

Aus dem Institut für Tierschutz und Tierhaltung Celle

Karl-Heinz Ueberschär
Siegfried Matthes

Zum Einfluss von 4-Nonylphenol auf die Gesundheit und Leistung von Legehennen

Veröffentlicht in: *Landbauforschung Völkenrode* 54(2004)4: 231-236

Braunschweig

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)

2004

Zum Einfluss von 4-Nonylphenol auf die Gesundheit und Leistung von Legehennen¹

Karl-Heinz Ueberschär² und Siegfried Matthes³

Zusammenfassung

Die zwölfwöchige Verfütterung von 4-Nonylphenol (NP) Zulagen von 0/0,1/1,0 und 10 mg NP/kg Futter an 144 LSL (Lohmann Selected Leghorn)-Legehennen im Alter von 22 Wochen beeinflusste weder die Legeleistung, das durchschnittliche Eigewicht, die Futteraufnahme noch den Futteraufwand der Tiere signifikant. Auch die Blutplasmawerte (Hämoglobin, Calcium, Glukose, Aspartat- und Alanin-Aminotransferase) und die Höhe des Newcastle-Disease-Antikörpertiters waren nicht signifikant verändert. Es gab keine Tierverluste. Die bei Versuchsende vorgenommene pathologisch-anatomische Untersuchung der Organe ergab keinen vom Normalen abweichenden Befund. Sowohl die absoluten als auch die auf das Körpergewicht bezogenen relativen Lebergewichte waren ab 0 - 0,1 mg NP/kg Futter reduziert. Jedoch wirkte sich eine Erhöhung der Dosis bis 10 mg NP/kg Futter nicht weiter auf die Lebergewichte aus und die Versuchsgruppen mit 0,1 - 10 mg NP/kg Futter unterschieden sich nicht untereinander. Der Einfluss von NP auf höhere absolute und relative Gehirngewichte machte sich erst ab 1,0 mg NP/kg Futter bemerkbar. Im Bereich 0,1 - 1,0 mg NP/kg Futter war kein Unterschied zur Kontrolle feststellbar. Es bleibt zu prüfen, ob die Aufnahme von NP neben einer Zunahme der Gehirnmasse auch zu einer NP-Anreicherung im Gehirn führt, wie bei Wachteln berichtet wurde. Eine östrogenartige Wirkung des 4-Nonylphenols auf die Gewichte der Reproduktionsorgane wie Eierstock und Eileiter wurde nicht festgestellt.

Schlüsselworte: 4-Nonylphenol, Legehennen, zootechnische Parameter; klinisch-chemische Blutplasmawerte

Abstract

Influence of 4-nonylphenol on health and performance of laying hens

The feeding of 4-nonylphenol (NP) additions of 0/0.1/1.0 and 10 mg NP/kg feed for twelve weeks to 144 LSL (Lohmann Selected Leghorn) laying hens in the age of 22 weeks did neither influence significantly the performance, the mean egg weight, the feed intake nor the feed conversion. Neither the blood plasma values (haemoglobin, calcium, glucose, aspartate- and alanine-aminotransferase) or the antibody titers to the Newcastle-Disease-Virus were significantly affected. There were no animal losses. The pathological-anatomical examination of the organs of the animals at the end of the experiment showed no abnormalities. The absolute and relative (related to the body weight) weights of the livers were reduced, beginning from 0 - 0.1 mg NP/kg feed. An increase of the dose up to 10 mg NP/kg feed exerted no further effect on the liver weights and no differences between the groups with 0.1 - 10 mg NP/kg feed were observed. An influence on the brain weights was noted only from 1.0 mg NP/kg feed. In the range between 0.1 - 1.0 mg NP/kg feed no difference to the control could be observed. It remains to be proofed, whether the intake of NP - beside an increase of the brain mass - leads also to an accumulation of NP in the brain tissue, as was reported for quails. An estrogenic like effect of NP was not observed with regard to the weights of the reproduction organs such as ovaries and oviduct.

Keywords: 4-nonylphenol, laying hens, zootechnical parameters, clinical chemical blood plasma values

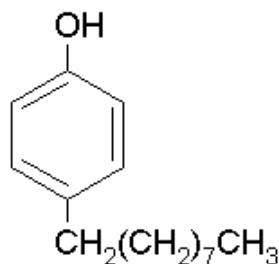
¹ Nach einem Poster anlässlich des 116. VDLUA-Kongresses vom 13.-17.09.2004 in Rostock

² Institut für Tierernährung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institutsteil Celle, Dörnbergstr.25-27, 29223 Celle

³ Institut für Tierschutz und Tierhaltung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Dörnbergstr. 25-27, 29223 Celle

1 Einleitung

Nonylphenole werden aus verzweigten Nonenisonen und Phenol hergestellt. Das technische 4-Nonylphenol (NP) ist ein komplexes Isomerengemisch des 4- und 2-Nonylphenols im Verhältnis 9 : 1 mit verschiedenen verzweigten Strukturen der Nonylseitenkette (BUA, 1988; Scharf et al., 1998).



4-n-Nonylphenol

NP werden in der Kunststoffindustrie als Monomer in der Produktion von Formaldehyd-Harzen, ferner zur Herstellung von Tri-(4-nonylphenyl)phosphit einem Antioxidans in Polymermischungen und hauptsächlich zur Produktion der Nonylphenolethoxylate verwendet, die mengenmäßig den Hauptteil (ca. 90 %) der Alkylphenolethoxylate ausmachen. Der Nonylphenolanteil in Nonylphenolethoxylaten beträgt etwa 36 %. Alkyl- und Nonylphenolethoxylate sind nichtionische Tenside, die vielfältig in der Industrie als Emulgatoren, Netzmittel, Weichmacher und als Komponenten in Wasch- und Reinigungsmitteln auch im Haushalt eingesetzt werden. Der Verbrauch in Westeuropa an Nonylphenolethoxylaten (NPEO) lag 1995 bei 75 - 80000 t jährlich. Mit der Verzichtserklärung der deutschen Industrie sollen diese Stoffe seit 1992 nicht mehr in Reinigungsmitteln verwendet werden (Kaiser et al., 1998). Andere Anwendungen sind jedoch nicht betroffen (Kaiser et al., 1998; Scharf et al., 1998).

Große Mengen der wasserlöslichen NPEO gelangen mit dem Abwasser in die Kläranlagen, wo verschiedene Depolymerisationsprodukte und Nonylphenol entstehen. NP wird als lipophile Substanz an Sedimente und Schlämme gebunden. Unter anaeroben Bedingungen erfolgt der weitere Abbau sehr langsam, so dass die persistente und toxische Substanz noch im Abfluss der Kläranlagen, in Gewässern (etwa 500 ng/l; Bolz et al., 2001) und im Klärschlamm in Konzentrationen von etwa 2,5 - 83,4 mg/kg Trockensubstanz (Bolz et al., 2001; Jobst, 1998; Jobst, 1995) nachgewiesen wurde. Die Landwirtschaft trägt zur Belastung der Umwelt mit NP bei durch die landwirtschaftliche Verwertung von 31 % der 2,4 Mio t jährlich anfallenden Klärschlamm-trockenmasse (entsprechend etwa: 2 - 60 t NP/a), durch die Gülle (etwa 7 t NP/a durch NP-haltige Euterpflegemittel) und vor allem durch Pflanzenschutzmittel (etwa 100 t NP/a), denen NP als Formulierungshilfsstoffe zugesetzt wurde (Stadlbauer, 2004;

Kaiser et al., 1998). Der Nachweis von NP in der Umwelt (Thomas et al., 2001; Bester et al., 2001), in zahlreichen Nahrungsmitteln (Guenther et al., 2002; Tsuda et al., 2000), möglicherweise in Futtermitteln (Hunger et al., 1998), sowie eine östrogenartige Wirkung (Bruhn et al., 1999) gaben Anlass zur Sorge um eine gesundheitliche Beeinträchtigung von Mensch und Tier. NP wurde deshalb in die Prioritätsliste der EU-Altstoffverordnung als Chemikalie mit endokriner Wirkung aufgenommen. Neben den besonders betroffenen aquatischen Organismen wurden toxische Wirkungen auch bei Labornagern (EU, 2002) und Vögeln (Hunger et al., 1998) festgestellt. Untersuchungen zur Wirkung von NP auf landwirtschaftliche Nutztiere sind jedoch nicht bekannt. Deshalb wurde ein Fütterungsversuch mit Legehennen durchgeführt.

2 Material und Methoden

Versuchstiere: Für den Versuch standen 144 LSL (Lohmann Selected Leghorn)-Legehennen im Alter von 22 Wochen zur Verfügung. Die Hennen wurden zufällig auf vier Gruppen (36 Hennen/Gruppe) verteilt. Die Gruppenmittelwerte der Lebendgewichte der Tiere unterschieden sich nicht zu diesem Zeitpunkt. Die Tiere erhielten über einen Zeitraum von zwölf Wochen ein Versuchsfutter in den Dosierungen 0/ 0,1/ 1,0/ 10 mg 4-Nonylphenol/kg Futter. 4-Nonylphenol wurde von Sigma-Aldrich in technischer Qualität mit einem Gehalt von etwa 85 %, bezogen auf 4-Nonylphenol-Isomere, erworben. Die Substanz war in Sojaöl gelöst und wurde dem kommerziellen Legehennenalleinfutter (17 % Rohprotein, 5% Rohfett, 4,5 % Rohfaser, 12,5 % Rohasche, 8,5 % Calcium) über eine 0,8 %-ige Vormischung beigemischt. Das Lebendgewicht der Tiere wurde vor und nach dem zwölfwöchigen Versuch festgestellt. Der Futterverzehr bzw. die Legeleistung wurde von einzelnen Tieren wöchentlich bzw. über drei Legeperioden zu je 28 Tagen bestimmt. Das Eigewicht ist das gewichtete Mittel der mittleren Gewichte der an vier aufeinander folgenden Tagen gelegten Eiern von Einzeltieren in der Mitte und zum Ende der Legeperioden. Durch Berücksichtigung der Legeleistung lässt sich die tägliche Eimasse pro Henne ermitteln. Nach zwölf Wochen wurden alle Hennen geschlachtet, die Organe entnommen und einzeln gewogen.

Analytik: Zehn Wochen nach Versuchsbeginn wurde den Hühnern Blut aus einer Flügelvene entnommen und die Plasmawerte von Hämoglobin, Calcium, Glukose, Aspartat- (AST) und Alanin-Aminotransferase (ALT) sowie die Newcastle-Disease-Virus-Serumantikörpertiter ermittelt. Die Tiere waren im Rahmen des üblichen Impfprogrammes vier Wochen vor Versuchsbeginn mit einem Newcastle-Disease-Adsorbatvakzin (Virusstamm LaSota) gegen „Newcastle disease“ geimpft worden. Für die Blutanalysen wurden die Testkits der Firma Merck (Darmstadt) verwendet. Die Newcastle-Disease-Virus (NDV)-

Tabelle 1:
Einfluss von 4-Nonylphenol (NP) auf die Leistung von Legehennen (n = 36 Tiere/Gruppe)

Gruppe NP-Zusatz	I (0 mg/kg)	II (0,1 mg/kg)	III (1,0 mg/kg)	IV (10 mg/kg)	ANOVA (p)
Legeleistung (%)					
22.- 25. Woche	80,6 ±16,5	74,9 ±21,8	75,6 ±18,1	76,6 ±17,6	0,57
26.- 29. Woche	96,7 ±3,9	97,1 ±4,7	97,6 ±3,9	94,9 ±6,4	0,11
30.- 33. Woche	97,2 ±3,2	97,7 ±3,6	94,9 ±11,4	95,5 ±9,5	0,38
Eigewicht (g)					
22.- 25. Woche	51,1 ±2,3	51,0 ±4,1	50,9 ±3,3	50,9 ±3,6	0,99
26.- 29. Woche	56,4 ±2,8	56,1 ±3,6	56,3 ±3,5	56,0 ±3,6	0,97
30.- 33. Woche	59,5 ±3,3	59,9 ±3,0	58,6 ±3,4	58,4 ±7,9	0,52
Tägl. Eimasse (g/Henne)					
22.- 25. Woche	41,2 ±8,9	38,6 ±12,4	38,6 ±10,3	39,0 ±9,8	0,66
26.- 29. Woche	54,5 ±3,5	54,5 ±4,6	55,0 ±4,0	53,2 ±5,5	0,40
30.- 33. Woche	57,8 ±4,0	58,5 ±3,6	55,8 ±7,8	56,4 ±9,6	0,28
Tägl. Futteraufnahme (g/Henne)					
22.- 25. Woche	93,2 ±7,9	92,6 ±10,9	93,6 ±7,1	96,5 ±8,7	0,23
26.- 29. Woche	102,9 ±5,9	104,3 ±5,8	104,4 ±6,3	104,5 ±8,6	0,72
30.- 33. Woche	111,3 ±6,2	112,5 ±6,3	111,8 ±10,5	112,4 ±10,8	0,93
Futtermittelverbrauch (g/g Eimasse)					
22.-25. Woche	2,35 ±0,47	2,71 ±1,26	2,58 ±0,62	2,61 ±0,64	0,28
26.-29. Woche	1,89 ±0,12	1,92 ±0,18	1,90 ±0,12	1,98 ±0,20	0,12
30.-33. Woche	1,93 ±0,12	1,93 ±0,14	2,04 ±0,29	2,15 ±1,01	0,26

Antikörper wurden mit Hilfe des Hämagglutinations-Hemmtestes (Mikromethode) ermittelt.

Statistik: Die Daten wurden varianzanalytisch (einfaktorielle Varianzanalyse) mit dem Softwareprodukt Excel 2000® der Firma Microsoft verrechnet. Bei Signifikanz wurden die Mittelwertvergleiche mit dem Newman-Keuls Test durchgeführt. In die Tabellen sind die Mittelwerte von 36 Proben/Gruppe mit deren Standardabweichung aufgenommen.

3 Ergebnisse und Diskussion

Bei den 144 verwendeten Tieren gab es keine Tierversluste. NP-Zulagen bis 10 mg/kg Futter hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Legeleistung, das Eigewicht und die tägliche Futteraufnahme und die aus ihnen abgeleiteten Größen wie die tägliche Eimasse und den Futtermittelverbrauch pro g Eimasse (Tabelle 1). Bei der höchsten Dosierung waren zu allen drei Legeperioden die Legeleistung und die Eigewichte im Vergleich zur Kontrolle gering erniedrigt. Insgesamt wiesen die Gruppen mit NP-Zusatz während der drei Legeperioden einen tendenziell ($p = 0,12 - 0,28$) höheren Futtermittelverbrauch auf. Die im Vergleich zu den beiden anderen Legeperioden höhere Stan-

dardabweichung der Legeleistung in der ersten Legeperiode war offensichtlich nicht auf die NP-Dosis zurückzuführen, sondern resultierte aus der unterschiedlichen Steigerung der Legeintensität zu Beginn der Legeperiode und reduzierte sich in den folgenden Beobachtungszeiträumen. In den beiden folgenden Legeperioden zeigte sich vor allem bei der Gruppe IV möglicherweise ein NP-Einfluss. Einzelne Tiere hatten eine deutlich geringere Legeleistung und die Standardabweichungen in der Gruppe mit der höchsten NP Dosierung waren signifikant höher als die der Kontrollgruppe und der Gruppe mit der niedrigsten Dosierung. In der dritten Legeperiode (30. - 33. Lebenswoche) trifft das auch für Gruppe III zu, wie der Vergleich der Gruppen mit dem Varianzquotienten-Test ergab.

Die pathologisch-anatomische Untersuchung der Organe bei Versuchsende ergab keinen auffälligen Befund. Die Ausschlachtergebnisse sind in Tabelle 2 festgehalten. Bezogen auf das Lebendgewicht sind die relativen Gewichte der Leber signifikant ($p = 0,02$) und der Niere tendenziell ($p = 0,17$) durch den NP-Zusatz erniedrigt. Sowohl die relativen, wie auch die absoluten Lebergewichte (30,2/30,7/30,6 g) der Versuchsgruppen lagen im Vergleich zur Kontrolle (32,1 g) niedriger. Ein Einfluss

Tabelle 2 :

Lebendgewichte und relative Organgewichte von Legehennen nach 12-wöchiger Verfütterung von 4-Nonylphenol (NP)-kontaminiertem Futter (34. Lebenswoche; n = 36 Tiere/Gruppe)

Gruppe NP-Zusatz	I (0 mg/kg)	II (0,1 mg/kg)	III (1,0 mg/kg)	IV (10 mg/kg)	ANOVA (p)
Lebendgewicht (g)	1440 ±107	1445 ±104	1446 ±94	1443 ±118	0,99
Rel. Organgewichte (%)					
Leber	2,24 ^{b 1)} ±0,19	2,11 ^a ±0,19	2,13 ^a ±0,16	2,13 ^a ±0,21	0,02
Niere	0,70 ±0,08	0,66 ±0,08	0,68 ±0,10	0,68 ±0,09	0,17
Herz	0,37 ±0,04	0,38 ±0,04	0,39 ±0,08	0,40 ±0,07	0,27
Milz	0,11 ±0,01	0,11 ±0,05	0,11 ±0,02	0,11 ±0,02	0,81
Gehirn	0,20 ^{a,b} ±0,03	0,20 ^a ±0,02	0,20 ^{a,b} ±0,03	0,22 ^b ±0,02	0,03
Eierstock	3,48 ±0,54	3,51 ±0,50	3,56 ±0,63	3,55 ±0,60	0,93
Eileiter	5,67 ±1,3	5,71 ±0,84	5,87 ±0,84	5,82 ±0,98	0,81

¹⁾ Verschiedene Buchstaben: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen eines Merkmals (Newman-Keuls-Test)

der Höhe der Dosierung war jedoch nicht feststellbar und die Gruppen mit NP-Zulagen von 0,1 - 10 mg/kg Futter unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Auch bei den relativen und absoluten Nierengewichten gab es keine signifikanten Veränderungen in Abhängigkeit von der Dosis. Aus Rattenversuchen ist bekannt, dass etwa 10 - 20 % der oral aufgenommenen NP-Menge bioverfügbar ist und nach der Bildung von Glucuronid- und Sulfat-Metaboliten in der Leber mit dem Urin ausgeschieden wird (EU, 2002). Pathologisch histologische Veränderungen der Nieren (tubuläre Degeneration und Dilatation) machten sich erst im Mehrgenerationenversuch ab einer NP-Aufnahmemenge von 15 mg/kg/Tag bemerkbar (EU, 2002). Das entspricht einer etwa 15-fach höheren Menge, welche die Hennen bei der höchsten Dosierung im vorliegenden Versuch aufnahmen. Ab 140 mg/kg/Tag wurden auch vereinzelt nekrotische Veränderungen der Leber beobachtet, die mit deutlich erhöhten Enzymaktivitäten der Serum Aspartat- (AST) und Alanin-Aminotransferase (ALT) verbunden waren (EU, 2002). Entsprechende signifikante Änderungen der Enzymaktivitäten waren bei Legehennen mit allerdings mehr als 100-fach niedrigeren NP-Aufnahmemengen nicht feststellbar (Tabelle 3). Jedoch war ein leichter, tendenzieller Anstieg der AST- und ALT-Werte bemerkbar, was möglicherweise auf erste Anzeichen einer Leberschädigung in allen Versuchsgruppen hindeutete. Im Gegensatz zu Legehennen nahmen die absoluten und die auf das Lebendgewicht bezogenen Nierengewichte von männlichen Ratten dosisabhängig zu. Es gab jedoch keine damit in Zusammenhang stehenden klinisch-chemischen oder histopathologischen Veränderungen (EU, 2002). Die Lebergewichte von Ratten waren bei der Dosis von 140 mg NP/kg/Tag nicht bemerkenswert erhöht.

Leicht reduzierte Gewichte der Eierstöcke und andere Veränderungen (Zykluslänge, Spermienanzahl) wurden

bei Ratten ab 140 mg NP/kg/Tag festgestellt, was mit der östrogenartigen Wirkung des NP erklärt wurde (EU, 2002). Auch in den Untersuchungen von Hunger und Mitarbeitern (1998) mit Jungwachteln ab dem zweiten Lebensstag über einen Zeitraum von neun Tagen wurde dosisabhängig eine Zunahme der Eierstockgewichte festgestellt. Während Wachteln im Vergleich zur Kontrolle etwa 50 % höhere Eierstockgewichte hatten, zeigten Legehennen bei gleicher auf das Körpergewicht (KG) bezogenen Aufnahmemenge von etwa 1 mg NP/kg KG/Tag (Gr. IV) keine Veränderungen der Gewichte der Eierstöcke. Vermutlich zeigt sich der östrogene Effekt ausschließlich bei Jungtieren während des Entwicklungsstadiums der Gonaden. Wie bei Legehennen wurde auch bei Wachteln das Körpergewicht nicht durch NP beeinflusst. Auch bei Aufnahmemengen von bis zu 120 mg NP/kg/Tag war das Körpergewicht der Wachteln nicht verändert.

Der Einfluss des Nonylphenols war erst ab der Dosierung von 1,0 mg NP/kg Futter (entsprechend 0,08 mg NP/kg KG/Tag) durch erhöhte absolute und relative Gehirngewichte von Legehennen erkennbar. Bis 1,0 mg NP/kg Futter unterschieden sich die Versuchsgruppen nicht von der Kontrolle. Die Wirkung von NP auf das Gehirn wurde auch bei Zebrafinken und Wachteln festgestellt (Hunger et al., 1998). NP kann die Blut-Hirnschranke passieren und sich im Gehirn bis zu einer Sättigungskonzentration anreichern. Etwa 1 µg NP/g trockene Hirnmasse wurden schon bei einer täglichen Aufnahme von 2 µg NP (entsprechend 0,02 mg NP/kg KG/Tag) durch Jungwachteln analysiert (Hunger et al., 1998). Von den Autoren werden als Konsequenzen der Hirnanreicherung u. a. eine Änderung des Sexualverhaltens der Vögel (Gesang) für möglich gehalten.

Die langfristige Verfütterung von NP hatte bis zu Gehalten von 10 mg NP/kg Futter keinen signifikanten Einfluss auf die Blutplasmawerte und auch die Antikörperbildung

Tabelle 3:

Blutplasmawerte und Serum-Antikörpertiter gegen das Newcastle-Disease-Virus von Legehennen nach Verfütterung von 4-Nonylphenol (NP)-kontaminiertem Futter (32. Lebenswoche)

Gruppe NP-Zusatz	I (0 mg/kg)	II (0,1 mg/kg)	III (1,0 mg/kg)	IV (10 mg/kg)	ANOVA (p)
Hämoglobin (mmol Fe/l); n= 36	7,0 ±1,3	7,3 ±1,7	7,5 ±1,4	7,5 ±2,1	0,48
Calcium (mmol/l); n = 29-30	0,22 ±0,70	0,35 ±0,88	0,11 ±0,18 ¹⁾	0,24 ±0,40 ²⁾	0,65
Glukose (mmol/l); n = 33-35	14,2 ±2,9	14,5 ±3,4	13,7 ±3,5	14,2 ±3,3	0,79
AST (U/l); n = 34-35	68 ±19	71 ±15	75 ±19	72 ±23	0,50
ALT (U/l); n = 32-35	5,2 ±3,6	5,8 ±4,4	5,5 ±6,3	6,8 ±5,4	0,59
NDV-Antikörpertiter (Titerkennzahl); n = 36	6,4 ±1,5	6,7 ±1,7	7,1 ±1,3	6,7 ±1,4	0,30

n = Tiere/Gruppe; ¹⁾ n = 18 Tiere; ²⁾ n = 23 Tiere; NDV = Newcastle-Disease-Virus; AST = Aspartat-Aminotransferase; ALT = Alanin-Aminotransferase

gegen das ND-Virus war nicht beeinträchtigt (Tabelle 3). Jedoch waren die AST- und ALT-Enzymaktivitäten im Serum von allen Versuchsgruppen leicht erhöht, was unter Berücksichtigung der erheblichen Standardabweichung der Werte auf eine beginnende Leberschädigung hindeuten kann.

4 Schlussfolgerungen

Technisches 4-Nonylphenol kann möglicherweise in Futtermitteln vorkommen. Hunger und Mitarbeiter (1998) berichteten, dass ihr Kontrollfutter bzw. Olivenöl mit Konzentrationen um 0,1 bzw. 5 - 10 mg NP/kg belastet war. Weitere Analysen sollten Aufschluss zum Vorkommen in Futtermitteln beitragen. Es ist möglich, dass 4-Nonylphenol im Futter bei Legehennen einen negativen Einfluss auf die Leber ausübt. Daher erscheinen weiterführende funktionsanalytische (z. B. Bestimmung der leberspezifischen Glutamat-Dehydrogenase-Aktivität) und histologische Untersuchungen sinnvoll. Inwieweit das Gehirn, etwa bei Jungtieren, oder die Gehirnentwicklung von Embryonen auch betroffen sind und eine Akkumulation von NP im Gehirn im Zusammenhang mit neurologischen Auswirkungen stattfindet, sollten weitere Experimente klären. Ob eine östrogene Wirkung von 4-Nonylphenol bei Nutztieren auftritt, müssen empfindlichere Tests zeigen, da die Gewichte der Reproduktionsorgane allein offensichtlich nicht genügend aussagekräftig sind.

Danksagung

Elke Albrecht, Gisela Niemann und Karl-Heinz Kiemann von den Instituten für Tierernährung bzw. Tiererschutz und Tierhaltung der FAL wird für ihre gewissenhafte Durchführung der Experimente und Analysen gedankt.

Literatur

- BUA (1988) Nonylphenol. Beratergremium für Umweltrelevante Altstoffe (ed). Weinheim, New York: VCH-Verlag, 57 p, ISBN 3-527-26909-6, BUA Stoffbericht 13
- Bester K, Theobald N, Schröder HFr (2001) Nonylphenols, nonylphenol-ethoxylates, linear alkylbenzenesulfonates (LAS) and bis (4-chlorophenyl)-sulfone in the German Bight of the North Sea. *Chemosphere* 45: 817-826
- Bolz U, Hagenmaier H, Körner W (2001) Phenolic xenoestrogens in surface water, sediments, and sewage sludge from Baden-Württemberg, South-West Germany. *Environ Pollut* 115 (2): 291-301
- Bruhn T, Gülden M, Ludewig S, Seibert H (1999) Einstufung von Schadstoffen als endokrin wirksame Substanzen. Berlin: Umweltbundesamt, 143 p, UBA-Texte 65/99
- EU (2002) EU risk assessment 4-nonylphenol (branched) and nonylphenol: Final report[online]. zu finden in < http://www.bft.bund.de/cm/252/4_nonylphenol_und_nonylphenol.pdf> [zitiert Aug 2004]
- Guenther K, Heinke V, Thiele B, Kleist E, Prast H, Raecker T (2002) Endocrine disrupting nonylphenols are ubiquitous in food. *Environ Sci Technol* 36: 1676-1680
- Hunger F, Kalbfus W, Gahr M (1998) Hormone-dependent differentiation of brain and behaviors of birds: Potential impact of nonylphenol. In: Umweltbundesamt (eds) Effects of endocrine disrupters in the environment of neural development and behaviour: Current knowledge, assessment, gaps. Berlin : Umweltbundesamt, pp 86-90, UBA-Texte 50/98
- Jobst H (1995) Chlorphenole und Nonylphenole in Klärschlämmen. Teil I: Vorkommen in Klärschlämmen westdeutscher Kläranlagen aus den Jahren 1987 bis 1989. *Acta Hydroch Hydrob* 23: 20-25

- Jobst H (1998) Chlorphenole und Nonylphenole in Klärschlämmen. Teil II: Hat die Belastung mit Pentachlorphenol und Nonylphenolen abgenommen? *Acta Hydroch Hydrob* 26: 344-348
- Kaiser T, Schwarz W, Frost M (1998) Evaluierung des Gefährdungspotentials bisher wenig beachteter Stoffeinträge in Böden. Berlin : Umweltbundesamt, 225p, UBA-Texte 60/98
- Stadlbauer EA (2004) Rolle der Analytik bei der Neuorientierung der Klärschlammbehandlung. *GIT Labor-Fachzeitschrift* 1:7; 9-10
- Scharf S, Sattelberger R, Pichler W (1998) Nonylphenole in der Umwelt: Übersicht und erste Analyseergebnisse. Wien : Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, 45p, ISBN 3-85457-446-0
- Thomas KV, Hurst M R, Matthiessen P, Sheahan D, Williams R J (2001) Toxicity characterisation of organic contaminants in stormwaters from an agricultural headwater stream in South East England. *Water Res* 35: 2411-2416
- Tsuda T, Suga K, Kaneda E, Ohsuga M (2000) Determination of 4-nonylphenol, nonylethoxylate, nonylphenol diethoxylate and other alkylphenols in fish and shellfish by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *J Chromatogr B* 746: 305-309