

DIRK SCHOENEN

# **Verwesung und Verwesungsstörungen**

Entstehung von

Eis- und Trockenmumien,  
Fettwachs-, Faul- und Moorleichen  
sowie fossilen Geweberesten und  
lithifizierten Gewebeabdrucken

V e r w e s u n g  
und  
V e r w e s u n g s s t ö r u n g e n

bzw.

E n t s t e h u n g

von

Eis- und Trockenmumien,  
Fettwachs-, Faul- und Moorleichen

sowie

fossilen Geweberesten und  
lithifizierten Gewebeabdrucken

D I R K S C H O E N E N

Shaker Verlag, Düren

2019

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Kontakt:

PROF. DR. MED. DIRK SCHOENEN  
Arzt für Hygiene

[dirk@schoenen-online.de](mailto:dirk@schoenen-online.de)

Copyright Shaker Verlag 2019

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-6874-0

ISSN 0945-0890

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren  
Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9  
Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Vorwort

Die Verwesung steht in dem großen Kreislauf der Natur vom Kommen und Vergehen. Pflanzen nehmen bei der Photosynthese Kohlendioxid und Wasser auf und bilden daraus Blätter, Stiele, Früchte und Holz. Dabei wird Sauerstoff in die Atmosphäre abgegeben. Pflanzenfresser nehmen die Pflanzen direkt als Futter auf, Fleisch- und Aasfresser sowie heterotrophe Mikroorganismen — Bakterien und Pilze — nutzen das Fleisch oder auch Aas als Futter. Sie produzieren über ihren Stoffwechsel wieder Kohlendioxid und Wasser. So wird erwartet, dass es mit der Zeit zu einem vollständigen Abbau des Gewebes von Menschen, Tieren und Pflanzen kommt.

Der Sauerstoff, der von den Pflanzen bei der Photosynthese abgegeben worden ist, wird auch wieder für den vollständigen Gewebeabbau benötigt. Steht der zum vollständigen Abbau benötigte Sauerstoff auf Grund der besonderen Umgebungsbedingungen nicht zur Verfügung bleiben Kohle, Erdöl oder Torf über Jahrtausende erhalten, bei menschlichen Leichen entsteht Fettwachs (Adipocere). Steht wieder Sauerstoff zur Verfügung schreitet der Abbau weiter fort.

Es können aber auch ganz andere Umstände dazu führen, dass Gewebereste von Menschen, Tieren oder auch Pflanzen erhalten bleiben. Bei Menschen entstehen außer Fettwachs Eis- und Trockenmumien, Faul- und Moorleichen. Bei der Verwesung können ganz unterschiedliche Umgebungsbedingungen zu verblüffenden Übereinstimmungen im Ergebnis führen, wie sich vor allem bei Fossilien zeigt.

In einer Umgebung mit einer geringen Relativen Luftfeuchte führt bei menschlichen Leichen Wassermangel zur Entstehung von Trockenmumien. Insekten können z. B. bei entsprechender trockener Lagerung und Schutz vor Aasfressern in Sammlungen über Jahrzehnte und länger unversehrt aufbewahrt werden. Im Bernstein bleiben klein mumifizierte Tiere wie Insekten und Spinnen oder Pflanzenteile über Jahrtausende

erhalten und lassen winzige Details der Tiere erkennen, die vor langer Zeit gelebt haben.

Zur Haltbarmachung von Leder werden beim Gerben Huminsäuren eingesetzt. Sphagnumsäuren im Hochmoor führen zu der gleichen konservierenden Reaktion bei der Entstehung von Moorleichen.

Die Autointoxikation als Hemmungsreaktion des mikrobiellen Stoffwechsels in Folge einer Anreicherung von Abbauprodukten auf Grund besonderer Umgebungsbedingungen führt bei menschlichen Leichen zu Bildung von Geweberesten, deren Ursache in der Rechtsmedizin als Faulleichen-Konservierung bezeichnet wird. Die Gewebereste von Tieren und Pflanzen, die vor Jahrtausenden gelebt haben und jetzt als Fossilien am Grund z. B. von Kraterseen wie der Grube Messel gefunden werden, sind auch durch Autointoxikation entstanden. Die Umstände für die Anreicherung von Abbauprodukten, die sich bei menschlichen Leichen bereits nach wenigen Jahren zeigt, sind andere als bei Fossilien. Dennoch, das Ergebnis ist in beiden Fällen gleich. Die Anreicherung von Abbauprodukten führt nicht nur zur Bildung von fossilen Gewebereste, sondern auf Grund der Überschreitung des Löslichkeitsproduktes auch zur Entstehung von lithifizierten Gewebeabdrücken.

Verwesungsstörungen werden teilweise durch nur geringfügige Veränderungen in der Umgebung verursacht, die auch nicht ohne weiteres erkannt werden. Umso wichtiger erscheint es, diese Einflussfaktoren zu beschreiben.

Bonn, Sommer 2019

DIRK SCHOENEN

## Inhaltsverzeichnis

	Vorwort.....	I
	Inhaltsverzeichnis .....	III
1	Einleitung.....	1
2	Das Gewebe von Menschen und Tieren.....	5
3	Pflanzengewebe .....	8
4	Mikrobielle Abbauprozesse .....	9
4.1	Mikroorganismenpopulation .....	10
4.2	Feuchtigkeit .....	12
4.3	Temperatur.....	14
4.4	Wasserstoffionenkonzentration (pH-Wert).....	15
4.5	Mineralien und Spurenstoffe .....	15
4.6	Biofilmbildung .....	15
4.7	Grundlagen der Verwesung.....	17
4.7.1	Atmung (Oxidation, Abbau mit Sauerstoff) .....	18
4.7.2	Sauerstoffbedarf für den Gewebeabbau.....	20
4.7.3	Fermentation (Gärung, Abbau ohne Sauerstoff) .....	23
4.7.4	Fettabbau.....	27
4.7.5	Bildung von Polyhydroxyfettsäuren (Fettwachs) .....	28
4.7.6	Geruchsauffälligkeiten beim fermentative Gewebeabbau.....	30
4.7.7	Autointoxikation (Abbauhemmung durch Abbauprodukte) .....	31
4.7.8	Anreicherung von Abbauprodukten im Gewebe.....	35
4.7.9	Abbau von Holz und Torf.....	36
4.7.10	Konservierung durch Sphagnum- und Huminsäuren.....	37
5	Der Verwesungsprozess.....	37
5.1	Autolyse .....	38
5.2	Gewebeabbau durch Aasfresser .....	39
5.3	Ablauf des Verwesungsprozesses .....	41
5.4	Bestattungsgewohnheiten und Leichenbeseitigung.....	43
5.5	Verwesung in Abhängigkeit von den örtlichen Verhältnissen.....	45
5.5.1	Im Erdgrab.....	45
5.5.2	Einteilung der Bodenschichten nach Prüsener.....	46
5.5.3	Sauerstofftransport in den Boden.....	48
5.5.3.1	Sauerstofftransport durch Konvektion.....	48
5.5.3.2	Sauerstofftransport durch Diffusion.....	52
5.5.4	Verwesung in Grabkammern, Gräften und Mausoleen.....	53
5.5.5	Verwesung ohne Luft- und Wasseraustausch .....	55
5.5.6	Verwesung an der Erdoberfläche .....	55
5.5.7	Verwesung im Wasser .....	56
5.5.8	Ab- und Auftauchen von Leichen bzw. Tierkadavern.....	57
5.6	Verwesungszeitraum.....	59
6	Eis- und Trockenmumien .....	62
7	Fettwachsleichen (Adipocere).....	63

7.1	Bildung von Fettwachs .....	66
7.2	Umsetzung von Gehirn und Rückenmark zu Fettwachs.....	76
7.3	Geruchsentwicklung bei Fettwachsleichen .....	76
7.4	Fettwachs (Adipocere) von Tierkadavern und menschlichen Leichen zur Seifen- und Kerzenherstellung .....	79
7.5	Mikrobieller Abbau von Fettwachs .....	82
7.6	Mikrobieller Abbau von Holz und Torf .....	85
8	Faulleichen .....	87
9	Moorleichen.....	91
9.1	Hochmoore.....	92
9.2	Moorleichen und ihre typischen Gewebereste .....	94
9.3	Entstehung von Moorleichen.....	102
9.3.1	Niedriger pH-Wert.....	102
9.3.2	Kationenmangel .....	103
9.3.3	Sauerstoffmangel .....	103
9.3.4	Konservierung bzw. Gerbung durch Sphagnumsäuren.....	104
9.3.4.1	Gerbung von Leder durch Huminsäuren .....	104
9.3.4.2	Gerb- und Sphagnumsäuren.....	106
9.3.4.3	Nachweis der Gerbwirkung im Torf.....	109
9.4	Entstehung von Moorleichen in Abhängigkeit von den Lagerungsverhältnissen .....	112
9.5	Kleidung und Begleitfunde bei Moorleichen .....	123
9.5.1	Pflanzliche Materialien .....	124
9.5.2	Tierische Gewebematerialien.....	125
9.5.3	Tierkadaver im Moor .....	127
9.5.4	Metalle .....	131
10	Fossilien.....	131
10.1	Trockenmumien im Bernstein.....	132
10.2	Entstehung von Konservat-Lagerstätten (Ölschiefer) .....	133
10.3	Fossile Gewebereste.....	135
10.4	Lithifizierung.....	141
10.5	Fossilien aus dem Geiseltal .....	144
11	Schlussfolgerung .....	145
12	Anhang .....	148
12.1	Bildung von Adipocere; Müller 1913.....	148
12.2	Abbau von Adipocere; Wester et al. 1963 .....	151
13	Literatur .....	154
14	Register .....	175