

GERD GUNSTHEIMER; UTA GUNSTHEIMER; MANFRED ANKE; HELMUT LUDWIG, Jena

Untersuchungen zum Quecksilberstatus des Rotfuchses (*Vulpes vulpes*) in Ostthüringen

Einleitung

Der Rotfuchs ist Endglied einer terrestrischen Nahrungskette. Dieser Fakt bestärkt die Vermutung, daß er wie alle Vertreter der höchsten Trophieebene einer Biomagnifikation persistenter Umweltschadstoffe unterliegt. Toxische Wirkungen sind beim Rotfuchs aber eher unbekannt bzw. würden wohl erst bei Konzentrationen auftreten, welche keine praktische Relevanz haben. Von Fertilitätsstörungen beispielsweise, wie sie bei Greifvögeln oder Fledermäusen (z.B. NAGEL, 1996) auftreten können, ist der Rotfuchs offenbar noch nicht betroffen - seine derzeitige Populationsdichte beweist das. In Anbetracht der aktuellen Situation des übrigen Niederwildes wurden von verschiedenen Autoren Rückstandsuntersuchungen beispielsweise beim Feldhasen, aber auch bei Federwild durchgeführt.

Ein Anliegen der vorgestellten Arbeit ist es, den Rotfuchs, welcher alle Voraussetzungen eines Akkumulationsindikators erfüllt, auf seinen Schwermetallstatus zu untersuchen. Künftig soll geprüft werden, ob es möglich ist, Rückschlüsse auf die Belastungssituation seiner Beute zu ziehen. Das Schwermetall Quecksilber, welches über einen langen Zeitraum als Bestandteil von Saatgutfungiziden diente, wurde zum Ansatzpunkt gewählt.

Als Merkmal, welches den Rotfuchs zum Bioindikator prädestiniert, soll insbesondere sein flächendeckendes und zahlreiches Vor-

kommen, sogar bis in den Großstadtbereich hinein, genannt werden. Weiterhin besteht sein Vorzug darin, daß er Nahrungsgeneralist ist und ein großes Spektrum von „Umweltproben“ entnimmt, dessen Schwerpunkt - Rodentia - eindeutig zuordenbar ist. Der Rotfuchs ist Revierjäger und deshalb relativ standorttreu. Mit seiner Reviergröße integriert er zudem eine bestimmte Fläche. Das in freier Natur relativ kurze Leben des Rotfuchses von 3-4 Jahren ermöglicht erstens eine verhältnismäßig sichere Altersansprache und zweitens Aussagen über aktuelle Belastungssituationen mit Umweltkontaminanten.

Material und Methode

Zur Untersuchung gelangten 93 Rotfüchse aus 5 Kreisen Ostthüringens, welche im Zeitraum Mai 1993 bis Mai 1994 erlegt wurden. Abbildung 1 zeigt die Erlegungsorte.

Die Probennahme fand im Medizinal-, Lebensmittel- und Veterinäruntersuchungsamt Jena im Anschluß an die Routine-Tollwutuntersuchung statt. Die negative Tollwutdiagnose stand bereits fest. Vor der Sektion wurden Geschlecht, Gewicht, Alter und Ernährungszustand bestimmt. Die Altersbestimmung erfolgte nach der Zahnabnutzung. Der Ernährungszustand wurde beurteilt und konnte mit „sehr gut“, „gut“ oder „schlecht“ bewertet werden. Es fiel jedoch kein Tier durch einen schlechten Ernährungszustand auf. Folgende Organe wur-

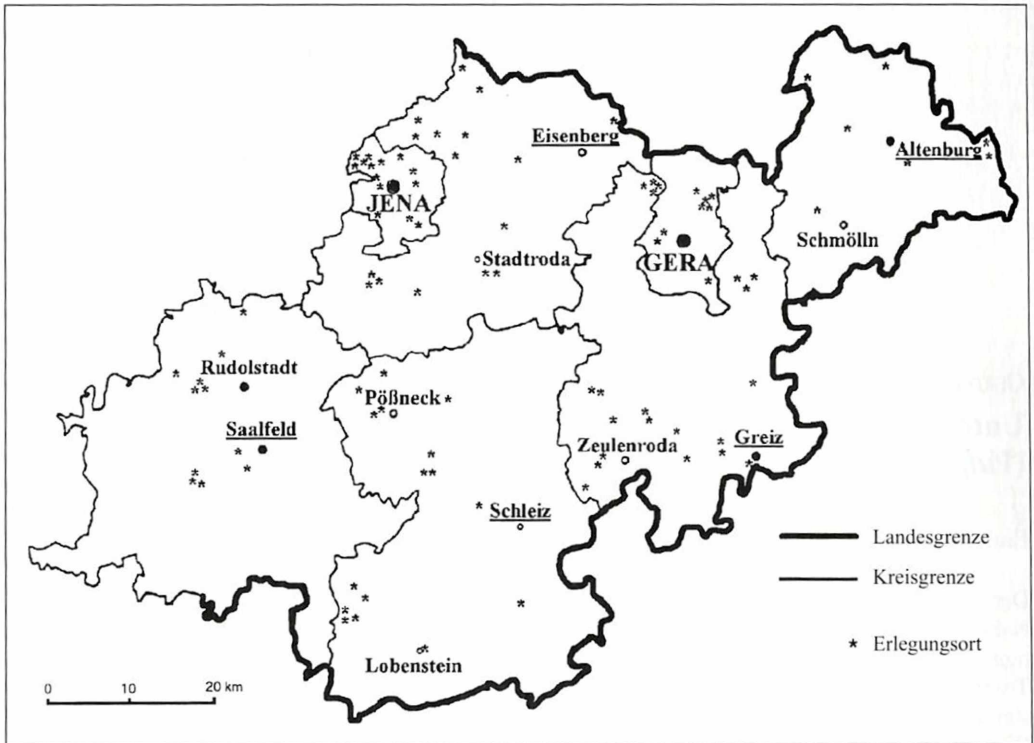


Abb. 1 Erlegungsorte der untersuchten Rotfüchse in Ostthüringen

den entnommen: Deckhaar (aus dem Brustbereich), Großhirn, Nieren, Leber und Skelettmuskulatur (Brustkorb).

Um sicherzustellen, daß nur endogenes Quecksilber erfaßt wird, wurde das Deckhaar mit Ether extrahiert, mit Aqua bidest. gewaschen und bei 60° C getrocknet (ANKE und RISCH 1979). Die Lagerung der anderen Organe erfolgte tiefgefroren bei -20° C. Die mit Aqua bidest. gewaschenen Organe wurden ebenfalls

bei 60° C getrocknet und anschließend homogenisiert. Zwecks Ermittlung der absoluten Trockensubstanz wurde ein Aliquot jeder Probe bei 105° C getrocknet.

Zur Orientierung, welche Quecksilber-Aufnahme zumindest über die Hauptbeutetiere erfolgt, wurden die Quecksilber-Konzentrationen einiger Rodentiaarten bestimmt. Tabelle 1 gibt Auskunft über Species, Anzahl und Herkunft der untersuchten Tiere.

Tabelle 1 Probenanzahl und Herkunft der verwendeten Nagetierarten

Art	n	Herkunftsgebiete
Gelbhalsmaus (<i>Apodemus flavicollis</i>)	5	Bad Berka, Orlamünde, Steudnitz
Waldmaus (<i>Apodemus sylvaticus</i>)	3	Jena, Steudnitz
Hausmaus (<i>Mus musculus</i>)	12	Leipzig, Jena
Rötelmaus (<i>Clethrionomys glareolus</i>)	11	Steudnitz
Feldmaus (<i>Microtus arvalis</i>)	15	Jena, Orlamünde, Steudnitz
Kleinäugige Wühlmaus (<i>Microtus subterraneus</i>)	2	Jena

Die Mäuse wurden als Ganzkörper bei 60° C getrocknet und anschließend homogenisiert. Sämtliche Proben wurden in einem Mikrowellenverfahren mit HNO₃ konz. und H₂SO₄ konz. aufgeschlossen. Die Messung erfolgte mittels Kaltdampf-AAS (AAS-3, Carl Zeiss Jena) nach Anreicherung an Goldwolle. Als Reduktionsmittel fand dabei Natriumborhydrid Anwendung. Die Methode ermöglichte eine Nachweisgrenze von 0,7 ng Quecksilber und hatte je nach Matrix eine Wiederfindungsrate von 97,6 bis 100,9 %.

Die untersuchten Rotfüchsen hatten folgende Altersklassenverteilung:

0 - 1 Jahr: 40 %

1 - 2 Jahre: 40 %

> 2 Jahre: 20 %.

Diese Verteilung hing von Jagderfolg und Ablieferungsbereitschaft der Jäger ab. Folglich

entspricht sie nicht der natürlichen Altersklassenverteilung nach STUBBE (1981).

Ergebnisse und Diskussion

Häufigkeitsverteilungen und Mittelwerte

Die Quecksilber-Konzentrationen der verschiedenen Organe der Rotfüchse, bezogen auf die Trockensubstanz sind linksschief verteilt, wie die folgenden Abbildungen (2 bis 6) zeigen. Diese Verteilungscharakteristik ist für viele Fragestellungen in der Ökotoxikologie typisch. Sie weist darauf hin, daß es im Untersuchungsgebiet kein grundsätzliches Problem einer Quecksilber-Belastung des Rotfuchses gibt andernfalls würde das Verteilungsmaximum in die höheren Belastungsklassen fallen oder ein weiteres Maximum sichtbar.

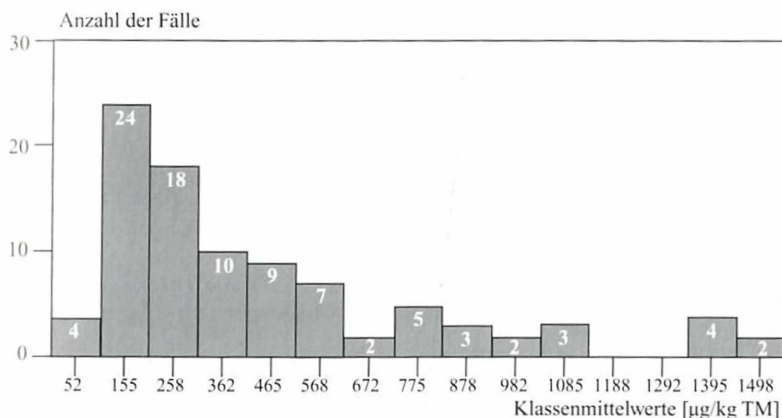


Abb. 2 Häufigkeitsverteilung der Quecksilber-Konzentration des Deckhaares

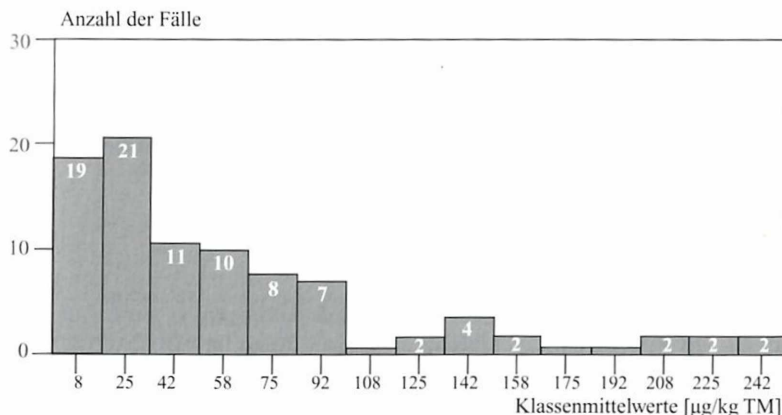


Abb. 3 Häufigkeitsverteilung der Quecksilber-Konzentration des Großhirns

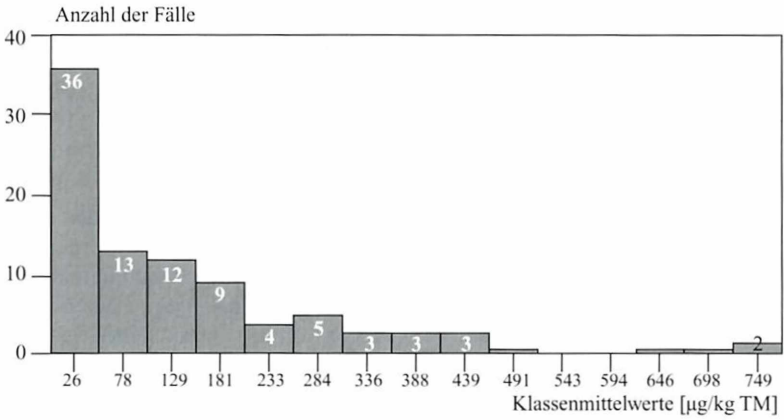


Abb. 4 Häufigkeitsverteilung der Quecksilberkonzentration der Leber

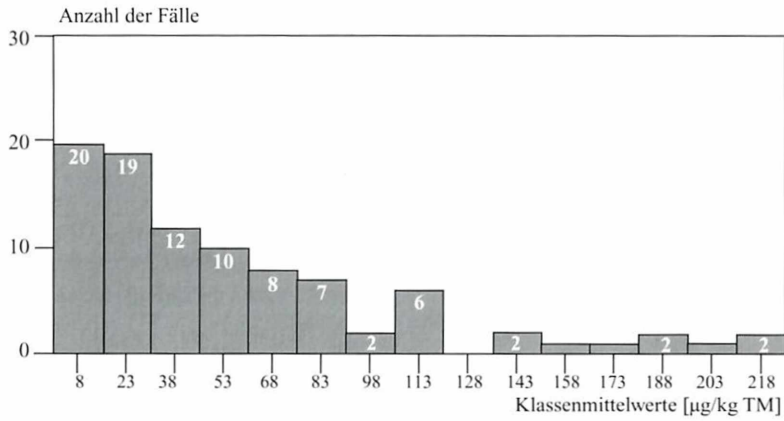


Abb. 5 Häufigkeitsverteilung der Quecksilberkonzentration des Skelettmuskels

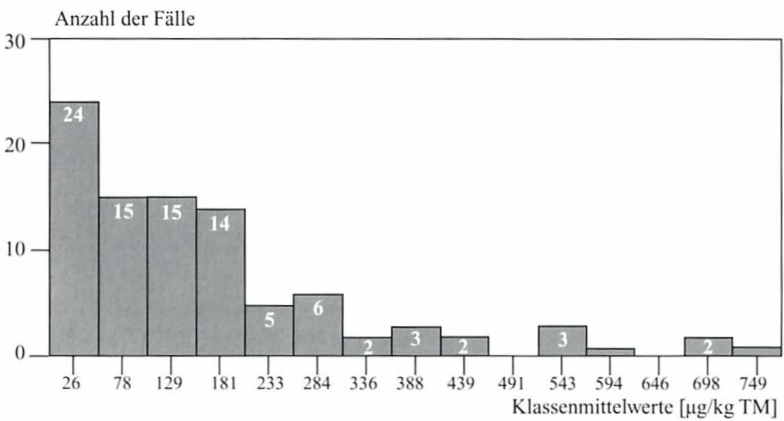


Abb. 6 Häufigkeitsverteilung der Quecksilberkonzentration der Niere

Eine wichtige Konsequenz der linksschiefen Verteilung ergibt sich für die Interpretierbarkeit der Mittelwerte. Das arithmetische Mittel kommt für die Diskussion nicht in Betracht,

weshalb der Median verwendet wird. Aus dem gleichen Grunde wurden für Mittelwertvergleiche parameterfreie Tests verwendet (Kruskal-Wallis Test, Mann-Whitney-Test). Tabelle 2

gibt eine Übersicht der mittleren Quecksilber-Konzentrationen in den Organen aller untersuchten Rotfuchse.

Bezüglich des Medians der Element-Konzentration ergibt sich bei den Organen folgende Relation:

Deckhaar : Niere : Leber : Großhirn : Skelettmuskel = 7 : 3 : 2 : 1 : 1

Das Deckhaar weist mit Abstand die höchste Quecksilber-Konzentration auf. Dafür ist mit großer Wahrscheinlichkeit die hohe Affinität des Elementes zu den Sulfhydrylgruppen der Haarproteine verantwortlich. Großhirn und Skelettmuskel enthalten meist weniger Quecksilber.

Zusammenhänge der Quecksilber-Konzentrationen in den Organen

Zur Veranschaulichung der Beziehungen zwischen den Quecksilber-Konzentrationen der einzelnen Organe wurden die Spearman'schen Rangkorrelationskoeffizienten berechnet.

Diese sind in Tabelle 3 dargestellt. Es zeigte sich, daß die Niere den Quecksilber-Status des Rotfuchses am besten anzuzeigen vermag. An zweiter Stelle folgt das Deckhaar, dem damit wegen der einfacheren Probennahme und ver-

läßlicheren Analytik der Vorzug als Indikatororgan gelten sollte.

Einfluß des Alters

Das Alter der Rotfuchse hat einen wesentlichen Einfluß auf ihren Quecksilberstatus. Zur Feststellung des Alterseinflusses wurden die Tiere in 2 Gruppen unterteilt:

1. jünger als 1 Jahr (juvenil)

2. 1 Jahr und älter (adult)

Zwischen beiden Gruppen wurden mit Hilfe des Mann-Whitney-Tests Mittelwertvergleiche der Quecksilber-Konzentration in den einzelnen Organen durchgeführt. Es zeigten sich jeweils hochsignifikante Unterschiede (Abbildung 7).

Die Quecksilberkonzentrationen der Organe adulter Rotfuchse sind gegenüber denen juveniler Tiere um folgende Faktoren erhöht:

Großhirn 2,5

Skelettmuskel 3,3

Deckhaar 2,6

Leber 3,9

Niere 3,2

Innerhalb der Gruppe adulter Rotfuchse trat ein Alterseinfluß nicht mehr signifikant in Erscheinung.

Tabelle 2 Mittlere Quecksilber-Konzentrationen in den Organen aller untersuchten Rotfuchse [$\mu\text{g/kg TM}$]

n = 93	Deckhaar	Niere	Leber	Großhirn	Skelettmuskel
\bar{x}	314	129	80	44	39
$\bar{\bar{x}}$	450	173	152	65	55
$\pm s$	361	167	168	62	52
Min.	46	8	6	1	2
Max.	1495	761	729	247	224

Tabelle 3 Beziehungen der Quecksilber-Konzentrationen aller Organe (Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizienten)

	Deckhaar	Großhirn	Leber	Skelettmuskel	Niere
Deckhaar	-	0,71	0,61	0,65	0,70
Großhirn	0,71	-	0,53	0,54	0,63
Leber	0,61	0,53	-	0,73	0,77
Skelettmuskel	0,65	0,54	0,73	-	0,82
Niere	0,70	0,63	0,77	0,82	-

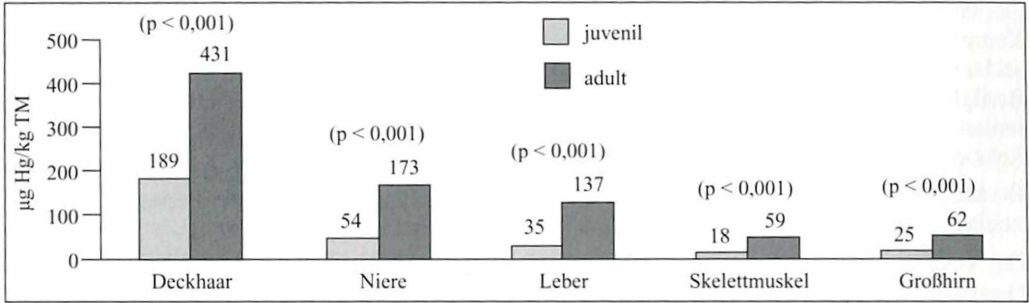


Abb. 7 Vergleich der Quecksilberkonzentrationen in Organen juveniler und adulter Rotfische (Mediane)

Einfluß der Jahreszeit

Sowohl bei juvenilen Rotfischen als auch bei adulten Tieren ist eine Abhängigkeit des Quecksilberstatus von jahreszeitlichen Einflüssen feststellbar. In allen untersuchten Organen juveniler Tiere stiegen die Konzentrationen vom Frühjahr bis zum Herbst signifikant, zum Teil hochsignifikant an. Diese Erkenntnis deckt sich mit dem Wissen über den Einfluß des Lebensalters und wirft die Frage auf, in welchem Ausmaß überhaupt ein Transfer durch Plazenta oder Muttermilch zu den Jungtieren stattfindet. Abbildung 8 zeigt eine Gegenüberstellung von Jungfischen, welche von Frühjahr bis Herbst erlegt wurden. Die adulten Rotfische (Abb. 9) zeigten einen umgekehrten Trend. Ihre Quecksilberpools

hatten im Winter und Frühjahr den höchsten Bestand und wurden bis zum Herbst vermindert. Niere, Leber und Skelettmuskulatur zeigten diese Abnahme hochsignifikant an, bei Deckhaar und Großhirn ist sie statistisch nicht sicher. Es ist auffällig, daß die Belastungsspitzen immer noch auf die Jahreszeit fallen, in der die Aussaattermine liegen, obschon quecksilberhaltige Saatgutbeizen längst nicht mehr angewendet werden. Eventuell müssen dafür andere Ursachen, z.B. die Nahrungswahl diskutiert werden

Andere Einflüsse

Es wurde weiterhin getestet, ob der Quecksilberstatus des Rotfisches von anderen Faktoren, insbesondere dem Geschlecht, der Her-

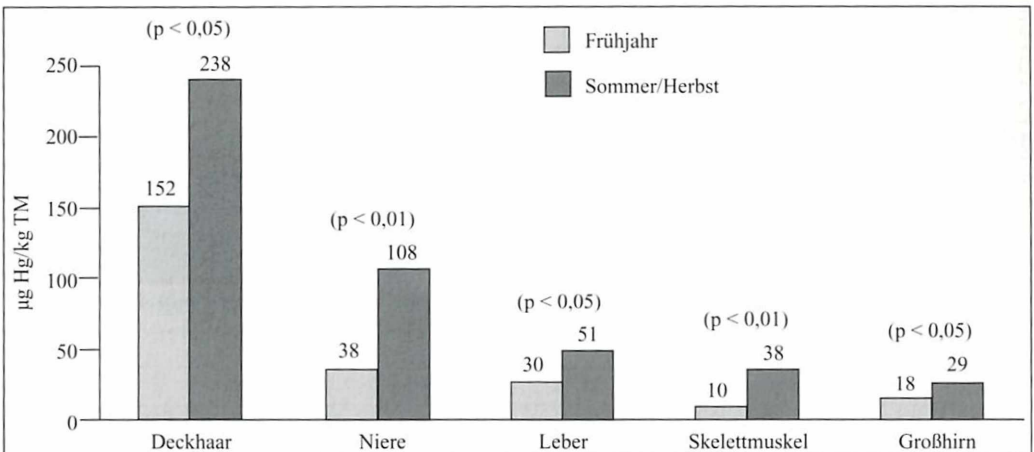


Abb. 8 Vergleich der Quecksilberkonzentrationen in Organen juveniler Rotfische im Frühjahr und im Sommer/Herbst (Mediane)

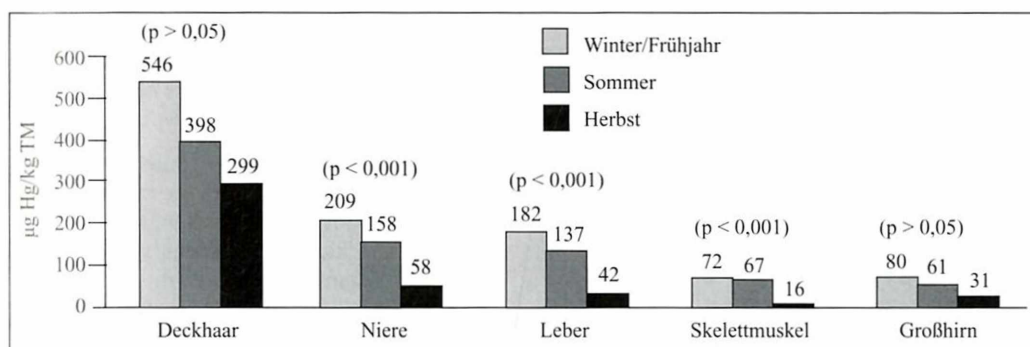


Abb. 9 Vergleich der Quecksilberkonzentrationen in Organen adulter Rotfüchse im Winter/Frühjahr, Sommer und Herbst (Mediane)

kunftsregion oder der Geologie des Lebensraumes abhängig ist. Von keiner der genannten Größen gingen jedoch statistisch gesicherte Einflüsse aus. Während nicht anzunehmen ist, daß das Geschlecht überhaupt eine Rolle spielen könnte, ist es absehbar, daß mit höheren Stichprobenumfängen Unterschiede zwischen agrarisch und forstwirtschaftlich geprägten Lebensräumen feststellbar sind. Die untersuchten Rotfüchse aus landwirtschaftlich genutzten Gebieten, insbesondere aus dem Raum Altenburg, hatten in der Regel höhere Quecksilbergehalte.

Quecksilbergehalte der untersuchten Rodentiaarten

Wie oben erwähnt, soll eine Abschätzung der Quecksilberaufnahme des Rotfuchses über die Hauptbeutetiere versucht werden. Zu diesem Zweck wurden die Quecksilbergehalte verschiedener Mäusearten analysiert. Es ist bekannt, daß der Anteil von Rodentia an der Gesamtnahrungsmenge des Rotfuchses in Abhän-

gigkeit von Jahreszeit und Lebensraum beträchtlich schwanken kann (z.B. LUTZ, 1978, PROFT et al., 1975). Dieser Fakt ist bei der Interpretation zu berücksichtigen.

Tabelle 4 zeigt die Quecksilber-Konzentrationen der untersuchten Mäusearten bezogen auf die (extern bestimmte) 105° C - Trockensubstanz der Ganzkörper.

Hochgerechnet auf die absoluten Quecksilbergehalte der Tiere nimmt ein Rotfuchs pro Maus ungefähr 0,1 µg Quecksilber auf.

Deckt er seinen täglichen Nahrungsbedarf von angenommen 800 g Frischmasse zu 65 % mit Mäusen (GOSZCZYNSKI, 1974), dann benötigt er ungefähr 26 Mäuse (Frischmasse einer Maus im Mittel 20 g). Bei einer durchschnittlichen Lebendmasse des Rotfuchses von 6,5 kg entspricht das einer wöchentlichen Aufnahme von 0,003 mg Quecksilber je kg Körpermasse allein durch die Mäuse. Verglichen mit der, von der WHO für den Menschen festgesetzten, duldbaren wöchentlichen Aufnahme von 0,005 mg/kg KM bedeutet das eine Auslastung dieses Wertes von 60 %.

Tabelle 4 Quecksilber-Konzentrationen in den untersuchten Rodentia [µg/kg TM]

	Feldmaus	Rötelmaus	Waldmaus	Hausmaus	Kleinäugige Wühlmaus	Gelbhalsmaus
n	15	11	3	12	2	5
\bar{x}	14,7	9,5	14,6	29,6	15,5	18,4
\bar{x}	22,6	9,6	27,9	36,7	15,5	18,7
$\pm s$	19,3	4,3	26,9	29,9	1,3	18,7
Min.	6,1	4,3	10,3	7,6	14,6	4,3
Max.	67,1	20,3	58,9	112,1	16,4	35,8

Bei Aufnahme von unbelasteten Mäusen, wie sie in der Untersuchung verwendet wurden bestehen also noch keine Bedenken hinsichtlich einer Quecksilberbelastung des Rotfuchses. Unbekannt bleibt, welchen Beitrag die restliche Nahrung zu seiner Quecksilberaufnahme leistet.

Zusammenfassung

Es wurden 93 Rotfüchse aus den fünf Landkreisen Ostthüringens auf die Gesamt-Quecksilberkonzentration in Deckhaar, Großhirn, Skelettmuskel, Leber und in der Niere untersucht. Die Konzentrationen des Metalles in den Organen korrelieren hochsignifikant. Deckhaar hatte siebenfach so hohe Werte wie Großhirn oder Skelettmuskulatur, den dreifachen Gehalt der Leber und den doppelten Gehalt der Niere bezogen auf Trockensubstanz. Der Quecksilber-Status der Rotfüchse variierte deutlich in Abhängigkeit von Lebensalter und Jahreszeit. Ein geschlechtsspezifischer Unterschied besteht nicht. Einflüsse des Lebensraumes und der Geologie der Herkunftsregion waren anhand des Probenmaterials nicht nachweisbar. Zur Abschätzung der Quecksilberaufnahme über die Nahrung wurden die Quecksilberkonzentrationen von 6 verschiedenen Mäusearten unterschiedlicher Herkunft analysiert. Es wurde eine wöchentliche Aufnahme von minimal 0,003 mg Hg je kg KM kalkuliert. Die Wahrscheinlichkeit einer Belastung ist als gering anzusehen.

Summary

Title of the paper: Investigations of the Mercury-Status of Red Fox (*Vulpes vulpes*) in Eastern Thuringia

Ninety-three red foxes from 5 districts of East Thuringia were investigated on their mercury concentrations of hair, cerebrum, skeleton muscle, liver and kidney. The metal's concentrations in the organs correlate high significantly. The normal concentration of the element in hair is 7 times as high as in cerebrum or skeleton muscle, 3 times as high as in liver and double as high as in kidney related on dry matter. The values of the five parametres differ high significantly depending from age and season. There is no sex-specific difference. Influences of habitat could not be found. A calculation of the weekly mercury intake is done by analyzing the mercury concentrations of six mice species. An immoderate mercury burden was not found in the investigated area.

Literatur

- ANKE, M., RISCH, M. (1979): Haaranalyse und Spurenelementstatus. - 1. Aufl. Jena.
- GOSZCZYNSKI, J. (1974): Studies on the food of foxes. - Acta Theriologica 19: 1-18
- LUTZ, W. (1978): Beitrag zur Nahrung des Rotfuchses (*Vulpes vulpes* [L.]) im „Nationalpark Bayrischer Wald“. Z. Jagdwiss. 24: 1-9
- NAGEL, A. (1996): Die Belastung einheimischer Fledermäuse mit Chlorkohlenwasserstoffen. In: Belastung von Säugetieren mit Umweltschadstoffen. Tagungsband zum Workshop 15. und 16. November 1995. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- PROFT, G., SCHÖNBORN, W., PRITZSCHKE, H. (1975): Untersuchungen über die Nahrung des Rotfuchses im Bezirk Gera. Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen 12: 50-56
- STUBBE, M. (1981): Der Fuchs *Vulpes vulpes* (L.). In: Stubbe H. (ed.) Buch der Hege. Bd. I: Haarwild. 2. erweiterte u. überarbeitete Auflage. 225-261, Berlin

Anschrift der Verfasser:

Dipl. troph. GERD GUNSTHEIMER,

Dipl. troph. UTA GUNSTHEIMER

Prof. Dr. Dr. h.c. MANFRED ANKE

Institut für Ernährung und Umwelt der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Dornburger Str. 24, D - 07743 Jena

Dr. med. vet. HELMUT LUDWIG

Thüringer Medizinal-, Lebensmittel- und Veterinäruntersuchungsamt

Standort Jena

Naumburger Str. 96 b, D - 07743 Jena

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Beiträge zur Jagd- und Wildforschung](#)

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: [22](#)

Autor(en)/Author(s): Gunstheimer Gerd, Gunstheimer Uta, Anke Manfred,
Ludwig Helmut

Artikel/Article: [Untersuchungen zum Quecksilberstatus des Rotfuchses \(*Ulpes vulpes*\) in Ostthüringen 223-230](#)