


# Perfluoroverbindungen (PFC) in Eiern von Wanderfalken aus Baden-Württemberg

 Untersuchungsergebnisse der Eier von 2008 bis 2011







ZUSAMMENFASSUNG	3
1 EINLEITUNG	4
2 ERGEBNISSE UND DISKUSSION	4
3 LITERATUR	6

**BEARBEITUNG** LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg  
 Postfach 100163, 76231 Karlsruhe  
 Referat – Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel  
 Dr. K. Theo von der Trenck

**STAND** August 2013, Internetausgabe Februar 2014, 2. Auflage, Legende Abbildung 1 verändert, Mai 2016  
 ID Umweltbeobachtung U52-M341-N13

Nachdruck - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.



# Zusammenfassung

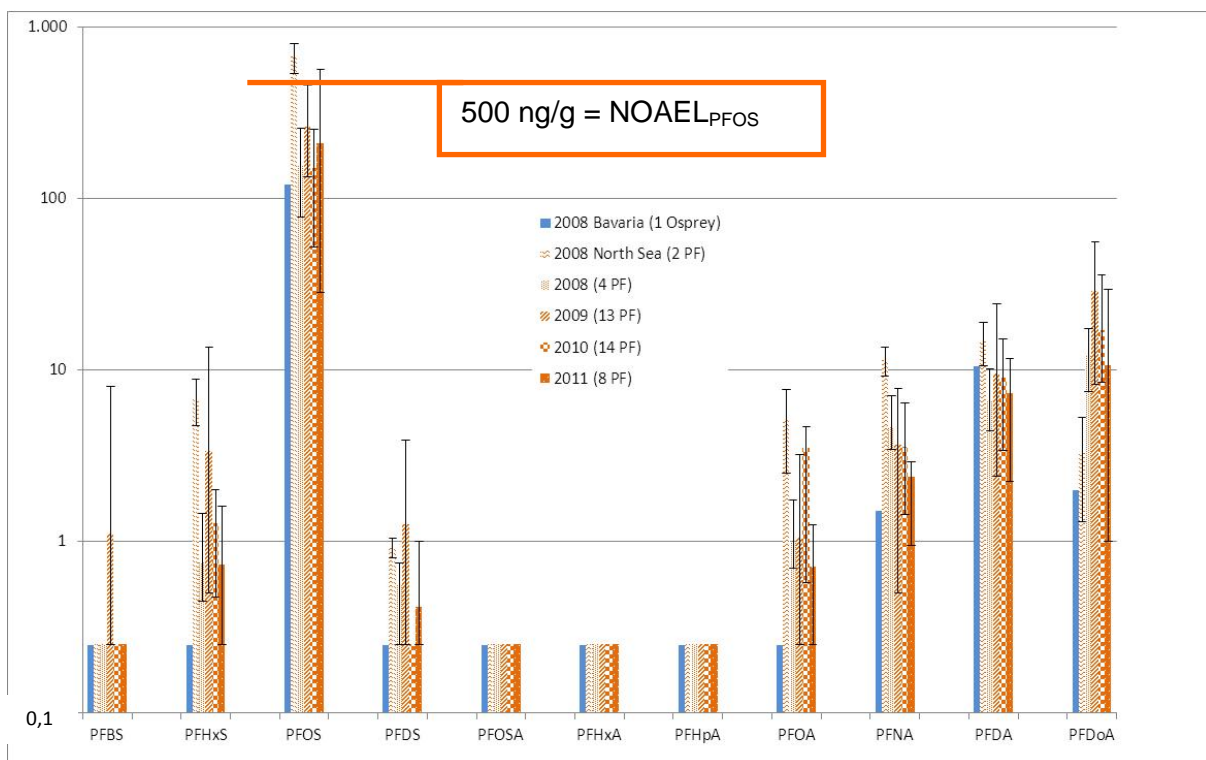
Die LUBW führt in Zusammenarbeit mit ehrenamtlich tätigen Vogelschützern ein landesweites Schadstoff-Monitoring in abgestorbenen Eiern von Wanderfalken (*Falco peregrinus*) durch. Der Wanderfalke ist durch seine Stellung an der Spitze der Nahrungspyramide für sein hohes Anreicherungsvermögen von schwer abbaubaren und fettlöslichen Schadstoffen (POPs) bekannt. Von den seit 2008 untersuchten elf perfluorierten Verbindungen (PFC) wurden acht in Konzentrationen größer als die Bestimmungsgrenze von 0,5 ng/g Trockensubstanz (TS) gefunden. Perfluorooktansulfonat (PFOS) trat in den weitaus höchsten Konzentrationen auf und erreichte die Wirkungsschwelle in Hühner-Embryonen von 500 ng/g TS mit der Leber als Zielorgan. Aus Untersuchungen an Eismöwen (*Larus hyperboreus*) ist bekannt, dass die PFOS-Konzentration im Ei ungefähr der Konzentration in der Leber von adulten Tieren entsprach.

# 1 Einleitung

Die LUBW führt in Zusammenarbeit mit ehrenamtlich tätigen Vogelschützern des NABU ein landesweites Schadstoff-Monitoring in abgestorbenen Eiern von Wanderfalken (*Falco peregrinus*) durch (v.d. Trenck et al., 2006; 2007). Der Wanderfalke ist durch seine Stellung an der Spitze der Nahrungspyramide für sein hohes Anreicherungsvermögen von schwer abbaubaren und fettlöslichen Schadstoffen bekannt. Seit 2008 werden die Eier auch auf perfluorierte Verbindungen (PFC) untersucht (landesweit 7 bis 8 Proben pro Jahr). Die Analysen wurden im Auftrag der LUBW von Eurofins GfA Lab Service GmbH, Hamburg, durchgeführt (Neugebauer et al., 2012).

## 2 Ergebnisse und Diskussion

Detektiert wurden alle vier der analysierten **Perfluorosulfonate** (C<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>, C<sub>8</sub>, und C<sub>10</sub>), wobei Perfluorooktansulfonat (**PFOS**) bei Weitem das höchste Kontaminationsniveau aufwies (Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Mittelwert und Spannweite von 11 PFC (ng/g Trockensubstanz) in Wanderfalkeneiern aus Baden-Württemberg aus den Jahren 2008 bis 2011 (Anzahl und Vogelart in Klammern; osprey = Fischadler, PF = Wanderfalke): Perfluorobutansulfonat (PFBS, C<sub>4</sub>), Perfluorohexansulfonat (PFHxS, C<sub>6</sub>), Perfluorooktansulfonat (PFOS, C<sub>8</sub>), Perfluorodekansulfonat (PFDS, C<sub>10</sub>), Perfluorooktansulfonamid (PFOSA, C<sub>8</sub>), Perfluorohexansäure (PFHxA, C<sub>6</sub>), Perfluoroheptansäure (PFHpA, C<sub>7</sub>), Perfluorooktansäure (PFOA, C<sub>8</sub>), Perfluorononansäure (PFNA, C<sub>9</sub>), Perfluorodekansäure (PFDA, C<sub>10</sub>), Perfluorododekansäure (PFDoA, C<sub>12</sub>). Zwei Wanderfalken-Eier von der deutschen Nordseeküste und ein Fischadler-Ei aus Bayern dienen als Vergleich (0,25 ng/g = halbe Bestimmungsgrenze; 500 ng/g = NOAEL<sub>PFOS</sub> = Wirkungsschwelle).

PFOS wurde im Mai 2009 in die Stockholmer Konvention zur Ächtung von langlebigen organischen Schadstoffen aufgenommen (*persistent organic pollutants* – POPs; EU, 2010; SCS, 2013). Das Umweltprogramm der Vereinten Nationen hat Vogeleier als geeignete Bioindikatoren zur Überwachung von POPs in terrestrischen Ökosystemen etabliert (UNEP, 2003). Die PFOS-Belastung der baden-württembergischen Wanderfalken-Eier erreicht eine Konzentration, die in Toxizitätsstudien zu **schädlichen Effekten**<sup>1</sup> führt (Wirkungsschwelle = 500 ng/g Trockensubstanz (TS); Molina et al., 2006; O'Brien et al., 2009). Dieses Ergebnis wird von Borg und Kollegen (2012a, b) bestätigt, die das von PFC ausgehende Risiko für die menschliche Bevölkerung sowie für Seehunde, Fischotter und Wanderfalken in Schweden untersuchten.

Die **Perfluorocarbonsäuren** nahmen in unserer Studie mit steigender Kettenlänge von C<sub>8</sub> bis C<sub>12</sub> zu, allerdings um einen Faktor 10 bis 100 geringer als PFOS (Abbildung 1; Neugebauer et al., 2012). Bei einer Bestimmungsgrenze von 0,5 ng/g TS wurden weder Perfluorhexansäure (PFHxA) noch Perfluoroheptansäure (PFHpA) noch Perfluoroktansulfonamid (PFOSA) gefunden.

Die verhältnismäßig niedrigen Werte für Perfluorodekansulfonat (**PFDS**) könnten auf eine geringere Umweltbelastung mit diesem Stoff hinweisen, denn seine Anreicherungs-fähigkeit sollte hoch sein.

**Keiner** der Schadstoffe zeigte einen klaren **zeitlichen Trend** über die Beobachtungszeit (2008 bis 2011). Dieser Befund widerspricht eigentlich den Erwartungen aus der Nahrungsbelastung des Menschen, die seit 1999 abnimmt (Perfood Study, Vestergren et al., 2012).

Zwei Wanderfalken-Eier von der deutschen **Nordseeküste** waren mit fünf der PFC (PFOS, PFHxS, PFOA, PFNA, PFDA) deutlich stärker belastet. Entgegen den Erwartungen zeigte ein **Fischadler**-Ei aus Bayern nicht das gleiche, hohe Belastungsniveau mit den Sulfonsäure-Derivaten sowie mit PFOA, PFNA, und PFDoA.

---

<sup>1</sup> Beim Haushuhn ist PFOS embryotoxisch und verursacht in der Leber von Hühner-Embryonen Entzündungen im Bereich der Portalvene, Gallengang-Hyperplasie (Zellvermehrung) und Zellnekrosen (Absterben einzelner Zellen) sowie eine vermehrte Expression von Genen, die im Zusammenhang mit Fettleibigkeit eine Rolle spielen und über den Peroxisomen-Proliferator-aktivierten Rezeptor Alpha (PPAR $\alpha$ ) reguliert werden. Die PFOS-Konzentration in Eiern der Eismöwe (*Larus hyperboreus*) von einer Kolonie in der Norwegischen Arktis ähnelte den Gehalten in der Leber von adulten Möwen aus der gleichen Region (Molina et al., 2006; Verreault et al., 2005; zit. in O'Brien et al., 2009).

### 3 Literatur

Borg D, B-O Lund, N-G Lindquist, H Håkansson (2012a): Health risk assessment of perfluoroalkylated and polyfluoroalkylated substances (PFASs) in the Swedish population. Poster presentation at the **4<sup>th</sup> International Workshop on Per- and Polyfluorinated Alkyl Substances – PFASs**. November 7 - 9, Hochschule Fresenius, Idstein, Germany

Borg D, N-G Lindquist, H Håkansson, B-O Lund (2012b): Environmental risk assessment of perfluoroalkylated and polyfluoroalkylated substances (PFASs) in Swedish biota. Poster presentation at the **4<sup>th</sup> International Workshop on Per- and Polyfluorinated Alkyl Substances – PFASs**. November 7 - 9, Hochschule Fresenius, Idstein, Germany

O'Brien JM, AC Carew, S Chu, RJ Letcher, SW Kennedy (2009): PFOS toxicity in domestic chicken (*G. g. domesticus*) embryos in the absence of effects on PPAR $\alpha$ -regulated genes. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part C** **149**, 524-530

EU (2010): Regulation (EC) No. 850/2004 of the European Parliament and the Council of 29 April 2004 on persistent organic pollutants and amending Directive 79/117/EEC (Stockholm Convention). **Official Journal of the European Union L** **158**, 30. 4. 2004, 7–49; last amendment 26. 8. 2010, online: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2004R0850:20100826:EN:PDF>

Molina ED, R Balander, SD Fitzgerald, JP Giesy, K Kannan, R Mitchell, SJ Bursian (2006): Effects of air cell injection of PFOS before incubation on development of the White Leghorn chicken (*G. domesticus*) embryo. **Environ. Toxicol. Chem.** **25**(1), 227-232

Neugebauer F, A Dreyer, KT vd Trenck (2012): Perfluorinated compounds (PFCs) in Peregrine falcon eggs from southwestern Germany – levels, patterns and temporal concentration variations. Poster contribution at the **SETAC World Congress**, Berlin, May 20<sup>th</sup> - 24<sup>th</sup>

SCS (2013): What are POPs? **Stockholm Convention Secretariat**:  
<http://chm.pops.int/Convention/The%20POPs/tabid/673/language/en-US/Default.aspx>

vd Trenck KT, F Baum, H Hartwig, R Malisch, F Schilling, H-P Straub, R-D Zimmermann (2006): Organochlorverbindungen in den Eiern von Wanderfalken und anderen wild lebenden Vogelarten in Baden-Württemberg – Gegenwärtige Belastungssituation und zeitlicher Trend. **UWSF – Z Umweltchem Ökotox** **18**(4), 228–241

vd Trenck KT, F Schilling, D Schmidt (2007): Bioindikation mit Wanderfalken – Neue Ergebnisse aus Baden-Württemberg. **UWSF – Z Umweltchem Ökotox** **19**(2), 75–82

UNEP (2003): United Nations Environment Programme **workshop** to develop a global monitoring programme to support the effectiveness evaluation of the Stockholm Convention, Geneva, Switzerland, 24–27 March 2003.  
<http://www.chem.unep.ch/gmn/Files/popsmonprg.proc.pdf>

Vestergren R, J Johansson, U Berger, A Glynn, IT Cousins (2012): Human exposure to perfluoroalkyl acids. Oral contribution to the **4<sup>th</sup> Intl. Workshop on Per- and Polyfluorinated Alkyl Substances – PFASs**. November 7-9, 2012, Hochschule Fresenius, Idstein, Germany, online available: <http://pft.hs-fresenius.de/index.php/log-in>



