

# Bleivergiftungen bei Greifvögeln

Ursachen, Erfahrungen, Lösungsmöglichkeiten

Der Seeadler als Indikator



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Oliver Krone (Hrsg.)  
Berlin 2010



Leibniz Institut für  
Zoo und Wildtierforschung



Leibniz  
Gemeinschaft

# Bleifragmente von Jagdgeschossen in erlegten Wildtieren: Die Quelle der Bleivergiftungen und ihre Auswirkungen auf den Kalifornischen Kondor

RICHARD T. WATSON

The Peregrine Fund

5668 West Flying Hawk Lane, Boise, Idaho 83709, United States of America

E-mail: [rwatson@peregrinefund.org](mailto:rwatson@peregrinefund.org)

## Einleitung

Die Population des Kalifornischen Kondors (*Gymnogyps californianus*) verringerte sich während des letzten Jahrhunderts weltweit auf einen absoluten Tiefstand von nur 22 Individuen im Jahr 1982. Um diese Art vor dem Aussterben zu bewahren, wurden im Jahr 1987 die letzten Wildvögel im Rahmen eines Notfallplanes zur Sicherheitsverwahrung und Zucht eingefangen. Seitdem wurden vier Zuchtstationen aufgebaut. Die Größte ist im *World Center for Birds of Prey* in der Hauptgeschäftsstelle des *Peregrine Fund* in Boise, Idaho. Der *Peregrine Fund* startete dort das Zuchtprogramm für Kondore 1993, und die Wiederauswilderung begann 1996 in Nordarizona, nördlich des Grand Canyon Nationalparks.

Die Wiederansiedlung des Kondors in Arizona ist als Experiment konzipiert und darauf ausgerichtet, die Faktoren zu verstehen, die einen Zuwachs der Population limitieren und Wege zu finden, diese limitierenden Faktoren abzumildern. Durch unsere Forschung sollte herausgearbeitet werden, ob es ausreichende Areale an für Kondore sicheren und geeigneten Habitaten gibt. Kondore reproduzieren langsam und hohe Mortalitätsraten können von den Populationen nicht verkraftet werden. Die Fragestellung war daher hauptsächlich darauf ausgerichtet, ob die Kondore ausreichend Nahrung finden, welche Mortalitätsfaktoren ihr Überleben gefährden und wie diese Gefährdungen verringert werden können. Die dafür verwandten Methoden waren an diese schwer abschätzbare und unvorhersagbare Problemstellung angepasst.

Seitdem begonnen wurde, Kondore auszuwildern, ist ihre Zahl in Arizona jedes Jahr gestiegen. Die Kondore kamen gut in der Freiheit zurecht und brüten seit 2003 teilweise erfolgreich (Abb. 1). Die Anzahl von in Freiheit geschlüpften und ausgeflogenen Jungvögeln wächst von Jahr zu Jahr, wobei die Population sich wesentlich schneller erholen würde, wenn die Mortalität nicht so hoch wäre. Ende 2008 lag die Zahl freigelassener Kondore bei 106, wovon 67 Vögel überlebten. 41 Kondore starben in Arizona, sieben mussten gefangen und zurück in Gefangenschaft gebracht werden und neun Kondore wurden in Freiheit geboren.

Von allen toten Kondoren gingen 43% an Bleivergiftungen zugrunde. Bezieht man nur die letzten fünf Jahre mit ein, lag die Sterblichkeit durch Bleivergiftungen bei 60%. Innerhalb der ersten fünf Jahre mussten die unerfahrenen Kondore offenbar erst wieder die Gefahren in freier Natur kennenlernen: Acht Vögel wurden in den ersten Tagen nach ihrer Freilassung von Koyoten und Steinadlern erbeutet. Seitdem haben wir Wege gefunden, die Gefahr durch Prädation zu verringern, so dass diese Todesursache nicht mehr von großer Bedeutung ist. Einige Kondore starben bei Kollisionen mit Stromleitungen, an Krankheiten oder verhungerten. Drei Vögel wurden während der Anfangszeit des Projektes erschossen, das kam jedoch in letzter Zeit nicht mehr vor.

Das Problem der Bleivergiftungen ist heute als einziges Hindernis anzusehen, das die Erholung des Kondors in Arizona verhindert (Green *et al.* 2008). Was damals als ein Forschungsprojekt zur Ökologie und Demographie des Kondors begann, ist nun zu einem aufwendigen Unterfangen geworden, die Kondore nach Bleiexposition am Leben zu erhalten. Der *Peregrine Fund* investiert jedes Jahr Hunderttausende von Dollar, um Kondore zu verfolgen, zu fangen, sie auf Blutbleiwerte zu untersuchen und durch die Gabe von Chelatbildnern vor dem Tod zu bewahren (Parish *et al.* 2007, Cade *et al.* 2007). Dieses Ausmaß an intensivem Management ist auf lange Sicht nicht durchführbar, und es muss eine Lösung für das Problem der Bleivergiftungen gefunden werden, sollen die Kondore ohne ständige Überwachung in der Freiheit überleben können.

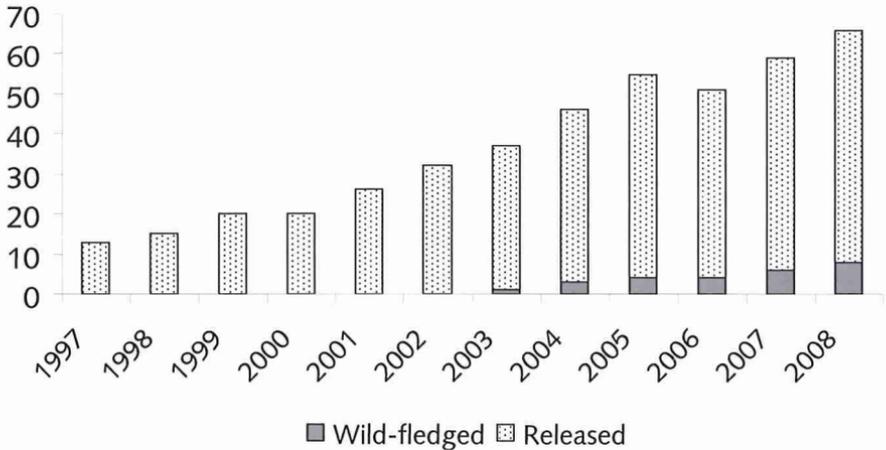


Abb. 1: Die jährliche Anzahl und der Ursprung (released = in Menschenhand gezüchtet and ausgewildert, wild-fledged = im Freiland flügge geworden) freilebender Kalifornischer Kondore in Arizona und Utah seit der Wiederauswilderung von 1997 bis 2008.

## Beweise dafür, dass geschossenes Wild die Quelle für Bleivergiftungen bei Kondoren darstellt

### Die Überwachung von Kondoren

Alle in Arizona freigelassenen Kondore werden mit einem Radio- oder Satellitensender ausgestattet. Dadurch können alle Vögel jederzeit gefunden und genau (bis auf wenige Meter) lokalisiert werden. Die Telemetrie der Kondore ergab eine riesige Datenmenge an sehr präzisen Ortungen, die auf vielfältige Art und Weise ausgewertet wurden.

### Die Nahrungszusammensetzung der Kondore

Durch die Telemetrie war es möglich, den Kondoren zu folgen, sie beim Fressen zu lokalisieren und ihre Nahrung zu bestimmen (N = 196). Zusätzlich zu den Fütterungen an Plätzen in Nähe der Freilassungen, ernährten sich die Kondore hauptsächlich von den Resten toter Rehe und Rothirsche (61%) und von totem Vieh, welches auf natürliche Weise umgekommen war (26%). Weiterhin wurden tote Koyoten (5%) und eine Vielzahl anderer kleinerer Tierkörper gefressen (8%) (Parish *et al.* 2007).

### Die räumliche und zeitliche Landschaftsnutzung des Kondors

Durch die Telemetrie war es möglich, den räumlichen und zeitlichen Nutzen der Landschaft durch den Kondor zu analysieren. Die Abbildung 2a zeigt Positionen von Kondoren im Spätsommer (August) 2007, die die südliche Randzone des Grand Canyon, an der sich Touristen versammeln, und das südliche Farmland in Utah nutzen. Außerdem suchen sie die Auswilderungsstelle auf, an der ergänzende Fütterungen stattfinden. Die Abbildung 2b zeigt Positionen derselben Kondore im Spätherbst (November) 2007, während der Jagdsaison. Bei dem Vergleich der Lokalisationsmuster zwischen den Jahreszeiten sehen wir, dass die gleichen Kondore ihre Jagdgebiete aus Gegenden mit Säugetieransammlungen im Sommer, zu Beginn der Jagdsaison an den Rand der Jagdzone des Kaibab Plateau verlegen. Alle Kondore machen diese Wanderung jährlich, die durch die Aktivität der Jäger und die Verfügbarkeit von Kadavern erlegter Wildtiere während der Jagdsaison induziert wird (Hunt *et al.* 2007).

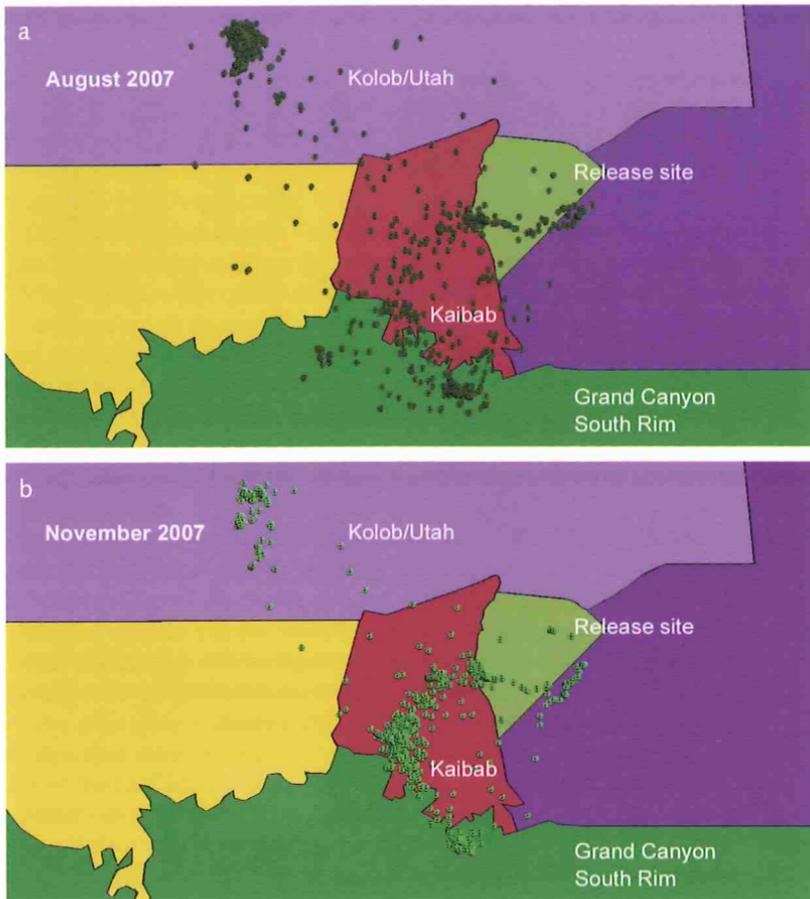


Abb. 2: (a) Lokalisierungen von Kondoren im Sommer (August) 2007. (b) Lokalisierungen der gleichen Kondore im Herbst (November) 2007, während der Jagdsaison.

### Lokalisierung von kranken, toten oder sterbenden Kondoren

Die Telemetrie ermöglicht es außerdem, kranke, tote oder sterbende Kondore zu lokalisieren. Röntgenaufnahmen von diesen Vögeln zeigten, dass die Verdauungstrakte von sieben bleivergifteten Kondoren Bleischrote enthielten (Abb. 3a). Außerdem wurden ungleichförmige Bleifragmente im Verdauungstrakt von 16 weiteren bleivergifteten Kondoren gefunden (Abb.3b). Es ist wahrscheinlich, dass diese Fragmente aus den Geweben von geschossenen Tieren stammen, obwohl wir zuerst erstaunt waren, dass es so viele stark kontaminierte Kadaver oder Wildaufbrü- geben kann, dass Kondore so häufig davon beeinträchtigt werden können.

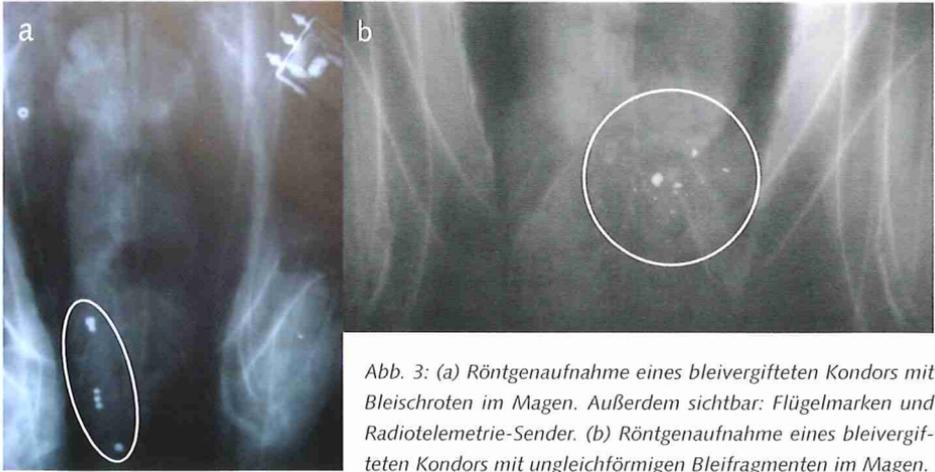


Abb. 3: (a) Röntgenaufnahme eines bleivergifteten Kondors mit Bleischroten im Magen. Außerdem sichtbar: Flügelmarken und Radiotelemetrie-Sender. (b) Röntgenaufnahme eines bleivergifteten Kondors mit ungleichförmigen Bleifragmenten im Magen.

### Die Blut-Bleikonzentrationen des Kondors

Im Jahr 1999 begannen wir Kondore zu fangen, Blut zu entnehmen und dieses auf Blut-Bleikonzentrationen zu testen (Abb. 4). Seit 2001 haben wir erfolgreich nahezu 100% der Population jedes Jahr wieder gefangen, was einen enormen und kostenintensiven Aufwand bedeutet. Einige Kondore sind mehrmals jedes Jahr gefangen worden. Der Anteil der Kondore die Bleikonzentrationen mit Leveln über 15  $\mu\text{g}/\text{dL}$  aufweisen (Abb. 4), variierte seit 2000 von 50% bis zu über 90% jedes Jahr, was zeigt, dass die meisten Kondore jedes Jahr bleiexponiert sind.

Der jährliche Anteil von Kondoren in der Population mit entweder  $>65 \mu\text{g}/\text{dL}$  oder Symptomen die eine Chelatbildungstherapie erforderten um das Blei zu entfernen, variierte erheblich; 2006 war das schlechteste Jahr mit einer Therapienotwendigkeit von 70%, aber die Zahlen haben sich verringert seit das Förderprogramm für bleifreie Munition des *Arizona Game and Fish Department* eine Wirkung erzielt hat (Parish *et al.* 2009, Sieg *et al.* 2009).

Ein bedeutendes Ergebnis aus der Messung der Blut-Bleikonzentrationen ist, dass wir eine signifikante zeitliche Korrelation zwischen hohen Blutbleiwerten (Abb. 5) und der November-Dezember Jagdsaison gefunden haben (Hunt *et al.* 2007, Green *et al.* 2008).

Wir haben auch eine signifikante räumliche Korrelation zwischen hohen Blut-Bleiwerten und der Beutesuche in der Jagdzone des Kaibab Plateaus gefunden (Abb. 6).

### Percent of condors in the wild in Arizona

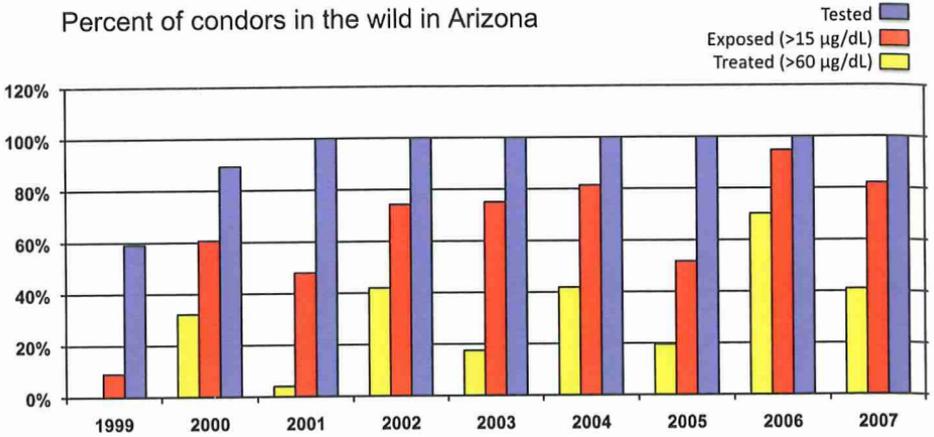


Abb. 4: Anteile der Kondor Population in Arizona, die auf Bleiwerte im Blut getestet wurden („testet“), die Blei ausgesetzt waren („exposed“), und die so hohe Blutbleikonzentrationen oder Symptome aufwiesen, die eine Chelattherapie erforderten („chelated“). N = Anzahl in der Population.

### Condor blood lead levels 2001-2008

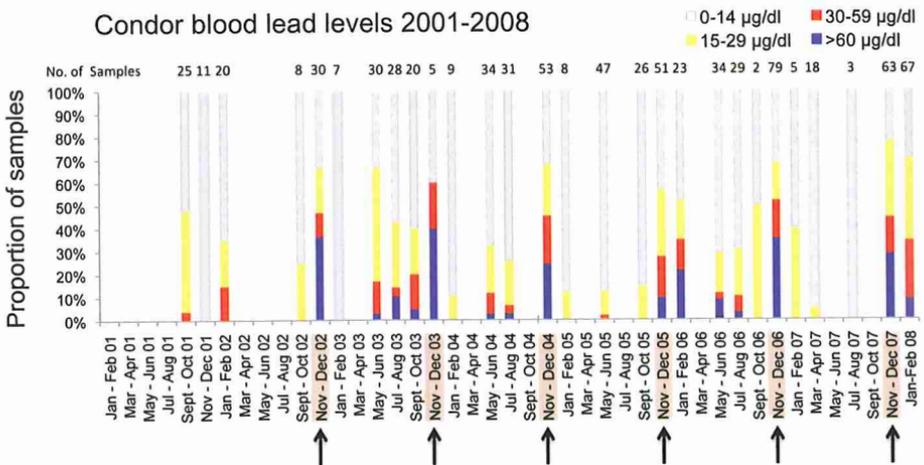


Abb. 5: Anzahl von Kondoren, deren Blutbleiwerte in Zwei-Monats-Intervallen gemessen wurden, von Januar 2001 bis Februar 2008, Anteil von jeder bleihaltigen Probe an vier Blei-Konzentrationsintervallen, und die jährlichen Hirsch und Wapiti Jagdzeiten. Hohe Blutbleikonzentrationen (>60 µg/dL) treten am häufigsten während der Hirsch und Wapiti Jagdsaison auf.

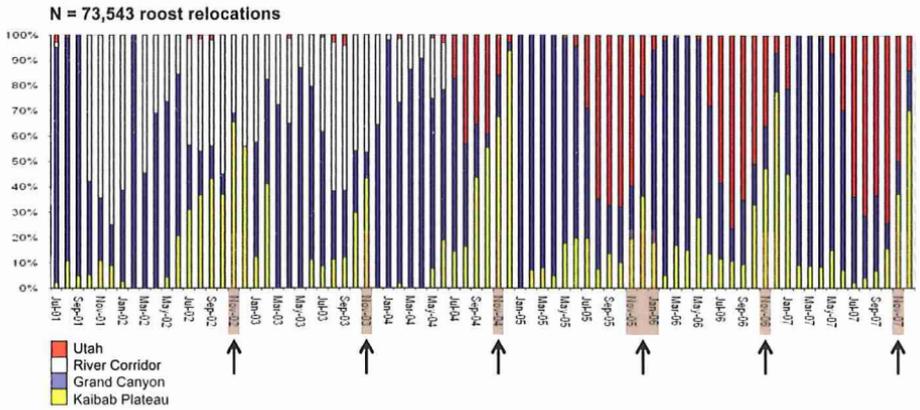


Abb. 6: Monatliche Schlafplätze von Kondoren in vier Gebieten von Juli 2001 bis November 2007 sowie die jährlichen Jagdzeiten für Hirsche und Wapitis. Das Gebiet "Kaibab Plateau" wurde von den Kondoren am häufigsten während der Hirsch und Wapiti Jagdsaison genutzt.

#### Geschossfragmentierung in erlegtem Wild

Wir haben die Hypothese getestet, dass das Blei von Geschossfragmenten bleihaltiger Kugelmunition aus den Geweben zurückgelassener, erschossener Wildtiere stammt, indem wir 34 Hirsche erlegt haben, unter der Verwendung verschiedenster bleihaltiger Kugelmunitionen, und die Kadaver anschließend geröntgt haben. Alle Kadaver haben einige Fragmente aufgewiesen und 74% enthielten über 100 Fragmente die weit im Tierkörper verteilt waren (Abb. 7a, Hunt *et al.* 2006). Von 20 Wildaufbrüchen die geröntgt wurden, enthielten 90% einige und 25% über 200 Fragmente (Abb. 7b, Hunt *et al.* 2006). Zusätzliche Röntgenaufnahmen sind zur Betrachtung online verfügbar unter: [www.peregrinefund.org/pdfs/ResearchLibrary/Fragmentation%20data%20and%20radiographs.pdf](http://www.peregrinefund.org/pdfs/ResearchLibrary/Fragmentation%20data%20and%20radiographs.pdf).

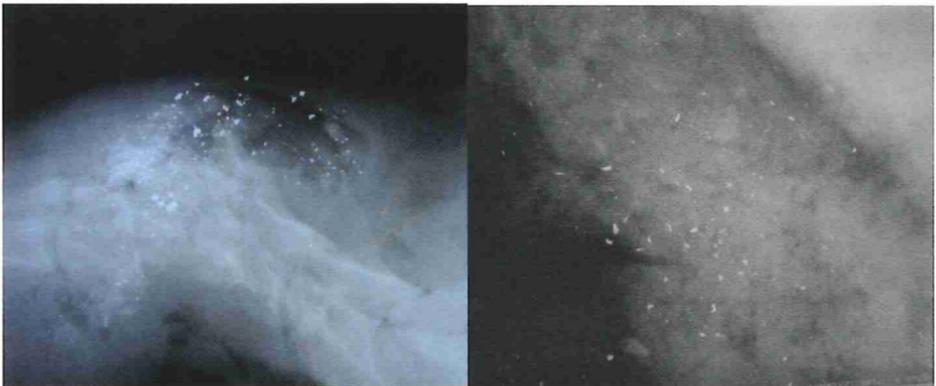


Abb. 7: Röntgenaufnahme (a) eines Hirschkadavers mit Nackenschuss, und (b) des Aufbruchs aus dem Hirschkadaver, durchsetzt mit Bleigeschossfragmenten.

## Schlussfolgerung

Das Gewicht der wissenschaftlichen Beweise zeigt, dass Reste von Munitionsblei in Wild, das mit Büchse oder Flinte erlegt wurde, die Quelle für das Blei in den Kondoren darstellen, und beinhaltet Folgendes:

- 1) Kondore werden häufig dabei beobachtet, wie sie an den Kadavern von Hirschen und Wapitis fressen (Parish *et al.* 2007).
- 2) Es besteht eine starke räumliche und zeitliche Korrelation zwischen der Futtersuche der Kondore in Jagdzonen während der Jagdzeiten auf Hirsch und Wapiti (Hunt *et al.* 2007, Green *et al.* 2008).
- 3) Es gibt eine starke zeitliche und räumliche Korrelation zwischen hohen Blutbleiwerten bei Kondoren und der Jagdsaison und der Futtersuche der Kondore in Jagdgebieten (Hunt *et al.* 2007, Green *et al.* 2009).
- 4) Bleifragmente und Schrot sind auf Röntgenbildern von bleivergifteten Kondoren erkennbar (Parish *et al.* 2007).
- 5) Bleibasierte Geschosse, auch jene, die mit einem hohen Masseerhalt beworben werden, fragmentieren in Hunderte winziger, irregulär geformter Teile, die im Wildkörper weit verstreut werden (Hunt *et al.* 2006).
- 6) Die Verhältnisse der Bleisotope in bleivergifteten Kondoren stimmen mit denen in Munitionsblei überein (Church *et al.* 2006).

Wenig mehr kann zum Beweis getan werden und es ist nicht mehr nötig. Behauptungen, es gebe keinen wissenschaftlichen Beweis dafür, dass Bleifragmente von Geschossen die Quelle tödlicher Bleibelastungen bei Kondoren sind, sind falsch.

## Effekte von Blei auf den Kondor

Unsere Studien haben nur die tödlichen Effekte von Blei bei Kondoren untersucht. Subletale oder kumulative Effekte auf Kondore oder viele andere Tiere haben wir nicht untersucht. Allerdings zeigen Menschen bei sehr geringen Blutbleikonzentrationen viele gesundheitsschädliche Auswirkungen. Wir können dieses Wissen nutzen, um vernünftige Vermutungen über subletale und kumulative Effekte von Blei auf Wildtiere, auch auf Kondore, zu machen.

In den letzten zehn Jahren haben Epidemiologen herausgefunden, dass schon sehr niedrige Blutbleikonzentrationen, die sich in der Nähe der Nachweisgrenze durch Labortests befinden, messbare Einflüsse auf die Gehirnentwicklung bei Kindern haben. Sie verursachen eine bleibende Reduktion des IQ (Canfield *et al.* 2003, Lanphear *et al.* 2005). Bei Erwachsenen sind diese niedrigen Spiegel mit einem erhöhten Risiko, an einem Herzinfarkt oder Schlaganfall zu sterben, verbunden (Menke *et al.* 2006). Gesundheitsexperten haben daraus die Schlussfolgerung gezogen, dass es keinen sicheren unteren Grenzwert für Blei im menschlichen Körper gibt (CDC 2005).

Die gesundheitlichen Auswirkungen von Blei im Blut sind bei Kindern und Erwachsenen sehr unterschiedlich (Abb. 8). Werte von über 150 µg/dL, am oberen Ende der Skala, können zum Tode führen. Bei Blutspiegeln von unter 10 µg/dL, am unteren Skalenende, treten bei Kindern Probleme in der Entwicklung auf. Diese beinhalten auch eine permanente Abnahme des IQ.

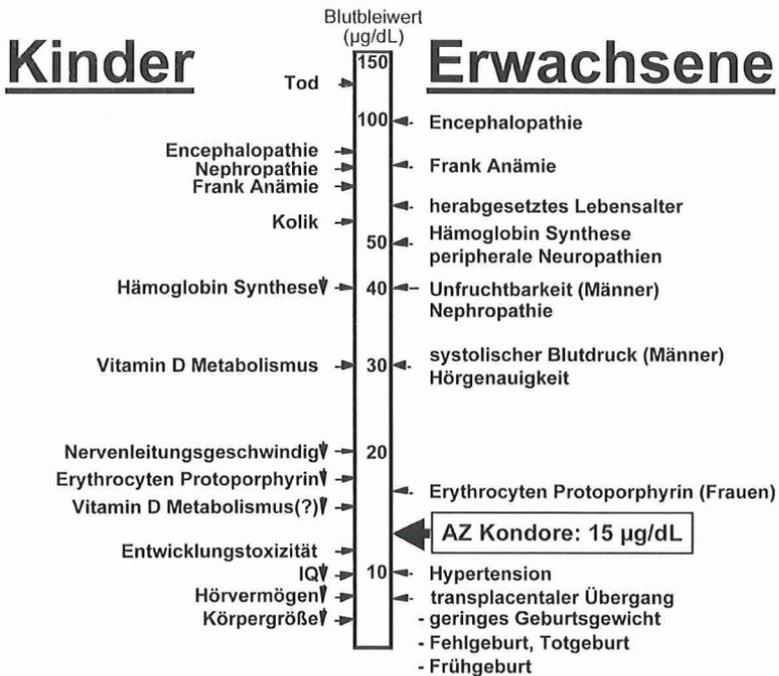


Abb. 8: Gesundheitseffekte bei Kindern und Erwachsenen mit Blutbleikonzentrationen von 150 µg/dL (dargestellter Höchstwert) bis zu weniger als 10 µg/dL; „AZ Kondore“: typische Blutbleiwerte bei Kondoren angezeigt für Arizona.

Sehr geringe Blutbleispiegel können sich bereits schwerwiegend auf Kinder auswirken (Canfield *et al.* 2003). Zwischen dem niedrigsten messbaren Wert bei etwa 0,5 µg/dL und 10 µg/dL gibt es einen sehr steilen Abfall des IQ (Abb. 9). Oberhalb von 10 µg/dL fällt der IQ weiterhin, allerdings langsamer. Eine Trendanalyse zeigte, dass Kinder mit 10 µg/dL ungefähr sieben IQ-Punkte weniger erreichten als jene mit 0 µg/dL.

Dies und andere Beweise veranlassten Gesundheitsexperten im Jahr 2006, sich für einen erniedrigten Richtwert von 2 µg/dL als denjenigen Blutbleiwert bei Kindern auszusprechen, der Interventionen notwendig macht (Gilbert and Weiss 2006). Die US-Centers for Disease Control and Prevention (CDC) müssen diesen Wert noch beschließen. Sie argumentieren, dass jeder Richtwert, auch der derzeitige von 10 µg/dL willkürlich sei, da es keinen sicheren unteren Grenzwert für Blei im Blut gebe. Der aktuelle Richtwert spiegelt deshalb eher eine politische und ökonomische Auswahl wider als die Gesundheitseffekte und muss in diesem Kontext verstanden werden.

Die aktuellen Richtwerte beruhen eher auf politische und ökonomische Entscheidungen, als auf gesundheitliche Effekte, und sollten in diesem Zusammenhang verstanden werden. Aufgrund neuer Erkenntnisse zur Toxizität von Blei auch bei niedrigen Konzentrationen wurden die toxikologisch unbedenklichen Richtwerte für Blei im Humanblut in den letzten 50 Jahren regelmäßig verringert.

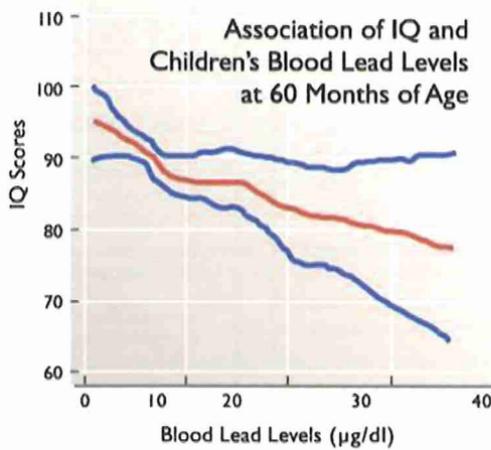


Abb. 9: Auswirkung von steigenden Blutbleikonzentrationen auf den IQ von Kindern (reproduziert mit der Erlaubnis von Canfield et al. 2003).

Gesundheitliche Effekte bei niedrigen Bleiwerten im Blut sind gewöhnlich nicht auf individueller Ebene belegbar, diese werden aber in epidemiologischen Studien offensichtlich. Aktuelle Untersuchungen zeigten z.B. dass selbst Erwachsene mit Blutbleiwerten über 2 µg/dL ein erhöhtes Risiko haben an einem Herzinfarkt oder Hirnschlag zu sterben (Menke et al. 2006), einer Konzentration nahe der analytischen Nachweisbarkeit für Blei im Blut. Die klassischen Symptome einer Bleiexposition, wie Magenbeschwerden, Krämpfe, Darmträgheit oder Diarrhöe, Übelkeit oder Brechreiz, anhaltende Ermüdung, Kopfschmerzen und Muskelschwäche, sind nur bei einer schwerwiegenden Bleivergiftung (> 40-50 µg/dL) offensichtlich. Dieser Unterschied zwischen ernststen Gesundheitseffekten bei niedrigen Blutwerten die in epidemiologischen Studien belegbar sind, und den klinischen Zeichen einer Bleiexposition deuten darauf hin, dass viele bleiexponierte Personen sich den Ursachen ihres Zustandes nicht bewusst sind oder präventiven Maßnahmen skeptisch sehen. Dieses Problem des Erkennens von Ursache und Wirkung ähnelt denen bei anderen chronischen Erkrankungen, wie z.B. der Arterioskleriose durch einen erhöhten Cholesterinspiegel bis zum Auftreten eines Herzinfarkts. Mit fortwährender Aufklärung haben die Menschen gelernt auf Cholesterin zu achten, aber da viele der Ergebnisse über die Wirkung von Blei in niedrigen Konzentrationen sehr neu sind, wurde diesbezüglich noch keine angemessene Reaktion zum Umgang mit diesem Gesundheitsrisiko entwickelt.

Seit 2002 hatten jährlich zwischen 18% bis 70% aller Kalifornischen Kondore in Arizona erhöhte Bleiwerte im Blut >65 µg/dL oder zeigten Symptome für eine medizinische Behandlung (Abb. 4). Das Programm für die Verwendung bleifreier Munition in Arizona, welches freiwillig durch die Jäger unterstützt wird, führte zur Vermeidung von letalen Bleikonzentration im Blut von Kondoren seit 2006. Vor diesem Zeitpunkt starben die Kondore schneller als sie durch natürliche Reproduktion wieder ausgleichen konnten. Leider haben die meisten Kondore in Arizona nach wie vor Bleikonzentrationen von 15 µg/dL oder höher, was eine

fortwährende subletale Bleiexposition anzeigt mit Bleiwerten die bei Menschen als gesundheitsgefährdend bekannt sind. Zur Zeit ist völlig unbekannt welchen Effekt diese subletalen Bleikonzentrationen auf den Kondor haben, die gegenwärtigen Bleiwerte könnten die Reproduktion, die Lebensdauer und das Verhalten beeinträchtigen.

Die hohe Mortalität des Kalifornischen Kondors durch Bleivergiftung durch die Aufnahme von Bleifragmenten in Wild dient als Indikator für weitere Aasverwerter wie Weißkopfadler, (*Haliaeetus leucocephalus*), Steinadler (*Aquila chrysaetos*), Seeadler (*Haliaeetus albicilla*), Kolkrahen (*Corvus corax*), und viele andere (Redig *et al.* 2009, Bedrosian and Craighead 2009, Krone *et al.* 2009, Craighead and Bedrosian 2009). Außerdem gibt es Anzeichen für eine potentielle gesundheitliche Gefährdung für Personen die Wildfleisch verzehren, welches mit bleihaltigen Jagdgeschossen erlegt wurde. Selbst der geringe Bleiwert in Blut, entsprechend dem Tausendstel eines Prozents der Masse eines Jagdgeschosses (0,001 % von 10 g), das im Blut gelöst ist (5 L bei Erwachsenen), ist für seine negativen Effekte auf den Gesundheitszustand bei Menschen bekannt (2 µg/L Blei im Blut).

## Lead Fragments from Spent Ammunition in Hunter-killed Game Animals: The Source of Lead Exposure and its Effects in California Condors

Efforts to restore California condors (*Gymnogyps californianus*) to Arizona provide an opportunity to answer questions about factors that limit condor population growth. High mortality from lead poisoning is currently the single most important population limiting factor, and if resolved, the condor population could grow without the intense management required now to keep condors alive. Satellite telemetry, ground tracking, observation, capture, and blood-testing of condors have revealed that lead from spent ammunition in hunter-killed game is the source of lead exposure. Evidence includes: (1) remains of deer and elk, the principal quarry of hunters, comprise most (61%) of the condor diet apart from supplemental feeding; (2) lead fragments and shot are seen in x-rays of lead poisoned, sick, dying, and dead condors; (3) strong spatial and temporal correlations of condors foraging in hunting zones during the deer and elk hunting season; (4) strong temporal and spatial correlations between high blood lead concentrations and condors foraging during the hunting season in hunting zones; (5) experimental demonstration that lead-based bullets fragment into hundreds of tiny irregular-shaped particles of lead that are widely distributed in game carcasses and offal piles, and (6) lead isotope ratios in lead-poisoned condors and carcasses are consistent with ammunition lead. Our understanding of the health effects of lead exposure in condors is limited to its fatal result. From studies on humans, however, we can infer that almost any exposure to lead, even at blood lead concentrations as low as 2 µg/dL, will have health effects. The majority of condors in Arizona are annually exposed to lead, with blood lead concentrations at least 15 µg/dL. Up to 70% of them have been treated each year to minimize mortality in response to high blood lead concentrations. Condor fatalities from lead poisoning have not occurred since 2006, in part due to the voluntary lead-free ammunition program begun in 2005 by the *Arizona Game and Fish Department*

## Literatur

- Bedrosian B. & D. Craighead (2009) Blood lead levels of Bald and Golden Eagles sampled during and after hunting seasons in the Greater Yellowstone Ecosystem. In: R. T. Watson, M. Fuller, M. Pokras & W. G. Hunt (Hrsg.). *Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans. The Peregrine Fund*, Boise, Idaho, USA. DOI 10.4080/ilsa.2009.0209
- Cade T. J. (2007) Exposure of California Condors to lead from spent ammunition. *Journal of Wildlife Management* 71(7): 2125–2133
- Canfield R. L., C. R. Henderson, Jr., D. A. Cory-Slechta, C. Cox, T. A. Jusko & B. P. Lanphear (2003) Intellectual impairment of children with blood lead concentrations below 10 µg per deciliter. *New England Journal of Medicine* 348(16): 1517-1526
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2005). Preventing lead poisoning in young children. CDC, Atlanta, GA, USA
- Church M. E., R. Gwiazda, R. W. Riseborough, K. Sorenson, C. P. Chamberlain, S. Farry, W. Heinrich, B. A. Rideout, & D. R. Smith (2006) Ammunition is the principal source of lead accumulated by California Condors re-introduced to the wild. *Environmental Science and Technology* 40: 6143-6150
- Craighead D. & B. Bedrosian (2009) A relationship between blood lead levels of Common Ravens and the hunting season in the southern Yellowstone Ecosystem. In: R. T. Watson, M. Fuller, M. Pokras & W. G. Hunt (Hrsg.). *Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans. The Peregrine Fund*, Boise, Idaho, USA. DOI 10.4080/ilsa.2009.0206
- Gilbert S. G. & B. Weiss (2006) A rationale for lowering the blood lead action level from 10 to 2 mg/dL. *NeuroToxicology* 27:693–701. DOI: 10.1016/j.neuro.2006.06.008
- Green R. E., W. G. Hunt, C. N. Parish & I. Newton (2008) Effectiveness of action to reduce exposure of free-ranging California Condors in Arizona and Utah to lead from spent ammunition. *PLoS ONE* 3(12):e4022. doi:10.1371/journal.pone.0004022
- Hunt W. G., W. Burnham, C. N. Parish, K. K. Burnham, B. Mutch & J. L. Oaks (2006) Bullet fragments in deer remains: Implications for lead exposure in avian scavengers. *Wildlife Society Bulletin* 34:167-170. DOI: 10.4080/ilsa.2009.0123
- Hunt W. G., C. N. Parish, S. G. Farry, T. G. Lord & R. Sieg (2007) Movements of introduced California condors in Arizona in relation to lead exposure. In: A. Mee and L. S. Hall (Hrsg.). *California Condors in the 21<sup>st</sup> Century. Series in Ornithology, No. 2. The Nuttall Ornithological Club, Cambridge, Massachusetts, and The American Ornithologists' Union, Washington, D.C., USA. Seiten 79-96*
- Krone O., N. Kenntner, A. Trinogga, M. Nadjafzadeh, F. Scholz, J. Sulawa, K. Totschek, P. Schuck-Wersig & R. Zieschank (2009) Lead poisoning in white-tailed sea eagles: Causes and approaches to solutions in Germany. In: R.T. Watson, M. Fuller, M. Pokras, and W.G. Hunt (Hrsg.). *Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans. The Peregrine Fund*, Boise, Idaho, USA. DOI 10.4080/ilsa.2009.0207
- Lanphear B. P., R. Hornung, J. Khoury, K. Yolton, P. Baghurst, D. C. Bellinger, R. L. Canfield, K. N. Dietrich, R. Bornschein, T. Greene, S. J. Rothenberg, H. L. Needleman, L. Schnaas, G. Wasserman, J. Graziano & R. Roberts (2005) Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: An international pooled analysis. *Environmental Health Perspectives* 113:894-899. DOI: 10.1289/ehp.7688
- Menke A., P. Muntner, V. Baturmann, E. Silbergeld & E. Guallar (2006) Blood lead below 0.48 µmol/L (10µg/dL) and mortality among US adults. *Circulation* 114:1388. DOI: 10.1161/circulationaha.106.628321
- Parish C. N., W. R. Heinrich, and W.G. Hunt (2007) Lead exposure, diagnosis, and treatment in California Condors released in Arizona. In: A. Mee, L. S. Hall, J. Grantham (Hrsg.). *California Condors in the 21<sup>st</sup> Century. American Ornithologists' Union and Nuttall Ornithological Club, Washington DC. Seiten 97-108*

- Parish C. N., W. G. Hunt, E. Feltes, R. Sieg & K. Orr (2009) Lead exposure among a reintroduced population of California Condors in northern Arizona and southern Utah. In: R. T. Watson, M. Fuller, M. Pokras, and W. G. Hunt (Hrsg.). Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans. The *Peregrine Fund*, Boise, Idaho, USA. DOI 10.4080/ilsa.2009.0217
- Redig P. T., D. R. Smith & L. Cruz-Martinez (2009) Potential sources of lead exposure for Bald Eagles: A retrospective study. Extended abstract in: R. T. Watson, M. Fuller, M. Pokras, and W. G. Hunt (Hrsg.). Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans. The *Peregrine Fund*, Boise, Idaho, USA. DOI 10.4080/ilsa.2009.0208
- Sieg R., K. A. Sullivan & C. N. Parish (2009) Voluntary lead reduction efforts within the northern Arizona range of the California Condor. In: R.T. Watson, M. Fuller, M. Pokras, and W.G. Hunt, (Hrsg.). Ingestion of lead from spent ammunition: Implications for wildlife and humans. The *Peregrine Fund*, Boise, Idaho, USA. DOI 10.4080/ilsa.2009.0309