

Weißnasensyndrom in Nordamerika – Pilzbesiedlung in Europa

Von SEBASTIAN BREITENBACH, Zürich, NORBERT MARWAN, Potsdam, und GUDRUN WIBBELT, Berlin

Mit 2 Abbildungen

Abstract

White-nose syndrome in North America – fungal growth in Europe

Since its sudden emergence white-nose syndrome (WNS) remains a rapidly spreading phenomenon amongst North American hibernating bats. So far, more than one million bats have succumbed to WNS, which is caused by a fungus called *Geomyces destructans*. Up to date, it is not clear whether *G. destructans* alone is responsible for the development of WNS, or whether additional circumstances must be invoked.

The fatal disease is not observed in European hibernating bats, despite the fact that hibernating bats from different hibernacula throughout Europe have been confirmed to carry the fungus. However, the true extent of the fungus distribution within European hibernacula is still uncertain. While our native bats do not seem to face an immediate threat, the question arises whether bats from Europe are adapted to the fungus or whether the American fungus strain acts more aggressive than the European strain. If indeed two fungal strains with different virulence exist, it is a plausible concern that the American strain could once be imported into Europe with similar devastating effects to the bat populations and the European ecosystem.

Revolving the quest of causes of WNS is of importance to be able to estimate the potential danger for European bats as well as to organise preventive measures. So far only a limited number of protection strategies have been developed to reduce further (and possibly global) distribution of WNS.

Keywords

White-nose syndrome (WNS), hibernation, fungal growth, *Geomyces destructans*, Europe.

Zusammenfassung

Seit seinem plötzlichen Auftreten ist das Weißnasensyndrom (WNS) ein sich unter nordamerikanischen winterschlafenden Fledermäusen rapide ausbreitendes Phänomen. Beobachtungen zeigen, dass WNS mittlerweile für den Tod von über einer Million Fledermäusen verantwortlich ist. Fledermäuse mit WNS sind von dem Pilz *Geomy-*

ces destructans befallen. Ob WNS tatsächlich allein durch den Pilz *G. destructans* hervorgerufen wird oder ob weitere auslösende Ursachen gegeben sein müssen, ist noch nicht vollständig geklärt.

Das für Fledermäuse tödlich verlaufende WNS wurde in Europa bisher nicht beobachtet, obwohl eine Besiedlung mit *G. destructans* bei einer großen Anzahl von Fledermäusen aus verschiedenen Winterquartieren in Europa nachgewiesen werden konnte. Die Verbreitungsgrenzen von *G. destructans* in Europa sind noch nicht vollständig bekannt. Eine unmittelbare Bedrohung für unsere heimischen Fledermäuse scheint nicht zu bestehen. Es stellt sich allerdings die Frage, ob Fledermäuse beider Kontinente unterschiedlich an diesen Pilz adaptiert sind, oder ob der Pilz in Amerika Unterschiede in seiner Aggressivität zu jenem in Europa aufweist. Sollte letzteres der Fall sein, ist ein Verschleppen des WNS nach Europa denkbar, mit möglicherweise gravierenden Folgen für unsere Fledermäuse und das europäische Ökosystem.

Die Klärung der Ursache von WNS ist von enormer Wichtigkeit für die Einschätzung von WNS als Gefahr für europäische Fledermäuse und möglicher Vorbeuge-Maßnahmen. Schutz- oder Eindämmungsstrategien gegen eine weitere (und möglicherweise globale) Verbreitung von WNS gibt es bisher kaum.

Schlüsselwörter

Weißnasensyndrom (WNS), Winterquartier, Pilzbefall, *Geomyces destructans*, Europa.

1 Einführung

Die Ereignisse um das Weißnasensyndrom haben unter anderem das Interesse vieler europäischer Höhlenforscher geweckt (BREITENBACH & MARWAN 2010), da es sich ausschließlich um höhlenüberwinternde Fledermausarten handelt und in den USA bereits einschneidende Maßnahmen zur (Nicht-)Nutzung von Höhlen vorgenommen wurden.

Seit nunmehr fünf Jahren sterben in Nordostamerika in großer Zahl winterschlafende



Abb. 1. Zwei Große Mausohren (*Myotis myotis*) mit dem charakteristischen Bild einer Besiedlung mit dem Pilz *Geomyces destructans*. Aufn.: NABU Rheinland-Pfalz/ANDREAS KIEFER.

Fledermäuse am so genannten Weißnasensyndrom (WNS, BLEHERT et al. 2009, USFWS 2009, ALEY 2010). Charakteristisches Kennzeichen sind kleine weiße Polster flaumartigen Pilzbefalls seitlich der Nase und auf den Flughäuten, welches letztendlich zur Namensgebung führte (Abb. 1). Im Jahr 2006 wurden erstmals Fledermäuse mit typischem Pilzbefall in einer bei Touristen beliebten US-amerikanischen Höhle im Bundesstaat New York bemerkt. Seitdem hat sich WNS rasch auf die angrenzenden nordöstlichen US-Bundesstaaten ausgebreitet und inzwischen auch die Grenze zu Kanada (Ontario und Quebec) überschritten (FRICK et al. 2010) (Abb. 2). Mittlerweile sind mehr als eine Million Fledermäuse durch WNS gestorben (ALEY 2010, USGS 2009). Mindestens sieben verschiedene Fledermausarten sind bisher vom WNS betroffen (GARGAS et al. 2009, TURNER & REEDER 2009, MATTESON 2010; Systematik und Namensgebung nach BARBOUR & DAVIS 1969, BANFIELD 1974):

- ▶ Große braune Fledermaus
Big brown bat
Eptesicus fuscus (Palisot de Beauvois)
- ▶ Kleinfüßige Fledermaus
Eastern small-footed bat
Myotis leibii (Audubon & Bachman)
- ▶ Kleine braune Fledermaus
Little brown bat
Myotis lucifugus (LeConte)
- ▶ Nördliche Fledermaus,
Nördliche Langohr-Myotis
Northern bat
Myotis septentrionalis [erst von KAYS & WILSON 2002 als eigenständige Art anerkannt, nachdem sie vorher als Subspezies zu *Myotis keenii* (Merriam) – Keens Fledermaus, Keen's myotis – gestellt worden war]
- ▶ Östliche Zwergfledermaus
Eastern pipistrelle
Pipistrellus subflavus (F. Cuvier)
- ▶ Graue Fledermaus
Gray myotis
Myotis grisescens (Howall)

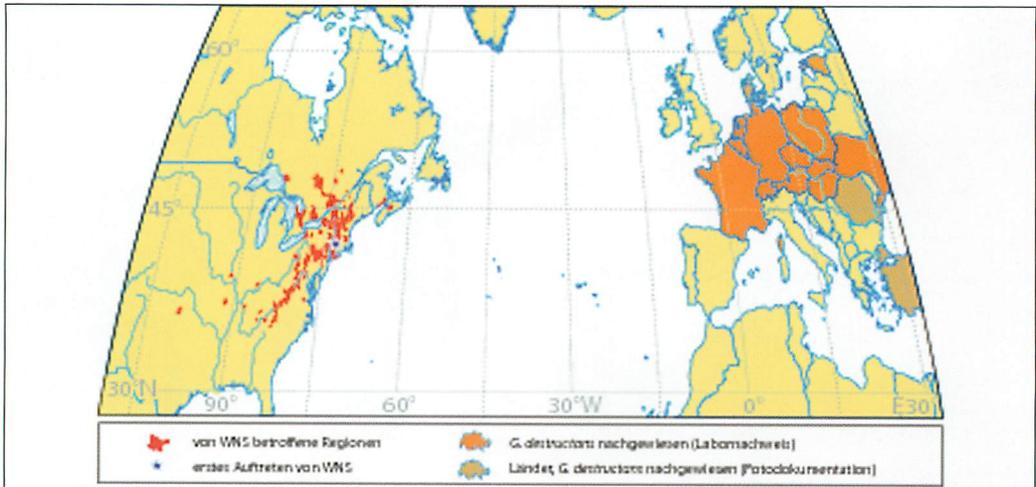


Abb. 2. Bisherige Verbreitung von WNS in Nordamerika sowie nachgewiesene Vorkommen von *Geomyces destructans* in Europa. Die WNS-Verbreitungsdaten stammen vom USGS (PAUL CRYAN, pers. Mitt.). Die Vorkommen von *G. destructans* in Europa wurden den Arbeiten von PUECHMAILLE et al. (2011), WIBBELT et al. (2010) und MARTINKOVÁ et al. (2010) entnommen.

► Indiana-Fledermaus

Indiana myotis

Myotis sodalis Miller & Allen

Die Indiana-Fledermaus gilt seit langem als bestandsbedroht (DUFF & LAWSON 2004). Eine Zusammenschau der aktuellen Situation zum WNS in Nordamerika gibt ALEY (2010).

2 Details zum Weißnasensyndrom

Das WNS wird von einem kälteliebenden Pilz der Gattung *Geomyces* sp. hervorgerufen. 2008 wurde dieser Pilz erstmalig beschrieben und als neue Art erkannt: *Geomyces destructans* (BLEHERT et al. 2009, GARGAS et al. 2009). Sein nächster Verwandter *Geomyces pannorum* ist in der gesamten nördlichen Hemisphäre weit verbreitet und sowohl in arktischen Regionen als auch im Boden kanadischer Wälder oder im Staub von Fähren oder Zügen in Italien zu finden (KOCHKINA et al. 2007, DE BELLIS et al. 2007, MERCANTINI et al. 1989).

Bevor die Diagnose „WNS“ gestellt werden kann, müssen jedoch klar definierte Kriterien erfüllt sein (METEYER et al. 2009). (1) der Pilz *G. destructans* muss mit Hilfe molekular-biologischer Methoden eindeutig identifiziert

werden und (2) entweder mit einem ungewöhnlichen Winterschlafverhalten (z. B. Tagausflüge aus dem Quartier) oder (3) dem histologischen (mikroskopisch-feingeweblichen) Nachweis, dass der Pilz in tiefe Schichten unter die Haut vorgedrungen bzw. das Tier am WNS verstorben ist, in Zusammenhang gebracht werden. Die Fledermäuse reagieren auf den Pilzbefall mit zu häufigem bzw. zu frühem Erwachen aus dem Winterschlaf, was eine hohe Energieanforderung bedeutet, die letztlich zum Verhungern führen kann (REICHARD & KUNZ 2009). Noch schwerwiegender scheint jedoch eine Störung im Flüssigkeitshaushalt der betroffenen Tiere zu sein. Durch schwere Flughautzerstörungen verlieren die Fledermäuse wahrscheinlich große Flüssigkeitsmengen, so dass sie stark austrocknen und an Dehydrierung (Flüssigkeitsmangel) sterben (CRYAN et al. 2010). Gegenwärtig untersuchen Wissenschaftler in den USA, ob der Pilz der alleinige Grund für den Tod der Fledermäuse ist, oder ob er eine sekundäre Erscheinung zu einer bisher unerkannten anderen Infektion oder Erkrankung ist.

3 Zur Situation in Europa

Die dramatischen Ereignisse in den USA haben seit 2008 auch in Europa Untersu-

chungen zu diesem Thema angestoßen. In Diskussionen mit Winterquartier-Verantwortlichen in Deutschland fanden sich die ersten Hinweise darauf, dass in der Vergangenheit gelegentlich winterschlafende Fledermäuse mit weißen Pilzpolstern im Gesichtsbereich gesehen wurden. Teilweise wurden solche Tiere über die Zeit des Winterschlafs mehrmals kontrolliert. Am Ende des Winters sind Tiere mit solch einem Pilzbefall aber ebenso wie ihre nicht betroffenen Kolonienmitglieder ohne Auffälligkeiten erwacht und ausgeflogen (KORN 2008). In darauf folgenden Wintern wurden diese Tiere unbeschadet wieder in den Winterquartieren angetroffen (MÄSCHER, pers. Mitt. 2008). Eine erste Veröffentlichung zum Pilzbefall mit möglicherweise *G. destructans* ist das Foto einer Teichfledermaus (*Myotis dasycneme*) von 1980 in Westfalen, die die typischen Pilzpolster neben der Nase aufweist (FELDMANN 1984). Eine Erreger-Identifikation solcher Pilzbesiedlungen war jedoch in Europa vor 2009 nicht erfolgt. Zum einen ließ der unveränderte Gesundheitszustand der Fledermäuse genauere Untersuchungen nicht notwendig erscheinen, zum anderen bedurfte es der Erkenntnis, dass es sich hier um einen kälteliebenden Pilz handelt, der bei den üblichen Pilzanzuchtverfahren von 25 oder 37°C nicht wachsen kann. Gegenwärtig liegen Labor- und/oder Fotonachweise aus folgenden europäischen Ländern vor: Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Frankreich, Niederlande, Österreich, Polen, Rumänien, Schweiz, Slowakei, Tschechien, Türkei, Ukraine und Ungarn (WIBBELT, et al. 2010, MARTINKOVÁ et al. 2010, PUECHMAILLE et al. 2011) Abb, 2),

Immer wieder werden auch in Europa tote Fledermäuse mit weißem Pilzbefall aufgefunden. Bei solchen Tieren wurden bisher jedoch nur andere Pilzarten und niemals *G. destructans* nachgewiesen (VOYRON et al. 2011, WIBBELT, unveröff. Daten). Hier sei noch einmal auf das typische Wachstumsmuster von *G. destructans* hingewiesen, das bei anderen Pilzarten nicht gefunden wird. Überdies ist *G. destructans* in Europa bisher nur bei Fledermäusen der *Myotis*-Gattung nachgewiesen worden. Interessanterweise sind auch in Nord-

amerika viele *Myotis*-Arten vom WNS betroffen (wenn es auch keine Arten gibt, die auf beiden Kontinenten gleichzeitig vorkommen). Die höhlenüberwinternden Hufeisennasen (*Rhinolophus* sp.) beispielsweise sind bisher nicht positiv getestet worden. Allerdings wurden auch hier schon andere Pilze, z. B. *Rhizopus* spec., *Penicillium* spec., auf frischtoten Kadavern von zwei Großen Hufeisennasen (*Rhinolophus ferrumequinum*) festgestellt (BARLOW et al. 2009). Vom tödlichen Verlauf des WNS durch *G. destructans* ist bisher nur Nordostamerika betroffen (BLEHERT et al. 2009, USGS 2009). Um Missverständnisse zu vermeiden, ist es wichtig zu vermerken, dass gegenwärtig in Europa nur von einer „Besiedlung der Fledermäuse mit *G. destructans*“ gesprochen und der Ausdruck „WNS“ ausschließlich für Fledermäuse des nordamerikanischen Kontinents gebraucht werden sollte, die den oben beschriebenen festgelegten Kriterien der schweren WNS-Erkrankung entsprechen.

Die Tatsache, dass in Europa der Befall mit *G. destructans* zu keinen erhöhten Todesraten führt, sehen nordamerikanische Forscher als Hoffnungsschimmer für ihre Fledermauspopulationen, indem überlebende Tiere eventuell eine Immunität gegen den Pilz ausbilden und so wenigstens kleine Populationen bewahrt werden könnten. Die hohe Mortalität unter den nordamerikanischen Fledermauskolonien ist extrem besorgniserregend. Vor allem seit neueste Modellrechnungen ergaben, dass die Kleine braune Fledermaus, eine der bis zum Auftreten von WNS im Osten Nordamerikas am häufigsten vorkommenden Fledermausarten, durch WNS in bestimmten Regionen in 16-40 Jahren ausgestorben sein könnte, sofern die Todesraten unverändert stark anhielten (FRICK et al. 2010).

Es stellt sich weiterhin die Frage, weshalb der Pilz so plötzlich in nordamerikanischen Fledermauskolonien aufgetaucht ist. Eine häufig diskutierte Annahme ist, dass der Pilz möglicherweise an Schuhen oder Ausrüstung haftend durch Besucher aus Europa nach Nordamerika eingeschleppt wurde. Das Ver-

breitungsmuster und die Geschwindigkeit, mit der sich die Pilzinfektion in den US-amerikanischen Bundesstaaten ausbreitet, ist tatsächlich typisch für das Auftreten eines neuartigen Erregers in einem vormals unbetroffenen Ökosystem. Die molekular-biologischen Untersuchungen, die in den USA und Europa gegenwärtig durchgeführt werden, erlauben bislang allerdings nur die Betrachtung eines kleinen Ausschnitts der sehr großen Erbinformation des Pilzes. Diese Vergleiche zeigen eine 100%ige Übereinstimmung dieser Pilz-Genabschnitte auf beiden Seiten des Atlantiks. Es ist jedoch unklar, ob nicht andere Bereiche des großen Pilzgenoms möglicherweise deutliche Unterschiede aufweisen. Diese Unterschiede könnten für die abweichenden Auswirkungen des Pilzes auf die Fledermäuse in Europa und Nordamerika verantwortlich sein. Erst mit solch einer Information wird es schließlich möglich sein zu beurteilen, wo der Ursprung des Pilzes lokalisiert sein könnte. In den USA sind Forscher im Moment damit beschäftigt, das Genom (= die gesamte Erbinformation) der amerikanischen Pilze zu entschlüsseln. In Kooperation mit Forschern aus Europa wird das gleiche für europäische *G. destructans*-Stämme durchgeführt werden. Sollten sich die Pilzstämme als deutlich unterschiedlich herausstellen, kann abgeschätzt werden, ob nicht vielleicht auch der Pilzstamm, der in den USA WNS hervorruft, Richtung Europa verschleppt werden könnte, mit entsprechend desaströsen Folgen.

WNS ist ein mögliches Beispiel dafür, wie schnell Organismen, z. B. Pilze, Viren oder Bakterien, in neue Lebensräume eingeschleppt werden (Neobiota), sich ausbreiten und dort Schaden anrichten können (BRIGHT 1998). Von der Raumfahrt bis zu Interkontinentalreisen gelten lange schon sehr hohe Standards (z. B. UNOOSA 1967, COSPAR 2002), um Infektionen in neuen Lebensräumen, z. B. durch unerwünschte „Schwarzfahrer“ auf Flugzeugen oder auch Raumsonden zu vermeiden und um potenziell vorhandenes Leben nicht zu gefährden. Auch bei der Erforschung von Seen unter dem Eis der Antarktis (z. B. Vostok lake, PRISCU et al. 1999), werden Strategien zur

kontaminationsfreien Beprobung entwickelt (CHRISTNER 2002, CHRISTNER et al. 2005). Zahlreiche Beispiele belegen die dramatischen Auswirkungen von Verschleppungen von Krankheitserregern. In Afrika sterben z. B. Menschenaffen durch Paramyxoviren, die bei Menschen die oberen Atemwege besiedeln. Die Viren waren von Touristen beim Besuch der Menschenaffengruppen in den afrikanischen Urwald eingetragen worden (KÖNDGEN et al. 2008).

Darüber hinaus sehen wir seit Jahrhunderten eine anthropogene Globalisierung von Pflanzen und Tieren, die durch jede Art von Transport von Ort zu Ort verschleppt werden (KUHLOW 1970, HÖFER et al. 2007). Es ist un-realistisch anzunehmen, ein Wandern von Organismen völlig unterbinden zu können.

Im Gegensatz zu Dachstühlen oder Kellern sind Höhlen extreme Lebensräume (so genannte Nischen) für hochspezialisierte und angepasste Artengemeinschaften. Diese Spezialisten können häufig nicht schnell genug auf neue Bedingungen wie dem Auftreten neuer Krankheitserreger reagieren, wie es sich z. B. beim WNS darstellt. Die Verbreitung von Keimen und Erregern in solchen Nischen durch anthropogene Faktoren muss deshalb so gering wie nur möglich gehalten werden. Sicherlich sind kaum solche rigorose Kriterien wie in der Raumfahrt einführbar, aber wir müssen uns viel stärker bewusst machen, dass unsere Anwesenheit die Mikroflora in extremen Lebensräumen nachhaltig und irreversibel verändern kann.

Es sollte daher im Interesse eines jeden Besuchers und Forschers sein, sich gerade in fremden/exotischen Regionen besonders umsichtig und vorsichtig zu verhalten.

4 Welche Vorkehrungen können Fledermausforscher und andere Wissenschaftler treffen?

Während der Aufenthalt im angestammten Terrain keine Einschränkungen mit sich füh-

ren muss, sollten alle, die in weiter entfernte Regionen reisen, ihre Ausrüstung vorher und nachher sehr gründlich reinigen, um generell die Verbreitung von Keimen und Pilzen zu verhindern (s. auch BREITENBACH & MARWAN 2010). ALEY (2010) schlägt eine Reinigung der Ausrüstung und Kleidung/Schuhe in einem Bad mit 10%iger Verdünnung von Haushaltsbleiche aus ca. 5 % Natriumhypochlorit (NaClO) oder ähnlichen alkalischen Reinigungsmitteln vor. Diese Reinigung sollte besonders für jene gelten, die in geographisch weit auseinander liegende Regionen reisen und dort die von Fledermäusen bewohnten Räume besuchen. Möglicherweise ist sogar die Verwendung separater Ausrüstung für interkontinentale Einsätze oder für den Besuch potenziell kontaminierter Höhlen angebracht. Dabei ist darauf zu achten, die einzelnen Ausrüstungsstücke von einander getrennt zu halten und gründlich zu reinigen. Das Verschleppen von Boden, Lehm oder organischen Materialien ist generell zu vermeiden. Höhlenbesuche während des Winterschlafs der Fledermäuse sind selbstverständlich so gering wie möglich zu halten. Da nichts über das Ausdauerungsvermögen des Pilzes und vor allem seiner Sporen während des restlichen Jahres bekannt ist, sollten Vorsichtsmaßnahmen nicht nur auf die Winterzeit begrenzt werden. In den USA wurden in Versuchen wenige WNS-unbetroffene Fledermäuse in Höhlen verbracht, in denen im Jahr zuvor die Fledermauspopulation am WNS gestorben war. Auch die neu eingebrachten Tiere starben, so dass davon ausgegangen werden muss, dass die Infektion über die Höhlenwände selbst stattgefunden hat (Hicks, per. Mitt. 2010).

Falls während der Höhlenbefahrungen oder beim Besuch von Fledermauskolonien mit Pilz befallene Fledermäuse angetroffen werden, die an *G. destructans* erinnern, wäre es wünschenswert, wenn dies fotografisch dokumentiert und mitgeteilt werden könnte (Adresse unten). In einem solchen Falle sollten unbedingt Kleidung und Ausrüstung desinfiziert oder gewechselt werden, bevor man Fledermauskolonien oder Höhlen in an-

deren geographischen Regionen (im besonderen Nordamerika) besucht. Falls tote, für *G. destructans*-Befall verdächtige Fledermäuse aufgefunden werden (Abb. 1), sollten diese ebenfalls fotografisch dokumentiert und in Absprache mit den zuständigen Stellen (z. B. Fledermaus-Koordinationsstellen) einer Untersuchung zugänglich gemacht werden.

Da die Verbreitung des Pilzes noch immer nicht in voller geographischer Ausdehnung bekannt ist, bitten wir weiterhin um Beobachtungsmeldungen und fotografische Dokumentation *G. destructans*-verdächtigter Tiere. Hierzu sollten Datum, Ort, eine Schätzung der Zahl der betroffenen Tiere und der gesamten Koloniegröße sowie idealerweise Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit nahe des befallenen Tieres sowie weitere Beobachtungen (Veränderungen von Verhalten, Umweltfaktoren etc.) mitgeteilt werden.

5 Ausblick

Gegenwärtige Untersuchungsergebnisse zeigen, dass der Pilz *G. destructans* in europäischen Fledermauswinterquartieren weit verbreitet ist, wobei in der Regel nur jeweils einzelne Tiere einer Kolonie eine Besiedlung mit dem Pilz aufweisen. Vermehrte Todesfälle winterschlafender Fledermäuse in Verbindung mit diesem Pilzbefall sind in Europa nicht beobachtet worden. Die weite Verbreitung von *G. destructans* spricht dafür, dass sich die Fledermäuse in Europa schon lange mit dem Pilz auseinandersetzen konnten und möglicherweise über die Zeit eine funktionierende Immunantwort gegen den Pilz aufgebaut haben. Solange aber unklar ist, ob ein Verschleppen der amerikanischen Pilzstämme nach Europa hier nicht ähnlich verheerende Folgen haben könnte, muss allen Reisenden, die sich in Höhlen bewegen, dringend anempfohlen werden, Schuhe, Kleidung und Ausrüstung zu dekontaminieren.

Die dramatische Reduzierung insektenfressender Fledermäuse in Amerika wird einen deutlichen Einfluss auf andere Ökosysteme sowie vor allem die Landwirtschaft haben.

Zahlreiche Insekten, die erheblichen Schaden auf landwirtschaftlichen Nutzflächen anrichten können, stehen auf dem Speiseplan der nächtlichen Jäger. Würden diese plötzlich nicht mehr zur Regulierung der Schädlingspopulationen zur Verfügung stehen, müsste der Einsatz von Pestiziden um ein weiteres nach oben angehoben werden – mit allen Konsequenzen für die betroffenen Ökosysteme und Nahrungsketten.

Gegenwärtig arbeiten Wissenschaftler beiderseits des Atlantiks mit aller Energie an der weiteren Erforschung des Effektes von *G. destructans* auf die Fledermäuse. Vor allem Fragen zur Krankheitsentwicklung und zur Immunantwort gerade während des Winterschlafes bilden ein wichtiges Untersuchungsziel, aber auch welche Einflüsse das Wachstum des Pilzes begünstigen oder möglicherweise eindämmen könnten, muss weiter geklärt werden. Weiterhin wird darum gebeten, dass die Winterquartier-Verantwortlichen verstärkt auf Tiere mit Pilzbefall achten und gerade in Regionen, wo bisher kein Nachweis erfolgt ist, die Quartierbegehungen möglichst spät in den Winter legen, da der sehr langsam wachsende Pilz frühestens ab Mitte Februar mit dem bloßen Auge erkennbar ist.

Beobachtungsmittelungen oder Proben (s. auch NYCTALUS [N.F.] 15, 2010, p. 383-386) können gerne an folgende Adresse geschickt werden: Dr. GUDRUN WIBBELT, Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung, Alfred-Kowalke-Straße 17, D-10315 Berlin, Tel.: 030-5168211, E-Mail: wibbelt@izw-berlin.de.

Je mehr Daten zusammengetragen werden können, die die tatsächliche Verbreitung und die Zahl befallener Tiere dokumentieren, desto besser werden wir verstehen lernen können, weshalb die Fledermäuse in Europa anscheinend so anders mit dieser Pilzbesiedlung umgehen als ihre nordamerikanischen Verwandten.

Danksagung

Die Autoren danken dem Editor des NYCTALUS (N. F.), Dr. JOACHIM HAENSEL, für die Einladung zu diesem Beitrag. Die Daten zu den betroffenen US Counties wurde freundlicherweise von PAUL CRYAN (USGS) bereitgestellt.

Schrifttum

- ALEY, T. (2010): Management Strategies for Responding to White-Nose Syndrome in Bats. *NSS News* 68(2), 10-14.
- BARBOUR, R. W., & DAVIS, W. H. (1969): *Bats of America*. Univ. Press of Kentucky. Lexington (286 pp.).
- BANFIELD, A. W. F. (1974): *The Mammals of Canada*. Univ. of Toronto Press. Toronto & Buffalo (438 pp.).
- BARLOW, A., FORD, S., GREEN, R., MORRIS, C., & REANEY, S. (2009): Investigations into suspected white-nose syndrome in two bat species in Somerset. *The Veterinary Record* 165(16), 481-482.
- BLEHERT, D. S., HICKS, A. C., BEHR, M., METEYER, C. U., BERLOWSKIZIER, B. M., BUCKLES, E. L., COLEMAN, J. T. H., DARLING, S. R., GARGAS, A., NIVER, R., OKONIEWSKI, J. C., RUDD, R. J., & STONE, W. B. (2009): Bat White-Nose Syndrome: An Emerging Fungal Pathogen? *Science* 323(5911), 227.
- BREITENBACH, S., & MARWAN, N. (2010): Das Weißnasensyndrom (White-Nose Syndrome) bei Fledermäusen – ein Problem nicht nur für reisende Höhlenforscher. *Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforscher* 56(2), 36-38.
- BRIGHT, C. (1998): *Life out of Bounds: Bioinvasion in a Borderless World*. W. W. Norton; ISBN 9780393318142 (288 pp.).
- CHRISTNER, B. C. (2002): Detection, recovery, isolation and characterization of bacteria in glacial ice and lake Vostok accretion ice. Diss., Ohio State University (194 pp.).
- , MIKUCKI, J. A., FOREMAN, C. M., DENSON, J., & PRISCU, J. C. (2005): Glacial ice cores: A model system for developing extraterrestrial decontamination protocols. *Icarus* 174(2), 572-584.
- COSPAR – Committee on space Research (2002): *Planetary Protection Policy*. <http://cosparhq.fr/Scistr/Pppolicy.htm>.
- CRYAN, P. M.; METEYER, C. U., BOYLES, J. G., & BLEHERT, D. S. (2010): Wing pathology of Whitenose Syndrome in bats suggests life-threatening disruption of physiology. *BMC Biology* 8, 135.
- DE BELLIS, T., KERNGHAN, G., & WIDDEN, P. (2007): Plant community influences on soil microfungus assemblages in boreal mixed-wood forests. *Mycologia* 99, 356-367.
- DUFF, A., & LAWSON, A. (2004): *Mammals of the World – a Checklist*. A & C Black. London (312 pp.).
- FELDMANN, R. (1984) in SCHRÖPFER, R., FELDMANN, R., & VIERHAUS, H. (Hrsg.): *Die Säugetiere Westfalens*. Abh. Westfäl. Mus. Naturkd. 46(4), 1-396.
- FRICK, W. F., POLLOCK, J. F., HICKS, A. C., LANGWIG, K. E., REYNOLDS, D. S., TURNER, G. G., BUTCHKOSKI, C.

- M., & KUNZ, T. H. (2010): An Emerging Disease Causes Regional Population Collapse of a Common North American Bat Species. *Science* **329**, 679-682.
- GARGAS, A., TREST, M. T., CHRISTENSEN, M., VOLK, T. J., & BLEHERT, D. S. (2009): *Geomyces destructans* sp. nov. associated with bat whitenose syndrome. *Mycotaxon* **108**, 147-154.
- HÖFER, T., NIES, H., GOLLASCH, S., & VON OSTROWSKI, R. (2007): Aktive Stoffe als Handlungsoption gegen die Verschleppung von Organismen durch Seeschiffe? – UWSF – Z. Umweltchem. Okotox **19**(4), 219-225.
- KAYS, R. W., & WILSON, D. E. (2002): *Mammals of North America*. Princeton Univ. Press. Princeton & Oxford.
- KOCHKINA, G., IVANUSHKINA, N., AKIMOV, V., GILICHINSKII, D., & OZERSKAIA, S. (2007): Halo- and psychrotolerant *Geomyces* fungi from arctic cryopegs and marine deposits. *Mikrobiologia* **76**, 39-44.
- KÖNDGEN, S., KÜHL, H., N'GORAN, P. K., WALSH, P. D., SCHENK, S., ERNST, N., BIEK, R., FORMENTY, P., MÄTZ-RENSING, K., SCHWEIGER, B., JUNGLIN, S., ELLERBROK, H., NITSCHKE, A., BRIESE, T., LIPKIN, W. I., PAULI, G., BOESCH, C., & LEENDERTZ, F. H. (2008): Pandemic Human Viruses Cause Decline of Endangered Great Apes. *Current Biology* **18**, 260-284.
- KORN, V. (2008): Untersuchungen zum Überwinterungsverhalten von Fledermäusen im Osnabrücker Hügelland unter besonderer Berücksichtigung der Teichfledermaus (*Myotis dasycneme*). Dipl.-Arb., Fachhochschule Osnabrück, Fak. Agrarwissenschaften & Landschaftsarchitektur.
- KUHLOW, F. (1970): Verschleppung von Gesundheitsschädlingen. *Z. Angew. Entomologie* **65**(1-4), 341-346.
- MARTINKOVÁ, N., BAČKOR, P., BARTONIČKA, T., BLASKOVA, P., ČERVENÝ, I., FALTEISEK, L., HANZAL, V., HORÁČEK, D., HUBÁLEK, Z., JAHELKOVÁ, H., KOLAŘIK, M., KORYTÁR, L., KUBÁTOVÁ, A., LEHOTSKÁ, B., LEHOTSKÝ, R., LUČAN, R. K., MÁJEK, O., MATĚJŮ, J., ŘEHÁK, Z., ŠAFÁŘ, J., TÁJEK, P., TKADLEC, E., UHRIN, M., WAGNER, J., WEINFURTOVÁ, D., ZIMA, J., ZUKAL, J., & HORÁČEK, I. (2010): Increasing Incidence of *Geomyces destructans* Fungus in Bats from the Czech Republic and Slovakia. *PLoS ONE* **5**(11), e13853.
- MATTESON, D. (2010): Ozark NSR Closes All Caves after White-Nose Syndrome is Discovered in Shannon County. Ozark National Scenic Riverways News Release, May 14.
- MERCANTINI, R., MARSELLA, R., PRIGNANO, G., MORETTO, D., MARMO, W., & LEONETTO, F. (1989): Isolation of keratinophilic fungi from the dust of ferry boats and trains in Italy. *Mycoses* **32**, 590-594.
- METEYER, C. U., VALENT, M., KASHMER, J., BUCKLES, E. L., LORCH, J. M., BLEHERT, D. S., LOLLAR, A., BERNDT, D., WHEELER, E., WHITE, C. L., & BALLMANN, A. E. (2011): Recovery of little brown bats (*Myotis lucifugus*) from natural infection with *Geomyces destructans*, White-nose syndrome. *J. Wildl. Dis.* **47**(3), 618-626.
- PRISCU, J. C., ADAMS, E. E., LYONS, W. B., VOYTEK, M. A., MOGK, D. W., BROWN, R. L., MCKAY, C. P., TAKACS, C. D., WELCH, K. A., WOLF, C. F., KIRSSTEIN, J. D., & AVCI, R. (1999): Geomicrobiology of Subglacial Ice Above Lake Vostol, Antarctica. *Science* **286**, 2141-2144.
- PUECHMAILLE, S. J., WIBBELT, G., KORN, V., FULLER, H., FORGET, F., MÜHLDOERFER, K., KURTH, A., BOGDANOWICZ, W., BOREL, C., BOSCH, T., CHEREZY, T., DREBET, M., GÖRFÖL, T., HAARMSMA, A. J., HERHAUS, F., HALLART, G., HAMMER, M., JUNGMANN, C., LE BRIS, Y., LUTSAR, L., MASING, M., MULKENS, B., PASSIOR, K., STARRACH, M., WOJTASZEWSKI, A., ZÖPHEL, U., & TEELING, E. C. (2011): Pan-European distribution of white-mortality. *PLoS One*, **6**(4): e19167.
- REICHARD, J. D., & KUNZ, T. H. (2009): White-nose syndrome inflicts lasting injuries to the wings of little brown myotis (*Myotis lucifugus*). *Acta Chiropterologica* **11**, 457-464.
- TURNER, G. R., & REEDER, D. M. (2009): Update of white-nose syndrome in bats, September 2009. *Bat research News* **50**, 47-53.
- USFWS (2009): White-nose syndrome in bats. U. S. Fish & Wildlife Service http://www.fws.gov/northeast/white_nose.html.
- UNOOSA – United Nations Office for Outer Space Affairs (1967): Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies <http://www.oosa.unvienna.org/oosa/SpaceLaw/outerspt.html>.
- VOYRON, S., LAZZARI, A., RICCUCCI, M., CALVINI, M., & VARESE, G. C. (2011): First mycological investigations on Italian bats. *Hystrix – The Italian Journal of Mammalogy* **22**, 189-197.
- WIBBELT, G., KURTH, A., HELLMANN, D., WEISHAAR, M., BARLOW, A., VEITH, M., PRÜGER, J., GÖRFÖL, T., GROSCHE, L., BONTADINA, F., ZÖPHEL, U., SEIDL, H.-P., CYRAN, P. M., & BLEHERT, D. S. (2010): White-Nose Syndrome Fungus (*Geomyces destructans*) in Bats, Europe. *Emerging Infectious Diseases* **16**, 1237-1242.

Dr. SEBASTIAN BREITENBACH, Eidgenössisch-Technische Hochschule Zürich, Sonneggstraße 5, CH-8092 Zürich, Schweiz; E-Mail: sebastian.breitenbach@erdw.ethz.ch

Dr. NORBERT MARWAN, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Postfach 60 12 03, D-14412 Potsdam; E-Mail: marwan@pik-potsdam.de

Dr. GUDRUN WIBBELT, Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung, Alfred-Kowalke-Straße 17, D-10315 Berlin; E-Mail: wibbelt@izw-berlin.de