



Kantonale Fachstellen für Chemikalien  
Services cantonaux des produits chimiques  
Servizi cantonali per i prodotti chimici

# **SCHLUSSBERICHT ARSEN IN TIERPRÄPARATEN**

**Umgangsempfehlung für biozidbelastete  
Tierpräparate in Schulen**

## Impressum

### Herausgeber

chemsuisse, Arbeitsgruppe Information  
Kantonales Laboratorium Bern

### Auftraggeber

Bundesamt für Gesundheit BAG, Direktionsbereich Verbraucherschutz

### Autoren

Albert Ammann, Kantonales Laboratorium Bern, Abteilung Umweltsicherheit  
Jürg Leu, chemsuisse c/o Kantonales Laboratorium Bern

### Am Projekt beteiligte Stellen und Personen

- Kantonales Laboratorium Bern, Albert Ammann (Leitung), Jürg Leu, Markus Fleisch, Dolores Inderwildi
- Kantonales Laboratorium Zürich, Urs Näf
- Amt für Wirtschaft und Arbeit Zürich, Beat Häring
- Naturhistorisches Museum der Burgergemeinde Bern, Martin Troxler\*
- Naturhistorisches Museum Basel, Alwin Probst\*
- Präparatorium, Latterbach, Christoph Meier\*
  
- Miteinbezogen sind folgende Partner:
- Carbotech AG, Binningen, Kurt Schläpfer
- Suva Luzern, Michael Koller und Patrick Steinle

\* Verband Naturwissenschaftliche Präparation Schweiz (VNPS)

Vielen Dank allen Beteiligten für die Mitarbeit und die Wertvollen Diskussionen sowie dem Bundesamt für Gesundheit BAG für die finanzielle Unterstützung

### Auskunftsstelle für Fragen zum Bericht:

Bundesamt für Gesundheit BAG, Abteilung Chemikalien  
Telefon +41 58 462 96 40  
E-Mail: bagchem@bag.admin.ch

Version 1.0 – 15. 01. 2019

## Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Impressum .....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>Am Projekt beteiligte Stellen und Personen .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>Auskunftsstelle für Fragen zum Bericht: .....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>Verzeichnis Tabellen .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>Verzeichnis Abbildungen .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>1. Zusammenfassung .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>2. Ausgangslage .....</b>   | <b>8</b>  |
| <b>3. Ziel und Vorgehen .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>4. Toxikologische Daten für Arsentrioxid und Quecksilber .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>5. Ablauf der Untersuchungen - Messungen.....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>5.1 Arsen- und Quecksilberbelastung der Tierpräparate .....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>5.2 Arsen- und Quecksilberbelastung durch Staub am Aufbewahrungsort .....</b>   | <b>10</b> |
| <b>5.3 Simulationsversuche: Messung des freigesetzten Staubs beim Umgang mit Tierpräparaten während des Schulunterrichts .....</b> | <b>10</b> |
| <b>5.3.1 Simulationsversuch 1: Präsentation von Vogelpräparaten.....</b>   | <b>12</b> |
| <b>5.3.2 Simulationsversuch 2: Präsentation von Säugetierpräparaten .....</b>  | <b>12</b> |
| <b>5.3.3 Simulationsversuch 3: Präsentation von Vogel- und Säugetierpräparaten .....</b>   | <b>13</b> |
| <b>5.3.4. Beurteilung der Simulationsversuche .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>6. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>7. Toxikologische Risikoabschätzung durch das Bundesamt für Gesundheit BAG .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>8. Schlussfolgerungen.....</b>  | <b>15</b> |
| <b>9. Empfehlungen zum sicheren Umgang mit biozidbelasteten Tierpräparaten in Schulen .....</b>                                    | <b>15</b> |
| <b>10. Literatur .....</b>   | <b>16</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>11. Beilagen</b> .....  | <b>16</b> |
| <b>Anhang 1: Carbotech AG</b> .....  | <b>17</b> |
| <b>Anhang 2: Für die Simulationen verwendeten Tierpräparate und<br/>gemessene Arsengehalte</b> ..... | <b>30</b> |
| <b>Anhang 3: Toxikologische Beurteilung des BAG vom 04.06.2018</b> .....                             | <b>31</b> |

## Abkürzungsverzeichnis

|                |  |
|----------------|--|
| AGr            | Arbeitsgruppe                                      |
| BAG            | Bundesamt für Gesundheit                           |
| AWA Zürich     | Amt für Wirtschaft und Arbeit Zürich               |
| VNPS           | Verband Naturwissenschaftliche Präparation Schweiz |
| NMB            | Naturhistorisches Museum der Burgergemeinde Bern   |
| XRF            | Röntgenfluoreszenz-Spektrometer                    |
| As             | Arsen  |
| Hg             | Quecksilber  |
| mg             | Milligramm   |
| µg             | Mikrogramm   |
| m <sup>3</sup> | Kubikmeter   |
| MAK-Wert       | maximale Arbeitsplatz-Konzentration                |

## Verzeichnis Tabellen

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabelle 1: | Für die Untersuchung verwendete Tierpräparate und gemessene Arsengehalte      | 9  |
| Tabelle 2: | Arsen- und Quecksilbergehalt im Abgelagerten Staub auf tablarer und Schränken | 10 |
| Tabelle 3: | Zusammenfassung des sicheren Umgangs mit arsenbelasteten Tierpräparaten       | 16 |

## Verzeichnis Abbildungen

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Abb. 1:  | Auswahl an Tierpräparaten im Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde Bern   | 7  |
| Abb. 2:  | Messungen an Tierpräparaten   | 9  |
| Abb. 3:  | Probenahme des Staubes im Präparatelager  | 10 |
| Abb. 4:  | Schematische Darstellung des Unterrichtszimmers/Schulungsraums  | 11 |
| Abb. 5:  | Schulungsraum für die Simulationsversuche   | 11 |
| Abb. 6:  | Probenahme-Anordnung für die Lehrperson   | 11 |
| Abb. 7:  | Simulationsversuch im Schulunterricht mit Vogelpräparaten. Am Ende der Schulstunde wurde der Staub auf dem Manipulationstisch beprobt                             | 12 |
| Abb. 8:  | Simulationsversuch im Schulunterricht mit Säugetierpräparaten. Am Ende der Schulstunde wurde der Staub auf dem Manipulationstisch beprobt                         | 13 |
| Abb. 9:  | Aufnahmen während des simulierten Schulunterrichts mit Säugetier- und Vogelpräparaten. Am Ende der Schulstunde wurde der Staub auf dem Manipulationstisch beprobt | 14 |
| Abb. 10: | Eine Auswahl der Tierpräparate am Naturhistorischen Museum Bern   | 16 |

## 1. Zusammenfassung

Tierpräparate, wie sie oft in Lehr- und Schausammlungen anzutreffen sind, wurden bis in die 1980er Jahre mit arsenitoxid- und quecksilberhaltigen sowie anderen Bioziden zum Schutz vor Schadinsekten behandelt. Mit der Zeit verteilen sich diese gesundheitsgefährdenden Stoffe im ganzen Präparat bis an die Oberfläche, wodurch anhaftender Staub ebenfalls kontaminiert wird. Beim Umgang mit diesen Präparaten kann durch Hautkontakt Arsen und Quecksilber aufgenommen sowie aufgewirbelter Staub eingeatmet werden. Durch die Simulation unterschiedlicher Unterrichtsszenarien wurde untersucht, wie hoch die tatsächliche gesundheitsschädliche Belastung für Lehrpersonen und Schüler/-innen ist.

Anhand der Messresultate kann Entwarnung gegeben werden. Die gemessenen Mengen an freigesetztem Staub liegen ca. 20 bis 50-fach unter dem MAK-Wert, bzw. die gemessenen Arsen- und Quecksilbergehalte im Staub unter der Nachweisgrenze der Messmethode. Solange die Tierpräparate nicht berührt werden können diese zu Demonstrationszwecken verwendet werden. Aufbewahrt werden sollten sie allerdings in einer dicht schliessenden Vitrine oder einem Schrank. Eine Auswahl an Tierpräparaten ist in Abb. 1 und 10 zu sehen.

## Résumé

Jusque dans les années 1980, les préparations animales se trouvant dans les collections d'écoles et d'exposition étaient traitées avec du trioxyde d'arsenic et d'autres biocides contenant du mercure pour les protéger des insectes ravageurs. Ces animaux empaillés se trouvent encore dans certaines vitrines.

Avec le temps, ces substances (arsenic et mercure) se diffusent dans l'animal et à sa surface et peuvent aussi contaminer la poussière environnante. Lors de manipulations de ces animaux, l'arsenic et le mercure peuvent présenter un danger par contact cutané ou par inhalation. Par des essais de simulations, l'influence réelle sur les professeurs/es et les élèves de ces poussières toxiques a été analysée et documentée.

Les résultats obtenus permettent de nuancer le danger. Les quantités de poussières libérées sont 20-50 fois plus basses que les valeurs moyennes d'exposition (VME) respectivement les teneurs en arsenic ou mercure sont inférieures aux limites de détection de la méthode analytique utilisée. Les animaux empaillés peuvent donc être visualisés mais pas manipulés. Ils doivent être conservés dans des vitrines ou des armoires fermées hermétiquement. Des exemples sont présentés aux images 1 à 10.

## Riassunto

Fino al 1980, l'imbalsamazione di animali prevedeva l'utilizzo di sostanze contenenti mercurio, triossido di arsenico o altri biocidi, per garantirne la protezione da insetti nocivi. Questi animali sono ancora utilizzati nell'ambito dell'insegnamento o per le esposizioni. Con il tempo le sostanze pericolose citate possono essere in grado di diffondersi, raggiungendo la superficie degli oggetti imbalsamati per poi entrare in contatto con la polvere, che funge da veicolo di propagazione. Anche attraverso le manipolazioni degli oggetti, l'arsenico e il mercurio possono entrare in contatto con la pelle, che oltre alla possibile respirazione di polvere rappresenta un'ulteriore via di assorbimento all'interno del corpo. Riproducendo scenari che si possono proporre nell'insegnamento, è stato esaminato il potenziale di pericolo per la salute degli insegnanti e degli studenti.

Sulla base delle misure effettuate, è possibile fornire indicazioni rassicuranti. I quantitativi di polvere liberata si situano 20-50 volte sotto il valore MAK, rispettivamente le quantità misurate di arsenico o di mercurio nella polvere sono risultate inferiori al limite di rilevazione del metodo analitico. Fino a che gli animali imbalsamati non vengono toccati, gli stessi possono essere utilizzati per delle dimostrazioni. È in ogni caso consigliato di custodirli al chiuso, per esempio in un armadio o in una vetrina. Si può osservare una selezione di animali imbalsamati nelle figure 1 e 10.

## Summary

Up until the 1980s, (stuffed) animal specimens, often found in teaching and display collections, were treated with arsenic trioxide and mercury-containing biocides, as well as other biocides, to protect them from insect pests. Over time, these hazardous substances spread throughout the specimens to the surface, which also contaminates adhering dust. When handling these products, arsenic and mercury may be absorbed by skin contact and dust may be inhaled. The actual health risk posed to teachers and pupils was examined by simulating different teaching scenarios.

The results of the study show that there is no cause for concern. The measured quantities of released dust are approx. 20 to 50 times below the TLV (threshold limit value), in other words, the arsenic and mercury content measured in the dust is below the detection limit of the measuring method. As long as the animal specimens are not touched, they can be used for demonstration purposes. However, they should be stored in a tightly sealed display case or cupboard. A selection of animal specimens can be seen in Figs. 1 and 10.



Abb. 1: Auswahl an Tierpräparaten im Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde Bern

## 2. Ausgangslage

Die meisten älteren Tierpräparate enthalten Biozide gegen Schadinsekten. Bis in die 80er-Jahre des letzten Jahrhunderts und in Einzelfällen bis heute wurden dazu Arsen trioxid und quecksilberhaltige Stoffe eingesetzt. Arsen- und Quecksilberverbindungen sind giftig und erstere erwiesenermassen krebserregend. Mit der Zeit verteilen sich diese gesundheitsgefährdenden Stoffe über das ganze Tierpräparat und sind auch in Federn, Haut und Fell nachweisbar. Röntgenfluoreszenz Analysen (XRF) an Tierpräparaten in Museen und Schulsammlungen zeigen, dass teilweise hohe Arsen- und Quecksilbergehalte an der Oberfläche der Präparate auftreten können. Zudem ist der am Präparat anhaftende Staub grösstenteils mit Arsen und Quecksilber kontaminiert.

Beim Umgang mit den Präparaten wird Staub freigesetzt, der sich in der Umgebung verteilt. Durch das Berühren der Präparate oder das Einatmen des Staubes kann eine gesundheitsgefährdende Aufnahme von Arsen und Quecksilber nicht ausgeschlossen werden. Als Massnahme hat der Verband Naturwissenschaftliche Präparation Schweiz (VNPS) seinen Mitgliedern deshalb den Einsatz jeglicher Biozide in Tierpräparaten ab dem 1. Februar 2017 verboten.

Abschätzungen im Rahmen einer Masterarbeit [1] ergaben ein erhöhtes Gesundheitsrisiko bei unsachgemäsem Umgang mit diesen Objekten. Das genaue Ausmass der Ausbreitung von arsenbelastetem Staub und das daraus folgende Gesundheitsrisiko wurde jedoch nicht weiter untersucht.

Die bereits durchgeführten Messungen von Tierpräparaten ergaben, dass bis zu 5% der Präparate auch mit Quecksilber belastet sind [1,3]. Die Quecksilbergehalte sind im Vergleich zu den Arsengehalten eher niedrig. Quecksilber bzw. die verwendeten Quecksilberverbindungen sind ebenfalls toxisch wirkende Stoffe. Um einen möglichen Einfluss auf die Risikobeurteilung abschätzen zu können, wurden die Quecksilbergehalte ebenfalls gemessen.

## 3. Ziel und Vorgehen

Um den Gesundheitsschutz in Schulen sicherzustellen, wurde die Arsen- und Quecksilberbelastung von Präparaten, der Staub von den Präparaten sowie die Staubbefreiung während des Unterrichts in Form eines Simulationsversuches untersucht und beurteilt. Daraus wurden Empfehlungen zum Umgang mit Tierpräparaten an Schulen abgeleitet.

Für die Untersuchungen standen das Präparatelager, die Ausleihsammlung und der Schulungsraum des Naturhistorischen Museums der Burggemeinde Bern (NMB) zur Verfügung. Die Probenahmen und Analysen erfolgten durch eine Fachfirma (Carbotech AG, Basel).

## 4. Toxikologische Daten für Arsen trioxid und Quecksilber

**Arsen trioxid** ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) (CAS-Nr. 1327-53-3)

Maximale Arbeitsplatzkonzentration MAK:  $0.1 \text{ mg/m}^3$  [2]

C1A: Bekanntermassen beim Menschen krebserzeugend

H: Hautresorption

M2: möglicherweise Mutagen (Keimzellen)

Kritische Toxizität: Lungenkrebs

**GHS-Kennzeichnung gemäss Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (CLP):**

**Gefahrenpiktogramme:**

**Signalwort:** Gefahr



**H-Sätze:**

H300 Lebensgefahr bei Verschlucken.

H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H350 Kann Krebs erzeugen.

H410 Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

**Zusätzliche Angaben:**

Nur für gewerbliche Anwender.



**Quecksilber:**

Die genaue Zusammensetzung der enthaltenen Quecksilberverbindungen ist nicht bekannt. Sicher ist, dass sowohl anorganische wie organische Quecksilberverbindungen toxische Eigenschaften aufweisen. Die im Kapitel 6 beschriebenen Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die Arsengehalte in den Tierpräparaten die Quecksilbergehalte stark übertreffen. Somit kann davon ausgegangen werden, dass bei der Einhaltung der Empfehlungen im Umgang mit diesen Präparaten, keine zusätzlichen gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind (Kap. 10).

**5. Ablauf der Untersuchungen - Messungen**

**5.1 Arsen- und Quecksilberbelastung der Tierpräparate**

*Ziel: Bestimmung des Arsen- und Quecksilbergehalts auf der Oberfläche von Tierpräparaten.*

Die Belastung der Tierpräparate mit Arsen und Quecksilber wurde mit einem mobilen Röntgenfluoreszenz-Spektrometer (XRF) gemessen. Dieses Gerät ermöglicht eine rasche und zerstörungsfreie Messung der Objekte (Abb. 2). Es wurden Präparate der Ausleih Sammlung des NMB gemessen, die zum Teil stark verstaubt waren (Tabelle 1).

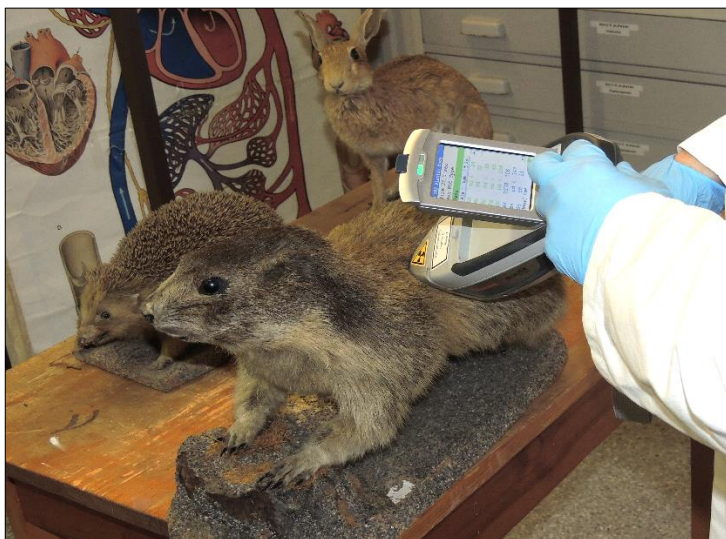


Abb. 2: Messungen an Tierpräparaten.

**Resultate:** Die Arsengehalte liegen zwischen 540 und fast 60'000 mg/kg. Am häufigsten traten Werte zwischen 1'000 und 20'000 mg/kg auf. Nur eine Probe war quecksilberbelastet (Anhang 2/Tab. 1).

Diese Gehalte sind vergleichbar mit den gemessenen Werten an anderen Standorten (Blindenschule Zollkofen [3], Schule Winterthur [1], Museum Basel, Museum Frauenfeld, Lager des Naturhistorischen Museums Bern etc.).

**Schlussfolgerung:**

**Die Gefahr einer direkten Übertragung von Arsen und Quecksilber auf die Haut besteht!**

| Präparat         | Ordnung    | As [mg/kg]      | Hg [mg/kg] | Sim. 1 | Sim. 2 | Sim. 3 |
|------------------|------------|-----------------|------------|--------|--------|--------|
| Bisamratte       | Säugetiere | 17'000          | nn         |        | X      | X      |
| Fischotter       | Säugetiere | 16'500          | nn         |        | X      | X      |
| Igel             | Säugetiere | 12'100          | nn         |        |        | X      |
| Langschwanzmakak | Säugetiere | 11'400          | nn         |        | X      | X      |
| Brüllaffe        | Säugetiere | 10'000          | nn         |        |        | X      |
| Murmeltier       | Säugetiere | 5'600           | nn         |        | X      | X      |
| Meerkatze        | Säugetiere | 4'200           | nn         |        |        | X      |
| Turmfalke m & w  | Vögel      | 58'900 & 57'900 | nn         | X      |        | X      |
| Neuntöter        | Vögel      | 56'000          | nn         | X      |        | X      |
| Schleiereule     | Vögel      | 30'000          | nn         |        |        | X      |
| Auerhuhn         | Vögel      | 23'900          | nn         | X      |        | X      |
| Rohrdommel       | Vögel      | 10'200          | nn         |        |        | X      |
| Heidelerche      | Vögel      | 540             | 3'200      |        |        | X      |
| Waldkauz         | Vögel      | 18'100          | nn         | X      |        | X      |

Tab. 1: Für die Untersuchung verwendete Tierpräparate und gemessene Arsengehalte

## 5.2 Arsen- und Quecksilberbelastung durch Staub am Aufbewahrungsort

Ziel: Bestimmung des Arsen- und Quecksilbergehalts im abgelagerten Staub auf Tablaren und Schränken.



Abb. 3. Probenahme des Staubes im Präparatelager

Resultate:

|                                  | Arsen As [mg/kg] | Quecksilber Hg [mg/kg] |
|----------------------------------|------------------|------------------------|
| Staub auf Rollregalen:           | 190              | 16                     |
| Staub auf Tablaren im Rollregal: | 432              | 81                     |

Tabelle 2: Arsen- und Quecksilbergehalt im abgelagerten Stau auf Tablaren und Schränken

Während der gesamten Dauer der Probenahme wurde zusätzlich die Konzentration des einatembaren Staubs (E-Staub) in der Raumluft mit einem Aerosolspektrometer gemessen. Der Maximalwert betrug dabei kurzzeitig 120 µg/m<sup>3</sup>.

Die Arsen- und Quecksilberbelastung der Liegestäube im Bereich der Regale, Tablare ist vergleichbar mit den gemessenen Gehalten an anderen Standorten (Schule Winterthur [1], Museum Basel). Siehe dazu auch den Bericht der Carbotech AG (Anhang 1).

### Schlussfolgerung:

**Der Staub enthält Arsen und Quecksilber. Die Konzentrationen im Staub im direkten Umfeld der Präparate sind deutlich erhöht. Es besteht ein Risiko der direkten Übertragung auf die Haut!**

## 5.3 Simulationsversuche: Messung des freigesetzten Staubs beim Umgang mit Tierpräparaten während des Schulunterrichts

Ziel: Abklärung ob Lehrpersonen und Schüler/-innen beim Umgang mit Tierpräparaten im Unterricht einem gesundheitlichen Risiko ausgesetzt sind.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden Schulstunden simuliert und jeweils der E-Staub in der Raumluft quantifiziert sowie die Arsen- und Quecksilberkonzentration des frisch auf dem Tisch abgelagerten Staubes bestimmt. Um zu klären ob Vogelpräparate aufgrund der Federn mehr belasteten Staub verursachen als Pelztier wurden drei Simulationen durchgeführt: (1) Nur Vogelpräparate, (2) nur Säugetiere, (3) Vogel- und Säugetierpräparate.

**Versuchsordnung:** Die Simulationsversuche wurden im Schulungsraum des NMB durchgeführt. Dazu trug die Lehrperson die staubigen Tierpräparate der Ausleihsammlung einzeln aus dem kleinen Lagerraum in den Schulraum, stellte sie auf dem gereinigten Manipulationstisch den Schüler/-innen vor und trug sie anschliessend einzeln zurück in den Vorbereitungsraum (Abb. 4 bis 6).

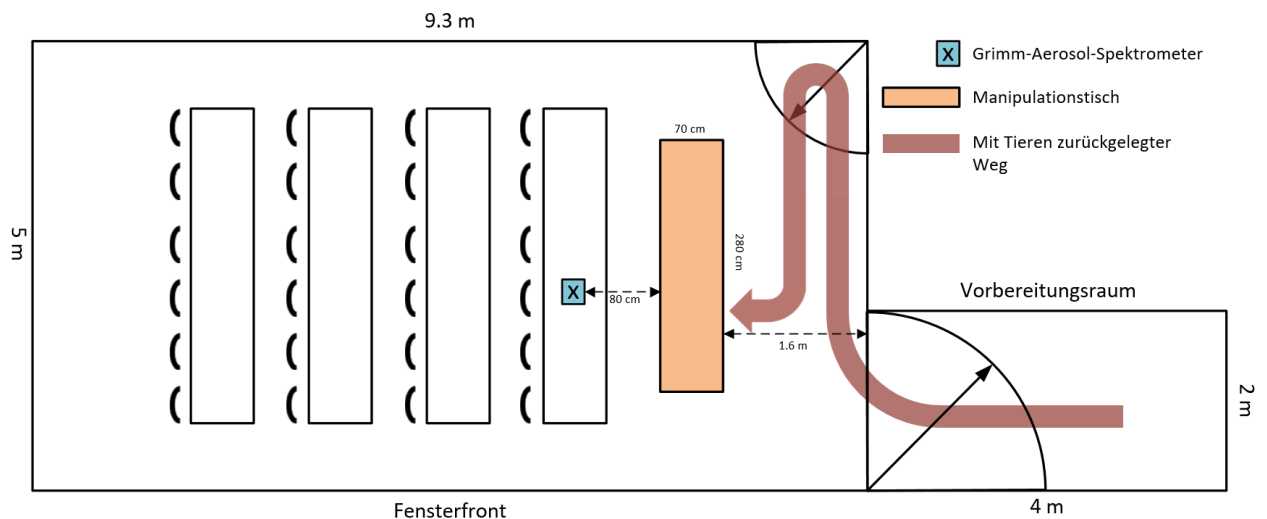


Abb. 4: Schematische Darstellung des Unterrichtszimmers/Schulungsraums



Abb. 5: Schulungsraum für die Simulationsversuche

Die Lehrperson trug zur Erfassung des einatembaren Staubes (E-Staub) einen Luftsammler (Gil Air-Plus Pumpe mit MCE-Filter) auf Brusthöhe (Abb. 6). Der Filter wurde nach jeder Simulation gewechselt und die Staubmenge sowie dessen Gehalt an Arsen und Quecksilber bestimmt.



Abb. 6: Probenahme-Anordnung für die Lehrperson

Um eine mögliche Exposition der Schüler/-innen durch freigesetzten Staub zu erfassen, wurde während des ganzen Experiments die Staubausbreitung bzw. die Menge der einatembaren Partikel mit einem Aerosolspektrometer gemessen. Dazu war das Gerät auf dem Tisch der ersten Sitzreihe der Schüler positioniert (Abb. 4).

### 5.3.1 Simulationsversuch 1: Präsentation von Vogelpräparaten

*Ziel: Ist die gesundheitliche Gefährdung beim Handling mit Vogelpräparaten grösser als bei Säugetieren? Muss mit einer hohen Stauffreisetzung gerechnet werden?*

Die Vogelpräparate (Tabelle 1) werden einzeln vom Vorbereitungsraum in den Schulraum getragen. Anschliessend wird jedes Präparat einzeln vorgestellt, d.h. aufgehoben, gedreht, wieder abgestellt, Federn aufgerichtet etc. Am Ende der Simulation wurden die Exponate wieder in den Vorbereitungsraum zurück getragen und eine Wischprobe des Staubes auf dem Manipulationstisch genommen (Abb. 7). Die gesamte Versuchsdauer betrug 38 Minuten.



Abb. 7: Simulationsversuch im Schulunterricht mit Vogelpräparaten. Am Ende der Schulstunde wurde der Staub auf dem Manipulationstisch beprobt (rechts unten)

*Resultate:* Die durch den E-Staub verursachte Arsen- und Quecksilberbelastung für die Lehrperson lag unter der Nachweisgrenze der Analyseverfahren. Auf dem Manipulationstisch haben sich Staub und abgefallene Präparateteile angesammelt. Auch hier lag die Belastung unter der Nachweisgrenze der Analyseverfahren. Während des Versuchs wurde in der ersten Sitzreihe kurzzeitig eine Maximalkonzentration von 110 µg Staub pro m<sup>3</sup> Luft detektiert.

### 5.3.2 Simulationsversuch 2: Präsentation von Säugetierpräparaten

*Ziel: Unterscheidet sich die Stauffreisetzung bei Säugetieren von jener bei Vogelpräparaten?*

Die Versuchsanordnung war identisch wie bei 5.3.1. Die verwendeten Exponate sind in Tabelle 1 aufgelistet. Die gesamte Versuchsdauer betrug 40 Minuten.



Abb. 8: Simulationsversuch im Schulunterricht mit Säugetierpräparaten. Am Ende der Schulstunde wurde der Staub auf dem Manipulationstisch beprobt (rechts unten)

**Resultate:** Die durch den einatembaren Staub verursachte Arsen- und Quecksilberbelastung für die Lehrperson lag unter der Nachweisgrenze der Analyseverfahren. Auf dem Manipulationstisch haben sich Staub und abgefallene Präparateteile angesammelt. Auch hier lag die Belastung unter der Nachweisgrenze der Analyseverfahren. Während des Versuchs wurde in der ersten Sitzreihe kurzzeitig eine Maximalkonzentration von 160 µg Staub pro m<sup>3</sup> Luft detektiert.

### 5.3.3 Simulationsversuch 3: Präsentation von Vogel- und Säugetierpräparaten

*Ziel: Wie hoch ist die Staubbelastung, wenn sowohl Säugetier- wie auch Vogelpräparate vorgestellt werden (Extremsituation)?*

Die Versuchsdurchführung war identisch wie bei 5.3.1. Die verwendeten Exponate sind in Tabelle 1 aufgelistet. Die gesamte Versuchsdauer betrug 47 Minuten.





Abb. 9: Aufnahmen während des simulierten Schulunterrichts mit Säugetier- und Vogelpräparaten. Am Ende der Schulstunde wurde der Staub auf dem Manipulationstisch beprobt (rechts unten)

*Resultate:* Die durch den E-Staub verursachte Arsen- und Quecksilberbelastung für die Lehrperson lag unter der Nachweisgrenze der Analyseverfahren. Auf dem Manipulationstisch haben sich Staub und abgefallene Präparateteile angesammelt. Auch hier lag die Belastung unter der Nachweisgrenze der Analyseverfahren. Während des Versuchs wurde in der ersten Sitzreihe kurzzeitig eine Maximalkonzentration von 140 µg Staub pro m<sup>3</sup> Luft detektiert.

#### 5.3.4. Beurteilung der Simulationsversuche

In allen drei Versuchen lagen die Arsen- und Quecksilberbelastung für die Lehrperson sowie auch die Konzentrationen im angesammelten Staub auf dem Manipulationstisch unterhalb der Nachweisgrenze der Messmethode.

In der Raumluft wurde beim Versuch mit den Säugetieren am meisten einatembare Staub verursacht, gefolgt vom Versuch mit den Vogel- und Säugetierpräparaten. Am wenigsten Staub wurde während des Versuchs mit den Vogelpräparaten erzeugt. Dies ist umso erstaunlicher, da die Federkleider bei den Vogelpräparaten oft sehr staubig wirken.

### 6. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

#### *Arsen und Quecksilber in Tierpräparaten:*

Die Tierpräparate können lokal mit bis zu 60'000 mg/kg Arsen belastet sein (Tabelle 1). In Einzelfällen können höhere Belastungen nicht ausgeschlossen werden. Quecksilber wurde nur in einer Probe detektiert (3'200 mg/kg, Tabelle 1).

#### *Liegestaub und aufgewirbelter Staub am Aufbewahrungsort der Präparate:*

Die höchste Arsenbelastung im Staub trat mit 432 mg/kg auf den Tablaren der Rollregale im Museumslager auf. Ebenso wurde hier der höchste Quecksilberwert gemessen (81 mg/kg). Die freigesetzte Menge an einatembarem Staub betrug kurzzeitig 120 µg/m<sup>3</sup>.

#### *Simulationsversuche:*

Weder in der Luft (Messung mit Aerosolspektrometer und personenbezogen mit Filter) noch in den Wischproben (Staubablagerungen auf dem Manipulationstisch) konnte Arsen oder Quecksilber gefunden werden. Die freigesetzte Menge an einatembarem Staub betrug kurzzeitig je nach Versuch zwischen 110 und 160 µg/m<sup>3</sup>. Die Grundbelastung von Staub in der Raumluft betrug etwa 30 µg/m<sup>3</sup>.

### 7. Toxikologische Risikoabschätzung durch das Bundesamt für Gesundheit BAG

Die maximale Arbeitsplatz-Konzentration (MAK-Wert) für einatembaren Staub (E-Staub) in der Raumluft beträgt 10 mg/m<sup>3</sup> [2]. Falls tatsächlich so viel aufgewirbelter Staub über eine längere Zeit vorhanden wäre, ergäbe sich eine Arsenkonzentration von 0.004 mg/m<sup>3</sup> (für Quecksilber wären es 0.0008 mg/m<sup>3</sup>). Selbst in diesem Szenario wäre der MAK-Wert für E-Staub immer noch um das 20-fache unterschritten, während des Schulunterrichts sogar um den Faktor 50.

MAK-Werte sind jedoch nur für berufstätige Personen ausgelegt. Für Privatpersonen treffen diese Angaben nur bedingt zu. Zur Abschätzung der Gesundheitsrisiken für Schüler/-innen wurden die Untersuchungsergebnisse dem BAG zur Beurteilung übergeben.

Alle Arsen- und Quecksilberkonzentrationen der Staubproben aus den Manipulationsversuchen lagen unter der Nachweisgrenze der Analyseverfahren. Für die Risikoabschätzung wurden deshalb die Gehalte der Staubproben aus dem Lager sowie der maximale Gehalt des einatembaren Staubes in der Luft während der Probenahme verwendet und mit den Grenzwerten der maximal zulässigen Exposition gegenüber Arsen und Quecksilber in Trinkwasser verglichen.

Mit diesen konservativen Annahmen liegt die Obergrenze der während der Vorführung aufgenommenen Menge Arsen etwa 90-fach, jene von Quecksilber etwa 50-fach unter dem langfristig unbedenklichen Wert für die Aufnahme aus Trinkwasser. Die tatsächlich aufgenommenen Mengen dürften noch um ein Vielfaches tiefer liegen.

**Demnach ist für Lehrpersonen und Schüler/-innen das Risiko einer Gesundheitsschädigung durch Einatmen von Stäuben beim Umgang mit arsen- und quecksilberhaltigen Tierpräparaten als sehr klein einzustufen (Details siehe Anhang 1).**

## 8. Schlussfolgerungen

Die Untersuchung zeigt, dass über den Aufnahmepfad Luft die MAK-Werte für Arsen und Quecksilber deutlich unterschritten werden.

Die Risikoabschätzung des BAG zeigt, dass während des Unterrichts mit Sammlungsobjekten keine gesundheitliche Gefährdung vorliegt.

Die Gefahr einer Kontamination durch direktes Berühren der Präparate ist jedoch gegeben. Arsen oder Quecksilber können direkt vom Tierkörper (Haut, Fell, Federn etc.) und vom anhaftenden Staub übertragen werden.

## 9. Empfehlungen zum sicheren Umgang mit biozidbelasteten Tierpräparaten in Schulen

Aufgrund der Ergebnisse der beschriebenen Untersuchungen können untenstehende Empfehlungen erlassen werden. Sämtliche Handhabungsempfehlungen sind im Leitfaden "Sicherer Umgang mit Chemikalien, Mikroorganismen und Strahlenquellen an Schulen, Leitfaden für Verantwortliche an den Schweizer Schulen der Sekundarstufen I und II" der chemsuisse und in einem "Merkblatt für Schulen" zusammengefasst (siehe [www.chemsuisse.ch](http://www.chemsuisse.ch)).

### Aufbewahrung:

Arsenhaltige Tierpräparate oder solche, von denen nicht bekannt ist, ob sie mit Arsen belastet sind, müssen dauernd in gut schliessenden Vitrinen oder unter dichten Hauben aufbewahrt werden.

Die Reinigung von Vitrinen und Präparaten soll mit feuchten Lappen durchgeführt werden, um keinen Staub aufzuwirbeln. Dabei sind als Schutzausrüstung Staubmasken (Typ FFP2) und Handschuhe (Nitril) zu tragen.

### Präsentation im Unterricht:

Vor dem Unterricht, bevor die Schüler den Raum betreten, sind die gewünschten Präparate von der Lehrperson bereitzustellen. Es ist dabei sicherzustellen, dass die Präparate auch bei der Bereitstellung nicht berührt werden. Die Präparate sind so zu platzieren, dass die Schüler diese nicht berühren können. Nach dem Unterricht, wenn die Schüler den Raum verlassen haben, werden die Präparate wiederum von der Lehrperson in das Lager zurückgebracht. Auch hier muss darauf geachtet werden, dass kein Hautkontakt erfolgt. Händewaschen nach jedem «Handling» mit den Tierpräparaten wird empfohlen.

Arsenfreie Tierpräparate können offen präsentiert und stehen gelassen werden. Grundsätzlich sollten aber auch diese Präparate nicht angefasst werden, da sie u.U. andere gesundheitsschädliche Konservierungsmittel enthalten können. Findet ein Hautkontakt statt, sollte die betroffene Stelle sofort gründlich mit Wasser gewaschen werden.

Präparate können nur dann gefahrlos berührt werden, wenn sie nachweislich arsen- und biozidfrei hergestellt worden sind. Es empfiehlt sich aber allgemein, die Tierpräparate nicht zu berühren, es sei denn, ein unbedenkliches Präparat wird ausdrücklich als «Streicheltier» zur Verfügung gestellt.

| Tierpräparate   | Arsenhaltige oder unbekannt                               | Arsenfrei aber biozidhaltig                          | nachweislich arsenfrei bzw. biozidfrei               |
|---|---|--|--|
| Aufbewahrung  | nur in gut schliessender Vitrine oder unter dichter Haube | gut schliessende Vitrine oder dichte Haube empfohlen | offene Aufbewahrung möglich                          |
| Reinigung Vitrine / Präparate   | nur mit Schutzausrüstung                                  | nur mit Schutzausrüstung                             | keine Schutzausrüstung nötig                         |
| Präsentation  | offene Präsentation möglich                               | offene Präsentation möglich                          | offene Präsentation möglich                          |
| Berühren  | nein  | nein   | ja, falls als «Streicheltier» zur Verfügung gestellt |
| Entsorgung (nur nach Rücksprache mit Museen, Ornithologischen Vereinen, VNPS und so weiter) | Sonderabfall  | Sonderabfall   | Kehricht   |

Tabelle 3: Zusammenfassung des Sicheren Umgangs mit arsenbelasteten Tierpräparaten

### Abklärungen vor Entsorgung

Tierpräparate haben einen Wert. Die Herstellung neuer Präparate ist aufwendig. Gewisse Tiere sind sehr selten und nicht wieder ersetzbar. Dabei handelt es sich z. B. um Präparate von seltenen Tieren oder von Tieren, die an einem bestimmten Ort erlegt oder gefunden wurden. Tierpräparate können u.U. naturwissenschaftlich oder kulturhistorisch interessant und wertvoll sein. Bevor man sich von ihnen trennt, sollte unbedingt der Kontakt mit Fachstellen (Museen, VNPS, Ornithologische Vereine u.a.) gesucht werden.

### Entsorgung von Tierpräparaten

Arsen- und biozidhaltige Tierpräparate müssen als Sonderabfall entsorgt werden.

## 10. Literatur

- [1] Beat Häring, AWA, Zürich; Masterarbeit «Arsen in Tierpräparaten», ETH Zürich 04.01.2015
- [2] SUVA, Grenzwerte am Arbeitsplatz 2017
- [3] Kantonales Laboratorium Bern: XRF-Messungen der Sammlung der Blindenschule Zollikofen

## 11. Beilagen

- Anhang 1: Bericht Carbotech AG vom 03.04.2018  
 Anhang 2: Liste der für die Simulationsversuche verwendeten Präparate mit den Schadstoffgehalten  
 Anhang 3: Toxikologische Beurteilung des BAG vom 04.06.2018

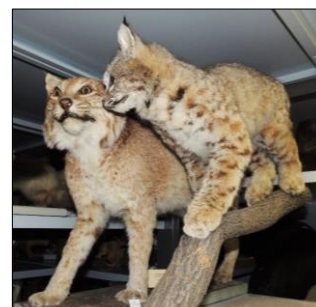


Abb. 10: Eine Auswahl der Tierpräparate am Naturhistorischen Museum Bern



## **Anhang 1: Carbotech AG**

- Seite 17**      **553.18 Kurzbericht: Staub- und Arbeitsplatzmessungen von Arsen und Quecksilber im Naturhistorischen Museum Bern** (Seiten 1 – 7)
- Seite 24**      **553.17 Untersuchungsbericht: Messung von Quecksilber und Arsen in einatembaren Staub** (Seiten 1 – 3)
- Seite 27**      **553.17 E-Mail-Bericht: Staubanalyse Naturhistorisches Museum (Präparatelager),**  
(Seiten 1 – 2)

## 553.18 Kurzbericht: Staub- und Arbeitsplatzmessungen von Arsen und Quecksilber im Naturhistorischen Museum Bern

erstellt von Kurt Schläpfer, Carbotech AG, Basel

im Auftrag der Chemsuisse, c/o Amt für Verbraucherschutz, Obere Vorstadt, 5000 Aarau, vertreten durch das Kantonale Laboratorium Bern, Herr Albert Ammann, 3000 Bern 9

Basel, 3. April 2018

### Ausgangslage und Vorgehensweise

Die in jüngster Zeit durchgeführten Messungen mit RFX an Tierpräparaten in Museen und Sammlungen haben teilweise hohe Arsenwerte gezeigt. Die Ursache dafür sind arsenikhaltige Produkte<sup>1</sup>, welche zur Präparation der Tiere verwendet wurden.

Vor diesem Hintergrund wurde das Projekt "Umgang mit Tierpräparaten" ins Leben gerufen. Die Carbotech AG wurde vom Projektleiter Herr Albert Ammann eingeladen, verschiedene Staubprobenahmen und Messungen zu offerieren.

Die Carbotech AG verfügt über langjährige Erfahrungen mit nutzungsbedingten Schadstoffen in Museen. Zum Problembereich Arsen in Tierpräparaten hat die Carbotech AG 2017 und 2018 bereits Messungen in den Naturmuseen in Winterthur, Frauenfeld und Basel durchgeführt.

Auf der Basis der Kurzzofferte vom 30. Januar 2018 wurden die entsprechenden Untersuchungen beauftragt und durchgeführt.

Als Untersuchungsobjekt war die Sammlung des Gymnasiums Burgdorf vorgesehen. Da diese Sammlung kurz vor den geplanten Untersuchungen gründlich gereinigt wurde, verlor sie den Status „repräsentativer Untersuchungsbereich“. Daher entschied der Projektleiter Herr Albert Ammann in Rücksprache mit Herrn Martin Troxler (Leiter Präparation), die Untersuchungen am Naturhistorischen Museum in Bern durchzuführen.

### Probenahmen und Methoden

Für die Beurteilung der Belastungssituation sollen verschiedene Situationen erfasst werden. So wurden am 13. Februar 2018 Messungen der Liegestäube in der Sammlung durchgeführt. Dafür wurde Proben der Liegestäube auf der Kompaktusanlage sowie in den Gestellen der Anlage erhoben. Mittels eine online-Staubmessung in der Sammlung wurde die Raumluftbelastung während der Saugarbeiten dokumentiert. Zur Überprüfung der Belastung während der Arbeiten mit Präparaten, wurden am 6. März 2018 drei Simulationen in einem Schulzimmer durchgeführt. Die Simulationen wurden von Herr Albert Ammann definiert (E-Mail vom 26.2.2018) und von Herrn Martin Troxler in den Räumen des naturhistorischen Museums durchgeführt.

<sup>1</sup> Diese enthielten teilweise auch relevante Mengen an Quecksilberchlorid



Die Simulationen mit unterschiedlichen Präparaten umfassten den Transport auf den Demotisch, typisches Aufstellen und Ausrichten für die Demonstration sowie das Abräumen der Präparate. Während dieser Simulationen wurde je eine personengetragene Messung durchgeführt. Auf dem Tisch in der ersten Sitzreihe am Demotisch wurde die Partikelbelastung während der drei Demonstrationen mit dem Aerosolspektrometer kontinuierlich gemessen. Um die Kontamination auf dem Demotisch zu erfassen, wurde mittels Wischprobe die Oberfläche nach jeder Simulation gereinigt und die Kleenexproben auf As und Hg untersucht.

Für die Untersuchungen wurden unterschiedliche Verfahren eingesetzt:

#### Messung von Arsen und Quecksilber in Liegestäuben

Die Probenahme der Liegestäube erfolgte mit einem handelsüblichen Staubsauger. Für die einzelnen Proben wurden tarierte Staubsaugerbeutel verwendet. Nach der gravimetrischen Bestimmung wurde der Staub von der Bachema AG aufgearbeitet und mittels ICP/MS und AFS auf Arsen und Quecksilber untersucht.

#### Messung von Arsen und Quecksilber auf Arbeitsoberflächen

Die Probenahmen der Rückstände auf Arbeitsoberflächen erfolgten mittels Kleenex-Tüchern, welche mit einem Alkohol/Wasser-Gemisch angefeuchtet wurden. Eine definierte Oberfläche wurde mit den Kleenex abgerieben. Die Kleenexproben wurden von der Bachema AG aufgearbeitet und mittels ICP/MS und AFS auf Arsen und Quecksilber untersucht.

#### Messung von Arsen und Quecksilber in der Atemluft

Für die Probenahme der Atemluft wurde die einatembare Staubfraktion mit einer Arbeitsplatzpumpe und einem BG-Staubprobenahmekopf für e-Staub mit Filter durchgeführt. Die Probenahme wurde auf Person getragen. Es wurden MCE-Filter verwendet, die Durchflussrate betrug 3.5 Liter pro Minute. Die Staubmenge auf den Filtern wurde von der Carbotech AG gravimetrisch, die Konzentration von Arsen und Quecksilber im Labor der Bachema AG, Schlieren, bestimmt.

#### Messung von lungengängigen und alveolengängigen Stäuben in der Raumluft

Mit einem kontinuierlich arbeitenden Aerosolmessgerät der Marke Grimm wurden die Staubbelastungen der Umgebungsluft erfasst. Das Gerät funktioniert nach dem Messprinzip der Streulichtmessung von Einzelpartikeln im Messbereich 250 nm bis 30'000 nm. Die Ergebnisse können in unterschiedlichen Grössen (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1</sub>, alveolengängiger Staub, einatembarer Staub) integriert, abgelesen und als Datensätze ausgewertet werden. Zur Beurteilung wurden die Grössen alveolengängiger Staub und einatembarer Staub verwendet. Da die Dichte der gemessenen Stäube nicht bekannt ist, wurde für die Umrechnung der Partikelvolumen auf die Masse eine Dichte von 1.0 verwendet.

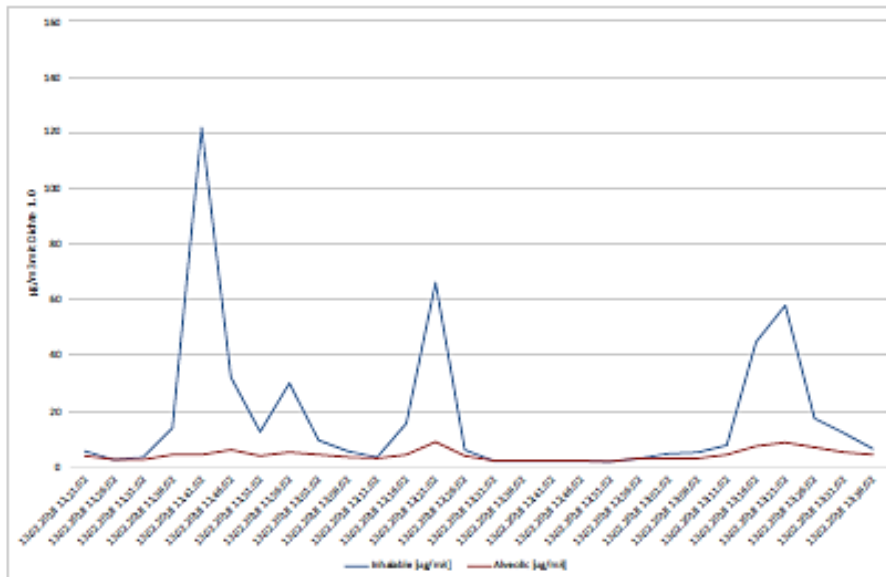


**Resultate Liegestäube**

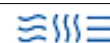
Es wurden am 13. Februar 2018 von 11:30 bis 12:15 Uhr insgesamt rund 94 m<sup>2</sup> Oberfläche auf den Kompaktanlagen gesaugt. Auf dieser Fläche betrug die Ausbeute rund 8.5 Gramm Staub. Die gemessene Konzentration im Staub betrug für Arsen 190 mg/kg und Quecksilber 16 mg/kg (siehe Bachema 201801495 im Anhang).

Auf den Tablaran wurden von 12:50 bis 13:30 Uhr rund 4.5 Gramm Staub gesaugt. Ein Flächenbezug war infolge der heterogenen Freiflächen nicht möglich. Die gemessene Konzentration im Staub betrug für Arsen 432 mg/kg und Quecksilber 81 mg/kg.

Während der gesamten Arbeiten wurde auf dem Tisch in der ungefähren Mitte der Staubsaugaktivitäten eine kontinuierliche Staubmessung durchgeführt (siehe Verlaufgrafik Staub Abbildung 1).



**Abbildung 1: Verlauf der Konzentration für einatembare und alveolengängige Stäube am 13.2.2018**



### Resultate Simulationen

Für die Simulationen wurden verschiedene Tierpräparate aus der Sammlung Wirbeltiere verwendet. Auf dem leergeräumten Gestell der Sammlung Wirbeltiere wurde ebenfalls eine Wischprobe erhoben. Dazu wurde eine Fläche von 0.84 m<sup>2</sup> berücksichtigt. In der Wischprobe (2.24 g) wurde eine Arsenkonzentration von 2 mg/kg bzw. 5.3 µg/m<sup>2</sup> und für Quecksilber von 0.07 mg/kg bzw. 0.2 µg/m<sup>2</sup> bestimmt (siehe Bachema 201802291 im Anhang).

#### Simulation 1: Verschiedene Vögel

|                   |   |
|-------------------|---|
| Typ:              | Personengebundene Messung mit Gil Air-Plus Pumpe, MCE-Filter in BG e-Staub Messkopf, Analyse ICP/MS |
| Datum/Zeit:       | 6.3.2018, 9:55–10:33 Uhr  |
| Dauer/Volumen:    | 38 Minuten/ 133.5 Liter   |
| Ergebnis: e-Staub | < 0.2 mg/m <sup>3</sup> e-Staub   |
| Arsen             | < 0.001 mg/m <sup>3</sup> e-Staub   |
| Quecksilber       | < 0.00001 mg/m <sup>3</sup> e-Staub   |
| Wischprobe:       | 5.21 g, 0.98 m <sup>2</sup>   |
| Arsen             | < 5.3 µg/m <sup>2</sup>   |
| Quecksilber       | < 0.05 µg/m <sup>2</sup>  |
| onLine Messung:   | siehe Partikelverlauf (Abbildung 2) 9:55–10:33 Uhr  |

#### Simulation 2: Säugetiere

|                   |   |
|-------------------|---|
| Typ:              | Personengebundene Messung mit Gil Air-Plus Pumpe, MCE-Filter in BG e-Staub Messkopf, Analyse ICP/MS |
| Datum/Zeit:       | 6.3.2018, 10:38–11:18 Uhr   |
| Dauer/Volumen:    | 40 Minuten/ 142 Liter   |
| Ergebnis: e-Staub | < 0.2 mg/m <sup>3</sup> e-Staub   |
| Arsen             | < 0.001 mg/m <sup>3</sup> e-Staub   |
| Quecksilber       | < 0.00001 mg/m <sup>3</sup> e-Staub   |
| Wischprobe:       | 5.96 g, 0.98 m <sup>2</sup>   |
| Arsen             | < 6.1 µg/m <sup>2</sup>   |
| Quecksilber       | < 0.06 µg/m <sup>2</sup>  |
| online Messung:   | siehe Partikelverlauf (Abbildung 2) 10:38–11:14 Uhr   |

#### Simulation 3: Vögel und Säugetiere

|                   |   |
|-------------------|---|
| Typ:              | Personengebundene Messung mit Gil Air-Plus Pumpe, MCE-Filter in BG e-Staub Messkopf, Analyse ICP/MS                                   |
| Datum/Zeit:       | 6.3.2018, 12:57–13:44 Uhr (Wiederholung Probenahme von 11:22–12:12 Uhr)   |
| Dauer/Volumen:    | 47 Minuten/ 175.7 Liter   |
| Ergebnis: e-Staub | < 0.2 mg/m <sup>3</sup> e-Staub   |
| Arsen             | < 0.001 mg/m <sup>3</sup> e-Staub   |
| Quecksilber       | < 0.00001 mg/m <sup>3</sup> e-Staub   |
| Wischprobe:       | 5.21 g, 1.96 m <sup>2</sup>   |
| Arsen             | < 4.8 µg/m <sup>2</sup>   |
| Quecksilber       | < 0.05 µg/m <sup>2</sup>  |
| online Messung:   | siehe Partikelverlauf von 11:22–12:12 Uhr; die Simulation wurde wiederholt, da sich der Schlauch von Staubprobenahme sich gelöst hat. |



Als Vergleich zu den online-Partikelmessungen während der Simulationen, wurde in der Mittagspause von 12:15 bis 12:53 Uhr eine Aussenluftmessung im Hof des Museums durchgeführt. Der Verlauf ist in der Abbildung 3 abgebildet.

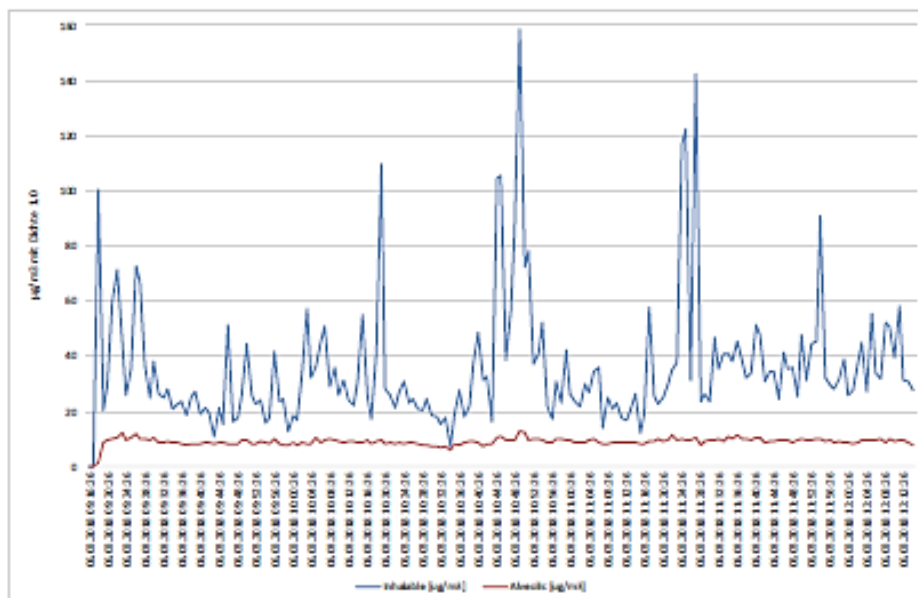


Abbildung 2: Verlauf der Konzentration für einatembare und alveolengängige Stäube am 6.3.2018

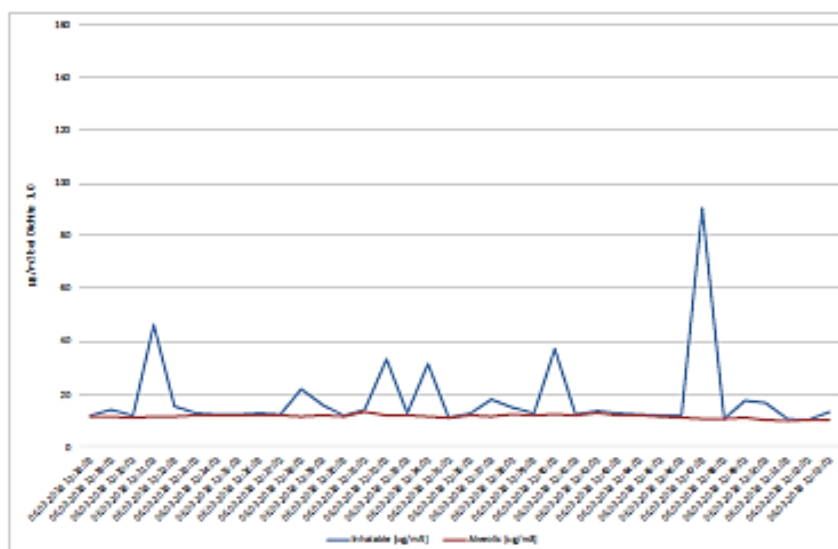
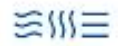


Abbildung 3: Verlauf der Konzentration für einatembare und alveolengängige Stäube am 6.3.2018



**Fotodokumentation**



**Simulation 1**



**Simulation 2**



**Simulation 3**



### Beurteilungskriterien

Die Beurteilung der Messungen erfolgt gemäss der in Tabelle 1 aufgeführten Maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK) der Suva 2018<sup>2</sup>.

**Tabelle 1: MAK-Werte in mg/m<sup>3</sup> (Suva 2018)**

|                              | Einatembare<br>e-Staub | Alveolengängiger<br>a-Staub | Arsen | Quecksilber |
|------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------|-------------|
| Arbeitsplatzgrenzwerte (MAK) | 10                     | 3                           | 0.100 | 0.020       |

### Beurteilung

Sowohl die personengebundenen Probenahmen als auch die Grimm-Messungen zeigen, dass die Belastung mit einatembarem Staub weit unter dem MAK-Wert von 10 mg/m<sup>3</sup> liegen. Die gemessenen Werte liegen immer unter 0.2 mg/m<sup>3</sup> also Faktor 50 unter dem MAK-Wert.

Die Messungen mit dem Aerosolspektrometer zeigen, dass es durch die Staubsaugeraktivität im Sammlungsraum zu einer Konzentrationserhöhung des einatembaren Staubes kommt. Diese nimmt relativ rasch wieder ab, was auf eine gut funktionierende Lüftung deutet. So ist auch während der Mittagspause ganz deutlich zu sehen, dass keine Aktivitäten im Raum stattfanden.

Die höchste Belastung im Staub wurde im Staub auf den Tablaren der Kompaktanlage gefunden, die gemessenen Konzentrationen betragen für Arsen 432 mg/kg und Quecksilber 81 mg/kg.

Unter der Annahme, dass von diesem Staub eine Konzentration von 10 mg/m<sup>3</sup> erreicht würden, läge die Arsenkonzentration bei 0.004 mg/m<sup>3</sup> bzw. die Quecksilberkonzentration bei 0.0008 mg/m<sup>3</sup>. Das heisst, mehr als Faktor 20 unter den entsprechenden MAK Werten.

Die Messungen während der drei Simulationen ergaben, dass weder in der Luft noch in den Wischproben nachweisbare Mengen an Arsen und Quecksilber gefunden wurden.

Diese Betrachtungen zeigen, dass über den Aufnahmepfad Luft, auch während der in den Versuchen durchgeführten Manipulationen, davon ausgegangen werden kann, dass die MAK für As und Hg um rund Faktor 1'000 unterschritten werden.

In Übereinstimmung mit den Untersuchungen anderer Museen zeigt sich, dass infolge der allgemeinen Staubbelastung sowie der Arbeitsweise mit Sammlungsobjekten der Aufnahmepfad Luft nicht von Bedeutung ist.

Für die Carbotech AG

sign. Kurt Schläpfer

<sup>2</sup> Grenzwerte am Arbeitsplatz Suva 2018: (<https://www.suva.ch/de-CH/material/Richtlinien-Gesetzestexte/grenzwerte-am-arbeitsplatz-aktuelle-werte/#59317A47178F431595269A7BB5018B2A=%3Flang%3Dde-CH>)



Bachema AG  
Analytische Laboratorien

Schlieren, 15. März 2018  
YH

Carbotech AG  
Postfach  
4002 Basel

## Untersuchungsbericht

**Objekt:** Messung von Quecksilber und Arsen in einatembarem  
Staub  
553.17: Naturmuseum

Bachema AG  
Rütlistrasse 22  
CH-8952 Schlieren

Telefon  
+41 44 738 39 00  
Telefax  
+41 44 738 39 90  
Info@bachema.ch  
www.bachema.ch

Chemisches und  
mikrobiologisches  
Labor für die Prüfung  
von Umweltproben  
(Wasser, Boden, Abfall,  
Recyclingmaterial)  
Akreditiert nach  
ISO 17025  
STS-Nr. 0064

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>Auftrags-Nr. Bachema</b>  | 201802291   |
| <b>Proben-Nr. Bachema</b>    | 8904-8910   |
| <b>Tag der Probenahme</b>    | 06. März 2018   |
| <b>Eingang Bachema</b>       | 12. März 2018   |
| <b>Probenahmeort</b>         |   |
| <b>Entnommen durch</b>       | Carbotech AG  |
| <b>Auftraggeber</b>          | Carbotech AG, 4002 Basel                              |
| <b>Rechnungsadresse</b>      | Carbotech AG, 4002 Basel                              |
| <b>Bericht an</b>            | Carbotech AG, K. Schläpfer, 4002 Basel                |
| <b>Bericht per e-mail an</b> | Carbotech AG, K. Schläpfer, k.schlaepfer@carbotech.ch |

Freundliche Grüsse  
BACHEMA AG



Annette Rust  
Dr. sc. nat. / Dipl. Umwelt-Natw. ETH

Bachema AG  
Analytische Laboratorien

**Objekt:** **Messung von Quecksilber und Arsen in einatembaren Staub**  
**553.17: Naturmuseum**

**Auftraggeber:** Carbotech AG  
**Auftrags-Nr. Bachema:** 201802291



**Probenübersicht**

| Bachema-Nr. | Probenbezeichnung                             | Probenahme / Eingang Labor |
|-------------|---|----------------------------|
| 8904 F      | Simulation 1: 0.0433g                         | 06.03.18 / 12.03.18        |
| 8905 F      | Simulation 1: 0.0434g                         | 06.03.18 / 12.03.18        |
| 8906 F      | Simulation 1: 0.0432g                         | 06.03.18 / 12.03.18        |
| 8907 F      | Wischprobe 1, Sammlung Wirbeltiere (0.7*1.2m) | 06.03.18 / 12.03.18        |
| 8908 F      | Wischprobe 2, Versuch 1 (0.7*1.4m)            | 06.03.18 / 12.03.18        |
| 8909 F      | Wischprobe 3, Versuch 2 (0.7*1.4m)            | 06.03.18 / 12.03.18        |
| 8910 F      | Wischprobe 4, Versuch 3 (2* 0.7*1.4m)         | 06.03.18 / 12.03.18        |

**Abkürzungen**

|    |  |
|----|--|
| W  | Wasserprobe  |
| F  | Feststoffprobe   |
| TS | Trockensubstanz  |
| <  | Bei den Messresultaten ist der Wert nach dem Zeichen < (kleiner als) die Bestimmungsgrenze der entsprechenden Methode. |
| *  | Die mit * bezeichneten Analysen fallen nicht in den akkreditierten Bereich der Bachema AG oder sind Fremdmessungen.    |

**Akkreditierung**

|   |  |
|---|--|
|   | <p>Auszugsweise Vervielfältigung der Analysenresultate sind nur mit Genehmigung der Bachema AG gestattet.<br/>Detailinformationen zu Messmethode, Messunsicherheiten und Prüfdaten sind auf Anfrage erhältlich (s. auch Dienstleistungsverzeichnis oder <a href="http://www.bachema.ch">www.bachema.ch</a>).</p> |
|---|--|

Bachema AG  
Rütlistrasse 22  
CH-8952 Schlieren  
  
Telefon  
+41 44 738 39 00  
Telefax  
+41 44 738 39 90  
Info@bachema.ch  
www.bachema.ch

Chemisches und mikrobiologisches Labor für die Prüfung von Umweltproben (Wasser, Boden, Abfall, Recyclingmaterial)  
Akkreditiert nach ISO 17025  
STS-Nr. 0064



Bachema AG  
Analytische Laboratorien

**Objekt:** Messung von Quecksilber und Arsen in einatembaren Staub  
**553.17: Naturmuseum**

**Auftraggeber:** Carbotech AG  
**Auftrags-Nr. Bachema:** 201802291

| Probenbezeichnung                 | Simulation 1: 0.0432g | Simulation 1: 0.0433g | Simulation 1: 0.0434g |        |  |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|--|
| Proben-Nr. Bachema                | 8906                  | 8904                  | 8905                  |        |  |
| Tag der Probenahme                | 06.03.18              | 06.03.18              | 06.03.18              |        |  |
| <b>Probenparameter</b>            |                       |                       |                       |        |  |
| Probenmenge                       | g                     | 0.0432                | 0.0433                | 0.0434 |  |
| <b>Elemente und Schwermetalle</b> |                       |                       |                       |        |  |
| Arsen (gesamt) ICP-MS             | mg/kg TS As           | <5                    | <5                    | <5     |  |
| Quecksilber (gesamt) AFS          | mg/kg TS Hg           | <0.05                 | <0.05                 | <0.05  |  |

| Probenbezeichnung                 | Wischprobe 1, Sammlung Wirbel-tiere (0.7*1.2m) | Wischprobe 2, Versuch 1 (0.7*1.4m) | Wischprobe 3, Versuch 2 (0.7*1.4m) | Wischprobe 4, Versuch 3 (2* 0.7*1.4m) |        |  |
|-----------------------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--------|--|
| Proben-Nr. Bachema                | 8907   | 8908                               | 8909                               | 8910                                  |        |  |
| Tag der Probenahme                | 06.03.18                                       | 06.03.18                           | 06.03.18                           | 06.03.18                              |        |  |
| <b>Probenparameter</b>            |  |                                    |                                    |                                       |        |  |
| Probenmenge                       | g  | 2.2390                             | 5.2080                             | 5.9590                                | 9.3670 |  |
| <b>Elemente und Schwermetalle</b> |  |                                    |                                    |                                       |        |  |
| Arsen (gesamt) ICP-MS             | mg/kg TS As                                    | 2                                  | <1                                 | <1                                    | <1     |  |
| Quecksilber (gesamt) AFS          | mg/kg TS Hg                                    | 0.07                               | <0.01                              | <0.01                                 | <0.01  |  |

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
CH-8952 Schlieren

Telefon +41 44 738 39 00  
Telefax +41 44 738 39 90  
Info@bachema.ch  
www.bachema.ch

Chemisches und mikrobiologisches Labor für die Prüfung von Umweltproben (Wasser, Boden, Abfall, Recyclingmaterial)  
Akreditiert nach ISO 17025  
STS-Nr. 0064



Bachema AG  
Analytische Laboratorien

## email-Bericht (z. Hd.: Herr Schläpfer, k.schlaepfer@carbotech.ch)

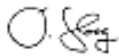
**Objekt** **Nr. 553.18, Staubanalyse Naturhistorisches Museum BE**  
**Auftrags-Nr. Bachema** 201801495  
**Auftraggeber** Carbotech AG, 4002 Basel  
**Rechnungsadresse** Carbotech AG, 4002 Basel  
**Bericht an** Carbotech AG, K. Schläpfer, 4002 Basel  
**Bericht per e-mail an** Carbotech AG, K. Schläpfer, k.schlaepfer@carbotech.ch

### Probenübersicht

| Bachema-Nr. | Probenbezeichnung   | Probenahme / Eingang Labor |
|-------------|---|----------------------------|
| 5755 F      | Nr. 1: Staubgewicht 8.5 Gramm; Altstaub auf Kompaktus     | / 16.02.18                 |
| 5756 F      | Nr. 2: Staubgewicht 4.5 Gramm; Staub Tablare in Kompaktus | / 16.02.18                 |

- **Der Auftrag wird abgeschlossen.**

Freundliche Grüsse  
BACHEMA AG



O. Haag, Dipl. Natw. ETH



E. Altay, Administration  
Tel.: 044 738 39 00

Bachema AG  
Analytische Laboratorien

**Objekt**  
Auftraggeber  
Auftrags-Nr. Bachema

**Nr. 553.18, Staubanalyse Naturhistorisches Museum BE**  
Carbotech AG  
201801495

Probenbezeichnung

|  |   |  |  |  |  |  |
|--|---|--|--|--|--|--|
| Nr. 1:<br>Staub-<br>gewicht<br>8.5 Gramm;<br>Altstaub auf<br>Kompaktus | Nr. 2:<br>Staub-<br>gewicht<br>4.5 Gramm;<br>Staub<br>Tablare in<br>Kompaktus |  |  |  |  |  |
| 5755   | 5756  |  |  |  |  |  |

Proben-Nr. Bachema  
Tag der Probenahme

Elemente und Schwermetalle

|                          |             |     |     |  |  |  |
|--------------------------|-------------|-----|-----|--|--|--|
| Arsen (gesamt) ICP-MS    | mg/kg TS As | 190 | 432 |  |  |  |
| Quecksilber (gesamt) AFS | mg/kg TS Hg | 16  | 81  |  |  |  |

## Anhang 2: Für die Simulationen verwendeten Tierpräparate und gemessene Arsengehalte

Tierpräparate aus der Ausleihsammlung des Naturhistorischen Museums der Burggemeinde Bern

| Präparate-Nr. | Präparat         | Ordnung    | Species             | As [mg/kg]    | Hg [mg/kg] | Simulation 1 | Simulation 2 | Simulation 3 |
|---------------|------------------|------------|---------------------|---------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| 1426          | Bisamratte       | Säugetiere | Ondatra zibethicus  | 17'000        | nn         |              | X            | X            |
| 1385          | Fischotter       | Säugetiere | Lutra lutra         | 16'500        | nn         |              | X            | X            |
| 1383          | Igel             | Säugetiere | Erinaceus europaeus | 12'100        | nn         |              |              | X            |
| 1006          | Langschwanzmakak | Säugetiere | Macaca fascicularis | 11'400        | nn         |              | X            | X            |
| 1005          | Brüllaffe        | Säugetiere |                     | 10'000        | nn         |              |              | X            |
| 1414          | Murmeltier       | Säugetiere | Marmota marmota     | 5'600         | nn         |              | X            | X            |
| 1016          | Meerkatze        | Säugetiere |                     | 4'200         | nn         |              |              | X            |
| 1047          | Turmfalke m&w    | Vögel      | Falco tinnunculus   | 58900 & 57900 | nn         | X            |              | X            |
| 1231          | Neuntöter        | Vögel      | Lanius collurio     | 56'000        | nn         | X            |              | X            |
| 1195          | Schleiereule     | Vögel      | Tito alba           | 30'000        | nn         |              |              | X            |
| 1760          | Auerhuhn         | Vögel      | Tetrao urogallus    | 23'900        | nn         | X            |              | X            |
| 1022          | Rohrdommel       | Vögel      | Botaurus stellaris  | 10'200        | nn         |              |              | X            |
| 1229          | Heidelerche      | Vögel      | Lullula arborea     | 540           | 3200       |              |              | X            |
| 1188          | Waldkauz         | Vögel      |                     | 18'100        | nn         | X            |              | X            |

### Hinweise:

As: Arsen

Hg: Quecksilber

nn: nicht nachweisbar

X: zur entsprechenden Simulation verwendet

06.02.2018/Amm

## Anhang 3: Toxikologische Beurteilung des BAG vom 04.06.2018



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI

**Bundesamt für Gesundheit BAG**

### Notiz

Datum 04.06.2018

Verfasserin: von Götz Natalie BAG

Betreff: **Arsen und Quecksilber in Tierkörpern**  
Anfrage des Kantonalen Laboratorium Bern wegen Beurteilung einer Studie zur Risikoabschätzung für SchülerInnen

---

### Ausgangslage

Arsen (As) und Quecksilber (Hg) sind Bestandteile von Konservierungsmitteln, die in der Vergangenheit zur Konservierung von Tierkörpern z.B. als Museumsexponate verwendet wurden. In konservierten Tierkörpern werden teilweise immer noch hohe Mengen an As nachgewiesen. Da unklar war, welches Risiko von diesen Tierkörpern ausgeht, die auch SchülerInnen zu Studienzwecken vorgeführt werden, wurde vom Kantonalen Laboratorium Bern eine Studie in Auftrag gegeben, die das Risiko ermitteln sollte. Das BAG wurde gebeten, den betreffenden Bericht zu beurteilen.

### Design und Ergebnisse der vorgelegten Studie

Die Untersuchungen wurden am Naturhistorischen Museum in Bern durchgeführt, das als repräsentativer Standort mit voraussichtlich eher hohen Belastungen ausgewählt worden war. Zur Ermittlung der inhalativen Exposition von MitarbeiterInnen und SchülerInnen wurden folgende Messungen durchgeführt (für Details vergleiche Schläpfer, 2018)

1. As und Hg-Messung in Liegestäuben auf der Kompaktanlage sowie den Gestellen der Anlage mittels ICP-MS und AFS
2. Online-Staubmessung in der Sammlung während der Probenahme für die Messungen unter 1. (einatembarer Staub «e-Staub» und alveolengängiger Staub «a-Staub» mittels Aerosolmessgerät)
3. Online-Staubmessung während einer Tierkörpervorführung mittels vom Vorführer getragenen Messgerät
4. Online-Staubmessung während einer Tierkörpervorführung mittels Aerosolmessgerät (e-Staub, a-Staub) in der ersten Reihe eines Vorführraums

Da die direkten Luftmessungen keine Belastung der Luft mit As und Hg aufwiesen, aber möglicherweise der schlimmste Fall im Versuchsszenario nicht abgebildet wurde, wurden zusätzliche Szenarien berechnet, die der Verallgemeinerung dienen sollten. Dazu wurde die höchste gemessene Konzentration von As und Hg in Liegestäuben mit der Staubmenge multipliziert, die die maximale Arbeitsplatzkonzentration für e-Stäube darstellt ( $10 \text{ mg/m}^3$ ). Zur Abschätzung des Risikos wurde diese Exposition dann mit den MAK-Werten für As ( $0.1 \text{ mg/m}^3$ ) und Hg ( $0.02 \text{ mg/m}^3$ ) verglichen: Die Exposition liegt für beide Metalle mehr als Faktor 20 unter dem jeweiligen MAK-Wert.

### Beurteilung des BAG

Die getroffenen Annahmen zur Exposition sind valide und zielen darauf ab, auf der Basis des Einzelversuchs plausible Verallgemeinerungen zu machen.

MAK-Werte sind für den Konsumenten normalerweise nicht massgeblich zur Beurteilung des Risikos, können aber erste Anhaltspunkte liefern, insbesondere da es für As und Hg keine etablierten Grenzwerte gibt, die für die inhalative Exposition des Konsumenten anwendbar sind. Hervorzuheben sind die grossen Sicherheitsabstände der sehr konservativ berechneten Exposition zu den inhalativen MAK-Werten.

Um die Beurteilung für den Konsumenten noch besser abzustützen, wurde durch das BAG ein weiterer Vergleich mit für den Konsumenten gültigen Grenzwerten durchgeführt, die sich allerdings auf einen anderen Expositionsweg, nämlich die orale Einnahme, beziehen. Da die toxikologische Wirkung von Metallen systemisch erfolgt, ist ein Vergleich zwischen verschiedenen Expositionswegen möglich. Im folgenden Abschnitt ist der Vergleich beschrieben zwischen einer plausiblen Obergrenze der Exposition von Teenagern gegenüber As und Hg durch Vorführung von Tierkörpern und der maximal zulässigen Exposition gegenüber As und Hg im Trinkwasser.

Wenn für die Tierkörpervorführung eine maximale Dauer von 3 Stunden angenommen wird, und dass über die gesamte Zeit die maximal als Peak gemessene Konzentration von  $0.16 \text{ mg}$  Staub in  $1 \text{ m}^3$  Luft mit der maximal gemessenen Konzentration von  $432 \text{ mg}$  As in  $1 \text{ kg}$  Staub, bzw.  $81 \text{ mg}$  Hg in  $1 \text{ kg}$  Staub eingeatmet werden, und ein Teenager konservativ gerechnet  $25 \text{ m}^3$  Luft pro Tag (95. Perzentil) einatmet, so ermittelt man eine Obergrenze für die Aufnahme von As und Hg pro Tierkörpervorführung von jeweils  $0.22 \text{ }\mu\text{g}$  As und  $0.04 \text{ }\mu\text{g}$  Hg.

Für As und Hg sind Trinkwassergrenzwerte von  $10 \text{ }\mu\text{g/L}$ , bzw.  $1 \text{ }\mu\text{g/L}$  vorgegeben. Bei einer täglichen Aufnahme von etwa  $2 \text{ L}$  Wasser entspricht dies Aufnahmemengen von  $20 \text{ }\mu\text{g}$  As und  $2 \text{ }\mu\text{g}$  Hg pro Tag, die langfristig als unbedenklich angesehen werden.

Für As liegt somit die Obergrenze für die während der Tierkörpervorführung aufgenommene Menge etwa 90fach, für Hg etwa 50fach unter dem langfristig unbedenklichen Wert für die Aufnahme aus Trinkwasser. Da sich die Berechnung auf sehr konservative Annahmen stützt, dürften die tatsächlich aufgenommenen Mengen dürften um ein Vielfaches tiefer liegen.

Demnach ist für SchülerInnen das Risiko durch Einatmen von Stäuben bei Gebrauch von As/Hg-haltigen Tierkörpern als sehr klein einzustufen, was die Einschätzung aus dem vorgelegten Bericht bestätigt.



## Referenzen

Schläpfer K, «553.18 Kurzbericht: Staub- und Arbeitsplatzmessungen von Arsen und Quecksilber im Naturhistorischen Museum Bern» im Auftrag der ChemSuisse, vertreten durch das Kantonale Laboratorium Bern, Herrn Albert Ammann

Trinkwasser-Richtlinie 98/83/EC, abrufbar unter <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:330:0032:0054:de:PDF>