

# „Denn Staub bist Du, und zum Staub kehrst Du zurück!“

Studie: Die Totenasche – ein Problemfall für den Bodenschutz?

Josef V. Herrmann, Manfred J. Klemisch

Durch die Einäscherung einer Humanleiche ergeben sich in einer Feuerbestattungsanlage grundsätzlich zweierlei Arten von Feststoffen. Zum einen sind dies die Feststoffe in Form von Ascheablagerungen und die Filterstäube auf Seiten der Rauchgasreinigung. Zum anderen sind es die Feststoffe der Totenasche in der Ascheentnahme des Kremationsofens. Diese Totenasche ist das eigentliche Ziel und Ergebnis der Kremation. Die Bestattung der Totenasche, eingebettet in einer Urne, im Boden eines hierfür ausgewiesenen Bestattungsplatzes, ist in unserem Kulturkreis die weitaus überwiegende Form der sogenannten Feuerbestattung.

In eingehenden Diskussionen mit Frau Dr. Katharina Jellinghaus, Institut für Rechtsmedizin der Universität Würzburg und Herrn Dipl. Ing. Thomas

Struchholz, freier Landschaftsarchitekt und zertifizierter Friedhofsplaner, entstand die Fragestellung, inwieweit von Totenaschen, die im Boden bestattet werden, eine schädliche Bodenveränderung ausgehen und diese Form der Bestattung vom Grundsatz her den Bodenschutz und die damit verbundenen Vorschriften berühren könnte.

Die Verfasser haben diese Fragestellung aufgegriffen und in Form der hier vorgelegten Studie beleuchtet. Die Intention besteht darin zu versuchen, die Vielschichtigkeit der Thematik und ihre Verzweigungen systematisch darzustellen.

## Stoffliche Komponenten der Totenasche

Die Totenasche ist „nicht teilbar“ und ist damit per se der Beprobung für chemische Analysen nicht zugäng-

lich. Wenngleich bislang nur sehr wenige einschlägige Analysen publiziert wurden, so sind sie dennoch sehr aufschlussreich.

Wie bei jedem anderen Verbrennungsprozess, bringen sich auch bei der Kremation sofort die organischen Schadstoffe in den Brennpunkt der Betrachtung. Nachdem das Element Chlor sowohl in der Humanleiche, als auch im Holz des Sarges vorhanden ist, sind die Voraussetzungen für die Entstehung von polychlorierten Dibenzodioxinen (PCDD), wie auch für polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) bei der Kremation grundsätzlich gegeben. Untersuchungen belegen, dass die mit dem Einäscherungsgut gegebenenfalls eingebrachten PCDD/F-Verbindungen, wie im Übrigen auch die anderen organisch-chemischen Stoffe, im Verbrennungs-



raum bei 800 bis 1.200 °C zerstört werden. In den Totenaschen sind daher organische (Schad-)Stoffe von untergeordneter Bedeutung (Sircar, 2014). Die Totenasche besteht, nach der Aussonderung der metallischen Rückstände des Holzsarges und den gegebenenfalls vorhandenen chirurgischen Metall-Implantaten der Humanleiche, aus anorganischen, mineralischen Komponenten. In Tabelle 1 sind die Mittelwerte der Analyse ökologisch relevanter Elemente von Totenaschen aus 11 Krematorien dargestellt (Breuer, 2006).

Element	Mittelwert mg/kg TS [Höchstwert]
Kupfer	156
Zink	810
Cadmium	< 20 <sup>1)</sup>
Zinn	23
Blei	35
Zirkonium	29
Arsen	< 60 <sup>1)</sup>
Antimon	30
Chrom	435 [4.000]
davon Chrom(VI)	75 [290]
Molybdän	16
Wolfram	15
Mangan	2.852 [11.000]
Kobalt	20
Nickel	163 [900]

Foto/Grafiken: © Josef V. Hermann

**Tabelle 1: Mittelwerte der Analysen von Totenaschen aus 11 Krematorien (aus: Breuer, 2006) unter besonderer Berücksichtigung umweltrelevanter Elemente.**

<sup>1)</sup> **Qualitativer Nachweis an der Nachweisgrenze**

Die Totenasche besteht in der Hauptsache aus der Asche der Humanleiche, sie beinhaltet darüber hinaus jedoch auch die Asche des Holzsarges, der Sargauskleidung und die feststofflichen Einträge aus den anlagen- und betriebstechnischen Einrichtungen des Einäscherungs-ofens.

**Stoffliche Einträge durch die Humanleiche**

Es liegt in der Natur der Sache, dass die durch die Einäscherung entstehenden Feststoffe einer Humanleiche analytisch nicht singulär zu erfassen sind. Es ist davon auszugehen, dass sich in der stofflichen Zusammensetzung der Humanasche nicht nur die individuellen Merkmale wie z. B. Körperbau (Skelettanteil) abbilden, sondern auch die individuellen Umweltbedingungen und Lebensweisen widerspiegeln können. Es ist weiterhin zu erwarten, dass im Vergleich verschiedener Humanaschen die einzelnen mineralischen Komponenten eine hohe Variabilität aufweisen (vgl. Tab. 1) und eine „Typisierung“ kaum möglich ist.

**Stoffliche Einträge durch Sarg und Sargausstattung**

Zur Kremierung einer Humanleiche ist ein Sarg aus Vollholz oder aus geeigneten Holzwerkstoffen gemäß DIN EN 12775 eine unabdingbare Voraussetzung. In der Regel sind die Säрге aus Fichten- oder Kiefernholz, aber auch aus anderen Hölzern, wie z. B. Eiche, gefertigt. Die Anforderungen

an die Säрге ergeben sich aus der VDI-Richtlinie 3891 „Emissionsminderung; Anlagen zur Humankremation, Ziffer 4.3“. Die verwendeten Farben und Lacke haben „dem allgemeingültigen Gesundheits- und Umweltbewusstsein zu entsprechen“ (Pasic & Kriebel, 2014). Der Anteil eines Fichtensarges am Gesamtgewicht des Einäscherungsgutes dürfte im Mittel zwischen 20 und 30 % betragen. Bei Särgen aus Eichenholz ist dieser Anteil wesentlich höher. Bezogen auf das Gewicht der verbrannten Holzmenge ergeben sich bei Nadelholz im Mittel 0,79 %, bei Laubholz 0,55 % Asche (StMLU Bayern, 2000). Demnach entstehen aus einem Sarg aus unbehandeltem Fichtenvollholz mit einem Gewicht von ca. 30 kg durch die Kremierung ca. 0,24 kg Asche. Bei einer Totenasche im Gesamtumfang von 2,5 kg betrüge damit der Anteil der Sargasche ca. 10%. →

**Kurz & Bündig**

*Exklusiv in der bestattungskultur lesen Sie eine neue Studie zur biologisch-chemischen Zusammensetzung der Asche nach der Kremation im Hinblick auf ihre Umweltverträglichkeit. Aufgrund des Umfangs haben wir auf die Veröffentlichung des Literaturverzeichnisses verzichtet, Sie können es aber jederzeit bei uns anfordern.*

Parameter	Arsen	Blei	Cadmium	Chrom	Kupfer	Nickel	Zink
aus eigenen Messungen (n = 12)	<5 - 22	<10 - 47	<0,5 - 3,2	4 - 173	113 - 346	6 - 39	133 - 1.760
Literatur-recherche	<1 - 35	<1 - 450	0,1 - 20	<10 - 600	90 - 500	20 - 110	9 - 1.900

**Tabelle 2: Vergleichswerte für Aschen aus naturbelassenen Hölzern (mg/kg) aus Gras (2006)**

Die Gehalte an Schwermetallen in Aschen aus naturbelassenen Hölzern sind sehr variabel (vgl. Tab. 2). Die Angaben in der zweiten Zeile der Tabelle 2 basieren auf den Analyseergebnissen des Hamburger Instituts für Hygiene und Umwelt aus Aschen von privaten Kaminöfen. In der Zusammenschau entsprechender Angaben aus der Literatur von Rostaschen unbehandelter Hölzer aus großtechnischen und optimierten Verbrennungsanlagen, bestätigt sich die Heterogenität des Naturstoffes Holz in Bezug auf die Höhe der Schwermetallgehalte (vgl. Tab. 2, 3. Zeile). Dabei ist zu beachten, dass insbesondere einzelne „Ausreißerwerte“ die Spanne prägen. Demzufolge können bedeutende Schwermetallgehalte der Totenaschen auch natürlicherweise von den Hölzern der Särge herrühren.

Stoffeinträge aus der Sargausstattung in die Totenasche sind aufgrund der vergleichsweise geringen Volumen-

gewichte und deren Beschaffenheit aus leicht vergänglichen, natürlichen oder naturähnlichen Materialien (vgl. § 30 Abs. 4 Bestattungsverordnung) nicht zu erwarten.

#### Stoffliche Einträge durch anlagentechnische Ausstattungen

Die Materialien der feuerfesten Auskleidung und der Drehplatte der Brennkammer sind während der Kremierung durch hohe Temperaturen und gleichzeitig zahlreichen reaktionsfähigen Stoffen extremen Belastungen ausgesetzt. An einem dokumentierten Einzelfall ließ sich der Gewichtsverlust der Drehplatte der Hauptbrennkammer eines Etagenofens über die Gesamtnutzungsdauer der Drehplatte ermitteln. Demnach ergab sich rein rechnerisch je Kremation ein Materialverlust der Drehplatte von über 5 g. Drehplatten bestehen aus hochlegiertem Stahlguss mit beträchtlichen Anteilen an Chrom und Nickel. Auch wenn dieser Einzelfall sicherlich nicht repräsentativ und auch analytisch nicht untermauert ist, so sind Drehplatten wohl prinzipiell als potente Quellen für Einträge von Schwermetallen in die Totenaschen in Betracht zu ziehen.

### Deponierung der Totenasche im Boden: chemische und bodenökologische Aspekte

#### Urnen - Abbaubarkeit

Die Bestattung der Totenasche erfolgt eingebettet in der Aschekapsel, gegebenenfalls ummantelt von einer Überurne („Schmuckurne“). Das zunehmende Umweltbewusstsein befördert seit einigen Jahren den Trend zu biologisch abbaubaren Aschekapseln und Überurnen. Der Marktanteil dieser Urnen liegt derzeit bei schätzungsweise 60 – 70 %.

Die Basis der sogenannten „Bio-Urnen“ beruht auf Lignin, einem natürlichen Polymer, das bei der Papierherstellung in großen Mengen anfällt. In der Kombination mit Naturfasern, wie zum Beispiel Hanf oder Flachs, entsteht ein CO<sub>2</sub>-neutraler Werkstoff, der kaum Schwermetalle enthält, DIN-ISO zertifiziert ist und sich im Extruder gut zu den entsprechenden Formen verarbeiten lässt. Durch die Beimengung von umweltverträglichen Farbstoffen im Umfang von 0,5 – 1,0 % lässt sich

eine homogene Farbgestaltung erzielen. Die Pflanzenfasern sind funktionelle, hydrophile Strukturelemente, die den biologischen Abbau der Urnen beschleunigen. Der eigentliche Abbau der Urne erfolgt durch „Weißfäulepilze“, die auf die Degradation und die Metabolisierung des Lignins spezialisiert sind.

In den nachfolgenden Betrachtungen werden nur die biodegradiblen Urnen berücksichtigt.

### „Chemie“ der Totenasche

Während der Kremation wird die organische Substanz oxidiert und die Alkali- und Erdalkalielemente werden in ihre Oxide überführt. Sie sind die Hauptbestandteile der Totenasche. Der hohe pH-Wert der in Tabelle 1 vorgestellten Totenaschen mit einem Mittelwert von 12,33 resultiert aus der weitgehend oxidierten Form der Alkali- und Erdalkalielemente, die in der Tabelle nicht dargestellt sind.

Bereits mit der Abkühlungsphase beginnt ein sukzessiv verlaufender Prozess, bei dem die Oxide in Verbindung mit Wasser hydratisieren, karbonatisieren und sich verfestigen. Bei der Deponierung der Totenaschen in Urnen wird die Intensität dieses Prozesses durch die Verfügbarkeit von Wasser und damit im Wesentlichen durch den Abbau der Aschekapsel und ggf.

der Schmuckurne bestimmt. Ist es zunächst nur das kondensierte Wasser der in die Aschekapsel eingeschlossenen Luft, bzw. das „Kriechwasser“ an den Grenzflächen des Verschlusses der Urne, so nimmt im zeitlichen Verlauf der Einfluss des Bodenwassers in Folge des Abbaus des Urnenkörpers stetig zu.

Die Löslichkeit der Bestandteile der Totenasche hängt sehr wesentlich von ihrer chemischen Zustandsform ab. Oxide und Hydroxide sind besser und vor allem schneller löslich als Karbonate, die eine viel geringere Basizität und chemische Reaktionsfähigkeit aufweisen. Böden besitzen die Fähigkeit, im Bodenwasser gelöste oder suspendierte Stoffe durch Pufferung zu speichern und damit einer Aufnahme durch die Pflanzenwurzeln oder einer Weiterverteilung im Bodenkörper zu entziehen. Diese Retention kann physiko-chemisch an den Oberflächen der feinsten Bodenbestandteile, insbesondere Ton und Humus, sowie durch die Bildung wasserunlöslicher Verbindungen erfolgen und wird in ihrem Ausmaß maßgeblich vom pH-Wert des Bodens bestimmt. Die ökologisch relevanten Schwermetalle (vgl. Tab.1) werden bei höheren pH-Werten zunehmend spezifisch und damit vergleichsweise stark, im Bereich niedriger pH-Werte unspezifisch und in einer leicht austauschbaren Form gebunden. Der hohe pH-Wert der Totenasche reduziert die Verfügbarkeit und damit die potenziellen Schädwirkungen der Schwermetalle noch zusätzlich.

Eine Ausnahme hiervon bilden allerdings die toxischen Chrom(VI)-Verbindungen, deren Löslichkeit mit steigendem pH-Wert stark zunimmt. Chrom(VI) ist die höchst oxidierte Chrom-Form und entsteht während des Verbrennungsprozesses bei Sauerstoffzufuhr. Einschlägige Untersuchungen belegen, dass Chrom(VI) durch die organischen Bestandteile des Bodens rasch zu unlöslichem und nicht toxischem Chrom(III) reduziert wird (Niederberger, 2002).

Die organischen Bestandteile des Bodens („Humus“) sind für die Komplexbildung und die Immobilisierung der ökologisch problematischen Schwermetalle von besonderer Bedeutung. Die Totenasche wird jedoch in einer Bodentiefe von ca. 80 cm deponiert, in einem Bereich, der vorwiegend mineralisch geprägt ist und natürlicherweise nur geringe Gehalte organischer Stoffe aufweist. Dieser Mangel wird jedoch insofern ausgeglichen, als in Form der Aschekapsel, gegebenenfalls in Verbindung mit einer biologisch abbaubaren Überurne, ein beträchtliches Depot organischer Stoffe und zusätzlich bei der Verfüllung des Urnenschachtes wohl auch humusreicher Oberboden in den Unterboden eingebracht wird. Die Verfüllung des Urnenschachtes mit Lockerboden begünstigt die Luft- und Wasserführung und die mikrobiologische Aktivität. Es ist daher zu erwarten, dass unter diesen Bedingungen nicht nur die Freisetzung komplexer organischer Stoffe aus dem Urnenkörper, →



sondern auch im unmittelbaren räumlichen Kontakt mit diesem die Reduktion von Chrom(VI) zu Chrom (III) und über die Bereitstellung von Sorptionskomplexen die Immobilisierung der Schwermetalle befördert wird.

### Baumschäden durch Totenaschen?

Wie oben beschrieben, werden Totenaschen im zeitlichen Verlauf chemisch-physikalisch sukzessive in den Bodenkörper eingebunden. Damit reduzieren sich fortlaufend die potenziell phytotoxischen Wirkungen der chemischen Verbindungen und des pH-Wertes der Totenasche. Die lokale Ablage von maximal 10 Totenaschen im Umkreis von ca. 2 m um einen Baum erfolgt zudem in einer Bodentiefe von 80 cm und damit unterhalb der Hauptwurzelzone der meisten unserer Baumarten. Wurzeln sind überaus anpassungsfähige Pflanzenorgane, sie „erkennen“ und vermeiden physiologisch ungünstige Bodenbereiche. Im Übrigen können

im Laufe der Zeit die hohen Calcium-, Phosphat-, Magnesium- und Kaliumgehalte der Totenaschen für den Baum sogar wertvolle Nährstoffquellen darstellen. Lokale Wurzelschäden durch Totenaschen sind zwar nicht völlig auszuschließen, wegen der mengenmäßig und räumlich begrenzten Ablage der Totenaschen unterhalb der Hauptwurzelzone werden sie die Vitalität eines Baumes jedoch nicht gefährden.

### Totenasche: Ein Problemfall für den Bodenschutz?

Die Regelungen des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG, 1998) richten sich gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden und dienen der Abwehr von schädlichen Bodenveränderungen. Die hierfür vorgesehenen Maßgaben wurden in der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV, 1999) konkretisiert. In § 12 Abs. 2 dieser Verordnung wird ausgeführt, dass das „Einbringen

von Materialien (...) in eine durchwurzelbare Bodenschicht“ nur dann zulässig ist, wenn keine Besorgnis gemäß § 9 dieser Verordnung hervorgerufen wird. In § 9 Abs. 1 Nr. 1 wird auf Vorsorgewerte in Anhang 2 Nr. 4 verwiesen, die sich auf die Parameter Cadmium, Blei, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Nickel und Zink beziehen. Hier sei angemerkt, dass Quecksilber in Totenaschen nicht nachweisbar ist. Wird ein Vorsorgewert überschritten, so ist nach § 11 Abs. 1 „eine Zusatzbelastung bis zur Höhe der in Anhang 2 Nr. 5 festgesetzten jährlichen Frachten des Schadstoffes zulässig“.

In der Tabelle 3 werden beispielhaft die relevanten Analysenwerte von Totenaschen der Tabelle 1 im Hinblick auf die Vorsorgewerte der in Deutschland weitverbreiteten Bodenart Lehm/Schluff (Anhang 2 Nr. 4) und der jährlichen Frachten (Anhang 2 Nr. 5) unter der Maßgabe der Bestattung von 1.000 Totenaschen zu je 3 kg auf einem Hektar über einen Zeitraum von 20 Jahren dargestellt.

Elemente	Gehalte [mg/kg]	Vorsorgewerte <sup>1)</sup> [mg/kg]	Zulässige jährliche Frachten <sup>2)</sup> [g/ha x Jahr]	Errechnete jährliche Frachten <sup>3)</sup> [g/ha x Jahr]
Cadmium	< 20 <sup>a)</sup>	1	6	3
Blei	35	70	400	5,25
Chrom	435	60	300	65,25
Kupfer	156	40	360	23,4
Nickel	163	50	100	24,45
Zink	810	150	1.200	121,5

**Tabelle 3: Bewertung der Schwermetallgehalte der Totenaschen der Tabelle 1 gemäß der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV, 1999).**

<sup>1)</sup> Vorsorgewerte gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 1, Anhang 2 Nr. 4 (Lehm/Schluff) der BBodSchV

<sup>2)</sup> Zulässige jährliche Frachten gemäß § 11 Abs. 1, Anhang 2 Nr. 5 der BBodSchV

<sup>3)</sup> Berechnung der jährlichen Frachten: Gehalt des jeweiligen Elementes x Gesamtmenge Asche/ha (3.000 kg) / 20 (Ablagezeitraum in Jahren) / 1000 (Umrechnung mg in g)

<sup>a)</sup> Qualitativer Nachweis an der Nachweisgrenze

Die Tabelle 3 (Spalten 2 und 3) weist aus, dass, abgesehen von Blei, die Schwermetallgehalte der Totenaschen der Tabelle 1 die Vorsorgewerte beträchtlich übersteigen. Die Festlegung des § 9 BBodSchV besagt: „Das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen (...) ist in der Regel dann zu besorgen, wenn Schadstoffgehalte im Boden gemessen werden, die die Vorsorgewerte (...) überschreiten“ und bezieht sich damit ausdrücklich auf die geologische Kategorie „Boden“. Der Vergleich der Schwermetallgehalte der Totenaschen mit den Vorsorgewerten für Böden im Sinne des § 9 und des § 12 Abs. 2 BBodSchV ist insofern problematisch, als damit der vollkommen praxisferne Zustand unterstellt wird, dass Totenaschen in Menge und Art wie ein Boden oder ein Bodensubstrat in einen natürlichen Boden eingebaut werden. Die Bestattung der Totenasche erfolgt in einem kleinen Bodenraum und auf die Fläche bezogen als ein punktuell Ereignis. Zudem ist eine Totenasche per se – noch – kein Boden.

Die errechneten jährlichen Schwermetallfrachten bringen die lokalen Einträge aus den Totenaschen in einen praxisrelevanten Flächenbezug; sie unterschreiten die Vorgaben des § 11 Abs. 1, Anhang 2 Nr. 5 der BBodSchV sehr deutlich (vgl. Tab. 3, Spalten 4 und 5). Nach dieser Beispielsrechnung wären die Totenaschen der Tabelle 1 wohl kein Problemfall für den Bodenschutz.

### Schlussbetrachtung

Die Totenasche ist kein Leichnam und auch kein Boden, und sie ist schon gar nicht ein Abfallstoff! Die Totenasche ist zwar kein *signum naturale*, wie der Leichnam, kein natürliches, individuelles Erinnerungszeichen für den einst lebenden Menschen, aber es besteht in Form der Totenasche eine materielle Kontinuität zu diesem (Preuß, 2014). Körperbestattung und Einäscherung führen im Grunde zum selben Ergebnis: Mineralisation. Es ist in Fachkreisen (Spranger & Hönings, 2014) unstrittig: Auch die Totenasche fällt wie der Leichnam in den Schutzbereich des Art. 1 Abs. 1 des Grundgesetzes: „Die Würde des Menschen ist unantastbar. Sie zu achten und zu schützen ist Verpflichtung aller staatlichen Gewalt“.

Aus dieser übergeordneten Sichtweise sind die angestellten Betrachtungen, inwieweit Totenaschen den einschlägigen Vorschriften des Bodenschutzes genügen, wohl problematisch. Um des fachlichen Diskurses willen bezüglich der würdigen Bewertung der mineralischen Überreste menschlichen Daseins wurden sie hier dennoch angestrengt. ■



*Josef Valentin Herrmann,  
Dipl. Agrarbiologe  
Leiter des Fachzentrums Analytik der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau,  
Forschungsschwerpunkte: Pflanzenphysiologie, Boden- und Wurzelökologie.*

**Fachzentrum Analytik  
Bayerische Landesanstalt für Weinbau  
und Gartenbau**  
An der Steige 15  
97209 Veitshöchheim  
josef.herrmann@lwg.bayern.de  
manfred.klemisch@lwg.bayern.de