

Symptome von Schwermetallvergiftungen bei Fledermäusen

Von LUCIE FLACHE und JORGE A. ENCARNAÇÃO, Gießen

Abstract

Many toxic substances which are applied within and beyond the household or directly in the environment can be a risk for wild animals such as bats. They enter the body via four main routes: oral, inhalation, dermal or injected. Heavy metals occur naturally in geological deposits (mines) and have several uses in the industry. They are highly toxic and cause sublethal, chronic and lethal effects in the body, if the individual threshold value is reached. Bats which roost in mines are at risk to inhale these heavy metals or ingest them during their routine grooming. It is known that lead can be transferred placentally to pups, and also passed in bat milk during lactation. Another risk to bats is the accumulation of heavy metals through contaminated insects (secondary poisoning). The effects and symptoms of heavy metals depend on their chemical structure and thereby from the exposure and are only described for humans. For bats, there are no such descriptions about effects and symptoms of a heavy metal poisoning. Humans, which show signs of a heavy metal poisoning, have to be treated with medicaments like DMSA or CaEDTA to bind and excrete the heavy metals. Such a therapy could also be applied for bats, if the doses are known, but dosages in bats have not been studied yet.

Zusammenfassung

Toxische Substanzen, die innerhalb und außerhalb menschlicher Wohnungen bzw. direkt in der Umwelt angewendet werden, können eine Gefahr für Wildtiere wie beispielsweise Fledermäuse darstellen. Sie gelangen dabei über vier Wege in den Körper: oral, inhalativ, dermal und injektiv. Gerade die Schwermetalle, die einerseits natürlicherweise in geologischen Lagerstätten (Bergwerke, Minen) vorkommen, andererseits in der Industrie vielfältige Verwendung finden, sind nach Erreichen eines Schwellenwertes im Körper hoch toxisch und rufen subletale, chronische und letale Effekte hervor. Fledermäuse, die ihre Quartiere in Bergwerksstollen haben, inhalieren Schwermetalle oder nehmen sie bei der Fellpflege auf und im Falle von Blei können diese auch an die Jungen über die Milch weitergegeben werden. Eine weitere Gefährdung besteht durch sekundäre Vergiftungen, durch die Aufnahme von mit Schwermetallen kontaminierten Insekten. Die Wirkungen und Symptome der jeweiligen Schwermetalle (Arsen, Blei, Cadmium, Quecksilber) sind meist von der chemischen Form und damit des Aufnahmeweges abhängig und oft nur beim Menschen bekannt. Für Fledermäuse hingegen fehlen die Informationen zu solchen Wirkungen und Symptomen. Menschen, die Symptome einer Schwermetallvergiftung zeigen, wurden bei-

reits erfolgreich mit chelatbindenden Medikamenten wie DMSA behandelt, wodurch die Schwermetalle gebunden und ausgeschieden werden können. Auch Fledermäuse könnten möglicherweise mit einer solchen Therapie erfolgreich behandelt werden, sofern die Dosen der Medikamente bekannt sind. Dazu gibt es jedoch keine Veröffentlichungen.

Keywords

Schwermetallvergiftung. Blei. Quecksilber. Arsen. Cadmium. Pestizide. *Myotis lucifugus*, *Pteropus spec.* *Nyctalus noctula*. *Pipistrellus pipistrellus*. *Myotis myotis*. *M. bechsteinii*. *M. daubentonii*. *M. dasycneme*.

1 Einleitung

Tiere können auf verschiedene Arten, beispielsweise durch eine Überdosierung eines Medikaments oder vorsätzlich durch den Einsatz von Insektiziden oder Rodentiziden vergiftet werden. Solche Pestizide können auch andere Spezies gefährden, wenn sie ins Wasser und dort z. B. durch Fische in die Nahrungskette gelangen. Durch den Verzehr dieser kontaminierten Nahrung kommt es meist zu sekundären (indirekten) Vergiftungen. Ein Beispiel dafür stellt die Minamata-Krankheit dar, bei der sekundäre Vergiftungen beim Menschen auftraten, die auf den Verzehr von mit Schwermetallen (in diesem Fall organisches Quecksilber) kontaminierten Fischen zurückgeführt werden konnte (OEHLMANN & MARKERT 1997). Auch terrestrisch lebende Wildtiere wie z. B. Fledermäuse können durch den Kontakt bzw. durch die Aufnahme von toxischen Substanzen, die innerhalb und außerhalb von menschlichen Wohnungen oder direkt in der Umwelt eingesetzt werden, direkte und indirekte Vergiftungen erleiden. Toxische Substanzen gelangen dabei über vier Wege in den Körper: oral, inhalativ, dermal oder injektiv. Sie werden nach ihrer Wirkung (Effekte an Organen und Nerven) oder nach ihrer che-

mischen Strukturformel klassifiziert und rufen im Allgemeinen entweder akute Vergiftungen oder chronische bis letale Effekte hervor (FREY & LÖSCHER 2007). Eine akute Vergiftung liegt dann vor, wenn eine hohe Dosis des Toxins in einer kurzen Zeit zugeführt bzw. aufgenommen wurde (OEHLMANN & MARKERT 1997), während chronische bis letale Effekte auftreten, wenn ein Toxin über eine lange Zeit aufgenommen wurde und die Symptome erst nach Erreichen eines Schwellenwertes auftreten.

Über die Symptome von Schwermetallvergiftungen bei mitteleuropäischen Fledermäusen ist bislang wenig bekannt. Aus diesem Grund betrachten wir dieses Thema auf der Grundlage von Beobachtungen an sowohl europäischen (s. u.) als auch an amerikanischen und australischen Fledertieren (*Myotis lucifugus*, *Pteropus spec.*) in Verbindung mit human- und veterinärmedizinischen Kenntnissen. Wir möchten diesen Beitrag als ersten Überblick verstanden wissen, der sicherlich noch kein vollständiges Bild vermitteln kann und zukünftig konkretisiert werden muss.

2 Was sind Schwermetalle?

Laut Definition werden alle Metalle mit einer Dichte von mehr als $4,5 \text{ g/cm}^3$ zu den Schwermetallen gezählt (HARENBERG 1994). Diese können wiederum für den Organismus in essentielle (z. B. Kupfer, Chrom und Zink) und nicht-essentielle (z. B. Blei, Quecksilber und Cadmium) Metalle eingeteilt werden. Sie haben jedoch alle die Eigenschaft, dass sie nach dem Erreichen eines individuellen Schwellenwertes akute, chronische und letale Effekte mit meist unbekannter Wirkung auslösen (OEHLMANN & MERKERT 1997).

Schwermetalle kommen einerseits in geologischen Lagerstätten natürlicherweise (z. B. in Bergwerksstollen) vor, andererseits finden sie eine vielfältige Verwendung in der Industrie. Beispielsweise werden sie häufig als Legierungsmetall eingesetzt, können aber auch Bestandteile von Pestiziden sein (OEHLMANN & MARKERT 1997).

Über die Industrie, den Verkehr und die Landwirtschaft gelangen sie in die Umwelt. Schwermetalle binden sich an Aerosole in der Luft, wodurch sie über weite Strecken verteilt werden können. Gerade Fledermäuse wie beispielsweise der (Große) Abendsegler (*Nyctalus noctula*) und die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) können dabei speziell in industrialisierten bzw. urbanen Gebieten aufgrund ihrer Jagdweise („aerial hawk“) hohe Dosen von Schwermetallen aufnehmen. Zudem ernähren sie sich von Nachtfaltern, Mücken und Käfern (DIETZ et al. 2007), die wiederum potenziell mit Schwermetallen kontaminiert sind und somit eine sekundäre Vergiftung hervorrufen.

Mit dem Regen gelangt ein Teil der Schwermetalle in den Boden, wo sie sich anreichern und von Pflanzen, Regenwürmern und Käferlarven aufgenommen werden. Dabei sind Waldgebiete meist seltener betroffen als offene Landschaften. Dementsprechend könnten waldbewohnende „gleaner“ (Substratsammler) wie die Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*) oder das (Große) Mausohr (*Myotis myotis*) durch Schwermetalle weniger gefährdet sein, als die Vertreter der „aerial hawk“, sofern die Nahrung (Käfer, Fliegen, Mücken, Spinnen; DIETZ et al. 2007) nicht stark mit Schwermetallen kontaminiert ist.

Im Wasser lagern sich Schwermetalle vor allem im Sediment an den organischen Anteilen an und können aufgrund ihrer schlechten biologischen Abbaubarkeit darin hohe Konzentrationen erreichen (MARTIN 2004, 2009, HENDRIKS & PIETERS 1993). Damit besteht die Gefahr, dass alle Organismen, die diese Partikel als Nahrung aufnehmen, Schwermetalle akkumulieren und eine Vergiftungsquelle für deren Räuber darstellen. Sedimentbewohner, wie aquatisch lebende Insektenlarven, kommen mit den Schwermetallen in Kontakt, wodurch gerade gewässernah jagende Fledermäuse („trawler“) gefährdet sind, sekundäre Vergiftungen zu erleiden. Dazu zählen die Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii*) und die Teichfledermaus (*M. dasycneme*), die sich hauptsächlich von solchen Gewässerinsekten

(Köcherfliegen, Mücken, Eintagsfliegen) ernähren (DIETZ et al. 2007).

Im Hinblick auf Schwermetallbelastungen bei europäischen Fledermäusen wurden bereits einige Studien durchgeführt (PIKULA et al. 2010, WALKER et al. 2007, LÜFTL et al. 2003, HARTMANN 2000). Die Verfasser untersuchten dabei Totfunde auf ihre Schwermetallgehalte in Organen und Knochen. Allerdings war die Artenzusammensetzung in jeder Studie unterschiedlich, was die Vergleichbarkeit der Studien erschwert. Einzig die Arten *Pipistrellus pipistrellus* und *Myotis myotis* waren bei allen Studien vertreten. Einige Studien beschränkten sich zudem nur auf die bekanntesten Schwermetalle wie Blei, Cadmium und Quecksilber. Schwermetallbelastungen sind somit unfraglich für Fledermäuse nachgewiesen worden und einige Schwermetalle stellen aufgrund ihrer Wirkung ein Gefährdungspotenzial für Fledermäuse dar.

Von den bekanntesten Schwermetallen (Blei, Quecksilber, Arsen und Cadmium) sind die Wirkungen und Symptome insbesondere beim Menschen bekannt und sollen im Folgenden erläutert werden (vgl. auch Tab. 1).

3 Blei

Aufgrund des Mangels einer biologischen Aufgabe im Körper wird Blei zu den nicht-essentiellen Schwermetallen gezählt (EISLER 1988). Es kommt jeweils in einer anorga-

nischen und organischen Form vor. Beim Menschen beeinträchtigt die anorganische Form das zentrale und periphere Nervensystem, das Blut, die Nieren, den gastrointestinalen Trakt und das reproduktive System (FERNER 2001), wohingegen die organische Form primär das zentrale Nervensystem schädigen kann. In den Knochen konkurriert Blei mit Calcium, reichert sich darin an und kann dort bis zu einigen Jahren verbleiben.

In Amerika stellen bis heute Blei-basierte Farben, die vor den 40er Jahren beim Hausbau eingesetzt worden sind, ein Problem dar (MILLER 1998). Fledermäuse, die in solchen belasteten Häusern übertagen, können mit Blei in Kontakt kommen und es akkumulieren. Ein anderes Problem stellen die Automobil-Emissionen dar. CLARK (1979) berichtet, dass nachgewiesenes Blei in Fledermäusen aus Autoabgasen stammt und zu Blei-Intoxikationen mehrerer australischer Flughunde in urbanen Gebieten geführt hat (HARIONO et al. 1993). Fledermäuse, die ihr Quartier in Bleimineralen haben, nehmen Bleistäube inhalativ oder oral, während sie Fellpflege betreiben, auf (KING et al. 2003). Solche Bleimineralen stellen eine zusätzliche Gefahr dar, wenn sie als Wochenstubenquartiere von Fledermäusen genutzt werden. Während der Schwangerschaft wird Blei über die Placenta und in der Laktationsphase über die Milch an die Jungen weitergegeben (EISLER 1988, MA 1996, STREIT & NAGEL 1993).

Tabelle 1. Ursache, Symptome und Behandlung verschiedener Schwermetallvergiftungen.
Table 1. Heavy metal poisoning: cause, symptoms and treatment.

Ursache	Symptome	Behandlung (BARNARD 2009)
Bleivergiftung	Flugunfähigkeit, Appetitlosigkeit, Schwächeanfälle, Gewichtsverlust, Koordinationslosigkeit, Muskelkrämpfe	DMSA, CaEDTA
Quecksilbervergiftung	Lungenfunktionsstörungen, Erbrechen, Diarrhöe, hypovolämischer Schock, oligurischer Ausfall	Darmspülung, Flüssigkeitstherapie
Arsenvergiftung	Ödeme, Nieren- und Leberschäden, Tachykardie	DMSA, Darmspülung
Cadmiumvergiftung	Erbrechen, Diarrhöe, Haarausfall, Lungenödeme, neuronale Funktionsstörungen, Nierenschäden	DMSA, Darmspülung

Symptome einer Bleivergiftung bei Fledermäusen äußern sich durch Flugunfähigkeit, Appetitlosigkeit, körperliche Schwäche, Magerkeit, Koordinationslosigkeit und Muskelkrämpfe (HARIONO et al. 1993). Bleivergiftungen beim Menschen werden erfolgreich mit DMSA (Dimercaptosteinsäure) und CaEDTA behandelt (BARNARD 2009). Beide Medikamente binden Schwermetalle, so dass diese ausgeschieden und Folgeschäden damit abgewendet werden können. Um eine erfolgreiche Behandlung mit diesen Medikamenten bei Fledermäusen durchzuführen, sollten die zu verabreichenden Dosen bekannt sein, jedoch gibt es dazu bisher keine Veröffentlichungen (BARNARD 2009).

4 Quecksilber

Quecksilber gehört zu den nicht-essentiellen Schwermetallen, da es wie Blei keine biologische Funktion im Körper besitzt. Die Akkumulation von Quecksilber in Säugetieren ist von der chemischen Form des Quecksilbers und dem Weg der Aufnahme abhängig (ATSDR 2004). Es gibt drei chemische Klassen von Quecksilber, metallische, anorganische und organische Quecksilberverbindungen (z. B. Methylquecksilber; ATSDR 2004, POKORSKI 2004). Die Primäraufnahme von metallischem Quecksilber erfolgt bei Säugetieren und dem Menschen meist durch Inhalation und nur selten über die Haut. Das Ausscheiden geschieht ausschließlich über den Harn. Im Falle der anorganischen Quecksilberverbindungen erfolgt die Aufnahme oral, die Ausscheidung findet, wie bei metallischem Quecksilber, über den Urin statt. Methylquecksilber wird über den Darm aufgenommen, die Exkretion geschieht über den Kot. Bei hohen Dosen bzw. niedrigen Dosen über eine längere Zeit erfolgt die Exkretion ebenfalls über den Harn. Quecksilber ist meist ein Bestandteil von Pestiziden und gefährdet somit Fledermäuse, die sich von den damit kontaminierten Insekten ernähren.

Methylquecksilber wird aus anorganischem Quecksilber durch Bakterien im Boden und Wasser erzeugt und stellt die toxischste Form

des Quecksilbers dar (TURNER et al. 1980, MA 1996). Gerade Quecksilberminen, die als Quartiere genutzt werden, können für Fledermäuse eine Gefahr für Intoxikationen darstellen.

Es gibt bei Säugetieren und beim Menschen keine eindeutigen Symptome einer Quecksilbervergiftung, da diese von der Quecksilberform und dem Aufnahmeweg abhängen. Bei elementarem Quecksilber ist vor allem der Dampf hoch toxisch und kann durch Inhalation Lungenfunktionsstörungen auslösen. Anorganische Quecksilberverbindungen werden oral aufgenommen und lösen beim Menschen korrosive Effekte im gastrointestinalen Trakt aus (FERNER 2001). Die dazugehörigen Symptome sind Erbrechen, Diarrhöe und in Folge ein hypovolämischer Schock sowie oligurischer Ausfall (CDC 2005). Bei Fledermäusen wurden bisher keine Quecksilbervergiftungen mit den dazugehörigen Symptomen beschrieben, wobei möglicherweise die Symptome bei Fledermäusen den Symptomen des Menschen ähneln. Da die Art der Vergiftung von der meist unbekanntesten Aufnahme und chemischen Form des Quecksilbers abhängt, werden beim Menschen meist eine Darmspülung, sowie eine systemische Flüssigkeitstherapie durchgeführt (BARNARD 2009).

5 Arsen und Cadmium

Arsen und Cadmium werden einerseits in Blei- und Zinkminen freigesetzt, andererseits bei Schmelzprozessen.

Arsen kann von Säugetieren und dem Menschen oral, inhalativ oder über den Kontakt mit der Haut bzw. Schleimhaut aufgenommen werden (GEARHEART & WALLER 1994). Es beeinträchtigt die zelluläre Atmung und ruft Symptome wie ein nach Knoblauch riechender Atem, Ödeme, Nieren- und Leberschäden oder Tachykardie beim Menschen hervor (POKORSKI 2004). Auch Symptome einer Arsenvergiftung bei Fledermäusen sind bisher nicht beschrieben worden, wobei ähnliche Symptome wie beim Menschen auftreten können.

Cadmium hat keine bekannte biologische Funktion (EISLER 1985) und kann oral oder inhalativ aufgenommen werden (COOKE & JOHNSON 1996). Es ist Bestandteil von Holzschutzmitteln, Insektiziden, Fungiziden und kommerziellen Düngemitteln, die ihre Verwendung in der Landwirtschaft haben (POKORSKI 2004, ROBERTS 1999). Fledermäuse werden durch kontaminierte Insekten, Früchte oder Laub intoxikiert, wobei die Akkumulation gering ist (KING et al. 2001). Genauso wie Blei und Quecksilber interagiert Cadmium mit dem Skelettsystem und kann beim Menschen Osteodystrophie auslösen (GOYER 1997). Die Symptome einer Cadmium-Intoxikation äußern sich in Erbrechen, Diarrhöe, Haarausfall und Lungenödemen (POKORSKI 2004). Ähnliche Symptome können auch bei Fledermäusen auftreten, jedoch wurden bisher keine beschrieben. Ebenfalls können neuronale Funktionsstörungen und im Einzelnen auch Nierenschäden auftreten. Die Cadmiumabsorption sowie die Arsenvergiftung beim Menschen wurde bereits erfolgreich durch die Gabe von DMSA reduziert. Außerdem wird meist eine Darmspülung durchgeführt (BARNARD 2009).

Schrifttum

- ATSDR [Agency for Toxic Substances and Disease Registry] (2011): Mercury. <http://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=24>, März 2011.
- BARNARD, S. M. (2009): Bats in Captivity. Vol. 1: Biological and Medical Aspects, p. 197-223. Logos Press. Washington DC.
- CDC [Centers for Disease Control and Prevention] (2011): Case Definition: Mercury (Inorganic). http://emergency.cdc.gov/agent/mercury/mercin-orgca_sedef.asp, März 2011.
- CLARK, D. R. jr. (1979): Lead concentrations: Bats vs. terrestrial small mammals collected near a major highway. *Environmental Science and Technology* **13**, 338-341.
- COOKE, J. A., & JOHNSON, M. S. (1996): Cadmium in small mammals. In: BEYER, W. N., HEINZ, G. H., & REDMON-NORWOOD, A. W. (eds.): *Environmental Contaminants in Wildlife: Interpreting Tissue Concentrations*, 377-388. A special publication of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry. CRC Lewis Publisher, New York.
- DIETZ, C., VON HELVERSEN, O., & NILL, D. (2007): *Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas*, 200-207 u. 284-289. Franckh-Kosmos Verlags GmbH & Co. KG. Stuttgart.
- EISLER, R. (1985): *Cadmium Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review*. United States Fish and Wildlife Service Biological Report **85** (1.4). Washington D. C. (p. 46 ff.).
- (1988): *Lead Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review*. United States Fish and Wildlife Service Biological Report **85** (1.4). Washington D. C. (p. 134 ff.).
- FERNER, D. R. (2011): Toxicity, heavy metals, arsenic, lead, mercury, eMedicine, http://emedicine.medscape.com/emergency_medicine. März 2011.
- FREY, H. H., & LÖSCHER, W. (2007): *Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie für die Veterinärmedizin*. 2. Aufl. Enke Verlag (p. 621-622).
- GEARHEART, R. A., & WALLER, G. W. (1994): *Hayward Metals Study: Literature survey*. Environmental Resources Engineering Department, Humboldt State University. Arcata CA (p. 136 ff.).
- GOYER, R. A. (1997): Toxic and essential metal interactions. *Annual Review of Nutrition* **17**, 37-50.
- HARENBERG, B. (1994): *Harenberg Kompaktlexikon in 5 Bänden*. Harenberg Lexikon Verlag. Verlags- u. Medienges. mbH & Co. KG. Dortmund. Bd. **5**, 2735.
- HARIONO, B., NG, J., & SUTTON, R. H. (1993): Lead Concentrations in tissues of fruit bats (*Pteropus* sp.) in urban and non-urban locations. *Wildlife Research* **20**, 315-320.
- HARTMANN, R. (2000): *Dissertation: Deskription der Schwermetallgehalte in Knochen, Organen und Haaren von Fledermäusen (Chiroptera) im Zeitraum 1987 bis 1999*. www.webdoc.sub.gwdg.de/diss/2001/hartmann/hartmann.pdf. September 2010.
- HENDRIKS, A. J., & PIETERS, H. (1993): Monitoring concentrations of microcontaminants in aquatic organism in the Rhine Delta: A comparison with reference values. *Chemosphere* Vol. **26**, Nr. 5, 817-836.
- KING, K. A., VALASCO, A. I., MARR, C. I. H., & KEARNS, R. I. (2003): *Trace Elements in Bats Roosting in Mines of Kofa*. National Wildlife Refuge, Arizona, 2001-2002. United States Fish and Wildlife Service Region 2 Contaminants Program, Phoenix, AZ (p. 30 ff.).
- LÜFTL, S., FREITAG, B., DEUTZ, A., & TATARUCH, F. (2003): Concentrations of heavy metals in European bats (*Microchiroptera*). *Fresenius Environmental Bull.* **12**, 353-358.
- MA, W. (1996): Lead in animals. In: BEYER, W. N., HEINZ, G. H., & REDMON-NORWOOD, A. W. (eds.): *Environmental Contaminants in Wildlife: Interpreting Tissue Concentrations*. A special publication of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry. CRC Lewis Publisher. New York (p. 341-356).
- MARTIN, C. W. (2004): Heavy metal storage in near channel sediments of the Lahn River, Germany. *Geomorphology* **61**, 275-285.
- (2009): Recent changes in heavy metal storage in floodplain soils of the Lahn River, central Germany. *Environment Geology* **58**, 803-814.

- MILLER, A. L. (1998): Dimercaptosuccinic acid (DMSA), a non-toxic, watersoluble treatment for heavy metal toxicity. *Alternative Medicine Review* 3, 199-207.
- OEHLMANN, J., & MARKERT, B. (1997): *Humantoxikologie*. Wiss. Verlagsges. mbH. Stuttgart (p. 117-148).
- PIKULA, J., ZUKAL, J., ADAM, V., BANDOUCHOVA, H., BEKLOVA, M., HAJKOVA, P., HAROKOVA, J., KIZEK, R., & VALENTIKOVA, L. (2010): Heavy metals and metallothionein in vespertilionid bats foraging over aquatic habitats in the Czech Republic. *Environmental Toxicology and Chemistry* Vol. 29, Nr. 3, 501-506.
- POKORSKI, P. I. (2004): Medical and environmental toxicology. Lecture notes. Department of Natural Sciences. University of Michigan, Dearborn, MI.
- ROBERTS, J. R. (1999): Metal toxicity in children. In: *Training Manual on Pediatric Environmental Health: Putting it into Practice*. Children's Environmental Health Network. Emeryville, CA (p. 172 ff.).
- TURNER, M. D., MARSH, D. O., SMITH, J. C., INGLIS, J. B., CLARKSON, T. W., RUBIO, C. E., CHIRIBOGA, J., & CHIRIBOGA, C. C. (1980): Methylmercury in populations eating large quantities of marine fish. *Archives of Environmental Health* 35, 367-378.
- WALKER, L. A., SIMPSON, V. R., ROCKETT, L., WIENBURG, C. L., & SHORE, R. F. (2007): Heavy metal contamination in bats in Britain. *Environmental Pollution* 148, 483-490.