

an Waldrändern spannende Beobachtungen von ökologischen Beziehungen zwischen dem Gehölz und verschiedenen Tierarten. Besonders eindrucksvoll ist die Bedeutung des Schwarzen Holunders als Nahrungsgrundlage für eine Vielzahl von Vogelarten.

Literatur

- [1] V. M. Dörken (2015). *Sambucus* ssp. – Holunder (*Caprifoliaceae*), Jahrb. Bochumer Bot. Ver. 2, 258–265.
- [2] J. Schliesske (2003). Die phytophage Acaro- und Entomofauna des Schwarzen Holunders (*Caprifoliaceae: Sambucus nigra* L.), Verh. Westd. Entom. Tag 2002, 121–127, Lössbecke Museum.
- [3] F. Turcek (1961). Ökologische Beziehungen der Vögel und Gehölze, Bratislava, Reprint 2019 by Exlibris Publish.
- [4] R. Pfeifer, O. Schmidt (2023). Singvögel im Wald – Einblicke in eine erfolgreiche Lebensgemeinschaft, AULA-Verlag.
- [5] H. Butin et al. (2003). Farbatlas Gehölzkrankheiten, Ulmer Verlag.
- [6] H. Bellmann (2012). Geheimnisvolle Pflanzengallen, Quelle & Meyer.
- [7] M. Spohn, R. Spohn (2016). Bäume und ihre Bewohner, Haupt-Verlag.
- [8] DGfM - Deutsche Gesellschaft für Mykologie e.V. (2017): Pilz des Jahres 2017: Judasohr

Olaf Schmidt, München

ZOONOSEN

Tropenkrankheiten wandern nordwärts

Die Bevölkerung gemäßigter Klimazonen blieb lange verschont von Tropenkrankheiten, denn Erreger und Überträger sind überwiegend an dauerhaft feuchtwarme Umweltbedingungen angepasst. Inzwischen ist das Klima im Norden aber einladender geworden und der Transport durch internationalen Handel, Tourismus und Migration kann Viren, Bakterien, Pilze, Parasiten und deren Überträgerarten zusammenbringen. Bei der Krankheitsüberwachung und Prävention müssen daher nicht nur medizinische, sondern auch ökologische Aspekte berücksichtigt werden.

Die meisten bewusst oder unbewusst eingeführten tropischen Lebewesen sind in Europa chancenlos, weil die dortigen Umweltbedingungen ihre Vermehrung und dauerhafte Ansiedlung verhindern. Die wenigen erfolgreichen Arten (Neobionten) haben aber teilweise unerwünschte Einflüsse auf Ökologie, Wirtschaft oder Gesundheit. Man spricht dann von invasiven Arten. In medizinischer Hinsicht sind besonders Krankheitserreger und deren Überträgerarten (Vektoren) problematisch [1]. Über Einreisende importierte Erkrankungen aus den Tropen werden unterschieden von autochthonen Erkrankungen, also vor Ort entstandenen Krankheitsfällen. Beispielhaft seien hier Tropenkrankheiten dargestellt, die durch heimische oder invasive Stechmücken-Arten auf den Menschen übertragen werden.

Drei Bedingungen müssen erfüllt sein, damit Tropenkrankheiten im Norden autochthon auftreten können:

- Die übertragenden Mücken brauchen für alle Entwicklungsstadien Umweltbedingungen, die eine Reproduktion und Überwinterung ermöglichen.
- Für die Krankheitserreger müssen zusätzlich zu den klimatischen Umweltbedingungen passende Überträgerarten und Wirte vorhanden sein.
- Der Mensch versäumt es, den Stich der weiblichen Mücke sowie den weiteren Lebenszyklus des Erregers zu verhindern.

Neben dem Übertragungsweg durch Mücken darf aber eine mögliche Infektion über Bluttransfusionen, gemeinsamen Spritzengebrauch sowie eine Übertragung von der Mutter auf das Ungeborene nicht vergessen werden. Tropenkrankheiten sind meldepflichtig.

Malaria: Einzeller – Fiebertmücke – Mensch

Malaria ist eine lebensbedrohliche Erkrankung, die sich durch zerstörte

rote Blutzellen und wiederkehrende Fieberschübe äußert. Erreger sind einzellige Parasiten (*Plasmodium* spp.); Fiebertmücken (*Anopheles* spp., Abbildung 1) sind deren potenzielle Überträger auf den Menschen. Die weibliche Mücke benötigt eine Blutmahlzeit vor der Ablage von Eiern. Mit ihren Stichen überträgt eine infizierte Mücke die Malaria-Erreger von Mensch zu Mensch. Dieser ist (abgesehen von Menschenaffen) der einzige relevante Wirt.

Anopheles-Mücken sind in ganz Europa heimisch [2], es gibt hier also bereits Vektoren für Malaria-Erreger. Entwicklung und Lebenszyklus der Plasmodien im Mückenkörper sind bei niedrigen Temperaturen aber derart verlangsamt, dass sie während des Mückenlebens im Norden (bisher) nicht abgeschlossen werden können. Eine Blutmahlzeit am Menschen bleibt dann ohne Krankheitsfolgen. Die Mücken-Imagines sind dämmerungs- und nachtaktiv, dringen aber selten in Häuser ein. Fiebertmückenstiche sind am ehesten bei einer „Outdoor“-Übernachtung zu befürchten, die im Norden jahreszeitlich begrenzt ist. Verhindern lassen sich Mückenstiche außerdem durch körperbedeckende Kleidung, Mückennetze oder Repellents. Es gibt auch Menschen, die nicht nur seltener gestochen werden, sondern durch genetische Besonderheiten die Entwicklung der Malariaerreger stören. Das trifft beispielsweise auf heterozygote Träger des Sichelzellgens zu – diese Krank-

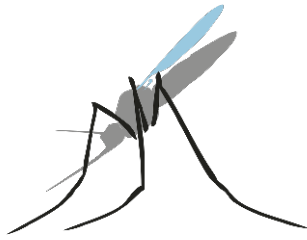


ABB. 1 Fiebermücke
(*Anopheles* spp.).

heit ist daher in Malariaregionen auffallend häufig.

Malaria galt in Europa seit dem 20. Jahrhundert als ausgerottet, sieht man von importierten Krankheitsfällen bei Ein- oder Rückreisenden aus tropischen Regionen ab. Seit etwa 15 Jahren werden aber vereinzelt autochthone Malariafälle aus wärmeren Ländern im Mittelmeerraum gemeldet [3]. Außerdem finden importierte, infizierte Mücken inzwischen an Flughäfen einen wohltemperierten Lebensraum vor und führen zur sogenannten „Flughafen-Malaria“. Plasmodien können ausnahmsweise direkt über das Blut – also ohne Mücken-Umweg – übertragen werden. Malaria-kranken und Rückkehrer aus Malaria-Regionen sind daher von einer Blutspende ausgeschlossen. Impfungen sind weiterhin nicht möglich [4], es gibt aber Medikamente zur Prävention und Behandlung.

Dengue-Fieber: Dengue-Viren – Tigermücke – Mensch

Dengue-Fieber äußert sich in Fieber, Ausschlag, Kopf- und Gliederschmerzen, kann aber in Einzelfällen durch innere Blutungen und Schock einen tödlichen Verlauf nehmen. Erreger dieser Tropenkrankheit sind Viren, die durch Tigermücken (*Aedes* spp., Abbildung 2) übertragen werden. Es gibt vier Virenvarianten, die nach überstandener Infektion beim Menschen Teilimmunität hinterlassen. Allerdings kann eine Folgeinfektion mit einer anderen Variante zu einem besonders schweren Verlauf führen.

Aedes albopictus ist charakteristisch schwarz-weiß gezeichnet und

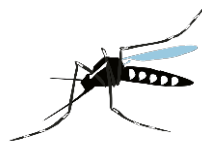


ABB. 2 Tigermücke
(*Aedes albopictus*).

deutlich kleiner als die Fiebermücke oder Hausmücke. Die Tigermücke ist tagaktiv und kann den gesamten Lebenszyklus in Häusern vollziehen, Mückennetze über Schlafstätten schützen daher kaum vor Stichen. Bereits Kleinstgewässer in Regentonnen, Blumenvasen oder weggeworfenen Behältern genügen ihren Larven zur Entwicklung. Entsprechend leicht ist eine Verschleppung infizierter Tigermücken über LKW- oder Schiffsladungen. In tropischen Regionen heißt es daher *upside down*, also Wasserbehälter auskippen und umdrehen. Die bei uns üblichen städtischen Wasserspiele oder Gartenteiche sind in solchen Risikoregionen undenkbar [5].

Die Tigermücke ist im Norden nicht heimisch, seit etwa 10 Jahren gibt es aber zunehmend Tigermücken-Funde im südlichen Europa, deren Arealvergrößerung sich auf entsprechenden Karten nachvollziehen lässt [2]. Mit den Vektorarten vor Ort haben nun auch die Viren eine verbesserte Ausbreitungschance. Das Vorkommen der Tigermücke ist für die Etablierung der Dengue-Viren zwar unverzichtbar, aber auch die Viren brauchen für die Replikation gewisse Mindesttemperaturen. Dann können sie sogar direkt über Mückeneier an die nächste Generation weitergegeben werden. Milde Winter und lange Wärmeperioden im Sommer sind dabei förderlich.

Autochthone Erkrankungen am Dengue-Fieber sind in Europa bisher nicht bekannt [3]. Denguefieber wird symptombezogen behandelt, ein heilendes Medikament gibt es nicht. Seit 2023 ist ein Lebendimpf-

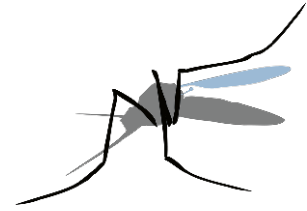


ABB. 3 Hausmücke (*Culex* spp.).
Alle Zeichnungen I. Kronberg.

stoff zugelassen, der vor einem schweren Verlauf schützt.

West-Nil-Fieber: West-Nil-Virus – Hausmücke – Vogel

Das West-Nil-Fieber wird ebenfalls durch Viren übertragen. Die meisten Infektionen verlaufen klinisch unauffällig oder ähneln grippalen Infekten mit Hautausschlag. Bei einem Prozent kommt es aber zu einem neuroinvasiven Verlauf bis hin zur Meningitis. West-Nil-Viren gelangen durch infizierte Zugvögel und nicht durch Tropenreisende nach Südosteuropa. Überträgerarten von Vogel zu Vogel sind Hausmücken (*Culex* spp., Abbildung 3), die in Europa weit verbreitet sind [6]. Hausmücken sind wenig wirtsspezifisch, daher können Menschen und Pferde durch ihren Stich infiziert werden. In diesen Fehlwirten vermehren sich die Viren aber nur eingeschränkt; Betroffene können zwar erkranken, das Virus wird aber nicht weiterverbreitet.

In Deutschland gab es schon 2018 Virusinfektionen bei Vögeln und Pferden, seit 2019 vereinzelt auch beim Menschen. West-Nil-Fieber wird symptomatisch behandelt, es ist noch kein Impfstoff für Menschen verfügbar. Bei Pferden sind inzwischen Impfungen möglich, die den Verlauf mildern.

Fazit

Tropenkrankheiten stellen zurzeit in Europa zwar noch keine große Gefahr dar, man sollte sich aber auf mehr Fälle einstellen. Das betrifft einerseits die medizinische Diagnostik: Wenig bekannte Krankheitsbilder werden leichter übersehen. Es betrifft aber auch die ökologischen

Bedingungen für die Etablierung und Ausbreitung in nördliche Klimazonen. Dafür sind Kartierungen nicht nur der Krankheitsfälle, sondern auch der Überträgerarten nötig. Vielfach gibt es dafür *Citizen-Science*-Projekte [7], die in Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen (infizierte) Mücken registrieren. Während sich die invasiven Tigermücken regional vielleicht noch eliminieren lassen, ist das bei heimischen Hausmücken und Fiebermücken weder möglich noch sinnvoll. Solange keine Impfstoffe

entwickelt sind, hilft daher nur der Schutz vor Mückenstichen. In Risikogebieten sollten Mückenbrutplätze im Wohnumfeld außerdem möglichst beseitigt werden.

Literatur

- [1] C. Ainsworth (2023). Neglected tropical diseases: Tropical diseases move north. *Nature Outlook*, <https://doi.org/10.1038/d41586-023-03476-7>.
- [2] European Centre for Disease Prevention and Control and European Food Safety Authority (2023). Mosquito maps [internet]. Stockholm: ECDC, <https://ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/surveillance-and-disease-data/mosquito-maps>.

- [3] Robert Koch Institut, <https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ>
- [4] I. Kronberg (1991). Entwicklung von Malariaimpfstoff – ein aussichtsloses Unternehmen? *Biologie in unserer Zeit* 21 (1), 12–13.
- [5] I. Kronberg (2010). Mückenstich mit Folgen: Denguefieber. *Biologie in unserer Zeit* 40 (3), 150–151.
- [6] J. Heidecke et al. (2023). West Nile virus eco-epidemiology and climate change. *PLOS Clim* 2 (5), e0000129, <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000129>
- [7] Mückenatlas: Jede Mücke zählt. <https://mueckenatlas.com>

Inge Kronberg, Bisingen

LERNORTE

Außerschulische Lernorte auf dem Gebiet der Mikrobiologie

Außerschulische Lernorte mit pädagogisch-didaktischen Bildungsangeboten spielen bei der Gestaltung des formalen Biologie-Lernens eine wichtige Rolle. Zoos, Botanische Gärten und Museen ermöglichen Lernenden anschauliche, motivierende und häufig reale Begegnungen mit der Natur. Je nach Schwerpunkt der Institution werden Aspekte des Natur- und Artenschutzes, aktuelle Forschungsbefunde oder die Bedeutung biologischer Sammlungen – ob lebendig oder archiviert – thematisiert.

Die unsichtbare Welt der Mikroben ist abstrakt und oft mit negativen Assoziationen zu verschiedenen Krankheitserregern verbunden. Dabei übernehmen Bakterien wichtige Ökosystemleistungen und sollten sowohl in der Gesellschaft als auch in der Bildung mehr Beachtung finden. Mikroben spielen eine entscheidende Rolle in der Lebensmittelproduktion, Arzneimittelherstellung, Recyclingindustrie und der Mitigation (Folgenminderungsstrategie) des menschengemachten Klimawandels.

Obwohl Mikroben im Vergleich zu höheren Organismen nach wie vor stark unterrepräsentiert sind, gibt es mittlerweile auch für Bakterien erste Angebote für außerschulische Lernorte (Tabelle 1), die in diesem Artikel vorgestellt werden sollen.

Reise in den Mikrokosmos

Das **ARTIS Micropia Museum** in Amsterdam ist bis dato das weltweit einzige Museum, das sich ausschließlich der unsichtbaren Welt von Pilzen, Einzellern, Bakterien und Viren widmet. Die Ausstellung fasziniert mittels zahlreicher Mikroskope, Monitore und künstlerischer Exponate (Abbildung 1). Zudem werden über Stempelkarten und Rätselblätter junge Besucher/-innen zum Erkunden von Micropia animiert. Lab Talks mit wechselnden Themen sowie Workshops ermöglichen einen direkten Zugang zum Laborpersonal, das sich als Tierpfleger der Mikroben versteht – angelehnt an den eigens gewählten Namen: Mikrobenzoo.

MikroMondo (MikroAlpina) ist derzeit in Tirol, nahe Innsbruck,

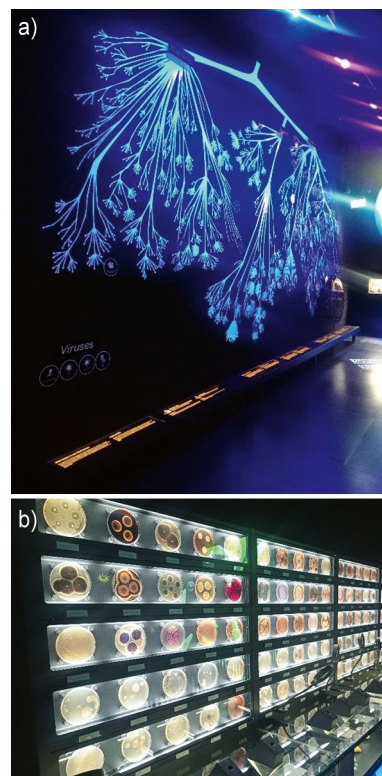


ABB. 1 Impressionen aus ARTIS Micropia. a) Darstellung des Tree of Life – Stammbaum des Lebens; b) Darstellung der Ästhetik und Vielfalt mikrobiellen Lebens (Kulturen auf Agarplatten). Fotos: ARTIS Micropia Museum.

in Planung und geht über das Konzept von Micropia Amsterdam hinaus. Dies betrifft insbesondere die Umsetzung von Hands-on-Modulen, die sich mit Abwasserreinigung, Bio-