweltbundesamt.de>

Sorte	ROZ	<i>MTBE-Gehalt in Vol.-%</i>			
		1992	1996	2000	2001
Normal	91	0,8	0,3	0,67	0,43
Eurosuper	95	1,65	1,6	3,65	3
Super Plus	98	8,4 (max.14,1)	6,2	10,67	10,2 (max. 15)
Super, verbleit	98	2,2	(2,2)	--	--

Kohlenwasserstoffe	Volumenkonzentration in %
Alkane (Paraffine)	30 - 90
Cycloparaffine (Naphthene)	1 - 35
Olefine	0 - 20
Aromaten	5 - 55

## Zusammensetzung von Ottokraftstoffen

- Benzin ist eine Sammelbezeichnung für ein Gemisch aus bis zu 200 verschiedenen, verzweigten, kettenförmigen und ringförmigen, überwiegend leichten Kohlenwasserstoffen mit drei bis elf Kohlenstoffatomen je Molekül, die im Bereich zwischen 35 °C und 210 °C sieden.
- Hauptkomponenten: Aromaten, Paraffine (unverzweigte Alkane), Naphthene (cyclische Kohlenwasserstoffe) und Olefine (Alkene)
- Zusätzlich verschiedenen Additive zur Veredelung (Zusätze in Konzentrationen meist unter 1 %, in der Praxis Zusätze bis zu 0,3 % üblich)

# Additive

- **Detergentien**, wie Amine und Polyamide seit den 60er Jahren
- **Antioxidantien** wie Phenol-, Kresol- oder Aminverbindungen seit den 30er Jahren
- **Anti-Icing-Additive** wie Alkohole, Glykole seit den 1960er Jahren (sind heute nicht mehr von Bedeutung)
- bei bleihaltigen Antiklopfmitteln Additive zur Verringerung der Brennraumrückstände – **Scavenger** wie 1,2-Dichlorethan und 1,2-Dibromethan
- **Antiklopfmittel** zur Erhöhung der OZ : früher Bleialkyle, seit den 80er Jahren sauerstoffhaltige Verbindungen wie MTBE, ETBE o. Ethanol
  - MTBE bzw. ETBE besonders in höherwertigen Benzinen in größeren Konzentrationen vorhanden
  - Raffinerien haben von MTBE auf die Beimischung von ETBE umgestellt
  - In der BRD können bis zu 15 Vol.-% Ether und 5% Ethanol beigemischt werden
- **Korrosionsschutzadditive**, wie langkettige Fettsäuren, Ester oder Amine

Produkt	Normalbenzin bleifrei	Superbenzin bleifrei	Super Plus bleifrei	Superbenzin verbleit
	alle Angaben in Gew.-%			
<b>Alkane</b>	<b>32,9</b>	<b>30</b>	<b>28,1</b>	<b>31,7</b>
2-Methylpropan	1,5	1,3	1,3	1,4
n-Butan	2,7	3,1	3,7	4,3
2-Methylbutan	8,1	8,4	9,1	9,3
n-Pentan	5,1	4,3	3,4	4,3
2,3-Dimthylbutan	1,0	0,8	0,7	0,8
2-Methylpentan	4,3	3,5	3,1	3,3
3-Methylpentan	2,8	2,2	1,9	2,1
<b>n-Hexan</b>	<b>3,3</b>	<b>2,6</b>	<b>1,6</b>	<b>2,4</b>
2-Methylhexan	1,3	1,2	1,0	1,2
3-Methylhexan	1,7	1,5	1,3	1,5
n-Heptan	1,1	1,1	1,0	1,1
<b>Cycloalkane</b>	<b>2,3</b>	<b>2,2</b>	<b>1,0</b>	<b>2,0</b>
Cyclopentan	0,8	1,0	0,5	1,0
Methylcyclopentan	1,5	1,2	0,5	1,0
<b>Alkene</b>				
2-Methyl-2-buten	1,3	0,7	0,6	0,7
<b>Aromaten</b>	<b>36,2</b>	<b>38,2</b>	<b>42,7</b>	<b>38,8</b>
<b>Benzol</b>	<b>2,1</b>	<b>2,7</b>	<b>2,7</b>	<b>2,4</b>
<b>Toluol</b>	<b>9,0</b>	<b>11,7</b>	<b>13,3</b>	<b>11,5</b>
Ethylbenzol	2,3	2,4	3,0	2,5
o-Xylol	2,3	2,9	3,5	2,9
m-Xylol	3,7	5,3	6,0	5,7
p-Xylol	2,2	2,5	2,8	2,6
1,2,3-Trimethylbenzol	0,7	1,0	1,0	1,1
1,2,4-Trimethylbenzol	2,7	3,6	3,8	3,6
1,2,5-Trimethylbenzol	0,9	1,1	1,2	1,2
Propylbenzol	7,0	0,9	1,0	1,0
3-Ethyltoluol	2,3	2,9	3,1	3,0
4-Ethyltoluol	1,0	1,2	1,3	1,3
<b>Sauerstoffhaltige Verbindungen</b>				
Methyl-t-butyl-ether	0,2	1,7	8,7	1,0

Konzentration (Mittelwerte) ausgewählter Einzelkomponenten im Normal- und Superbenzin in den Jahren 1992/1993, 2001/2002 und 2010 , Quelle: S. Hirzel, BUA-Stoffbericht 260 der GDCh

Komponente	Normalbenzin			Superbenzin		
	1992/1993	2001/2002	2010 (Extrapolation)	1992/1993	2001/2002	2010 (Extrapolation)
	Mittelwerte in Gew.-%					
Butadien-1,3	0	0	0	0	0,005	0,005
Pentan	5,1	4,08	4,08	4,3	3,18	3,18
<b>Cyclohexan</b>	<b>0,5</b>	<b>0,93</b>	<b>0,93</b>	<b>0,4</b>	<b>0,815</b>	<b>0,815</b>
2,4,4-Trimethylpenten-1	0,1	0,0325	0,033	0	0,0165	0,0165
2,4,4-Trimethylpenten-2	0	0,0025	0,0025	0	0,002	0,002
<b>Benzol</b>	<b>2,1</b>	<b>0,86</b>	<b>0,75</b>	<b>2,7</b>	<b>0,79</b>	<b>0,69</b>
<b>Toluol</b>	<b>9</b>	<b>8,475</b>	<b>7,37</b>	<b>11,7</b>	<b>11,075</b>	<b>9,6</b>
<b>Ethylbenzol</b>	<b>2,3</b>	<b>1,885</b>	<b>1,64</b>	<b>2,4</b>	<b>2,22</b>	<b>1,93</b>
Styrol	0	0,0135	0,012	0	0,02	0,017
Cumol	0,3	0,18	0,16	0,3	0,205	0,18
Mesitylen	0,9	1,1	0,96	1,1	1,145	1
Tert.-Butylbenzol	0	0,005	0,004	0	0	0
Tetrahydronaphthalin	0	0,025	0,022	0	0,005	0,004
Naphthalin	0,3	0,26	0,23	0,4	0,21	0,18
2-Methylnaphthalin	0,2	0,13	0,11	0,2	0,12	0,1
1-Methylnaphthalin	0	0,05	0,04	0,1	0,05	0,044
2,6-Dimethylnaphthalin	0	0,01	0,009	0	0,01	0,009

# Gesundheits- und Umweltgefährdung durch Automobilkraftstoffe und ihre Inhaltsstoffe



Quelle: <http://www.seilnacht.com/>

# Emissionen aus dem Verkehr in Deutschland

## *Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)*

- chem. Endprodukt von Verbrennung und Katalyse, wird unvermindert ausgestoßen
- Maßnahmen, die Fahrzeugverbrauch begrenzen nur schleppend
- stete Zunahme d. CO<sub>2</sub>-Emissionen, teilweise Kompensation von Minderungserfolgen in anderen Bereichen

## *Kohlenmonoxid (CO)*

## *Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>)*

## *Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)*

## *Staub und Partikel*

## *Flüchtige organische Verbindungen (VOC)*



Anteile einzelner VOC-Substanzen oder Substanzgruppen an den VOC-Emissionen des Straßenverkehrs

## Schadstoffemissionen von Pkw (2005)

<b>Schadstoff</b>		<b>Pkw</b>
Kohlenmonoxid	Gramm/Personen-km	1,45
Kohlendioxid	Gramm/Personen-km	144
Flüchtige Kohlenwasserstoffe	Gramm/Personen-km	0,18
Stickoxide	Gramm/Personen-km	0,29
Partikel	Gramm/Personen-km	0,009
<b>Verbrauch</b>		
Benzinäquivalent	Liter/100 Personen-km	6,2
Auslastung		<b>1,5 Pers./Pkw</b>

Emissionen organischer Stoffgruppen von Straßenkraftfahrzeugen in mg/km

Stoffklasse	Emissionsfaktoren in mg/km		
	Pkw mit G-Kat	Pkw ohne G-Kat	Diesel Pkw
Azyklische, gesättigte KW	91,4	424	12,5
Azyklische, ungesättigte KW	44,7	409	38,7
Monozyklische aromatische KW	65,6	509	8,2
Polyzykl. Aromatische KW (PAK)	0,015	0,1	0,1
Alkylierte PAK	0,6	10,9	1
<b>Summe Kohlenwasserstoffe</b>	<b>202</b>	<b>1.350</b>	<b>60</b>
Azyklische und zyklische Alkohole	5,1	6,1	11
Aromatische Hydroxyverbindungen	6,1	23,1	20,5
Azyklische Aldehyde	10,9	139	108
Aromatische Aldehyde	2,8	44,4	15,4
Aromatische Ketone	1,8	18,3	11,7
Carbonsäuren	0,66	0,05	0,05
<b>Summe oxidierte Verbindungen</b>	<b>27</b>	<b>167</b>	<b>167</b>
N-haltige Verbindungen	0,6	1,1	1,1
<b>Gesamtsumme (Kohlenwasserstoffe + oxidierte Verbindungen)</b>	<b>230</b>	<b>228</b>	<b>228</b>

# Folgen durch die Emissionen aus dem Verkehr

–Umwelt- und Gesundheitswirkungen (viele mit Verzögerung)

## *Toxische Wirkungen*

- Akute Wirkungen: Atemwegserkrankungen durch  $\text{NO}_x$  und feine Partikel ( $\text{PM}_{10}$ )
- Lungenfunktionsstörungen und Entzündungen durch Photooxidantien und Ozon
- Chronische Wirkungen: Krebs v. a. Lungenkrebs und Leukämie durch Benzol, Dieselrußpartikel, PAK und Nitro-PAK
- phytotoxische Effekte durch Photooxidantien, Ozon und Ethen sowie toxische Effekte für die aquatischen Organismen durch Schwermetalle, PAK und MTBE

## *Umweltwirkungen*

- Beeinflussung d. Treibhauseffektes
- Bildung von bodennahem Ozon
- Erhöhung der Eutrophierung
- Beitrag zur Versauerung



Quelle: <http://www.wdr.de/themen/verkehr/>

# Abgasgesetzgebung

–für CO-, HC-, NO<sub>x</sub>- und Partikelemissionen für Pkw im Jahr 1992 (EU-Abgasvorschrift 91/441/EWG, „Euro 1“) → für Pkw mit Ottomotor wurde Einsatz von geregelten Katalysatoren notwendig → Abgasverhalten weiter verbessert  
→ weitere Euro-Normen

–Konzentrationen von Schwefel, Benzol und aromatischen

–Kohlenwasserstoffen in Benzin- und Dieselkraftstoffen deutlich reduziert

–Bundes-Immissionsschutzgesetz regelt Emissionen aus Kraftfahrzeugen



Quelle: <http://www.wdr.de/themen/verkehr/>



# Toxizität von Benzin, einigen Benzininhaltstoffen und Additiven

## Benzin

### *Akute Toxizität*

- kurzfristiges Stechen o. Rötung d. Augen
- Reizungen d. Haut, Verätzungen möglich

Quelle: <http://diepresse.com/home/wirtschaft/>

- Lungenschädigung
- Übelkeit, Schwindel, Kopfschmerzen/Schläfrigkeit, Bewusstlosigkeit, möglicherweise Tod durch „Schnüffeln“ von Lösungen

### *Chronische Toxizität*

- Benzolexpositionen: Beeinflussung der Blutbildungsorgane → Blutstörungen, Anämie und Leukämie
- Benzol krebserregend für Menschen, wahrscheinlich vererbare Gendeffekte
- Toluol verursachte bei Tierversuchen Missbildungen

### *Umwelttoxizität*

- Boden- und Grundwasserkontamination
- Benzin toxisch für Wasserorganismen, längerfristige schäd. Effekte in Gewässern möglich

# Benzinhaltsstoffe und Additive

## *BTEX*

## *MTBE*

–MTBE und ETBE können über Verdampfung beim Tanken, bei unvollständiger Verbrennung in Motoren, Unfällen bei Lagerung und Transport sowie über Abwassereinleitungen in die Umwelt und Gewässer eingetragen werden

–gegenwärtig in geringen Konzentrationen in vielen Grund- und Oberflächenwässern

–MTBE verbreitet sich im Grundwasser aufgrund hoher Löslichkeit und geringem Adsorptionsverhaltens bedeutsam schneller als BTEX

–ähnlich wie idealer Tracer

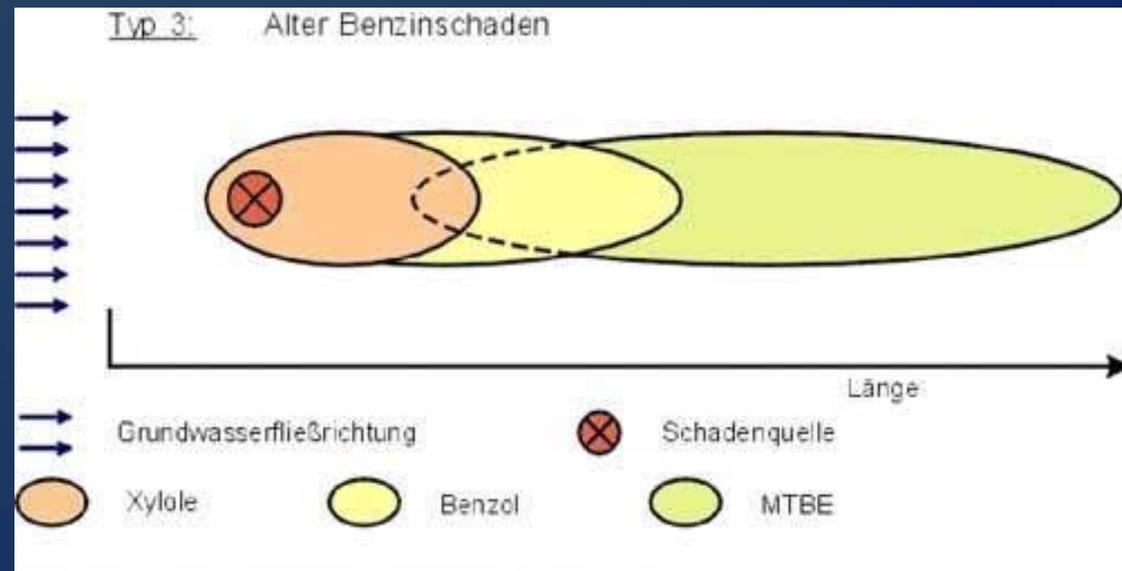
–nicht/kaum biologisch abbaubar; schlecht stripbar, oft lange Kontaminations-fahren

## *ETBE*

–Ersatz von MTBE durch ETBE

kein Fortschritt

–Gewässer werden nicht nachhaltig vor Eintrag von persistenten org. Stoffen geschützt



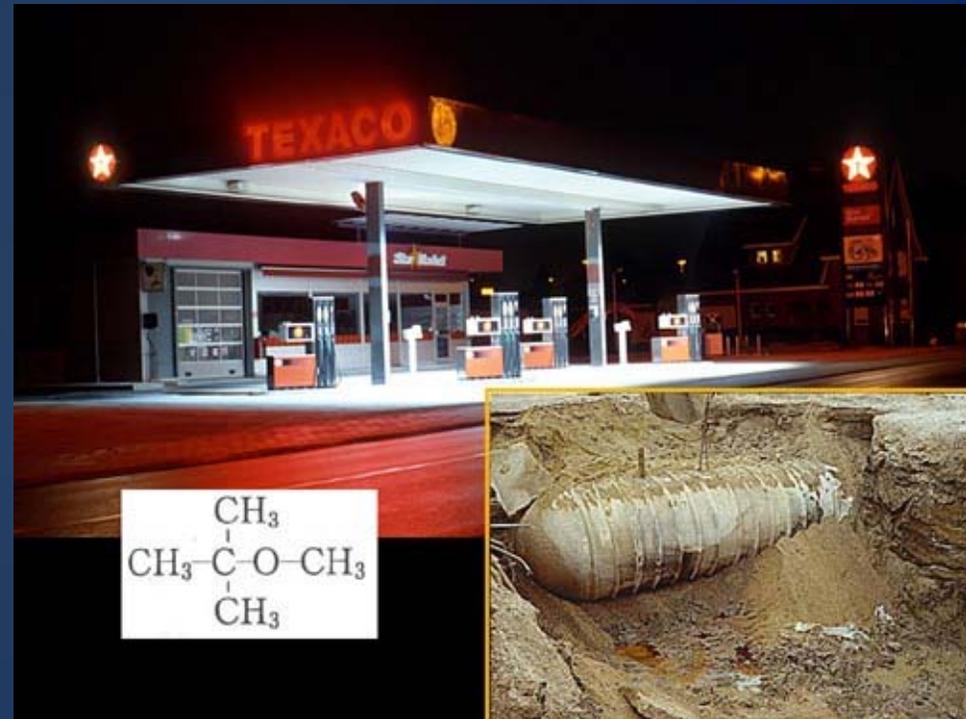
- *Tetraethylblei (Bleitetraethyl)*
- *1,2-Dichlorethan und 1,2-Dibromethan*
- *1,3-Butadien*
- *Eisenpentacarbonyl*
- *n-Hexan*



Quelle: <http://www.wdr.de/themen/wissen/umwelt/feinstaub>

# Anforderungen an Tankstellen (WHG)

- Ziel: Schutz von Boden und Grundwasser vor wassergefährdenden Stoffen
- Tankstellen müssen so beschaffen, gebaut, aufgestellt, unterhalten und betrieben werden, dass keine Besorgnis für Verunreinigung d. Gewässer o. sonstige nachteilige Veränderungen bestehen
- Anlagen/Teile und techn. Schutzmaßnahmen müssen von zuständ. Behörde anerkannt sein



Quelle: <http://www.chemistryland.com/>

# Biokraftstoffe

- wachsende Verkehrsleistungen → Belastungen der Umwelt
- auf Pflanzen basierende Energieträger → theoretisch effiziente Emissionsverringderung, da Verbrennung nur soviel CO<sub>2</sub> emittiert, wie Pflanzenwachstum d. Luft entzogen hat
- fossile Energieträger können eingespart werden
- gesamte Lebensweg der Biokraftstoffe (weitere CO<sub>2</sub>-Emissionen und äquivalente Emissionen) beachten und mit substituierten fossilen Energieträgern vergleichen
- werden durch ihren Einsatz klimarelevante Gase vermieden oder verstärkt freigesetzt
- wegen der Biomassennutzung aber oft höhere Schadstoffemissionen als beim Einsatz fossiler Energieträger



Vielen Dank für die  
Aufmerksamkeit