

6.16 Nitroaromaten

Vorhergehende Berichte: HLFU 1997 (für 1991-1992), S. 124-126
 Tabellen: HLUG 2003b, Tab. 81-82

I. Allgemeine Angaben

In den Orientierenden Messungen 1991/92 wurden elf Nitroaromaten untersucht, die in unterschiedlichen Positionen chloriert und methyliert sind. Folgende Nitrobenzole und Nitrotoluole (Methylnitrobenzole) wurden in Oberflächengewässern und industriellen Kläranlagenabläufen gemessen:

Gruppe „11 Nitroaromaten“		
Nitrobenzol	1-Chlor-2-nitrobenzol	2-Chlor-4-nitrotoluol
2-Nitrotoluol	1-Chlor-3-nitrobenzol	4-Chlor-2-nitrotoluol
3-Nitrotoluol	1-Chlor-4-nitrobenzol	2,3-Dichlornitrobenzol
4-Nitrotoluol		1-Chlor-2,4-dinitrobenzol

Nach 1992 wurde diese Substanzklasse im Rahmen der Orientierenden Messungen nicht weitergeführt, da unabhängig davon die beiden Flüsse Main und Rhein, in denen Befunde von Nitroaromaten auftraten, regelmäßig auf diese Stoffe hin überwacht wurden.

Für 2002 liegen aus den Orientierenden Messungen Daten zu 12 Nitroaromaten aus dem Ablauf kommunaler und industrieller Kläranlagen vor. Bei dieser Gruppe „12 Nitroaromaten“ waren Nitrobenzol und die unsubstituierten Nitrotoluole sowie 2,3-Dichlornitrobenzol entfallen und dafür sechs andere, hier mit * gekennzeichnete Chlor-Nitrotoluole und Dichlornitrobenzole aufgenommen worden:

Gruppe „12 Nitroaromaten“		
1-Chlor-2-nitrobenzol	2-Chlor-4-nitrotoluol	1-Chlor-2,4-dinitrobenzol
1-Chlor-3-nitrobenzol	3-Chlor-4-nitrotoluol*	1,2-Dichlor-4-nitrobenzol*
1-Chlor-4-nitrobenzol	4-Chlor-2-nitrotoluol	1,3-Dichlor-4-nitrobenzol*
	5-Chlor-2-nitrotoluol*	1,4-Dichlor-2-nitrobenzol*
		1,2-Dichlor-3-nitrobenzol*

*2002 neu aufgenommen

Die drei einfach chlorierten Nitrobenzole wurden im Ablauf industrieller Kläranlagen auch 2003 überprüft (Gruppe „3 Nitroaromaten“).

Nitroaromaten sind aromatische Verbindungen, die eine oder mehrere Nitrogruppen an einem Benzolring tragen. Sie stellen im wesentlichen industrielle Zwischenprodukte dar. Nitroaromaten sind meist gering bis schwer löslich im Wasser und flüchtig. Sie sind biologisch nicht leicht abbaubar und für aquatische Organismen toxisch, fast immer mutagen und bei Säugern z.T. kanzerogen. Für alle hier behandelten Nitroaromaten liegen Umweltqualitätsnormen nach VO-WRRL vor.

II. Verfügbare Messdaten

Übersicht 6.16.1: Nitroaromaten – Messdaten 1991/1992; 2002/2003			
Probenahmeort: Ortstyp/Matrix	Stoffgruppe /Parameter	Jahre	Anmerkungen
1. Oberflächen- Gewässer: Wasser	11 Nitroaromaten	1991/1992	1991: 14 Gewässer, insgesamt 24 Messwerte; 1992: 10 Gewässer, insgesamt 19 Messwerte
2. Kommunale Kläranlagen: Ablauf (Wasser)	12 Nitroaromaten	2002	9 KKA
3. Industrielle Kläranlagen: Ablauf (Wasser)	11 Nitroaromaten	1991/1992	7 IKA
	12 Nitroaromaten	2002	6 IKA
	3 Nitroaromaten	2003	6 IKA

Zum aktuellen Vergleich bei Oberflächengewässern können Messwerte für 2001 aus dem hessischen Messprogramm nach §3 der Qualitätsziel-Verordnung und Art. 7 der Richtlinie 76/464/EWG sowie aus der wöchentlichen Beprobung des Main bei Bischofsheim herangezogen werden.

III. Herkunft – Umweltverhalten – Toxizität

1. Umwelteinträge und Vorkommen

Nitroaromaten gehören zu den wichtigsten Ausgangsverbindungen der chemischen Industrie. Sie stellen i.d.R. Zwischenprodukte, keine Endprodukte dar.

Nitrobenzol ist eine der bedeutendsten Industriechemikalien. Es wird durch Benzol-Nitrierung gewonnen und durch weitere Substitution zu Zwischenprodukten wie Chlornitrobenzol verarbeitet sowie als Löse- und Oxidationsmittel, bevorzugt aber zur Herstellung von Anilin verwendet (Weissermel/Arpe 1990). Anilin dient seinerseits in erster Linie zur Herstellung von Farbstoffen, Pharmaka und Pestiziden.

Chlornitrobenzole werden hauptsächlich zu Farbstoffen weiterverarbeitet.

Nitrotoluole: Bei der Mononitrierung des Toluol fallen die drei Isomeren in charakteristischen Anteilen an: 2-Nitrotoluol zu etwa 63 Prozent, 4-Nitrotoluol zu 33-34 Prozent und 3-Nitrotoluol zu etwa 4 Prozent (Weissermel/Arpe 1990). Dies schlägt sich auch in den Produktionszahlen nieder, die in Tab. 6.16.1 für ca. 1990 angegeben werden, den Zeitpunkt, auf den sich die hier referierten Messungen auf Nitroaromaten in den hessischen Oberflächengewässern beziehen. 2- und 4-Nitrotoluol dienen u.a. als Vorstufen für Diisocyanate, Ausgangsprodukte für Polyurethan-Schaum. *Chlornitrotoluole* sind ebenfalls Vorprodukte für Farbstoffe, Pigmente, Pharmaka u.a. Produkte.

Nitroaromaten sind ferner von Belang als Zwischenprodukte bei der Herstellung von Gummihilfsstoffen, Fotochemikalien, Moschusduftstoffen (Moschus Xylol, Moschus Keton) sowie in bedeutendem Maße Sprengstoffen (Altlastenproblematik; vgl. Michels

et al. 2001). Sie stellen die Basis dar für alle chemischen Synthesen, deren Produkte Stickstoff-Funktionen am aromatischen Ring tragen.

Tab. 6.16.1: Mengenraster Nitrobenzole/Nitrotoluole, ca. 1990	
Stoff/Stoffgruppe	Herstellung Bundesrepublik Deutschland
Nitrobenzol	200.000 t/a
Nitrotoluole	
2-Nitrotoluol	45.000 t/a
3-Nitrotoluol	2.500 t/a
4-Nitrotoluol	25.000 t/a
Chlornitrobenzole	
1-Chlor-2-nitrobenzol	25.000 t/a
1-Chlor-3-nitrobenzol	1.000-3.000 t/a
1-Chlor-4-nitrobenzol	30.000-50.000 t/a
1-Chlor-2,4-dinitrobenzol	3.000-3.500 t/a

Zus. nach BUA 1988, 1990a und b, 1991; Streit 1991.

Nitroaromaten haben als Produkte und auch als Vorprodukte seit den 90er Jahre aus Kostengründen und im Zusammenhang der Umstrukturierung der Farbstoffchemie stark an Bedeutung verloren. Chlornitrobenzole wurden vor 1990 in der Bundesrepublik von zwei Unternehmen (Bayer und Hoechst) erzeugt. Hoechst als kleinerer Produzent stellte am Standort Frankfurt/M.-Griesheim 1989 noch rd. 4.000 t Nitrobenzol her, schloss die Produktion aber bis Mitte der 90er Jahre, was auch für die Herstellung von Chlornitrobenzolen und -toluolen gilt (UBA 1996; BUA 2000; Clariant 2004).

Bei Herstellung und Verarbeitung der Nitroaromaten fallen Waschwässer und damit eine Kläranlagen- und Vorfluter-Belastung an. Der Eintrag in die Oberflächengewässer erfolgt schwerpunktmäßig durch die Abwässer der Nitroaromate herstellenden chemischen Industrie. Nitrobenzol kann u.U. auch aus Lösemittelanwendungen in anderen Industriebereichen in Abwasser/Oberflächengewässer gelangen, wobei aber auch hier die chemische Industrie dominierte. Aus den BUA-Berichten ergibt sich für Ende der 80er Jahre ein errechneter Nitroaromaten-Eintrag in Fließgewässer (vornehmlich Rhein, daneben mit sehr viel geringeren Einträgen Main und Elbe) von etwa 40 t/a, der zu drei Vierteln aus Abwässern der Herstellung/Weiterverarbeitung und zu einem Viertel aus Lösemittelanwendungen stammen sollte. Bei der Herkunft von Chlornitrobenzol werden für Anfang der 90er Jahre daneben diffuse Einleitungen in Höhe von 30 Prozent angegeben, die durch Altlasten bedingt sind (Haberer 1991).

2. Stoffeigenschaften, Toxizität

Zu den Stoffeigenschaften der elf in Oberflächengewässern untersuchten Nitroaromaten, auf die sich die folgenden Angaben beziehen, werden insbesondere die BUA-Berichte und eine UBA-Studie zu Nitrobenzol herangezogen.

Nitrobenzol (vgl. BUA 1991) weist mit 1,9 g/L (20°C) eine relativ hohe Wasserlöslichkeit auf; die Flüchtigkeit aus Wasser ist nicht sehr ausgeprägt (Henry-Konstante 2,4 Pa m³ mol⁻¹). Der log K_{ow} beträgt ca. 1,9-2,0, was keine signifikante Bioakkumulation erwarten lässt. Die Tendenz zur Geoakkumulation ist ebenfalls gering. Nitrobenzol ist nicht biologisch leicht abbaubar. Für den Stoff liegen Anhaltspunkte für eine krebserzeugende Wirkung bei Säugern vor (MAK-Liste: 3B; DFG 2004 [EG Kat. 3]). Nitrobenzol zeichnet sich durch hohe Toxizität für Wasserorganismen aus: Der EC₅₀-Wert für Daphnien-Toxizität (24 bzw. 48 h) liegt bei 24-62 mg/L; Daphnien-NOEC: 1,2-2,6 mg/L (21d). Als niedrigste Wirkschwelle wird eine NOEC-Konzentration bei Fisch von

<1 µg/L angegeben (UBA 1996). Einstufung nach EG-Richtlinie als sehr giftig und umweltgefährlich (T⁺, N).

Die *Chlornitrobenzole* (1-Chlor-2-, -3- und -4-nitrobenzol) haben im Vergleich zu Nitrobenzol eine geringere Wasserlöslichkeit (ca. 0,2-0,6 g/L) und eine teils geringere (1-Chlor-3-nitrobenzol), teils größere (1-Chlor-4-nitrobenzol) Flüchtigkeit (Henry-Konstanten zwischen 0,45 und 5,5). Ihr log K_{ow} ist etwas größer (2,24-2,46), ohne dass eine signifikante Bio- und Geoakkumulation zu erwarten wäre. Die Daphnientoxizität der Chlornitrobenzole ist, gemessen an NOEC-/NOEL-Werten (21d) von 0,1 mg/L (1-Chlor-3-nitrobenzol) bzw. 0,32/0,64 mg/L (1-Chlor-4-nitrobenzol), ausgeprägter als bei Nitrobenzol. Gleiches gilt für Fischtoxizität: Der LC₅₀-Wert (Goldorfe, 48h) beträgt für 1-Chlor-4-nitrobenzol zwischen 2 und 20 mg/L, für Nitrobenzol (96h) 68-89 mg/L (BUA 1985, 1988; Koch 1989, 1995). Für 1-Chlor-2-nitrobenzol und 1-Chlor-2,4-nitrobenzol liegen Anhaltspunkte für eine krebserzeugende Wirkung bei Säugern vor (MAK-Liste: 3B; DFG 2004 [EG Kat. 3]).

Nitrotoluole (vgl. BUA 1990a): Die Wasserlöslichkeit liegt mit 0,3-0,4 g/L in der gleichen Größenordnung wie bei den Chlornitrobenzolen, die Flüchtigkeit ist größer (Henry-Konstanten zwischen 5,2 und 6,5). Der log K_{ow} von 2,3-2,53 lässt nur geringe Bioakkumulation erwarten. Alle drei Nitrotoluole sind nicht biologisch leicht abbaubar. Die Ökotoxizität liegt mit EC₅₀-Werten von 9-24 mg/L für Daphnien und einem LC₅₀ (Goldorfe, 48h) von 29 mg/L zwischen der von 1-Chlor-2,4-nitrobenzol und Nitrobenzol. Als niedrigste Wirkschwelle wird eine NOEC-Konzentration von 0,5-0,7 mg/L (Daphnien-Reproduktion, 21d) angegeben. 2-Nitrotoluol ist als krebserzeugend anzusehen (MAK-Liste: 2, DFG 2004 [EG Kat. 2]).

Alle hier behandelten Nitroaromaten haben (mit vermutlicher Ausnahme von Nitrobenzol) mutagene Wirkung (Richter/Pfau 2004).

Weitere Einstufungen: Nitrobenzol, 1-Chlor-2-, -3- und -4-nitrobenzol, 1-Chlor-2,4-dinitrobenzol, 3- und 4-Nitrotoluol sowie 2-Chlor-4-nitrotoluol sind in WGK 2 (wassergefährdend) eingeordnet; 2-Nitrotoluol, 2,3-Dichlornitrobenzol und 1,3-Dichlor-4-nitrobenzol in WGK 3 (stark wassergefährdend).

3. Bewertungsgrundlagen – Zielwerte

Für alle untersuchten Nitroaromaten mit Ausnahme von 2,3-Dichlornitrobenzol bestehen Umweltqualitätsnormen nach VO-WRRL und/oder Zielvorgaben der LAWA, in Einzelfällen auch der IKSR.

Übersicht 6.16.2: Nitroaromaten – Bewertungsgrundlagen			
Matrix	Parameter	Zielwerte : QZ/QN/ZV	Quelle
Wasser	Nitrobenzol	0,1 µg/L	VO-WRRL
		0,1 µg/L (A)	LAWA
		10 µg/L (T)	LAWA
	1-Chlor-2-nitrobenzol	10 µg/L	76/464/EWG, VO-WRRL
		10 µg/L (A)	LAWA
		1 µg/L (T)	LAWA; IKSR
	1-Chlor-3-nitrobenzol	1 µg/L	76/464/EWG, VO-WRRL
		1 µg/L (T)	IKSR
	1-Chlor-4-nitrobenzol	10 µg/L	76/464/EWG, VO-WRRL
		30 µg/L (A)	LAWA
		1 µg/L (T)	LAWA; IKSR

	1-Chlor-2,4-dinitrobenzol	5 µg/L	76/464/EWG, VO-WRRL
	1,2-Dichlor-4-nitrobenzol	10 µg/L	76/464/EWG, VO-WRRL
		20 µg/L (A)	LAWA
		1 µg/L (T)	LAWA
	1,3-Dichlor-4-nitrobenzol	10 µg/L	76/464/EWG, VO-WRRL
	1,4-Dichlor-2-nitrobenzol	10 µg/L	76/464/EWG, VO-WRRL
		20 µg/L (A)	LAWA
		1 µg/L (T)	LAWA
	1,2-Dichlor-3-nitrobenzol	10 µg/L	76/464/EWG, VO-WRRL
	2-Nitrotoluol	50 µg/L (A)	LAWA
		10 µg/L (T)	LAWA
	3-Nitrotoluol	50 µg/L (A)	LAWA
		10 µg/L (T)	LAWA
	4-Nitrotoluol	70 µg/L (A)	LAWA
		10 µg/L (T)	LAWA
	2-Chlor-4-nitrotoluol	1 µg/L	76/464/EWG, VO-WRRL
		1 µg/L (T)	LAWA
	3-Chlor-4-nitrotoluol	1 µg/L	76/464/EWG, VO
	4-Chlor-2-nitrotoluol	10 µg/L	76/464/EWG, VO
		20 µg/L (A)	LAWA
		1 µg/L (T)	LAWA
	5-Chlor-2-nitrotoluol	1 µg/L	76/464/EWG, VO-WRRL

IV. Hessische Werte: Einzeldaten und Trends

1. Nitroaromaten im Wasser aus hessischen Oberflächengewässern 1991/1992 und 2001

1.1 Die Ergebnisse 1991/1992

Die untersuchten Nitroaromaten waren 1991/1992 bei 14 (1991) bzw. 10 (1992) der im Rahmen der Orientierenden Messungen beprobten hessischen Fließgewässern ausschließlich im Main und im Rhein nachzuweisen, also Fließgewässern mit Produktionsbetrieben der Großchemie als Anliegern. Die in Main und Rhein oder nur im Main auftretenden Konzentrationen lagen 1991/92 teils unter der Bestimmungsgrenze (von 0,01 bzw. 0,02 µg/L) und teils im Bereich von 0,01-0,2 µg/L. Dabei kamen bei allen Vertretern dieser Substanzklasse Befunde vor. Nur 1-Chlor-2,4-dinitrobenzol wurde nie nachgewiesen. Werte >0,1 µg/L wurden gefunden für Nitrobenzol 1991/1992 im Rhein (0,11-0,21 µg/L), für 1-Chlor-2-nitrobenzol 1991 und 1992 im Main bei Eddersheim und Bischofsheim (0,11-0,25 µg/L) und an den gleichen Messstellen 1991 für 4-Chlor-2-nitrotoluol (0,11-0,12 µg/L).

Im Verlauf des Main traten positive Befunde bei Kleinostheim, also vor den Chemiestandorten Offenbach/Frankfurt./M., in keinem Fall auf, dagegen weiter flussabwärts in zwei Fällen bei Griesheim und fast immer bei Eddersheim und Bischofsheim (nach IK11). Diese Profil zeigte sich auch bei den Chlornitrobenzol-Messungen Mitte der 80er Jahre (vgl. BUA 1988).

1.2 Zielwertüberschreitungen

1991/1992 wurde von den vorliegenden Zielwerten (Übers. 6.16.2) nur die 0,1 µg/L-Zielvorgabe der LAWA für Nitrobenzol im Rhein bei drei von sechs Messwerten überschritten.

1.3 Vergleichswerte 1991/92 - 2001

Ein Vergleich der o.a. Messwerte mit den wöchentlichen Mainproben von 1995 ergab bereits eine spürbare Abnahme der Belastung mit Nitroaromaten im Main. Fast alle Nitroaromaten waren messbar, lagen aber unter den Zielwerten (HLfU 1997).

Zum Vergleich können auch die Befunde von den LAWA-Messstellen herangezogen werden (Daten nach UBA 1999). Hier wurde im Main bei Bischofsheim 1993 die strengste Vorgabe für Nitroaromaten, die 0,1 µg/L-Zielvorgabe der LAWA für Nitrobenzol, mit 0,12 µg/L (90-Perzentil) noch überschritten, in den Folgejahren aber nicht mehr. Dagegen ergaben Nitrobenzol-Messungen auch 1996/1997 in der Elbe eine deutliche Belastung (Schmilka, Dommitzsch, Zollenspieker, Seemannhöft: 90-Perzentil-Werte von 0,11-0,2 µg/L), ebenso im Rhein (Vogelgrün, 1996: 0,14 µg/L) sowie 1995 in Ilm, Pleiße und Wipper und in der Steinach (0,18-0,24 µg/L).

2001 lagen bei den Beprobungen im Rahmen des hessischen Messprogramms nach Art. 7 der Richtlinie 76/464/EWG (elf Oberflächengewässer, 13 Messorte, zwischen einer und vier Proben/a) sämtliche Befunde für

- 1-Chlor-2,4-dinitrobenzol unter der BG von 2,5 µg/L,
- 1-Chlor-2-nitrobenzol, 1-Chlor-3-nitrobenzol und 1-Chlor-4-nitrobenzol, 4-Chlor-2-nitrobenzol und 2-Chlor-4-nitrobenzol unter der BG von 0,1 µg/L.

Bei der wöchentliche Beprobung des Main 2001 lagen sämtliche Werte (n=52) für

- Nitrobenzol unter der BG von 0,05 µg/L,
- 2-Nitrotoluol, 3-Nitrotoluol und 4-Nitrotoluol unter der BG von 0,2 µg/L (einzige Ausnahme: einmal 0,16 µg/L für 2-Nitrotoluol),
- 1-Chlor-2-nitrobenzol unter der BG von 0,01 µg/L (Ausnahme: 3 Werte zwischen 0,01 und 0,03 µg/L),
- 1-Chlor-3-nitrobenzol und 1-Chlor-4-nitrobenzol unter der BG von 0,01 µg/L,
- 2,3-Dichlor-1-nitrobenzol unter der BG von 0,01 µg/L.

Alle Befunde lagen 2001 unter den in Übers. 6.16.2 zusammengestellten Zielwerten.

2. Nitroaromaten im Ablauf (Wasser) industrieller Kläranlagen (1991/1992 und 2002/2003) sowie kommunaler Kläranlagen (2002) in Hessen

2.1 Industrielle Kläranlagen – die Ergebnisse 1991/1992

In den *industriellen Kläranlagenabläufen* (n = 7) konnten 1991/92 bei zwei chemischen Großbetrieben (I13 und I12) fast alle Nitroaromaten festgestellt werden. Bei beiden Betrieben spielten u.a. Farbstoffe und entsprechende Vorprodukte eine wichtige Rolle. Die BG für Nitrobenzol und die Nitrotoluole lag bei 1 µg/L, für Chlornitrobenzole bei 0,1 µg/L und für die übrigen Verbindungen zwischen 0,1 und 0,5 µg/L.

Nitrobenzol und die Nitrotoluole wurden fast überhaupt nicht nachgewiesen.¹ Dagegen traten die Chlornitrobenzole bei den beiden genannten Betrieben regelmäßig oberhalb der BG mit Werten zwischen 0,4 und 42 µg/L, i.d.R. um ca. 1-10 µg/L, auf. 1-

¹ Bei UBA (1996) wird für 1988/1990 für den Standort I12 ein Nitrobenzol-Eintrag in die Kläranlagen von 17,4 t/a berichtet sowie ein Eintrag in den Vorfluter von 0,088 t/a. Die Eliminationsrate lag demnach bei 99,5 Prozent.

Chlor-2-nitrobenzol erreichte Spitzenwerte von 41-42 µg/L (I12 in beiden Jahren). Die Konzentrationen der Chlornitrotoluole, die bei I12 regelmäßig, bei I13 nur 1991 auftraten, waren niedriger (<1 µg/L, Spitzenwert 5 µg/L). Bei zwei weiteren Betriebe (I11 und I14 bei Wiesbaden) wurde nur 1991 1-Chlor-2-nitrobenzol in geringer Konzentration (0,1 bzw. 2 µg/L) gefunden.

2.2 Industrielle Kläranlagen – die Ergebnisse 2002/2003

Von den 13 2002 analysierten Nitroaromaten (BG: 0,2 µg/L, für 1-Chlor-2,4-dinitrobenzol: 5 µg/L) waren in den industriellen Kläranlagenabläufen (n=6) insgesamt sechs Parameter einmal bzw. zweimal nachweisbar (vgl. Tab. 6.16.1). Dies betrifft drei der neu aufgenommenen Nitroaromaten (1,2-Dichlor-4-nitrobenzol, 1,3-Dichlor-4-nitrobenzol und 1,4-Dichlor-2-nitrobenzol) sowie aus der schon 1991/1992 in IKA-Abflüssen analysierten Gruppe der elf Nitroaromaten 1-Chlor-2-nitrobenzol, 2-Chlor-4-nitrotoluol und 4-Chlor-2-nitrotoluol.

Hohe Werte (gemessen an den QZ für Oberflächengewässer) wurden bestimmt für 2-Chlor-4-nitrotoluol (I12, 1 µg/L = QZ) und für 1,4-Dichlor-2-nitrobenzol (I13, 14 µg/L; QZ: 10 µg/L). 1-Chlor-2-nitrobenzol, für das 1991/1992 Höchstwerte von 41-42 µg/L bestimmt worden waren, war nicht mehr nachweisbar.

Tab. 6.16.1: Nitroaromaten im Ablauf (Wasser) hessischer industrieller und kommunaler Kläranlagen 2002/2003

Parameter	BG	IKA 2002 (n=6)	IKA 2003 (n=6)	KKA 2002 (n=9)
1-Chlor-2-nitrobenzol	0,2	nn	nn	nn
1-Chlor-3-nitrobenzol	0,2	nn	nn	nn
1-Chlor-4-nitrobenzol	0,2	nn; 2,4 (I41); 0,54 (I12)	nn	nn
2-Chlor-4-nitrotoluol	0,2	nn;1,0 (I12)	-	nn
3-Chlor-4-nitrotoluol	0,2	nn	-	nn
4-Chlor-2-nitrotoluol	0,2	nn;1,2 (I12)	-	nn
5-Chlor-2-nitrotoluol	0,2	nn; 0,97 (I12)		
1-Chlor-2,4-dinitrobenzol	5,0	nn	-	nn
1,2-Dichlor-4-nitrobenzol	0,2	nn; 0,9 (I12)	-	nn
1,3-Dichlor-4-nitrobenzol	0,2	nn;1,3 (I12)	-	nn
1,4-Dichlor-2-nitrobenzol	0,2	nn; 14,0 (I13); 1,6 (I12)	-	nn
1,2-Dichlor-3-nitrobenzol	0,2	nn; 0,84 (I12)	-	nn

nn: nicht nachweisbar; -: nicht untersucht

2003 waren die drei einfach chlorierten Nitrobenzole (1-Chlor-2-, -3- und -4-nitrobenzol) bei den IKA nicht nachweisbar.

2.2 Kommunale Kläranlagen 2002

Im Ablauf von neun KKA waren Nitroaromaten 2002 nicht nachweisbar (vgl. Tab. 6.16.1).

V. Bewertung

1. Zielwerte und Zielwertüberschreitungen

Die 1991/1992 noch gelegentlich vorkommenden Überschreitungen der LAWA-Zielvorgabe von 0,1 µg/L für Nitrobenzol im Rhein (und bis 1993 im Main bei Bi-

schofsheim, LAWA-Messungen) wurden bei späteren Messungen nicht mehr registriert.

2. Belastungstrend und Vergleichsdaten

Ingesamt hat sich die geringfügige Belastung der hessischen Gewässer mit Nitroaromaten seit Anfang der 90er Jahre weiter vermindert. Aussagekräftig ist hier die Entwicklung im Main als Fluss mit Anrainern der chemischen Großindustrie, die – ausweislich der Messergebnisse aus dem Ablauf ihrer Kläranlagen – Anfang der 90er Jahre und 2002 bei Nitroaromaten emissionsrelevant waren.

3. Zusammenfassende Bewertung

Der industrielle Einsatz von Nitroaromaten hat sich in den 90er Jahren deutlich vermindert. Eine Reihe von Nitroaromaten, für die Umweltqualitätsnormen nach VO-WRRRL bestehen, sind im Ablauf industrieller Kläranlagen nach wie vor nachweisbar. Insgesamt stellen die für aquatische Lebensgemeinschaften toxischen Nitroaromaten in Oberflächengewässern auf Grund nur geringer Gewässerkonzentrationen unterhalb der BG und der Zielvorgaben heute kein Problem dar.

VI. Lit.

- BUA (Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe der Gesellschaft Deutscher Chemiker), ortho-Chlornitrobenzol, BUA-Stoffbericht 2, Weinheim [VCH] 1985
- BUA (Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe der Gesellschaft Deutscher Chemiker), m- Chlornitrobenzol, p-Chlornitrobenzol, BUA-Stoffbericht 11, Weinheim [VCH] 1988
- BUA (Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe der Gesellschaft Deutscher Chemiker), Nitrotoluole (Methylbenzole), BUA-Stoffbericht 41, Weinheim [VCH] 1990 (= BUA 1990a)
- BUA (Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe der Gesellschaft Deutscher Chemiker), 1-Chlor-2,4-dinitrobenzol, BUA-Stoffbericht 42, Weinheim [VCH] 1990 (= BUA 1990b)
- BUA (Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe der Gesellschaft Deutscher Chemiker), Nitrobenzol, BUA-Stoffbericht 59, Weinheim [VCH] 1991
- BUA (Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe der Gesellschaft Deutscher Chemiker), BUA-Stoffbericht 114 (Ergänzungsberichte I), Stuttgart [Hirzel] 1993
- BUA (Beratergremium für Altstoffe der Gesellschaft Deutscher Chemiker), BUA-Stoffbericht 219 (Ergänzungsberichte VI), Stuttgart [Hirzel] 2000
- Clariant 2004: Clariant GmbH, Frankfurt/M.-Griesheim, pers. Mitt.
- DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft), MAK- und BAT-Werte-Liste 2004. Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe Mitt. 40, Weinheim [Wiley-VCH] 2004
- K. Haberer, Über die Herkunft verbreitet auftretender organischer Stoffe im Rhein, in: gwf Wasser - Abwasser 132, 1991, S. 480-487
- HLfU (Hessische Landesanstalt für Umwelt) 1997: C. Fooker, R. Gühr, M. Häckl, P. Seel, Orientierende Messungen gefährlicher Stoffe. Landesweite Untersuchungen auf organische Spurenverunreinigungen in hessischen Fließgewässern, Abwässern und Klärschlämmen 1991-1996. HLfU, Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz H. 233, Wiesbaden 1997
- HLUG (Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie), Jahresbericht 2001 zur Umsetzung der Richtlinie 76/464, Wiesbaden 2001

- HLUG (Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie) 2003b: S. Fengler, C. Fooker, R. Gühr, P. Seel, Orientierende Messungen gefährlicher Stoffe. Landesweite Untersuchungen auf organische Spurenverunreinigungen in hessischen Fließgewässern, Abwässern und Klärschlämmen 1991-2001, Analysenergebnisse, HLUG (Wiesbaden 2003)
- R. Koch, Umweltchemikalien. Physikalisch-chemische Daten, Toxizitäten, Grenz- und Richtwerte, Umweltverhalten, Weinheim [VCH] 1989
- R. Koch, Umweltchemikalien. Physikalisch-chemische Daten, Toxizitäten, Grenz- und Richtwerte, Umweltverhalten, 3. A., Weinheim [VCH] 1995
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser), Entwurf Musterverordnung zur Umsetzung der Anhänge II und V der Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Stand: 02.07.2003
- J. Michels et al., Biologische Verfahren zur Bodensanierung (Hrg. Umweltbundesamt), Berlin 2001
- E. Richter/W. Pfau, Aromatische Amine, Nitroaromaten und heterozyklische aromatische Amine, in: H. Marquardt/S. Schäfer, Lehrbuch der Toxikologie, 2., völlig neu bearb. A., Stuttgart [WVG] 2004, S. 731-745
- B. Streit, Lexikon Ökotoxikologie, Weinheim u.a. [VCH] 1991
- UBA (Umweltbundesamt), Bewertung der Umweltgefährlichkeit ausgewählter Altstoffe durch das Umweltbundesamt, Teil II, UBA-Texte 38/96, Berlin 1996
- VO-WRRL 2005: Verordnung zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (VO-WRRL). Vom 17. Mai 2005, GVBl. I, 382 ff. [Hessen]
http://www.hessenrecht.hessen.de/gesetze/85_Wasserwirtschaft_Wasserrecht/85-63-VO-WRRL/VO-WRRL.htm
- K. Weissermel/H.-J. Arpe, Industrielle Organische Chemie. Bedeutende Vor- und Zwischenprodukte. 3. überarb. u. erw. A., Weinheim [VCH] 1990